

심박변이율 시간영역 분석을 통한 실내온도변화에 따른 자율신경활동 평가

Evaluation of the Ambient Temperature Effect for the Autonomic Nervous Activity through the Time Domain Analysis of the Heart Rate Variability

민 세 동* · 신 항 식†
(Se Dong Min · Hangsik Shin)

Abstract - The purpose of this paper is to investigate the autonomic nervous system activity in various ambient temperature situation. To evaluate autonomic function, we use the time domain analysis of heart rate variability. Electrocardiogram was recorded to derive heart rate variability in 3 different temperature room which temperature is controlled in 18°C (low), 25°C (mid) and 38°C (high), respectively. Totally 22 subjects were participated in the experiment. The result shows that the time-domain variables such as AVNN, SDNN, SDDSD, RMSSD, NN50, pNN50, NN20 and pNN20 show the significant difference between low and high temperature ($p < 0.01$). However, these variables has no significance ($p > 0.05$) between mid and high except on AVNN, RMSSD and pNN20. AVNN, RMSSD shows the highest significance ($p < 0.001$) according to the various temperature environment.

Key Words : Ambient temperature, Autonomic nervous system, Heart rate variability, Time domain analysis

1. 서 론

인체는 매우 복잡한 상호작용에 의하여 체내 균형을 유지하고 있다. 이러한 인체의 상호작용은 정신적인 요인과 신체적인 요인 모두의 영향을 받으며 상보적인 조절 기전에 의하여 조절된다. 이러한 균형을 유지하려는 성질을 항상성(homeostasis)라고 하며 이 과정은 인간의 생명유지에 필수적이다. 항상성은 간이나 신장, 뇌 등의 인체 주요 장기에 의하여 유지된다. 신경계에 의한 항상성 유지는 주로 말초신경계에 속한 자율신경계(ANS, autonomic nervous system)에서 담당하고 있는 것으로 알려져 있다. 자율신경계는 긴장 증가와 관계된 교감신경계(sympathetic nervous system)와 긴장 이완과 관련된 부교감신경계(para-sympathetic nervous system)의 길항작용을 통해 인체의 항상성을 조절하는 역할을 하며, 불수의근과 심장근육, 소화기관, 순환기관, 배설기관, 내분비기관과 같이 무의식적으로 동작하는 인체의 기능을 제어함으로써 심장 박동, 땀 분비, 동공 조절, 호흡, 소화 배설 등의 현상을 촉진 또는 억제한다[1]. 자율신경계의 활동을 나타내는 가장 보편적인 지표는 심장 박동 간격으로, 심장 박동 간격의 변화를 관찰하여 교감신경과 부교감신경의 활동을 유추할 수 있다.

심장 박동 간격 변화를 정량화하여 자율신경계를 평가하는 방법으로는 심박변이도(HRV, heart rate variability)가 널리 사용되고 있다. 심박변이도는 측정된 박동간격의 특성을 분석하여 수치적으로 정량화 하는 기법으로 박동간격의 통계적 특징 및 박동간격 변동률, 주파수 특징 등을 분석하여 자율신경계 활동을 평가할 수 있도록 해준다. 또한, 심박변이도 분석은 측정 시간 및 분석 방법에 따라 다양한 생체 주기와 관계된 자율신경계 활동을 반영할 수 있다. 다시 말하면 심박변이도는 호흡, 혈압 조절 및 혈관운동, 체온 조절, 일주기리듬 조절 등 각각 다른 주기특성을 가지는 생체 활동들에 의해 영향을 받으며, 역으로 심박변이도 분석을 통해 다양한 생체 조절 메커니즘의 활동을 평가할 수 있다[2, 3]. 가장 널리 사용되는 심박변이도 분석법으로는 시간영역 분석방법과 주파수영역 분석방법이 있다[4]. 시간 영역 분석방법은 연속된 QRS 간격의 통계 분석을 통해 자율신경계 활동을 평가한다. 시간영역 분석 기법은 심박변이도를 분석할 수 있는 가장 편리한 방법으로 구현이 간단하고 적용이 손쉽다는 장점을 가지고 있다. 주파수 영역 분석 방법은 빠른 푸리에변환(FFT, fast fourier transform) 등의 비모수적(non-parametric) 방법이나 자기회귀(AR, auto-regressive) 모델 등의 모수적(parametric)방법 등을 사용하여 박동간격주파수 특성을 분석하는 방법이다[4, 5]. 주파수영역 분석법에서는 심박변이도를 구성하는 특정 주파수에너지 또는 전력분포 정보를 제공하므로 다양한 주기적 인체 활동에 대한 정보를 제공하여 줄 수 있다.

본 연구는 심박변이도 분석을 기반으로 온도 변화에 대한 자율신경계 변화 특성을 관찰하는 것을 목표로 한다. 인체는 외부

† Corresponding Author : Dept. of Biomedical Engineering, Chonnam National University, Korea

E-mail : hangsik.shin@jnu.ac.kr

* Dept. of Medical IT Engineering, Soonchunhyang University, Korea

Received : January 12, 2015; Accepted : July 30, 2015

온도에 무관하게 항상성을 유지하며, 이 과정에서 발생하는 자율신경계 활동은 심장 활동에 영향을 주게 된다. 온도변화에 대한 자율신경계 변화를 평가하는 이전 연구로는 계절의 변화에 따른 온도 변화와 대기 오염도의 종합적인 영향을 분석한 연구가 있다. 이 중, 건강한 성인을 대상으로 한 연구에서는 자동차 운전시 높은 실내온도(25℃)에서 박동간격 표준편차가 감소하였고 심박변이도의 저주파 성분(LF, low frequency) 및 저주파-고주파성분 비(LF/HF)가 상승하였는데 이러한 변화가 온도와 대기 오염도의 종합적인 영향 때문인 것으로 평가하였다[6, 7]. 노인을 대상으로 수행된 또 다른 연구에서는 높은 실내온도에서 박동간격 표준편차 및 저주파성분, 고주파성분이 감소하는 것으로 확인되었으나 더운 계절에의 경우에서만 유의한 값을 보였고 추운 계절의 경우에는 유의한 값을 보이지 않아, 온도뿐만 아니라 오존 농도 등의 계절적 요인 모두가 자율신경계 활동에 영향을 주는 것으로 판단하였다[8]. 온도에 따른 자율신경계 활동을 평가한 또 다른 연구로는 저온환경에서 수면단계에 따른 자율신경계활동 변화를 관찰한 연구가 있었다[9].

이상의 연구들은 온도변화에 대한 자율신경반응에 대한 정보를 제공하고 있으나 온도만의 영향보다는 대기오염, 오존 농도 등의 외부 변수 또는 계절적 연구를 포함하고 있다. 또한, 일반적인 환경이 아닌 수면 등의 특정 환경에 한정된 결과를 제공하고 있다. 주변온도 특히 실내온도가 인간의 일상생활 중 매 순간 영향을 주고 있음을 고려할 때 일상적으로 마주할 수 있는 환경에서의 자율신경계 활동 특성을 파악하는 것은 다양한 가치를 제공할 수 있다.

2. 온도조건에 따른 심박변이도 시간영역 분석

2.1 실험 프로토콜

실내온도에 따른 자율신경계 활동 변화를 관찰하기 위하여 저온(18℃), 중온(25℃), 고온(38℃)환경으로 설정된 각각의 방에서 연속적으로 심전도를 측정하였다. 심전도는 각 환경마다 각각 10분씩 측정되었으나 인체가 온도변화에 적응하는 시간을 고려하여 각 환경에서 측정된 심전도의 초기 5분 데이터는 분석에서 제외되었다. 측정 순서는 혈압 측정 후 휴식(실험 전 5분), 고온(10분), 중온(10분), 저온(10분)의 순서로 수행되었다. 설정된 실내온도는 ISO7730 열쾌적기준(thermal comfort standard)을 참고하여 설정하였다[10]. 실험중 실내의 상대습도는 대략 30% (27 ± 5%)로 통제되었고, 기존 연구[11]에 의하면 젊은 성인의 경우 생리적 변화에 영향을 끼치지 않는 습도 범위이므로 습도로 인한 자율신경변화는 본 연구에서는 배제하였다. 모든 데이터는 의자에 편히 앉은 상태에서 획득되었다. 실험에는 총 22명이 참여하였으며(남 12, 여 10) 피험자의 연령은 20.8 ± 1.1 세, 키는 168.3 ± 7.35 cm, 체중은 62.4 ± 14.2 kg, 체질량지수(BMI, body mass index)는 21.9 ± 4.0 kg/cm²로 나타났다. 피험자 전원은 심혈관 질환을 가지지 않은 건강한 성인으로 음주와 흡연, 카페인 섭취 등의 자율신경계 활동에 영향을 줄 수 있는 활동을 실험 하루 전부터 제한하였다.

심전도 신호는 Biopac MP150 (BIOPAC Systems, Inc., USA)과 ECG100C 모듈을 사용하여 획득되었으며 Acknowledge™ 3.9를 사용하여 연결된 컴퓨터에 저장되었다. 이 때, 심전도는 표준사지유도법 중 Lead II 방법으로 획득하였으며, 샘플링 주파수는 1 kHz로 설정하였다.

2.2 심박변이도 시간영역 분석

시간영역 분석법은 심박변이율을 해석하는 가장 기본적인 방법으로 시간영역에서 심박동 간격의 균일성이나 산포도 등을 다양한 방법으로 정량화하는 기법이다. 시간영역 분석에서 활용되는 대표적인 지표로는 정상박동(N, Normal Beat)을 기준으로 하여 박동간격 평균값(AVNN, average NN interval), 박동간격 표준편차(SDNN, standard deviation of NN interval), 박동간격 연속차분 표준편차(SDSD, standard deviation of successive difference between adjacent NN intervals), 박동간격 연속차분 실효값(RMSSD, root mean square of successive difference between adjacent NN intervals), 50 ms를 초과하는 박동간격 연속차분 수(NN50, number of NN intervals exceeds 50 ms), 전체 박동간격 중 NN50 비율(pNN50, proportion of NN50 in total NN intervals), 20 ms를 초과하는 박동간격 연속 차분 수(NN20, number of NN intervals exceeds 20 ms), 전체 박동간격 중 NN20 비율(pNN20, proportion of NN20 in total NN intervals) 등을 꼽을 수 있다. 분석지표 중 AVNN과 SDNN 등은 박동간격의 전반적인 변화, SDSD나 RMSSD 등은 박동간격의 단기적인 변화를 관찰하는 데 유용한 것으로 알려져 있다[4]. 또한 pNN50 등의 지표도 부교감 신경계의 활동을 반영한다고 보고되어 왔다. 이상의 분석 지표들을 표 1에 나타내었다. 자율신경계 변동에 따라 발현되는 현상의 주파수 영역 특성을 관찰하기

표 1 시간영역 심박변이도 분석 변수

Table 1 HRV variables of time-domain analysis

분석 지표	설명	의미
AVNN	전체 박동에 대한 평균박동간격	교감 및 부교감 신경 활성 반영
SDNN	전체 박동간격에 대한 표준편차	심장 박동 균일성 장기, 단기변화 반영
SDSD	인접한 두 박동간격 차이에 대한 표준편차	단기 심박변화 반영
RMSSD	인접한 두 박동간격 차이에 대한 실효값 (제곱 평균의 제곱근)	단기 심박변화 반영 부교감신경 활성
NN50	인접한 두 박동간격 차이가 50 ms 이상인 경우의 수	단기 심박 변화 (고주파수 성분) 부교감신경 활성 반영
pNN50	전체 박동간격 중 NN50 비율	
NN20	인접한 두 박동간격 차이가 20 ms 이상인 경우의 수	
pNN20	전체 박동간격 중 NN20 비율	

위하여, 이상의 지표들을 분석하는 데에는 주로 5분 내외의 심전도가 사용된다. 24시간 이상의 장기기록(long-term recording)에 대한 심박변이율 분석을 위한 지표로 5분 간격으로 구한 SDNN의 평균(SDNN index, the mean of the 5-min standard deviation of the NN interval), 평균 박동간격의 표준편차(SDANN, standard deviation of average NN intervals) 등이 있으나 이상의 분석지표들은 본 연구에서는 제외되었다.

2.3 심박변이도 유도 알고리즘

획득된 심전도로부터 심박변이도 유도하기 위해서는 획득된 신호의 노이즈 제거, QRS검출과 같은 전처리를 수행하고 획득된 QRS를 기준으로 분석 지표를 추출하여야 한다. 먼저 심전도의 저주파, 고주파 잡음을 제거하기 위해 획득된 신호는 0.05 ~ 35 Hz의 통과대역을 가지는 대역통과필터(BPF, band pass filter)를 사용하여 필터링 되었다. 이후 QRS검출을 위해서는 널리 사용되는 QRS검출 방법 중 하나인 Pan-Tompkins QRS 검출 기법 [12]을 사용하였고 (threshold = 0.25) 수동검증을 통해 오검출을 수정하였다.

본 연구에서는 심박변이도의 시간영역 분석을 위하여 AVNN, SDNN, SDDSD, RMSSD, NN50, pNN50, NN20, pNN20을 유도하였다. 이 중 AVNN과 SDNN은 QRS간격과 관련된 지표로, 추출된 QRS를 기반으로 계산하였으며 이 외 파라미터들은 QRS간격의 차분 값에 기반 하므로 도출된 QRS간격의 차분을 구하여 계산에 적용하였다. 그림 1은 신호의 획득부터 심박변이도 분석지표 추출에 이르는 일련의 과정을 보여주며, 이 과정에 의하여 유도된 심박변이도의 시간 영역 지표 값은 표 2와 같다.

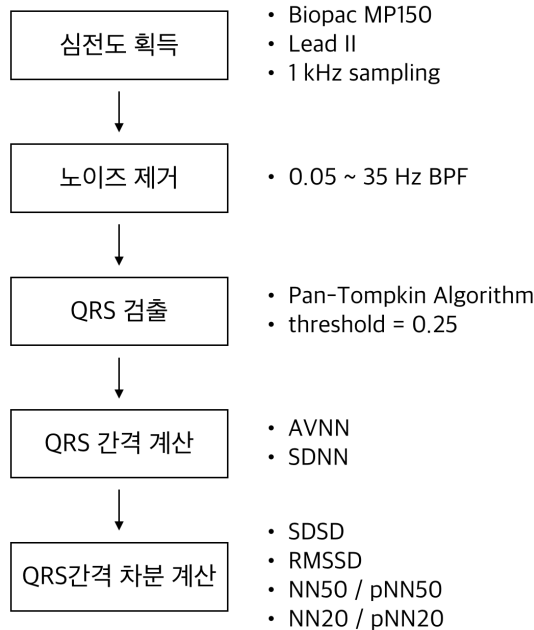


그림 1 심박변이도 시간 영역 분석지표 유도과정
Fig. 1 Procedure for deriving HRV time domain variables

표 2 시간영역 심박변이도 분석 결과 (N=22)

Table 2 The result of HRV analysis on time-domain

분석지표 (단위)	온도 조건	평균	표준편차	최솟값	최댓값
AVNN (ms)	LOW	783	77	656	941
	MID	735	74	607	898
	HIGH	699	78	548	866
SDNN (ms)	LOW	52	17	19	90
	MID	41	14	11	69
	HIGH	35	16	12	85
SDDSD (ms)	LOW	43	22	19	100
	MID	29	14	12	62
	HIGH	24	15	7	62
RMSSD (ms)	LOW	785	78	656	946
	MID	737	74	608	899
	HIGH	700	79	548	870
NN50	LOW	36	35	1	140
	MID	17	26	0	101
	HIGH	12	25	0	95
pNN50 (n.u.)	LOW	100	101	2	396
	MID	45	70	0	257
	HIGH	32	66	0	246
NN20	LOW	121	32	49	174
	MID	92	47	14	192
	HIGH	74	55	3	193
pNN20 (n.u.)	LOW	322	98	116	492
	MID	232	127	29	489
	HIGH	183	144	6	494

2.4 실내온도에 따른 심박변이도 변화

심박변이도는 특정 조건보다는 개인 특성에 의해 값이 크게 변동되므로 도출된 값 그대로를 분석에 사용하기에는 제약이 존재한다. 따라서 다양한 온도 환경에서 심박변이도의 변화를 관찰하기 위하여, 유도된 분석지표들을 정규화 하고 각 상태에 따른 상승 및 하강을 관찰 하였다. 이 때 각 상태에서의 지표 간 차이를 나타내기 위하여 중온(MID)-저온(LOW), 저온(LOW)-고온(HIGH), 중온(MID)-고온(HIGH)상태에 대한 각 지표 값의 차이를 계산하였다.

그림 2는 정규화 된 분석 값 차이를 나타낸 그래프로, 두 온도조건(LOW-MID, HIGH-LOW, MID-HIGH)간의 값 차이 및 경향을 보여준다. 그래프에서 세로축으로 0 미만인 경우 첫 번째 온도조건에서의 값이 두 번째 온도조건에서의 값보다 작은 것을 의미하며, 0을 초과한 경우는 첫 번째 온도에서의 값이 두 번째 온도에서의 값보다 큰 것을 의미한다. 또한, 0인 경우는 두 경우의 차이가 없음을 나타낸다.

예를 들어, 도출된 지표를 살펴보면 AVNN이나 RMSSD 분석 결과 중 저온(LOW)-중온(MID)의 경우 저온인 경우에 유도된 값이 중온인 경우에 비해 일괄적으로 높은 (>0) 것을 확인할 수 있으며, 고온(HIGH)-저온(LOW)의 경우 고온에서의 값이 저온에서의 값에 비해 모든 경우에 작은 (<0)을 알 수 있다. 다른 예로, NN20의 경우에는 도출된 값이 양과 음에 나누어 분포되어 있는

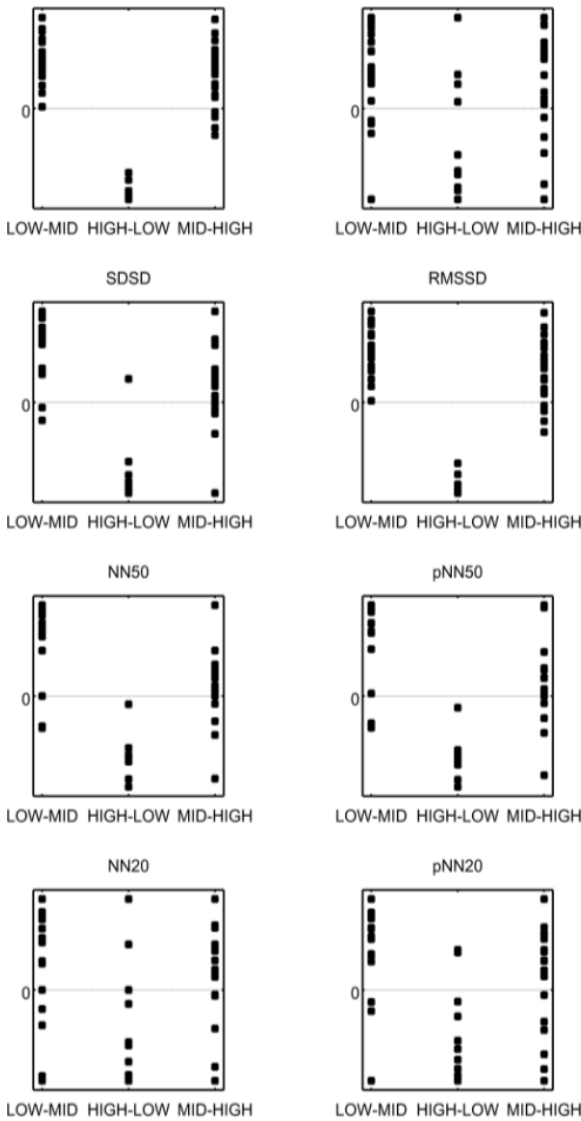


그림 2 저온(LOW), 중온(MID), 고온(HIGH) 조건에서 유도된 정규화된 시간영역 심박변이도 분석지표 차이

Fig. 2 Differences of normalized HRV variable in low-, mid- and high-ambient temperatures

것으로 나타났다. 이로 미루어 보아 NN20의 경우 AVNN, RMSSD에 비해 온도 조건에 대한 자율신경계 변화를 균일하게 반영하지 못할 것으로 유추할 수 있다. 온도 조건에 따라 분석된 값의 변화가 통계적으로 유의미한지 판단하기 위하여 각각의 온도 상태에서 도출된 분석 값에 대한 대응표본 t검정(paired t-test)을 수행하였고 결과는 그림 3과 같다.

대응표본 t검정 결과 분석 지표별로는 AVNN과 RMSSD, pNN20이 모든 경우에서 유의미한 차이($p < 0.05$)를 가지는 것으로 확인 되었다. SDNN, SDSD, NN50, pNN50, NN20은 저온-중온, 저온-고온의 경우에 유의미한 차이를 보이는 것으로 나타났으나 중온-고온의 경우에는 유의미한 차이를 보이지 않았다. 온도 조건별로는 저온-고온, 저온-중온의 경우는 모든 분석 방법에서 유의미한 차이를 확인 할 수 있었다. 하지만, 중온-고온의 경우는 AVNN, RMSSD, pNN20의 경우에서만 유의미한 차이($p < 0.05$)가 나타났다, 특별히 AVNN과 RMSSD의 경우에는 가장 확연한 차이($p < 0.001$)를 보이는 것으로 나타났다.

분석지표 별로 의미를 살펴보면 전반적인 심장박동수를 나타내는 AVNN은 온도가 상승할수록 작아지는 것을 확인 할 수 있으며 이것은 온도가 상승할수록 박동 간 간격이 짧아지는, 즉 온도가 상승할수록 심박 수가 상승하는 것을 보여주고 있다. 심장박동 간격의 변화폭을 나타내는 SDNN도 온도가 상승할수록 작아지고 있는데 이 결과는 온도가 상승할수록 교감신경이 활성화됨에 따라 심박 간격의 변동폭이 감소함을 시사하고 있다.

3. 결 론

본 연구는 주변 온도변화에 의해 유발되는 자율신경계 활동을 관찰하기 위하여, 다양한 온도조건에서 심박변이도를 분석하였고 결과적으로 심박변이도 시간영역 분석 기법을 통해 추출한 자율신경계 분석지표와 주변 온도의 변화가 유의한 상관성을 가지고 있는 것을 확인하였다. 고온-중온-저온 조건에서 분석 지표를 추출하여 비교한 결과 온도차이가 커질수록 유의한 지표수가 증가하였으며, 중온을 기준으로 고온보다는 저온에서 자율신경계 활동이 더욱 활성화되는 것을 확인하였다. 또한, 본 연구 수행조건에서는 다양한 시간 영역 분석지표 중 AVNN, RMSSD, pNN20이 자율신경계 활동을 가장 유의미하게 반영하는 것으로 나타났다.

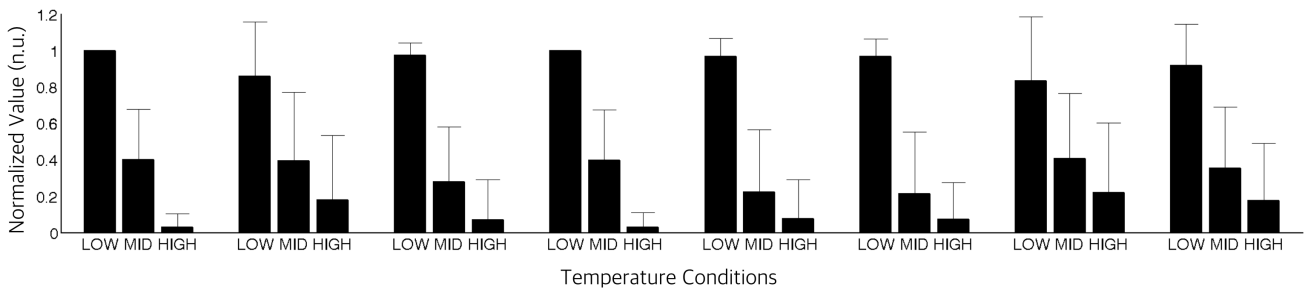


그림 3 저온(LOW), 중온(MID), 고온(HIGH)에서 도출된 심박변이도 지표 간 대응표본 t검정

Fig. 3 Result of paired t-test of HRV analysis derived in low-, mid- and high-ambient temperatures

한 가지 흥미로운 사실은 일반적으로 심박변이도의 저주파수 성분이 체온조절과 상관성이 있다고 인식되고 있는 것과 비교할 때, 본 연구 결과에서는 고주파수 성분을 반영한다고 알려진 분석지표들에서도 온도-분석지표 간 유의미한 결과가 다수 도출되었다는 것이다. 이러한 결과가 도출된 데에는 다양한 이유들이 있을 수 있으나 주로 측정 데이터의 길이, 온도 적응 시간 등이 분석 결과에 주요한 영향을 미칠 수 있을 것으로 사료된다. 따라서 보다 심도 있는 연구를 위해서는 장시간 측정 및 충분한 온도 적응시간 제공 등이 필요하다 여겨지며 정확한 주파수 특성을 비교하기 위한 주파수 분석법과의 비교 또한 필요하다고 판단된다.

시간영역 분석 기법은 심박변이도 분석의 가장 기본적인 분석 방법으로 구현이 쉽고 직관적인 해석이 편리하여 다양한 건강관리 분야에 손쉽게 빠르게 도입될 수 있다. 향후 연구에서는 시간영역 분석 외의 빠른 푸리에 변환, 자기회귀모델 등에 기반한 주파수 영역 분석 방법, 프랙털(fractal) 분석법 등을 활용하는 비선형적 분석 방법을 적용함으로써 보다 정확한 결과를 도출할 수 있을 것으로 보인다. 또한, 본 연구에서는 저온, 중온 고온의 3단계에 대한 분석을 수행하였으나, 향후 보다 세분화된 온도 조건에 대한 실험을 수행하고 온도-심박변이도 분석지표 간 회귀식 또는 룩업테이블(Look-up table) 등의 도출을 통해 다양한 실제 환경에 적용 가능한 기술로 발전 적용될 수 있을 것으로 전망된다.

감사의 글

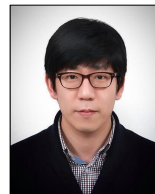
본 연구는 미래창조과학부 및 정보통신기술진흥센터의 ICT융합고급인력과정지원사업의 연구결과로 수행되었음 (IITP-2015-H8601-15-1009)

References

[1] J. E. Hall, Guyton and Hall Textbook of Medical Physiology: Enhanced E-book: Elsevier Health Sciences, 2010.
 [2] H. Luczak and W. Laurig, "An analysis of heart rate variability," Ergonomics, vol. 16, pp. 85-97, Jan 1973.
 [3] J. A. Hirsch and B. Bishop, "Respiratory sinus arrhythmia in humans: how breathing pattern modulates heart rate," Am J Physiol, vol. 241, pp. H620-9, Oct 1981.
 [4] A. Camm, M. Malik, J. Bigger, G. Breithardt, S. Cerutti, R. Cohen, et al., "Heart rate variability: standards of measurement, physiological interpretation and clinical use. Task Force of the European Society of Cardiology and the North American Society of Pacing and Electrophysiology," Circulation, vol. 93, pp. 1043-1065, 1996.
 [5] A. Boardman, F. S. Schlindwein, A. P. Rocha, and A. Leite, "A study on the optimum order of autoregressive models for heart rate variability," Physiol Meas, vol. 23, pp. 325-36, May 2002.
 [6] J. J. Sollers, 3rd, T. A. Sanford, R. Nabors-Oberg, C. A. Anderson, and J. F. Thayer, "Examining changes in HRV in response to varying ambient temperature," IEEE

Eng Med Biol Mag, vol. 21, pp. 30-4, Jul-Aug 2002.
 [7] S. Wu, F. Deng, Y. Liu, M. Shima, J. Niu, Q. Huang, et al., "Temperature, traffic-related air pollution, and heart rate variability in a panel of healthy adults," Environ Res, vol. 120, pp. 82-9, Jan 2013.
 [8] C. Ren, M. S. O'Neill, S. K. Park, D. Sparrow, P. Vokonas, and J. Schwartz, "Ambient temperature, air pollution, and heart rate variability in an aging population," American journal of epidemiology, vol. 173, pp. 1013-1021, 2011.
 [9] K. Okamoto-Mizuno, K. Tsuzuki, K. Mizuno, and Y. Ohshiro, "Effects of low ambient temperature on heart rate variability during sleep in humans," Eur J Appl Physiol, vol. 105, pp. 191-7, Jan 2009.
 [15] A. AC08024865 "Ergonomics of the thermal environment-Analytical determination an interpretation of thermal comfort using calculation of the PMV and PPD indices and local thermal comfort criteria: ISO", 2005.
 [16] Y. Sunwoo, C. Chou, J. Takeshita, M. Murakami, Y. Tochihiro, "Physiological and subjective responses to low relative humidity in young and elderly men," J Physiol Anthropol vol. 25, pp. 229-238, 2006.
 [17] J. Pan and W. J. Tompkins, "A real-time QRS detection algorithm," Biomedical Engineering, IEEE Transactions on, pp. 230-236, 1985.

저 자 소 개



민 세 동 (Se Dong Min)

2001년 2월 : 고려대학교 응용전자공학과 공학사, 2004년 2월 : 연세대학교 생체공학협동과정 공학석사, 2010년 2월 : 연세대학교 전기전자공학과 공학박사, 2009년~2012년 삼성전자주식회사 DMC연구소 책임연구원, 2012년~현재 : 순천향대학교 의료IT공학과 조교수
 <관심분야> 생체계측 및 신호처리, 스마트케어



신 항 식 (Hangsik Shin)

1979년 10월 10일 생. 2003년 연세대학교 전기전자공학부 졸업. 2005년, 2010년 연세대학교 대학원 전기전자공학과 석사, 박사 졸업(공박). 2010년~2013년 8월 삼성전자주식회사 DMC연구소 책임연구원. 2013년 9월~현재 전남대학교 의공학과 조교수.
 Tel : 061-659-7362
 Fax : 061-659-7369
 E-mail : hangsik.shin@jnu.ac.kr