

# 스트레스 평가를 위한 심박 변이도, 전기피부반응 및 피부온도 특성

(Characteristics in HRV(heart rate variability),  
GSR(galvanic skin response) and skin temperature for  
stress estimate)

조영창<sup>1)</sup>, 김민수<sup>2)\*</sup>

(Young Chang Cho and Min Soo Kim)

**요약** 오늘날 스트레스는 인간의 정신적, 신체적 건강을 위협하는 주된 요인 중의 하나이다. 본 논문에서는 대학생들에 대해 수업 전과 후에 측정된 심박변이도, 전기피부반응, 피부 온도가 스트레스 환경에서 생체 신호에 미치는 영향을 분석, 조사하였다. 본 연구에는 21세에서 27세 사이의 학생 30명이 참여하였으며, 이들의 평균 나이는 22.31세, 표준편차는 1.45세이다. 실험을 통해 시간영역과 주파수영역 모두에서 HRV의 제어 그룹에 대해 비교한 결과, 실험군에 대한 RMSSD( $p=0.033$ ), LF 첨두값( $p=0.003$ ), VLF( $p=0.045$ )가 통계적으로 유의한 것으로 확인되었다. 평균 피부 전도도는 수업 후의 측정 결과(평균=5.993(uS), 표준편차=3.406)가 수업 전의 측정 결과(평균=3.039(uS), 표준편차=2.628)보다 평균적으로 97.2% 높게 나타났으며, 피부 온도는 수업 후의 측정 결과( $34.835\pm 0.305$ )가 수업 전의 측정 결과( $34.471\pm 0.281$ )보다 평균적으로 1.055% 높게 나타남을 알 수 있었다. 본 연구결과는 스트레스 관련 임상 연구에서 자율신경계의 반응을 조사하는 연구에 활용될 수 있을 것으로 사료된다.

**핵심주제어** : 스트레스 평가, 자율신경계, 심박변이도, 전기피부반응, 피부 온도

**Abstract** Stress is one of the major causes threatening the mental and physical health of human today. In this paper, we analyzed the heart rate variability(HRV), galvanic skin response(GSR), and skin temperature data measured from the university subjects before and after the class to examine the influence on bio-signal in stress environment. Thirty subjects from university students (aged between 21 and 27 years; mean=22.31, STD=1.45) took part in this study. From the experiment results, RMSSD( $p=0.033$ ), LF peak( $p=0.003$ ), VLF( $p=0.045$ ) were statistically significant from those of the control group( $p<0.05$ ) of HRV both in time and frequency domain. We observed that mean skin conductivity after the class(mean=5.993(uS), SD=3.406) is higher than that before the class(mean=3.039(uS), SD=2.628) by 97.2% on average and the skin

\* Corresponding Author : yccho@ikw.ac.kr

Manuscript received May 27, 2015 / revised June 24, 2015 /  
accepted June 28, 2015

1) 경운대학교 항공정보통신공학과, 제1저자

2) 경운대학교 항공정보통신공학과, 제2저자, 교신저자

temperature after the class( $34.835 \pm 0.305$ ) is slightly higher than that before the class( $34.471 \pm 0.281$ ) by 1.055% on average. The results in this research could be used to examine the autonomic response in clinical stress related research.

**Key Words** : stress estimate, autonomic, HRV, GSR, skin temperature

## 1. 서 론

인간은 산업사회에서 경험하게 되는 다양한 작업이나 직무과중으로 인한 스트레스로부터 정신적, 육체적 건강을 위협받고 있다[1-2]. 직무 스트레스는 사람들에게 상해, 사고, 직무 만족도 상실, 결근율 증가를 초래하고 있으며, 심혈관계 질환, 정신질환 등과 같은 직업성 질환의 위험인자로 인식되고 있다[3]. 그럼에도 불구하고 일상생활에서 작업환경에 대한 스트레스를 피하는 것은 거의 불가능하다.

스트레스를 규명하기 위한 연구로는 심전도(ECG: electrocardiogram)에 대한 심박 변이도(HRV: heart rate variability), 전기피부반응(GSR: galvanic skin response) 및 피부온도(ST: skin temperature) 차이에 대한 연구 등이 수행되어 왔다[4-13]. 이들 연구에서는 스트레스 평가를 위해 여러 자극들을 유도하는 암산과제[4-8]와 컴퓨터 작업[4, 9] 등을 수행토록 하였으며, 정신적 스트레스(mental stress)에 의한 교감신경과 부교감신경의 변화를 비교하기 위해 심박 변이도를 분석한 결과, 작업이 수행되는 동안에는 LF(low frequency)/HF(high frequency)율이 높게 나타났고, HF는 낮게 나타난 결과를 얻었다[14-15].

전기피부반응에 대한 실험 연구에서는 정상상태, 흥분상태, 스트레스 상태 및 휴식상태에 대한 비교 연구와 전기 전도성 레벨 등에 대한 연구가 수행되었다[16]. 그리고 피부온도에 관해서는 격분상태에 의해 손가락 온도가 증가하고 공포와 놀람상태에서는 반대로 손가락 온도가 감소한다는 결과가 연구된 바 있다[17].

본 연구에서는 수업 후 스트레스에 의한 자율신경계 활동 정도를 파악하기 위해 심박변이도

파라메타에 대한 통계적 해석과 피부전기전도도와 피부온도 변화 간의 연관성에 대해 연구하고자 한다.

## 2. 재료 및 방법

### 2.1 연구대상 및 방법

본 연구에서는 스트레스 평가를 위해 구미소재의 K대학교 학생 30명을 대상으로 생체신호 측정을 실시하였다. 실험에 참가한 피실험자의 연령대는 21세에서 27세 사이로 평균 나이는 22.31세, 표준편차는  $\pm 1.45$ 이며, 남녀 비는 29:1이다. 연구대상자 선정 시 자율신경계에 영향을 줄 수 있는 질병, 특히 고혈압, 갑상선 기능 항진증 및 심혈관계질환의 과거력이 있는 실험자는 제외시켰다. 그리고 실험실 내 온도와 습도는 각각  $23 \sim 24^{\circ}\text{C}$ , 40~60% 수준을 유지하도록 하였고, 조명은 밝게 유지하였다. 실험이 진행되는 동안, 편안한 마음을 가지도록 하였고, 동일한 의자를 사용하고 동일한 자세를 유지한 상태에서 심호흡은 하지 않도록 하였으며, 측정 중에는 움직이지 않도록 하였다. 스트레스 부여를 위해 대학 공학 실험실습 수업 중에 학생들에게 수업 시작 직전에 통보하여 평가시험을 실시하게 하였다. 이 실습은 기말고사 성적에 반영하는 실습평가 형식으로 학생들에게 회로결선 문제를 출제하였고 실습 장비에 회로를 결선하여 동작의 유무를 가지고 평가함으로써 학생들에게 스트레스 강도가 있도록 하였다.

수업 전 측정은 피 실험자가 30분 정도 휴식을 취한 후에 실시하였고, 수업 후 측정은 수업이 끝난 즉시 실시하였다. 실험은 교과목 수업이 있

는 날에 실시하였고 수업시작 전의 측정은 수업이 없는 오전 9시부터 10시 사이에, 수업종료 후의 측정은 수업이 연속적으로 진행되고 있는 상황에서 수업이 끝나는 시간대인 오후 3시 30분부터 5시 30분 사이에 실시하였다.

Fig. 1은 심전도 신호 측정모듈, 전기피부반응 측정모듈 및 피부 온도 측정모듈로 구성된 생체 신호 측정 장치를 나타낸 것이다.

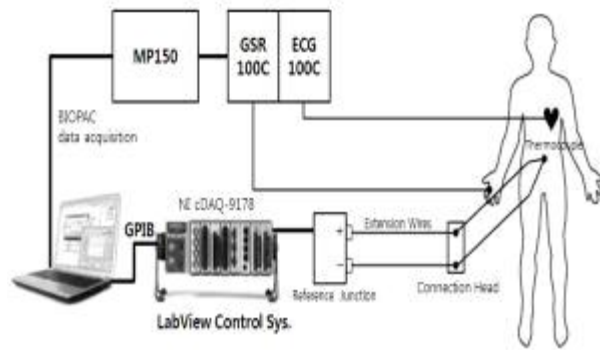


Fig. 1 Experiment set-up for Bio-signal Acquisition

Fig. 2는 실시간으로 획득된 생체신호 데이터를 나타낸 화면이다.

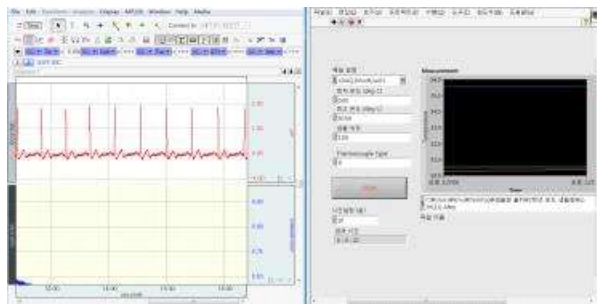


Fig. 2 Real-time Acquisition Screen of Bio-signal data

## 2.2 심박 변이도 측정실험

심박 변이도는 10분 분량의 심전도 신호 데이터를 시간영역(time domain) 및 주파수 영역(frequency domain)에서 비교 분석하였다. 시간 영역에서는 Mean RR(평균 심박간격), STD RR

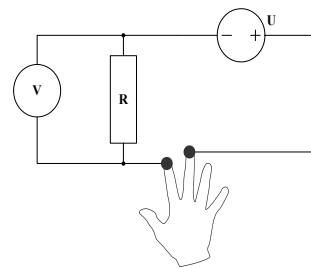
(정상 심박간격의 표준편차), NN50(50 ms보다 큰 연속적인 NN 간격), RMSSD(이웃한 심박 간격 차이 제곱의 평균 제곱근), pNN50(전체 심박 간격 수에 대해 이웃 심박간격이 50 ms 이상 차이가 나는 간격수의 비율) 등을 분석하였다.



(a) ECG measurement



(b) Sensor of skin conductivity



(c) Electrical Circuit of GSR measurement



(d) Skin temperature measurement

Fig. 3 Experiment of Bio-signal measurement

주파수영역에서는 저저주파(very low frequency, VLF: 0.003~0.04 Hz), 저주파(low frequency, LF: 0.04~0.15 Hz), 고주파(high frequency, HF: 0.15~0.40 Hz)에서의 주파수 대역 점유율(%) 및 전력 스펙트럼(ms<sup>2</sup>), LF와 HF의 비(LF/HF ratio) 등을 사용하여 비교 분석하였다. Fig. 3(a)는 피실험자에게 심전도 전극을 부착한 상태에서 측정하는 장면을 나타낸 것이다. 피실험자의 심전도 신호를 측정하기 위해 사지유도 방법으로 양손과 왼쪽발목 부위에 전극을 부착하고 Biopac사의 ECG 100C 증폭기를 이용하여 이득을 200, 저역 통과필터와 고역통과필터의 차단주파수를 각각 35 Hz와 0.5 Hz 그리고 샘플링 주파수를 250 Hz로 설정하여 신호를 획득하였다.

## 2.3 전기피부반응 측정실험

전기피부반응은 교감신경계에 의해 분비된 소량의 땀으로 인해 변화하는 피부전기전도도(SC: skin conductivity)를 측정하는 것이다. 이것은 한선활동(sweat gland activity)의 함수이며, 전기피부반응의 변화는 놀람, 갑작스러운 공포, 두려움 등에 의한 스트레스 특성과 관련되어 있다.

본 연구에서는 10분 동안의 피부전기전도도 데이터를 획득하기 위해 검지와 중지에 각각 Ag-AgCl 전극(Biopac사 TSD203)을 부착한 후, 1 V의 정전압과 10 uS(micro siemens)의 컨덕터, 차단주파수가 10 Hz인 저역통과필터, 샘플링 주파수를 250 Hz 그리고 고역통과필터는 DC로 설정하여 피부전기전도도를 측정하였다.

Fig. 3(b)는 전기피부반응 실험을 위해 피실험자의 왼손 검지와 중지에 전극을 각각 부착하여 실험한 장면을 나타낸 것이다. Fig. 3(c)는 전기피부반응 회로를 나타낸 것으로 직류전압 U는 두 전극 사이에 인가되며, 전류 I는 직렬로 연결된 피부와 저항(R)을 통해 흐른다.

### 2.4 피부온도변화 측정실험

본 연구에서 피부온도는 LabView 시스템(NI 9211)을 이용하여 4개 채널을 통해 온도센서로 검지된 데이터를 24비트로 A/D 변환하여 획득하였다. 측정회로의 전압측정범위는 ±80 mV이며, 각 채널과 공통단자 사이에는 DC 1.5 V의 전원을 인가하였다. 온도센서는 와이어 열전대(thermocouple) 타입으로 0~50°C의 측정범위를 가지며, 상체에 부착하여 초당 10 Hz의 샘플링 주파수로 10분 동안 피부온도 변화를 측정하였다. <Fig. 3(d)>는 피부 온도변화를 측정하기 위해 상체에 온도센서를 부착하여 실험하는 장면을 나타낸 것이다.

### 3. 실험결과

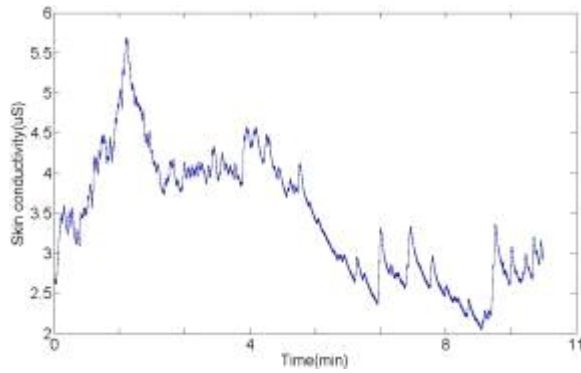
본 연구에서는 스트레스 평가를 위해서 수업

Table 1 Statistical analysis for Stress estimation

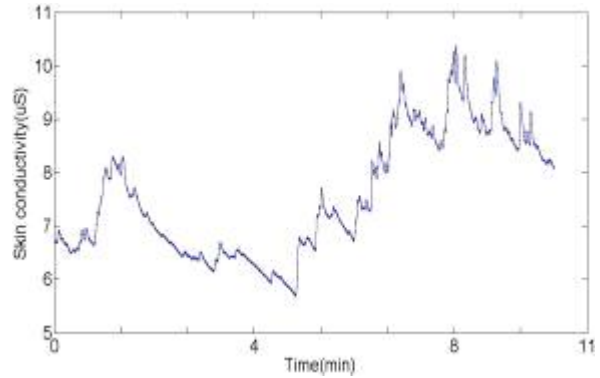
Variable		Before the class(n=30)	After the class(n=30)	p value
<b>Demographic</b>	Age	22.21±1.398	22.21±1.398	0.782
	Mean RR (ms)	794.007±112.70	778.603±100.41	0.499 <sup>b</sup>
<b>Time Domain</b>	STD RR (ms)	72.79±67.12	61.897±28.64	0.394 <sup>b</sup>
	Mean HR (1/min)	78.11±12.41	78.89±10.04	0.691 <sup>b</sup>
	STD HR	7.58±5.76	6.90±3.57	0.974 <sup>a</sup>
	RMSSD (STD)	64.36±64.02	49.94±44.34	<b>0.033<sup>a</sup></b>
	NN50 (STD)	121.28±13.54	117.03±12.89	0.794 <sup>b</sup>
	pNN50 (STD)	17.317±11.74	16.02±11.00	0.642 <sup>b</sup>
	VLF peak (Hz)	0.0036±0.003	0.0045±0.004	0.839 <sup>a</sup>
<b>Frequency Domain</b>	LF peak (Hz)	0.091±0.090	0.093±0.075	0.218 <sup>a</sup>
	HF peak (Hz)	0.235±0.070	0.245±0.075	0.879 <sup>a</sup>
	VLF power (ms <sup>2</sup> )	2873.55±940.29	1186.52±955.74	0.621 <sup>b</sup>
	LF power (ms <sup>2</sup> )	5073.41±208.56	1141.76±880.43	<b>0.0025<sup>a</sup></b>
	HF power (ms <sup>2</sup> )	3951.28±158.14	983.83±1436.96	0.962 <sup>a</sup>
	LF/HF	2.27±1.84	2.10±1.50	0.586 <sup>b</sup>
	VLF (%)	36.36±13.15	41.19±15.08	<b>0.045<sup>b</sup></b>
	LF (%)	37.91±11.91	34.68±8.95	0.156 <sup>b</sup>
	HF (%)	25.70±14.53	23.78±13.98	0.395 <sup>b</sup>
<b>GSR</b>	skin conductivity(uS)	3.037±2.67	5.993±3.463	0.0001 <sup>b</sup>
<b>Thermocouple</b>	Skin Temp.(°C)	34.470±1.410	34.83±1.345	0.111 <sup>b</sup>

<sup>a</sup>Wilcoxon Signed Rank test

<sup>b</sup>paired t-test



(a) Wave form in skin conductivity of before the class



(b) Wave form in skin conductivity of after the class

Fig. 4 The wave form in GSR of before and after the class

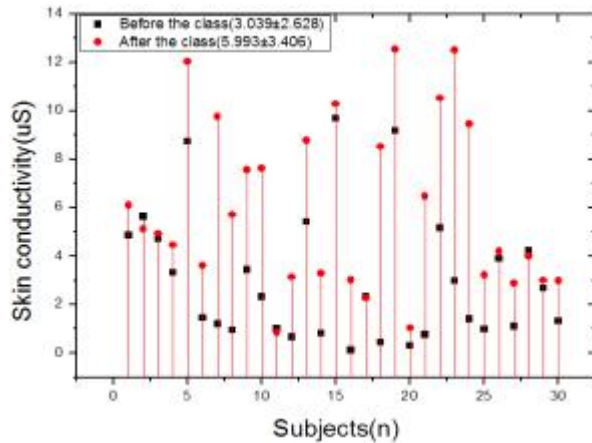


Fig. 5 Comparison of average in skin conductivity of before and after the class

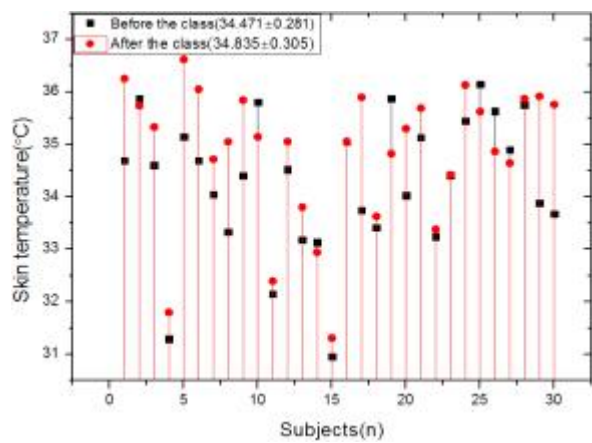


Fig. 6 Comparison of average in skin temperature of before and after the class

전과 수업 후 환경에서 측정된 심박변이도, 피부 전기전도도, 피부온도의 통계적 해석을 위하여 파라메타를 윈도우 버전의 SPSS 18.0(SPSS Inc Chicago, IL, USA)을 이용하여 수행하였다. 모든 통계량의 유의 수준은 0.05로 하였으며, 유의 확률 값이 유의수준 이하일 때 통계학적으로 의미가 있는 것으로 간주하였다. 통계 분석은 평균값과 표준편차를 이용하였고, 심박 변이도, 피부 전기전도도, 피부온도의 차이는 각 시점 간의 평균을 비교하기 위해 paired t-test를 이용하였다. 통계 해석은 윌콕슨 부호 순위검증(wilcoxon signed rank test)을 사용하여 비 모수 검증으로 평가하였다.

Table 1은 심박 변이도에 대한 통계적 유의성을

검증한 결과이며, 시간영역의 RMSSD ( $p=0.033$ ) 및 주파수 영역의 LF peak( $p=0.0025$ ), VLF ( $p=0.05$ )가 통계적 유의성을 가지고 있는 것으로 확인되었다. 피부전기전도도에 대한 평균 및 표준편차를 이용하여 통계적 해석을 수행한 결과, 수업 전( $3.037\pm 2.67$ )과 수업 후( $5.993\pm 3.463$ )에 대한 t-test( $p=0.0001$ ) 결과, 통계적으로 유의한 특성을 나타내었다. 피부온도변화에 대한 통계적 해석에서는 수업 전( $34.471\pm 1.410$ )과 수업 후( $34.83\pm 1.345$ )에 대한 t-test( $p=0.111$ ) 결과에서 통계적 유의성을 확인하기가 어려웠다.

전기피부반응(GSR) 실험에서는 피실험자를 대상으로 검지와 중지에 부착한 센서로부터 피부 전기전도도를 측정하였으며, 측정된 피부전기전도

도의 범위는 대략 1~13 (uS) 범위 내에 존재하는 것으로 나타났다. <Fig. 4(a)>와 <Fig. 4(b)>는 최대 10분 동안 실시간으로 측정된 피부전기전도도를 나타낸 것이며, <Fig. 4(b)>에서 측정값이 점차적으로 커지는 것은 피실험자가 생리적으로 흥분과 긴장상태를 유지하기 때문인 것으로 분석된다. <Fig. 5>는 수업 전과 후의 피부전기전도도 평균값을 비교한 결과이다. 수업 전의 피부전기전도도 평균값(■)은  $3.039 \pm 2.628$  (uS)로 나타났으며, 수업 후에 측정된 피부전기전도도 평균값(●)은 2.954 (uS)가 증가된  $5.993 \pm 3.406$  (uS)로 나타났다. 이는 수업 후의 피부전기전도도 평균값이 수업 전보다 97.2% 더 증가된 것을 의미하며, GSR 반응이 정확히 긴장도를 대변하는 생리 신호는 아니지만 생리적 흥분과 긴장도와 밀접한 관련이 있음을 보여준다.

Fig. 6은 수업 전과 후의 피부온도 평균값을 비교한 결과이다. 수업 전의 피부온도 평균값(■)은  $34.471 \pm 0.281$  (°C)로 나타났으며, 수업 후에 측정된 피부온도 평균값(●)은 0.364 (°C)가 상승한  $34.835 \pm 0.305$  (°C)로 나타났다. 또한, 일부 피실험자들에서는 피부온도 측정 데이터의 편차 범위가 크게 나타나고 있음을 확인하였다. 이는 피부온도가 주위의 온도 조건 및 피실험자의 피부온도 변화 민감도에 따라서 변화할 수 있으며, 피실험자마다 그 편차가 매우 크기 때문에 스트레스 정도를 나타낼 수 있는 신호로는 객관적이지 않음을 확인하였다.

본 연구의 수업 전·후 스트레스 비교연구 결과, 심박 변이도는 시간영역과 주파수 영역에서의 3가지 파라메타에서 유의한 특성을 가짐을 확인하였다. 그리고 전기피부반응 실험에서는 수업 전에 비해 수업 후의 측정결과가 97.2% 차이로 학생들에게 직접적으로 스트레스 영향을 주고 있음 나타낼 수 있었고, 피부온도 측정결과 1.005% 평균값 증가율로 스트레스에 영향을 미치지 않음을 나타낼 수 있었다.

#### 4. 결 론

본 연구에서는 대학생들을 대상으로 수업이 스

트레스에 얼마만큼 영향을 미치는가를 규명하기 위해 심박 변이도, 전기피부반응, 피부온도를 측정하여 수업에 의한 스트레스가 생체신호에 미치는 영향을 정량적으로 해석하였다.

수업이 스트레스에 미치는 영향에 관해 심박 변이도에 대한 연구 보고서는 많지 않으나 대체로 스트레스에 따라 심박 변이도 파라메터인 RMSSD와 LF값이 감소하는 것으로 보고되고 있다. 본 연구의 수업이 없는 평상시와 시험이 있는 수업종료 직후의 심박변이도를 비교한 실험에서도 수업 중 시험스트레스에 따라 심박 변이도 파라메터 RMSSD와 LF가 감소하는 것으로 확인하였다. 그리고 구두시험 전후의 심박동변이 변화를 보고한 Chung SY et al.[18] 등의 연구결과와도 일치하는 것으로 확인하였다. 본 연구의 STD RR은 측정시간 동안에 심박 변이도를 나타내는 지표로 STD RR감소는 여러 스트레스에 대한 대처 능력의 저하와 자율신경계의 인체 조절 능력 감쇄 또는 상실을 의미한다. 본 연구의 STD RR이 수업시작 전과 수업 중 시험 직후에 유의한 차이가 나지 않는 것은 심박 변이도의 다른 지표들이 교감신경계의 증가와 부교감신경의 억제를 나타냄에도 불구하고 자율신경을 조절하는 기전이 부분적으로는 조절 상태를 유지하고 있음을 나타낸다.

전기피부반응에 의한 실험결과에서는 수업 후에 측정된 피부전기전도도가 수업 전의 피부전기전도도보다 평균 97.2% 증가한 것으로 나타났으며, 이는 피부전기전도도 반응이 생리적인 긴장도와 밀접한 관련이 있음을 보여준다.

피부온도 변화에 대한 측정에서는 피실험자에 대한 측정편차가 크게 나타나는 동시에 주위의 온도 조건과 피실험자의 피부온도 변화 민감도에 따라 편차가 크게 변화하여 피부온도 변화가 스트레스에 미치는 영향에 대한 평가 기준으로는 적합하지 않는 것으로 확인되었다.

본 연구에서 얻어진 심박 변이도와 피부전기전도도에 대한 실험결과는 스트레스 관련 임상연구에서 자율신경계의 변화를 확인하는 지표로 활용될 수 있으며, 나아가 스트레스성 질병의 치료를 위한 연구나 정신적인 병을 규명하는 연구에서 중요한 단서로 사용될 수 있을 것으로 사료된다.

## References

- [1] P. A. Thoits, Dimensions of life events that influence psychological distress: an evaluation and synthesis of the literature. in Kaplan, H. B. (ed.), *Psychological Stress: Trends in Theory and Research*, Academic Press New York, pp.33-103, 1983.
- [2] C. L. Cooper and M. Davison, Sources of stress at work and their relation to stressors in nonworking environments, in Kalimo R, El-Batawi MA, and Cooper CL(eds.) *Psychological Factors at Work*. WHO, pp. 99-111, 1987.
- [3] J. P. Seward, Occupational stress. In LaDon J(ed.) *Occupational Medicine*, Prentice-Hall inc., pp. 467-80, 1990.
- [4] E. Labbe, et al., "Coping with stress: the effectiveness of different types of music," *Applied Psychophysiology and Biofeedback*, vol. 32, pp. 163 - 168, 2007.
- [5] J. A. Healey, R. W. Picard, "Detecting stress during real-world driving tasks using physiological sensors," *IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems*, vol. 6, pp. 156 - 166, 2005.
- [6] U. Lundberg and B. Melin, "Psychophysiological Stress and EMG Activity of the Trapezius Muscle," *International Journal of Behavioral Medicine*, vol. 1, pp. 354-370, 1994.
- [7] K. Ushiyama, T. Ogawa, M. Ishii, R. Ajisaka, Y. Sugishita, and I. Ito, "Mental Physiologic Neuroendocrine Arousal by Mental Arithmetic Stress Test in Healthy Subjects," *The American Journal of Cardiology*, vol. 67, pp. 101-103, 1991.
- [8] J. Tomaka, J. Blascovich, and L. Swart, "Effects of Vocalization on Cardiovascular and Electrodermal Responses during Mental Arithmetic," *International Journal of Psychophysiology*, vol. 18, pp. 23-33, 1994.
- [9] P. Seraganian, A. Szabo, T. G. Brown, and P. Behavior, "The Effect of Vocalization on the Heart Rate Response to Mental Arithmetic," *Physiology & Behavior*, vol. 62, pp. 221-224, 1997.
- [10] C. Ring, M. Drayson, D. G. Walkey, S. Dale, and D. Carroll, "Secretory Immunoglobulin: A Reactions to Prolonged Mental Arithmetic Stress: Inter-Session and Intra-Session Reliability," *Biological Psychology*, vol. 59, pp. 1-13, 2002.
- [11] N. Hjortskov, D. Rissen, A. K. Blangsted, N. Fallentin, U. Lundberg, and K. Sogaard, "The Effect of Mental Stress on Heart Rate Variability and Blood Pressure during Computer Work," *Eur J Appl Physiol*, vol. 92, pp. 84-89, 2004.
- [12] J. Zhai, A. Barreto, "Stress detection in computer users based on digital signal processing of noninvasive physiological variables," in *Proceedings of the 28th IEEE EMBS Annual International Conference*, pp. 1355 - 1358, 2006.
- [13] P. Nketia and S. Reisman, "The Relationship Between Thermoregulatory and Haemodynamic Responses of The Skin to Relation," *Biomedical Engineering Program*, New Jersey Institute of Technology, Newark, New Jersey, pp. 27-28, 1997.
- [14] N. Hjortskov, D. Rissen, A. Blangsted, N. Fallentin, U. Lundberg, K. Sogaard, "The effect of mental stress on heart rate variability and blood pressure during computer work," *European Journal of Applied Physiology*, vol. 92, no.(1-2), pp. 84-89, 2004.
- [15] J. Kristiansen, L. Mathiesen, P.K. Nielsen, A.M. Hansen, H. Shibuya, H.M. Petersen, et al., "Stress reactions to cognitively demanding tasks and open plan office noise," *International Archives of Occupational and Environment Health*, vol.

82, no. 5, pp.631-641, 2009.

- [16] J. Bakker, M. Pechenizkiy, N. Sidorova, "What's your current stress level? Detection of stress patterns from GSR sensor data", 11th IEEE Int Conf. on Data Mining Workshops, 2011.
- [17] P. Ekman, R.W. Levenson, W.V. Friesen, "Autonomic nervous system activity distinguishes among emotions," Science, vol. 221, pp. 1208 - 1210, 1983.
- [18] S. Y. Chung, F. W. Kim, "The correlation between HRV and questionnaires before and after oral test," Korean J. Stress Tes., vol. 16, pp. 363-368. 2008.



조 영 창 (Young Chang Cho)

- 정회원
- 영남대학교 전기공학과 공학사
- 영남대학교 전자공학과 공학 석사
- 영남대학교 전자공학과 공학 박사
- 경운대학교 항공대학 항공정보통신공학과 교수
- 관심분야 : DSP, 심전도 신호처리



김 민 수 (Min Soo Kim)

- 정회원
- 경일대학교 전기공학과 공학사
- 영남대학교 전기공학과 공학 석사
- 영남대학교 전자공학과 공학박사
- 토요하시기술과학대학 박사후 연구원
- 경운대학교 항공대학 항공정보통신공학과 교수
- 관심분야 : 생체임피던스, 생체신호처리