

## 온도변이가 PV와 HRV의 상관관계에 미치는 영향에 관한 연구

민세동\*, 이종근\*, 신항식\*, 이병우\*, 김진권\*, 박현철\*, 이명호\*  
연세대학교\*

### The Influence on Corelation between Photo-plethysmograph Variability and Heart Rate Variability by Temperature Variation

Se Dong Min\*, Chungkeun Lee\*, Hang Sik Shin\*, Byoung Woo Lee\*, Jin Kwon Kim\*, Hyun Cheol Park\*, MyoungHo Lee\*  
Yonsei University\*

**Abstract** - 본 논문에서는 인체에 열을 가했을 때 심전도(ECG) 신호에서 얻어진 Heart Rate Variability(HRV)와 광전용적맥파(PPG)에서 얻어진 Photoplethysmograph Variability(PV)의 상관관계를 보기 위하여 피실험자가 상온에서 누워 있을때와 65℃의 온도로 누워있을때의 심전도와 PPG를 측정하여 두 파라미터의 상관관계를 분석하여 그 효용성을 평가하였다. 이를 위하여 우선 신체 건강한 26세에서 32세까지 총 3명의 남성을 대상으로 하여 ECG와 PPG를 위와 같은 조건에서 측정한 다음, 두 신호로부터 피크를 검출하고, 피크 간격을 시계열 신호로 변환하여 HRV와 PV신호를 얻어 내었다. 또한 얻어진 HRV신호와 PV신호의 주파수 분석을 통하여 HF 및 LF성분을 비교하여 HRV와 PV의 상관관계를 비교하였다.

#### 1. 서 론

HRV 분석은 현재 자율신경계 기능을 측정할 수 있는 비침습적이고 신뢰성 있는 검사법으로 널리 사용되고 있으며, 실제 임상에서 바이오 피드백이나 이완 요법을 시술하면서 효과 판정의 목적으로 많이 사용되고 있다.[4] 하지만, HRV 분석은 2개 이상의 전극을 부착해야 하는 심전도를 측정해야 하기 때문에 사용자에게 불편함을 줄 수 있다[7]. HRV와 같이 자율신경계 및 신체 생리적 변화 측정을 할 수 있는 PV(Photo-plethysmograph Variability)분석은 PPG 신호로부터 얻을 수 있는데, 그 측정법이 ECG에 비해 간편한 장점을 가지고 있지만[6][7], 혈관의 길이, 단면적, 혈관벽의 특성 및 나이, 당뇨, 수면, 심혈관계 질환, 호흡, 혈압 등의 요소에 의해서 영향을 받기 때문에 이 또한 한계를 가지고 있다.[2]

상기의 HRV분석법과 PV 분석법에 대한 상관성 연구가 보고되어 지고 있다.[1] 본 연구에서는 온도 변화를 인체에 가함으로써 자율신경계에 변화를 주어서 자율신경계의 변화가 HRV와 PV 사이의 상관성에 미치는 영향에 대해 연구하였다.

#### 2. 본 론

##### 2.1 자율신경계와 심박변동

심혈관계는 교감신경과 부교감 신경에 의해 길항적으로 지배되고 있으며, 교감신경과 심장미주신경, 두 자율신경 작용의 정적인 균형을 반영한다. 한편, 심박수의 변동은 두 자율신경 작용의 변동, 즉 동적인 조절 작용을 반영한다고 알려져 있다.

##### 2.1.1 자율신경계

교감신경계는 심근, 혈관의 평활근, 장관(腸管)의 여러 괄약근을 구성하는 근육들의 활동성을 증가시키고, 기타 장관의 평활근, 기관지 근육들을 이완시킨다. 부교감신경은 심근의 활동을 억제하고 장관 평활근의 운동을 촉진시키고, 장관의 여러 괄약근을 이완시킨다.

##### 2.1.2 심박변동의 발생 기전

심박변동의 현상을 주파수로 나누어 분석하기 위해서는 일반적으로 전력스펙트럼분석 방법을 사용한다. 안정시의 심박수변동신호의 스펙트럼에는 세 가지의 주요한 성분의 피크가 관찰되는데, 첫째는 혈압조절과 관련이 있는 Low Frequency(LF)성분, 둘째는 호흡 활동과 관련이 있는 High Frequency(HF)성분, 마지막으로, 체온조절, 혈관운동 및 다양한 심폐 메커니즘과 관련이 있는 Very Low Frequency(VLF)성분이다.[5] 특히, LF성분과 HF성분의 비(LF/HF)는 자율신경 활동의 균형을 나타내는 지표로 쓰인다.[5]

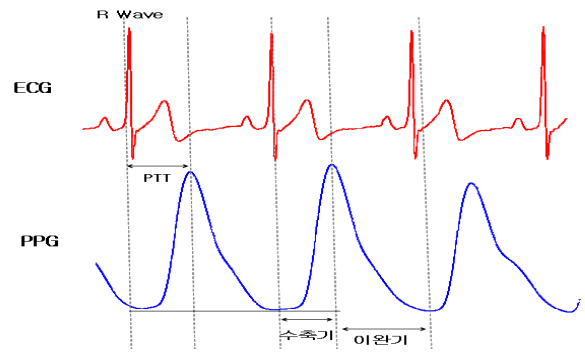
##### 2.2 PPG 맥파형의 특성

PPG 신호는 맥파형 AC성분을 가지는데 이는 2 가지 중요한 특징을 갖는다.[2] 첫 번째는, 상해작용기맥파(Anacrotic Phase)로 심장수축기와

<표 1> 심박변동의 주기성분과 신경계와의 관계

심박변동의 주기성분	주파수 대역	관계되는 신경계
VLF 성분	0.002 ~ 0.05Hz	교감신경, 부교감 신경, 온도조절
LF 성분	0.05 ~ 0.15Hz	압력수용기 반사, 혈압조절계
HF 성분	0.15 ~ 0.5Hz	미주신경(부교감 신경계)

상응하는 PPG 맥파형이고, 두 번째는, 이상유기과상(Catacrotic Phase)으로 심장 이완기와 말초혈관의 반동 작용에 의한 반사파와 상응하는 PPG맥파형을 나타낸다.[3]

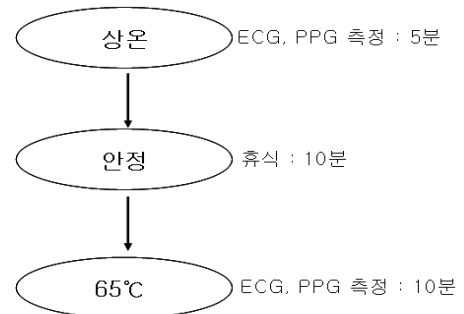


<그림 1> PPG 신호의 특성

그림에서 보이는 PTT(Pulse Transit Time)는 심장수축에서 PPG맥파형의 최고점까지 걸린 시간을 나타낸다.

##### 2.3 실험

실험은 다음과 같이 진행되었다.



<그림 2> 실험 과정 프로토콜

피실험자는 본 실험에 동의한 25~32세의 건강한 남성 3명이 참여하였다. 초기에 5분간 상온의 누운 상태에서 ECG와 PPG를 측정된 뒤, 10분 동안 휴식을 취했으며, 그 후 매트 온도 65℃로 미리 맞춰진 온열매트 위에서 10분 동안의 ECG와 PPG를 측정하였다. 각각 실험장비는 Biopac MP150 ECG100C, PPG100C 모듈을 사용하여 1 kps(sampling per second)의 해상도로 측정을 하였다. 신호처리는 Matlab2006b를 사

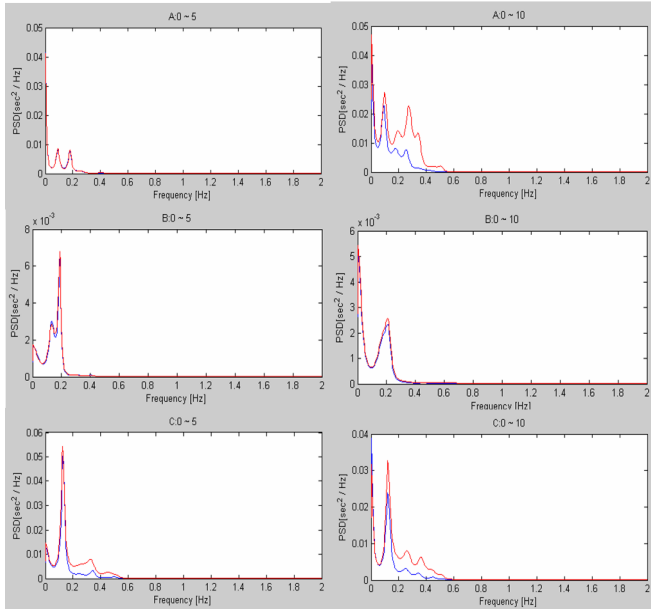
용하여 수행하였다. 얻어진 ECG와 PPG신호로부터 각 신호의 피크를 검출하였고, 피크 간격을 시계열 신호로 변환하여 HRV와 PV신호를 얻어 내었다. 또한 얻어진 HRV신호와 PV신호의 주파수 분석을 통하여 VLF, LF, HF 값을 구하였고, 각 성분을 시간구간별로 비교하여 HRV와 PV의 상관관계를 도출하였다.

## 2.4 결과

그림3에 보이는 것처럼 상온과 65°C에서 피험자 3명의 HRV와 PV를 Power Spectrum Density를 비교 하였다. 그림에서 보이듯이 상온에서는 HRV와 PV의 곡선이 거의 겹쳐서 나타났으며, 표2에서 상관도 분석은 해보니 3명의 피험자 모두 0.97이상의 값이 나왔다.

상온

65°C



〈그림 3〉 상온과 65°C에서의 HRV와 PV의 PSD 비교

하지만, 65°C에서는 피험자1과 피험자3의 HRV의 PV의 상관도가 상온에서 보다 떨어졌으며, 피험자2의 HRV와 PV 상관도는 상온에서와 거의 같은 값을 가졌다.

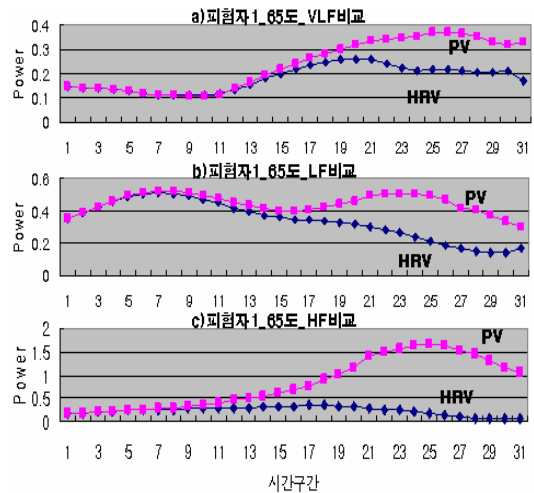
〈표 2〉 상온과 65°C에서의 상관도

	피험자 1	피험자 2	피험자 3
상온(5분)	0.999	0.998	0.974
65°C(10분)	0.894	0.998	0.939

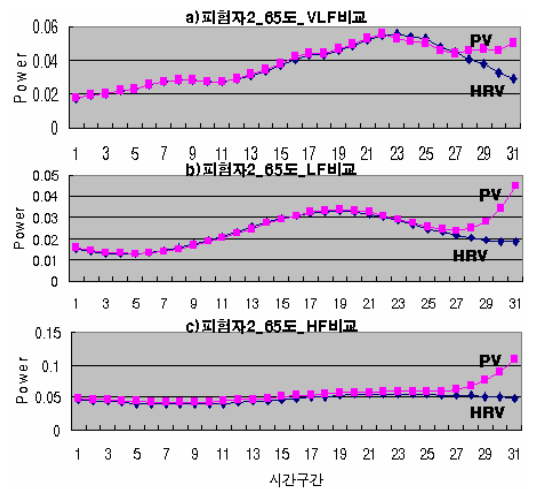
65°C에서의 HRV와 PV의 자세한 비교를 위하여, 본 연구에서는 총 실험시간 10분을 5분 간격으로 하여 하여 31개의 구간으로 나누어 각 구간의 HRV와 PV의 Power를 VLF, LF, HF로 나누어 비교하여 보았다. 그림4, 5, 6은 각 피험자별 VLF, LF, HF의 각 구간별 비교 그래프이다. 시험자2를 제외하고는 HRV와 PV의 Power가 시간구간별로 확연하게 다르게 나타남을 볼 수 있다. 또한 표3과 같이 각 주파수 영역에서 피험자별 상관계수를 구해보았는데 HF영역에서의 상관도가 다른 주파수 영역에서의 상관도에 비해 가장 낮게 나타남을 알 수 있었다. 이는 인체에 온도변이를 가했을 시, HF영역에서 발생하는 HRV와 PV의 발생기전이 다를 수 있음을 예측할 수 있다.

〈표 3〉 65°C에서의 각 주파수별 상관도

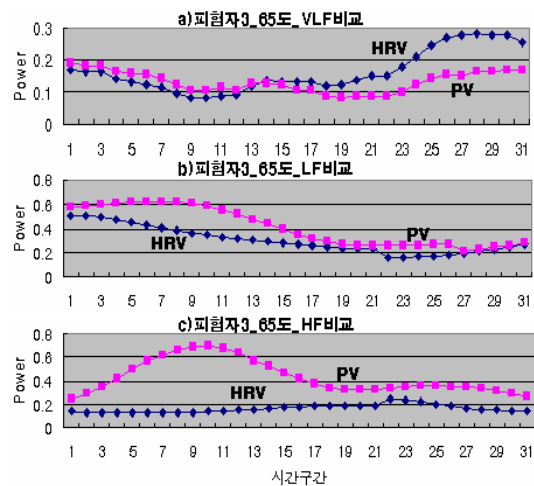
	VLF_상관계수	LF_상관계수	HF_상관계수
피험자1	0.871	0.503	-0.387
피험자2	0.916	0.748	0.543
피험자3	0.529	0.901	-0.401



〈그림 4〉 피험자1, 65°C. 시간구간별 HRV와 PV의 Power 비교



〈그림 5〉 피험자2, 65°C. 시간구간별 HRV와 PV의 Power 비교



〈그림 6〉 피험자3, 65°C. 시간구간별 HRV와 PV의 Power 비교.

## 3. 결론

본 연구의 목적은 인체에 온도 변이를 주었을 때 HRV와 PV신호의 상관관계를 분석하고 고찰하는 것이다. 이를 위하여 피험자가 상온에서 누워 있을 때와 65°C에서 누워 있을 때의 ECG와 PPG를 측정하여 HRV와 PV신호를 추출하여 두 신호를 피크를 검출하고 이를 주파수분석법을 이용하여 결과를 도출 하였다. 분명한 것은 상온에서 안정 상태에 있을 때의 HRV와 PV의 상관도는 97%이상을 보이지만, 온도변이를 주었을 경우 두 신호의 상관도는 일정하지 않음을 보였다

향후, 피험자의 수를 늘려 본 연구의 목적을 좀 더 객관적으로 달성할 것이며, 이는 자율신경계의 활동을 비침습적인 방법으로 측정할 수 있는 HRV와 PV의 상관성을 구체적으로 파악할 수 있는 기반이 될 것으로 기대된다.

### Acknowledgement

본 연구는 지식경제부 및 정보통신연구진흥원의 IT핵심기술개발사업의 일환으로 수행하였음. [2005-S-093-03, 생체신호처리기반의 Implantable System 개발]

### [참 고 문 헌]

- [1] Nicholas D. Giardino, "Comparison of finger plethysmograph to ECG in the measurement of heart rate variability", *Psychophysiology*, 39, 246-253, 2002
- [2] 양석우, "광전용적맥파 측정기를 이용한 인체 생리적 변화 측정과 임상 적용", *Kosen Expert Review*
- [3] Hertzman AB, "Observations on the finger volume pulse recorded photo-electrically.", *Am J Physiol*, 119, 334-335, 1937
- [4] 정기삼, "HRV의 개요", *가정의학회지*, 25, 528-532, 2004
- [5] 이정환, "자율신경계 작용 평가를 위한 심박변동 신호의 시주파수 분석 시스템이 설계", 연세대학교 대학원, 박사학위논문, 1999
- [6] 한상휘, 변미경, 김정국, 허웅, "용적맥파 해석에 의한 동맥 혈관 특성화 연구", *전자공학회논문지*, 41, 303-308, 2004
- [7] 정동근, 김광년, 연구선, 최병철, 서덕준, "광전용적맥파를 이용한 요골동맥 맥파 검출", *생명과학회지*, 13, 42-46, 2003