

심박변화율(HRV)에 의한 시각감성의 구분에 대한 연구

오상훈*, 황민철*, 임재중**

*한국표준과학연구원, 인간공학연구소

**인제대학교 의용공학과

A Study for The Discrimination of Visual Emotions Using Heart Rate Variability

S. H. Oh*, M. C. Whang*, J. J. Im**

*Ergonomics Laboratory, Korea Research Institute of Standards and Science

**Department of Biomedical Engineering, Inje University

Abstract

Human visual emotion were investigated by analyzing HRV from ECG signals, which were varied by the visual stimuli. In this paper, twelve university students experienced visual emotion by pictures from IAPS. ECG and subjective rating were obtained for human emotion evaluation. For determination of HRV, ECG was extracted into HF and LF via power spectrum analysis. The results showed that HRV is good for discrimination between positive and negative emotions.

서론

외부 자극에 의해 변화되는 인간의 감성이 신경계에 어떤 영향을 주고, 그 영향으로 인해 인체의 전기적인 생리신호는 어떻게 변화되어 나타나는가에 대한 것이 밝혀지게 되면, 생리신호를 분석해내는 것만으로 인간의 감성을 읽어낼 수 있을 것이다. 감성의 변화에 대해 민감하게 반응하는 신경계로는 중추신경계(central nervous system; CNS)와 자율신경계(autonomic nervous system; ANS)가 있다. 대뇌피질에서 발생하는 전기적인 현상(Electroencephalograph; EEG)의 분석으로 중추신경계의 반응에 대한 연구가 활발하고¹⁾²⁾³⁾, 자율신경계는 심전도(Electrocardiograph; ECG), 피부전도도(Electrodermal activity; EDA), 체온(Temperature), 호흡(Respiration)등을 분석 연구가 진행되고 있다.⁴⁾

특히 자율신경계는 교감신경계(sympathetic nervous system)와 부교감신경계(parasympathetic nervous system)의 길항작용(negative feedback)에 의해 조절되는데, 주로 체내의 항상성(homeostasis)을 유지하면서 활성 된다. 교감신경계는 심한 스트레스를 받거나 신체상에 질병이 발생하게 되는 경우, 인체의 기초신진대사율(basic metabolism rate)을 촉진시키게 된다. 이로 인하여 심혈관계와 소화기계의 활동이 활발해 지게 되는데, 혈압상승, 심박수의 증가, 혈당량의 상승, 골격근으로 혈류량 증가 등의 현상이 나타난다. 부교감신경계는 교감신경의 작용에 반대되는 역할을 하는데, 교감신경계에 비해 그 반응이 국소적이며 전신적으로 파급되는 경향은 적다.⁵⁾

심장 근육은 동방결절(SA-node)에서 주기적으로 발생하는 전기적인 분극현상이 심근들에 전도되어 순차적으로 수축 이루어진다. 동방결절의 분극현상은 자율신경계의 교감신경계와 부교감신경계에 의해 그 주기가 유동적으로 변하게 된다.

이렇게 변화하는 심장박동율(heart rate)을 정량화한 것을 심박 변이도(Heart Rate Variability; HRV)라 한다. 18세기 초, 혈압과 심박의 주기적인 변화가 자율신경계의 활동과 밀접한 관련이 있다는 사실이 보고된 후⁶⁾, ECG신호를 이용한 HRV의 분석은 이러한 자율신경계 활동을 정량화할 수 있는 비침습적 계측 기법으로서 인정받고 있으며, 지난 10여년 동안에 걸쳐 heart rate를 통한 HRV의 power spectral 분석기법은 교감신경과 부교감신경의 자율기능을 신뢰성과 재현성이 뛰어난 비침습적인 방법으로 관찰할 수 있는 수단으로서 활발한 연구가 진행되고 있다.⁷⁾⁸⁾⁹⁾

본 논문에서는 여러 가지의 시각적 자극에 대해 유발되는 감성을 HRV 스펙트럼 분석으로 구분해 보고자 하였다.

방 법

Experimental design

본 논문에서는 다양한 종류의 시각자극이 주어질 때 심전도를 검출하여 주어진 자극이 자율신경계의 활동변화에 어떠한 영향을 미치는가를 알기 위한 것으로 전체적인 실험구성은 다음의 그림 1과 같다.

피검자는 20대 남녀 각각 6인씩 12명이고, 피검자실은 생리신호 측정을 위해 가로 2.5m, 세로 4.5m, 높이 3m의 크기로 외부의 영향을 받지 않게 특별히 제작된 측정실이다. 시각자극은 1.80×1.60m 크기의 white screen에 projector(Epson, EMP-3300)로 주사시켜 제시하였고, 자극원은 국제정서사진체계(International Affective Picture System; IAPS)의 사진 중에서 15개를 선정하여 사용하였다. 자극제시는 무작위순(random)으로 30초씩 제시하였다.

ECG는 Biopac ECG100A를 사용하여 1~100Hz의 주파수 대역에서 200samples/sec로 수집하였다.(60 Hz notch filter 사용) 수집된 데이터는 PC(486DX II-50)에 저장하였다. 전극은 Ag/AgCl Surface Electrode(Biopac, EL501)를 사용하였으며, 표준사지 유도법의 Lead II로 검출하였다.

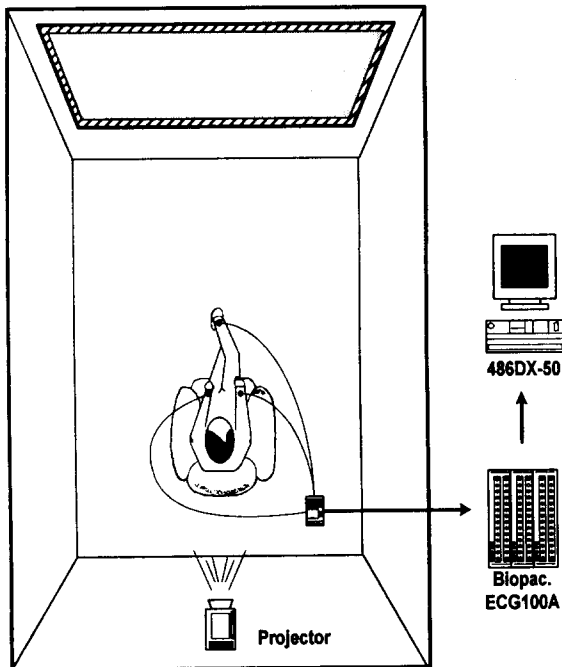


그림 1. 실험을 위한 전체적인 구성도
Fig. 1. Overall setup for the experiment

표 1. 주관평가 질문내용.

Table 1. List of subjective rating.

	부정용언	긍정용언
1	불쾌하다	상쾌하다
2	불만스럽다	만족스럽다
3	불안하다	편안하다
4	괴롭다	즐겁다
5	싫다	좋다

ex. 불쾌하다 상쾌하다

-5 -4 -3 -2 -1 0 1 2 3 4 5

실험 전에 피검자의 참여도를 높이기 위하여 실험목적과 과정을 충분히 숙지 시켰고, 각각의 시각 자극후 5가지의 질문을 통하여 11점 척도법으로 -5에서 +5사이의 자극에 대한 피검자의 주관적 평가를 받았다. 이때 양(+)의 값은 긍정적 주관감성을 나타내고 음(-)의 부정적 주관감성을 나타낸다. 주관평가의 질문은 표 1과 같다.

Analysis

200Hz로 측정된 ECG 데이터 중에서 각각의 자극에 대하여 자극인가 전(resting) 30초와 인가시작(stimuli)부터 30초 동안의 데이터를 분석에 이용하였다. R-peak를 검출해서 R-R 간격을 계산하고 HRV로 재구성하였다.

ECG 데이터에서 n 번째 R-peak의 위치를 R_n 이라 하고 R-R간격을 T_n 라 하면, HRV_n 는 다음의 수식(1)과 같이 표현된다. (그림 2, 그림 3 참조)

$$T_n = R_{n+1} - R_n, T_0 = T_1$$

$$HRV_n = T_k, R_k \leq n\Delta T \leq R_{k+1}$$

$$(n, k = 1, 2, 3 \dots) \quad (1)$$

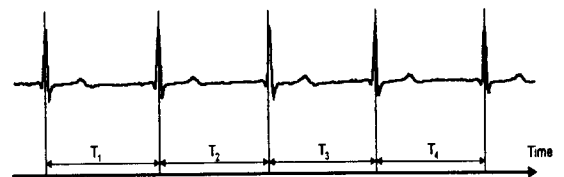


그림 2. 심전도의 R-R 간격
Fig 2. R-R interval of ECG

결 과

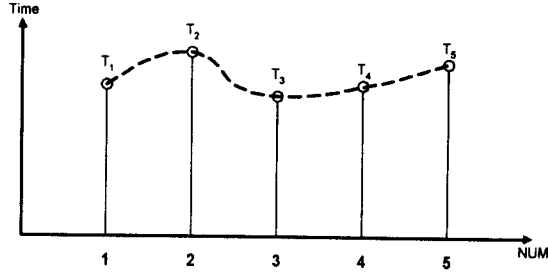


그림 3. HRV 그래프
Fig. 3. Graph of HRV

주파수 대역에서 power값을 나타내기 위해 FFT를 수행하였으며, 그림 4에 대표적인 HRV의 FFT 분석결과가 나타나있다. FFT의 그래프는 세 개의 peak를 가지고 있는데, 첫 번째 peak를 very low frequency(VLF), 두 번째를 low frequency(LF), 세 번째를 high frequency(HF)라 한다. VLF는 0.04 Hz이하에서 주로 나타나며 체온조절에 관한 변수이다. LF는 0.03~0.15Hz에서 보이며 교감신경계의 활동을 나타내고, HF는 0.15~0.40Hz에서 부교감신경계의 활동에 대한 정보를 가진다.

교감신경계과 부교감신경계의 활동우세정도(sympathovagal balance)를 나타내기 위하여 HF/LF라는 변수를 정의한다. 주관평가에 대한 변수의 상관관계를 알아보기 위하여 자극 전 data의 변수(*resting HF/LF*)에 대한 자극 후의 변수(*stimuli HF/LF*)의 값을 식(2)와 같이 normalize시켜 전체적인 경향을 파악하고자 하였다.

$$\text{normalized HF/LF} = \frac{\text{stimuli HF/LF} - \text{resting HF/LF}}{\text{resting HF/LF}} \quad (2)$$

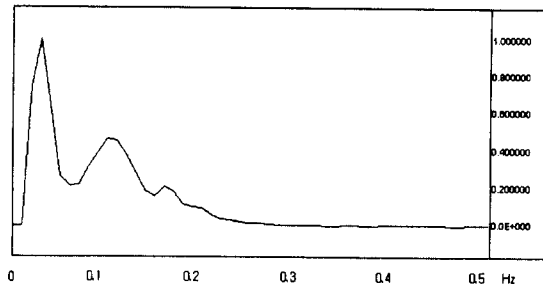


그림 4. HRV의 주파수 스펙트럼
Fig. 4. Frequency spectrum of HRV

자극에 대한 긍정 부정의 정도는 피검자의 주관적 평가를 기초로 하였다. 각각의 피검자별로 좋았던 자극(Positive)과 좋지 못한 자극(Negative)을 구분하여, 자극에 해당하는 심전도 신호를 변환하여 HRV로 재구성하고 HF/LF값을 normalize 시킨다. 이 값으로 Positive그룹과 Negative그룹을 설정하여 평균과 표준편차를 계산해보고, paired t-검정을 실시한다. 단측검정으로 산출된 p-value는 0.000612687로서 0.001이하의 매우 높은 상이성을 보인다.

결 론 및 토 론

본 연구에서는 시각자극에 의해 유발되어지는 감성의 변화를 알아보기 위하여, ECG를 측정해서 자율신경계의 활동을 관찰하고자 하였다. ECG에서 변환된 HRV의 주파수 성분에서 추출한 변수(LF, HF)로 새로운 parameter(normalized HF/LF)를 설정하였고, 피검자의 주관적 평가에 대해 상관관계를 비교해보았다.

그림 5에서보면 긍정의 자극(Positive)에서는 양의 값을 나타내고, 부정의 자극(Negative)에서는 음의 값을 가진다. 이것은 resting 상태에서 외부의 어떤 자극에 의해 교감, 부교감신경계가 서로 활성화되면서 나타나는 현상이다. 부정자극에서 음의 값

표 3. 긍정, 부정의 평균과 표준편차

Table 3. Average and STD of Positive, Negative

	Positive	Negative
AVG	0.4262	-0.1393
STD	0.7619	0.2570
p-value = 0.000612687		

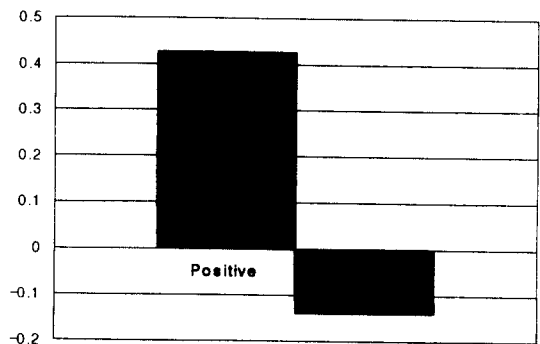


그림 5. 긍정과 부정으로 구분한 평균 그래프
Fig 5. average graph of Negative and Positive

이 나타난 것은 LF성분이 HF성분 보다 더 커지게 되어 stimulus에서의 HF/LF값이 resting에서의 값 보다 작아지게 된 것이다. 이 현상으로 미루어 부정자극이 가해지면 LF성분으로 나타나는 교감신경계 보다 HF성분으로 나타나는 부교감신경계가 더 활성화 된 것을 알 수 있다. 반대로 긍정자극에서는 교감신경계보다 부교감신경계가 더 활성화되었다. 그러므로 HRV의 분석으로 긍정적 자극인지 부정적 자극인지를 구별할 수 있다.

본 논문은 HRV를 이용하여 시각 감성의 positive, negative 차원만을 구분하고자 하였다. 이 결과는 청각감성평가와 일관성 있는 추세를 보이고 있다¹⁰⁾. 감성의 차원을 동일하게 했을 때 감성구분의 민감성(sensitivity)에 대한 연구가 앞으로 수행되어야 할 것이다.

참 고 문 헌

- [1] Richard J. Davison, "Anterior cerebral asymmetry and the nature of emotion", *Brain and cognition*, vol. 20, p. 125-151, 1992.
- [2] Martin R. Ford, John W. Goethe, Debra K. Dekker, "EEG coherence and power changes during a continuous movement task", *International Journal of Psychophysiology*, vol. 4, p. 99-110, 1986.
- [3] 여형석, 오상훈, 임재중, 손진훈, "피부자극에 의해 유발되는 뇌파의 Time-Frequency분석", 대한생체의용공학회 추계학술대회논문집, 18권 제2호, p. 243-246, 1996.
- [4] 김철중, 황민철, 박재희, 이남식, "생리신호 측정에 의한 감성평가" 1차년도 보고서, 한국표준과학연구원, 1995.
- [5] 강두희, 生理學 改訂4版, 新光出版社, 1992.
- [6] Hales S., "Haemastatics. In: *Statical Essays*", London: Innings and manby, vol. 2, 1733.
- [7] H. Luczak, W. Laurig, "An analysis of heart rate variability", *Ergonomics*, vol. 16, no. 1, 85-97, 1973.
- [8] John E. Richards, Betty Jo Casey, "Heart rate variability during attention phases in young infants", *Psychophysiology*, vol. 28, no. 1, 1991.
- [9] Richard W. Backs, "Going beyond heart rate: Autonomic space and cardiovascular assessment of mental workload", *the international journal of aviation psychology*, vol. 5, no. 1, p.25-48, 1995.
- [10] 오상훈, 황민철, 임재중, "HRV 스펙트럼과 청각 감성과의 연관성에 관한 연구", 대한생체의용공학회 춘계학술대회논문집, 19권 제1호, p. 176-178, 1997.