

# HRV 스펙트럼과 청각 감성과의 연관성에 대한 연구

오상훈\*, 황민철\*\*, 임재중\*

\*인제대학교 보건대학 의용공학과

\*\*한국표준과학연구원 인간공학연구실

## A Study for the Correlation between HRV spectrum and Auditory Emotion

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

\*Department of Biomedical Engineering, Inje University

\*\*Ergonomics Laboratory, Korea Research Institute of Standards and Science

### ABSTRACT

We are exposed to the various types of external stimuli, and many researches have been conducted to analyze the emotional changes to the stimuli quantitatively. In this paper, changes of human emotion was studied by analyzing HRV from ECG signals which were varied by the auditory stimulus. Power contents for each frequency bands were calculated from HRV waveforms. Two peak values representing autonomic nervous system status, HF and LF, were used to extract the parameters. An analysis on the normalized HF/LF to the subjective rating of the subject were performed. It was assumed that the positive emotional changes evoked by the auditory stimuli, the HF values representing activation of the parasympathetic nervous system, are increased much higher than the LF values, activation of the sympathetic nervous system. Results showed that the parasympathetic nervous system works more actively than the sympathetic nervous system to the stimuli which cause the positive emotional changes.

한 감성의 유발은 중추신경계와 말초신경계의 반응으로 경험하게 된다. 중추신경계의 반응에 대한 감성연구에는 주로 뇌파가 많이 이용되어져 왔으며, 말초신경계 반응중 자율신경계 반응에 대한 연구는 심전도(ECG, electrocardiograph), 혈압, 피부 저항, 그리고 호흡변화등의 생리신호를 이용하여 이루어지고 있는 추세이다.<sup>3)4)</sup>

그 중 ECG를 이용한 심장박동의 변화율(HRV, heart rate variability)을 분석한 예가 많이 있으며, 정신적 스트레스나 수행작업의 난이도에 따른 ECG의 변화가 높은 상관성을 가진다는 보고가 있다.<sup>5)6)</sup> 심장 근육은 동방결절(SA-node)에서 주기적으로 발생하는 전기적인 분극현상이 모든 심근들에 전도되어 순차적으로 수축 이완되어진다. 이때 동방결절의 분극현상은 자율신경계의 교감신경계와 부교감신경계에 의해 그 주기가 생체 항상성을 유지하기 위해 유동적으로 변하게 된다.<sup>7)</sup> 즉, ECG의 변화는 자율신경계의 변화상태를 반영한다고 할 수 있다. 그러므로 ECG의 특성을 분석하면 자율신경계의 활동을 알 수 있고, 그 결과로 감성의 변화를 추정 할 수 있을 것이다.

본 연구에서는 다양한 소리에 의해 유발되는 감성과 심장박동의 주기 변화에 대한 상관성을 분석하여 이를 통한 교감신경계와 부교감신경계의 활동 변화에 대한 상호 연관성을 HRV 스펙트럼 분석을 통하여 밝히고자 하였다.

### 서론

인간은 감각기관을 통해서 입력되는 자극에 의해 심리적, 생리적으로 많은 영향을 받는다.<sup>1)</sup> 그 중에서도 청각자극으로 유발되어지는 정서변화를 생리신호의 분석을 통하여 연구하고자 하는 시도가 많이 이루어져 왔다.<sup>2)</sup> 일반적으로 청각자극에 의

### 실험 방법

본 논문의 실험은 다양한 종류의 청각자극이 주어질 때 심전도를 검출하여 주어진 자극이 자율신경계의 활동변화에 어떠한 영향을 미치는가를 알기 위한 것으로, 전체적인 실험과정이 그림 1에 나타나 있다.

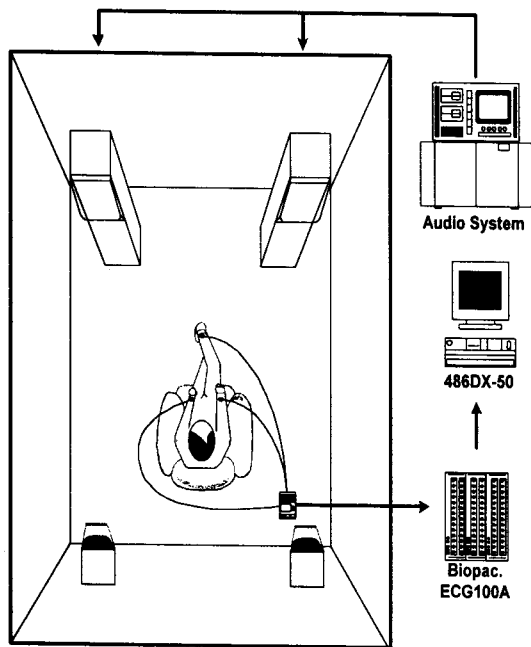


그림 1. 실험을 위한 전체적인 구성도  
Fig. 1. Overall setup for the experiment

피검자는 20대의 성인 남자 3명, 여자 2명을 대상으로 하였다. 피검자실은 생리신호 측정을 위해 가로 2.5m, 세로 4.5m, 높이 3m의 크기로 외부의 영향을 받지 않게 특별히 제작 되었다.

청각자극은 CD(Shilla Records. 효과음향 시리즈 I·IV)에 녹음된 소리를 오디오 음원으로 사용하였으며, 주변에서 자주 들을 수 있는 소리(종달새, 다듬이, 오토바이, 비상벨, 낙수, 성당종, 통통배, 개울물, 제트기 폭음, 파도, 눈 밟는 소리등)를 선택 하였다. 자극음은 CDP(Inkel. CD-8500G), Pre-amplifier(Inkel. AVP-8500G)를 거쳐 Speaker(Inkel. S-9500B, SS-650)를 이용하여 제시하였다.

한 피검자당 무작위로 10가지의 자극원이 제시 되었다. 자극은 30초씩이고 후속 자극 전에 충분한 회복시간을 위해 2분간의 휴식 시간을 넣었으며 그림 2에 자극의 제시와 데이터의 수집에 대한 설명이 나타나 있다.

ECG는 Biopac ECG100A을 사용하여 1~30Hz의 대역에서 200Hz로 샘플링하고 PC(486DX-50)에 데이터를 저장하였다. 전극은 Ag/AgCl Surface Electrode(Biopac, EL501)를 사용하였으며, 표준사지 유도법의 Lead I으로 검출하였다.

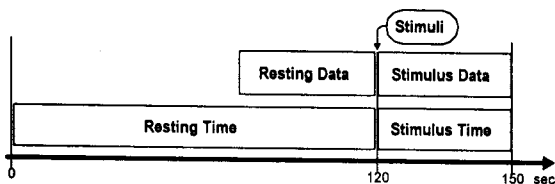


그림 2. 자극의 제시 및 데이터 수집 진행도  
Fig. 2. Procedure for stimulation and data collection

실험 전에 피검자의 참여도를 높이기 위하여 실험 목적과 과정을 충분히 숙지 시켰고, 자극후 피검자의 주관적 평가를 통해 유발된 감성을 11점 척도에 의해 -5에서 +5까지 평가되었다. 이때 양(+)의 값은 긍정적 주관감성을 나타내고 음(-)의 부정적 주관감성을 나타낸다.

### 데이터 분석

저장된 ECG 데이터는 각각의 자극에 대하여 자극인가전 30초와 인가시작부터 30초 동안의 데이터를 분석에 이용하였다. 즉, ECG의 R-peak를 검출해서 R-R 간격을 계산하고 HRV로 재구성하였다.

구해진 HRV파형의 주파수 분석을 위해서 횡수로 되어있는 HRV의 가로축을 시간축으로 변환하여야 되므로 식(1)에 의해 한 눈금의 resolution을 계산한다.

$$HRV(n) = HR(k), t_k \leq n \Delta T < t_{k+1}, (1)$$

$$(n, k = 0, 1, 2, \dots)$$

이때, 샘플링 주기는  $\Delta T = 1/f_s$ 가 되고,  $k$ 번째의 심박 주기는  $HR(k) = 1/(t_{k+1} - t_k)$ 가 된다.

각 주파수 대역의 power값의 변화를 나타내기 위해 FFT를 수행하였으며, 그림 3에 대표적인 HRV의 FFT 분석 결과가 나타나 있다. 그림에 나타나 있듯이 power값은 세 개의 peak를 가지고 있는데, 첫 번째 peak를 VLF(very low frequency), 두 번째를 LF(low frequency), 세 번째를 HF(high frequency)라 한다. VLF는 0.04Hz이하에서 주로 나타나며 체온조절에 관한 변수이다. LF는 0.03~0.15Hz에서 보이며 교감신경계의 활동을 나타내고, HF는 0.15~0.40Hz에서 부교감신경계의 활동에 대한 정보를 가진다.

교감신경계와 부교감신경계의 우세정도를 나타내기 위하여 HF/LF라는 변수를 정의한다. 자극 전(resting) data의 HF/LF에 대한 자극 후(stimulus)

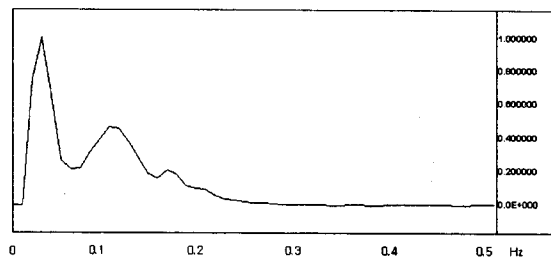


그림 3. HRV의 주파수 스펙트럼  
Fig. 3. Frequency spectrum of HRV

의 HF/LF값을 식(2)와 같이 normalize 시켜 전체적인 경향을 파악하고자 하였다.

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

**결 과**

피검자의 주관적 평가에 따라 긍정과 부정으로 분류하여 계산된 변수를 그림 4에 나타내었다. 그래프의 기둥의 높이는 변수들의 평균을 의미하고 오차막대는 표준편차를 나타낸다. 주관적 평가가 긍정(positive)인 부분에서는 HF/LF의 값이 증가되었고, 부정(negative)인 부분에서 값이 감소하는 것을 알 수 있다.

표 1에서는 피검자 전체의 데이터를 통계치로 나타내었는데, 표에서 볼 수 있듯이 t-test 결과(p value = 0.0034) 부정의 평가와 긍정의 평가는 서로 신뢰도 높은 상이성을 보인다.

**결 론 및 토 의**

본 실험에서는 청각자극에 의해 유발되어지는 자율신경계의 변화를 ECG의 분석을 통해 알아보하고자 하였다. ECG를 검출하고 HRV의 주파수 분석을 통해서 나타나는 peak들의 power값을 비교하였다.

그 결과 부정의 자극에서보다 긍정의 자극에서 HF/LF의 값이 더 높다는 것을 알게 되었다. 그러므로 본 실험에 대한 결과로 추정되는 것은, 긍정(+인) 청각자극에서는 HF의 값이 LF의 값보다 더 증가하므로 부교감신경계가 교감신경계보다 더 활성화된다는 것, 그리고 반대인 부정(-)의 청각자극

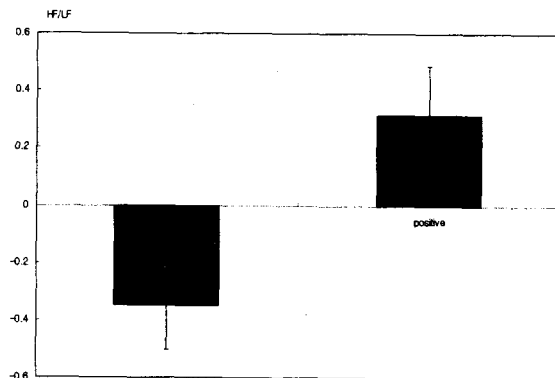


그림 4. 주관적 평가에 대한 HF/LF  
Fig. 4. Subjective rating vs. HF/LF

표 1. 주관적 평가(긍정,부정)에 대한 HF/LF의 t-test결과

Table 1. Result of t-test for the statistics of total data

	negative	positive
AVG	-0.12293	0.212381
STD	0.265698	0.4045
통계적유의차 p-value = 0.0034		

에서는 교감신경계가 더 활성화된다는 것이다.

그러므로 ECG를 통해서 자율신경계 반응에 대한 감성평가의 가능성을 보여준다고 하겠다. 11점 척도에 의한 분산형 그래프(scattering)로 표현할 경우 data들의 추세가 정확하지 못해서 감성의 단계를 11가지로 나눌수는 없었고 다만 긍정과 부정의 두 단계로만 판별이 가능했다. 향후 주관적 평가의 설문을 좀더 개선 시켜 자극에 대해 느끼는 감성의 표현을 좀더 정확히 판별해낼 수 있다면 HF/LF 변수와 감성과의 상관관계를 더욱 잘 알 수 있을 것이다.

**참 고 문 헌**

- [1] Neil R. Carlson, *Physiology of Behavior 5th Ed*, Paramount Publishing, 1994.
- [2] 유은경, "쾌음과 불쾌음이 뇌파에 미치는 효과", 충남대학교 심리학과, 1997.
- [3] 여형석, 오상훈, 임재중, 손진훈, "피부자극에 의해 유발되는 뇌파의 Time-Frequency 분석", 대한생체의용공학회 춘계학술대회논문집, 18권 제2호, p. 243-246, 1996.
- [4] 김철중, 황민철, 박재희, 이남식, "생리신호 측정에 의한 감성평가" 1차년도 보고서, 한국표준과학연구원, 1995.
- [5] Nozomi Sato, Shinji Miyake, Jun'ichi Akatsu, Masaharu Kumashiro, "Power Spectral Analysis of Heart rate Variability in Healthy Young Women During the Normal Menstrual Cycle", *Psychosomatic Medicine*, 57 p.331-335, 1995.
- [6] John L. Andreassi, *Psychophysiology : Human Behavior and Physiological Response 3rd Ed*, Lawrence Erlbaum Associates, 1995.
- [7] 강두희, *生理學 改訂4版*, 新光出版社, 1992.