

측정 자세 및 상완 혈압에 의한 맥파 특성 변화*

Change of arterial pulse wave characteristic by measurement posture and brachial blood pressure

남기창**† · 김은근** · 허현** · 허영**

Ki Chang Nam**† · Eun Gun Kim** · Hyun Hoe** · Young Huh**

한국전기연구원**

Korea Electrotechnology Research Institute**

Abstract

In this study, pulse waves were measured at radial artery using non-invasive tonometric pulse pressure measurement system, SphygmoCor(AtCor, Australia), according to subject's posture. Then it was analysed whether the pulse wave parameters, which contain heart activities, change among three different postures (upright stand, sit, and supine). And it was also verified that the pulse wave parameters change among blood pressure level groups(hypotensive, normotensive, and hypertensive). As a results, posture effects were verified in time information of pulse wave rather than amplitude. But some parameters calculated by ratio of two amplitude, such as augmented index(AI) and ratio of central aortic pulse and radial artery pulse, showed significant difference according to postures. In post hoc test, time to the 1st and 2nd pulse peak(P_T₁ and P_T₂), ED(ejection duration), and HR(heart rate) showed significant difference among posture groups with each other. In comparison of blood pressure groups, it was verified that the parameters related to amplitude of pulse wave showed significant difference rather than time information.

Keywords : pulse wave, radial artery, tonometry, posture, blood pressure

요약

본 연구에서는 비침습적으로 압력 맥파를 검출하는 토노메트리 방식의 맥파 측정 장비인 SphygmoCor(AtCor, Australia)를 사용하여 측정자세에 따라 맥파를 측정하였다. 측정 결과를 통해 선 자세, 앉은 자세, 누운 자세에 따른 맥파의 분석 지표들의 변화를 분석하였다. 또한 측정된 데이터를 저혈압군, 정상혈압군, 고혈압군으로 구분하여 혈압군에 따른 맥파의 비교를 수행하였다. 그 결과 자세에 따른 요골동맥의 파형에서 유의차를 보인 분석지표는 맥파의 진폭에 해당되는 압력 보다 주요 피크가 발생하는 시간에서 나타났다. 맥압의 경우 맥파증대계수(AI)나 중심동맥압과 요골동맥압의 비율과 같이 맥압 간의 비율이 자세에 따른 변별력이 있었다. 사후검정에 따라 각 자세별로 상호 간에 모두 유의한 차이를 보인 분석지표는 주파(P_T₁)와 반사파(P_T₂)의 시간, 심박출지속시간(ED), 심박수(HR)로 나타났다. 혈압군에 대한 비교에서 대부분 맥파의 시간에 해당되는 지표보다 주요 피크의 진폭에 해당되는 맥파의 압력을 나타내는 지표가 혈압군에 따른 유의차를 보였다.

주제어 : 맥파, 요골동맥, 토노메트리, 자세, 혈압

* 본 연구는 지식경제부의 바이오의료기기 산업원천기술개발사업 지원으로 수행되었음 (과제번호 : 10028436)

† 교신저자 : 남기창 (한국전기연구원 의료IT융합연구본부)

E-mail : kichang.nam@gmail.com

TEL : 031-8040-4153

FAX : 031-8040-4162

1. 서론

심장의 수축 및 이완 운동에 의해 혈액이 박출되어 동맥을 따라 이동하면서 혈류 박동과 압력 박동, 용적 박동이 나타난다. 이때 심장 박동에 따른 흉벽 및 대혈관의 박동을 파형화한 것을 맥파라고 한다. 인체에서 감지되는 맥파의 주기와 강약은 중요한 생리학적 현상으로 이를 이용한 진단법은 동서양을 불문하고 역사가 깊으며 각각 고유의 진단법으로 발전해왔다.¹⁾

맥파가 동맥을 따라 이동할 때, 좌심실에서의 심박출량, 동맥의 물리적 성질, 혈압에 의해 파형이 변화한다. 이때 중심동맥(대동맥, 경동맥 등)에서 말초동맥으로 갈수록 평균 혈압은 큰 변화가 없지만, 수축기 혈압은 증가하고 이완기 혈압은 감소하여 맥의 진폭이 증가하고 부하에 의한 파형의 변화도 생긴다. 중심동맥은 동맥 경화 및 죽상경화증이 잘 생기는 주요 혈관으로 일반적으로 알고 있는 상완 동맥에서 측정하는 혈압보다 심혈관계 이상을 평가 및 예측하는데 임상적으로 유용한 표지자로 알려져 있다.²⁾³⁾ 그 이유는 중심동맥 파형에 좌심실 수축에 의해 가해지는 주압력과 간접적으로 동맥의 경화도와 반사파의 영향을 받은 정보가 합쳐지기 때문에 좌심실과 중심동맥에 가해지는 부하에 대한 정보를 파악할 수 있기 때문이다.

심장기능을 평가하기 위해서 심장의 관상동맥에 압력센서를 삽입하여 혈류와 압력을 측정하는 것이 직접적인 관찰이나, 이는 관혈적이며 환자와 시술에 위험과 부담이 따른다. 따라서 비관혈적 방법으로 혈류 또는 혈압을 측정하여 심장기능을 추정하는 방법들이 개발되어 왔다. 비관혈적 혈압 측정 방법에는 오실로메트리⁴⁾, 토노메트리⁵⁾, 맥파 전달 속도(PWV)⁶⁾나 맥

파 전달 시간(PTT)⁷⁾⁸⁾을 이용한 혈압 추정 등이 있다. 이 중 토노메트리 방식을 이용하여 요골동맥에서 연속적으로 측정된 혈압 파형을 통해 중심동맥압의 추정이 가능하다.⁹⁾ 또한 추정된 대동맥압 파형으로부터 대동맥 수축기압, 좌심실부하 및 수축기 후부하, 이완기 관류압과 심예비력 지수, 맥파증대계수(Augmentation index, AI), 심박출지속시간(Ejection duration, ED) 및 심내막하생존율(subendocardial viability ratio, SEVR) 등을 측정하여 심혈관 질환과 그 발생 위험도의 평가 및 관리에 이용되기 시작되었다.

이와 같이 맥파를 이용한 혈압의 추정 및 심혈관계 평가를 위해 맥파의 시간축과 진폭에 관한 정보를 이용하고 있다. 이는 맥파의 특징 점이나 시간 정보가 혈압 추정에 영향을 미친다는 것을 의미하며 정확한 혈압을 측정하기 위해서는 맥파의 분석 요소들 중에서 혈압과 긴밀한 관련성이 있는 요소들을 정의할 필요가 있다. 하지만 맥파는 측정하는 조건에 따라 많은 차이가 발생하며 이는 측정의 신뢰성이나 재현성에 큰 영향을 미치기 때문에 측정 결과의 정량화에 문제가 된다. 예를 들면 한의사가 진맥할 시에 자세에 대해 똑바로 앉아 팔을 심장 높이로 내밀거나, 바로 누워 손바닥을 위로 보게 해야 하는 등의 의견이 다양하며 이를 명확히 할 수 있는 자세에 대한 정의가 필요하다.

일찍이 자세 변화에 의한 심박, 심박출량, 혈압 등의 변화에 대한 생리학적 메커니즘에 관한 연구가 있었으며,¹⁰⁾ Hasegawa와 Rodbard는 상완과 족부에서의 자세에 따른 혈압과 맥파 전달 속도의 변화에 대한

계. 의공학회지, 24(4), 대한의용생체공학회, 281-286.

1) Nichols, W. W. & O'Rourke M. F. (2005) McDonald's Blood Flow in Arteries: Theoretical, Experimental and Clinical Principles, Hodder Arnold(London), 1-9.

2) Ziemian, S. J., Melenovsky, V., Dass, D. A. (2003). Mechanisms, pathophysiology, and therapy of arterial stiffness, *Arteriosclerosis Thrombosis & Vascular Biology*, 25(5), 932-943.

3) Roman, M. J., Devereux, R. B., Kizer, J. R., Lee, E. T., Galloway, J. M., Ali T., Umans, J. G., & Howard, B. V. (2007). Central Pressure More Strongly Relates to Vascular Disease and Outcome than Does Brachial Pressure. *The Strong Heart Study, Hypertension*, 50(1), 197-203.

4) 노동곤, 이윤선, 지정호, 박성빈, 이계형, 김해관 (2003). 가압식 오실로메트릭 방법을 사용한 혈압측정 시스템의 설계. *의공학회지*, 24(4), 대한의용생체공학회, 281-286.

5) Sato, T. (1993). Accuracy of a Continuous Blood Pressure Monitor Based on Arterial Tonometry. *Hypertension*, 21(6), 866-874.

6) Franchi, D., Bedini, R., Manfredini, F., Berti, S., Palagi, C., Ghione, S., & Ripoli, A. (1996). Blood pressure evaluation based on arterial pulse wave velocity. *Computers in Cardiology*, 397-400.

7) Foo, J. Y. A., Lim C. S., & Wang, P. (2006). Evaluation of blood pressure changes using vascular transit time, *Physiological Measurement*, 27(8), 685-694.

8) 김종화, 황민철, 남기창 (2008). ECG와 PPG를 이용한 실시간 연속 혈압 측정 시스템. *감성과학*, 11(2), 한국감성과학회, 235-244.

9) Atcor Medical (2006). *A Clinical Guide Pulse Wave Analysis*.

10) Kanani, M., & Elliott, M. (2005). *Applied surgical physiology vivas*. Cambridge University Press, 1-3.

보고를 한 바 있다.¹¹⁾

또한 일부 비관혈식 상완 또는 손목 혈압계(NIBP)에서 적용되는 기술로, 혈압 측정을 위해 착용한 커프의 위치가 심장의 높이와 같도록 하여 혈압 측정의 정확도를 높이려는 기술이 개발되었다.¹²⁾ Reesink 등은 심전도(ECG), 상완혈압계, 혈관 초음파를 이용하여 누운 자세에 비해 앉은 자세에서 이완기 혈압의 감소, R-R 간격 감소, 심박축시간의 감소에 대해 보고한 바 있다.¹³⁾

또한 생체신호 측정을 이용하여 감성을 정량적으로 평가하기 위한 방법으로 맥파는 기본적으로 활용되고 있다.¹⁴⁾¹⁵⁾ 맥파 신호의 분석 방법 중 맥파 주기의 변화(pulse rate variability, PRV)를 통해 심전도를 이용한 심박변이도(heart rate variability, HRV)와 같이 교감신경 및 부교감신경의 활성화도에 따른 자율신경계 변화의 측정이 가능하다.

본 연구에서는 비침습적으로 압력 맥파를 검출하는 토노메트리 방식의 맥파 측정 장비를 사용하여 측정 자세에 따라 맥파를 측정하였다. 측정 결과를 통해 자세에 따른 맥파의 분석 지표들의 변화를 확인하고자 한다.

2. 연구방법

2.1. 맥파 수집

피실험자 맥파를 측정하기 위하여 그림 1과 같이 SphygmoCor(AtCor, Australia)를 사용하였다. 또한 기본적인 피실험자의 정보와 함께 혈압계 HEM-770A

(Omron, Japan)를 이용하여 수축기와 이완기 혈압을 3회 측정 및 평균값을 기록하였다. 피실험자 129명을 대상으로 그림 2(a)-(c)와 같이 선 자세, 앉은 자세, 누운 자세에 대하여 좌완 요골동맥에서의 맥파를 측정하였다. 맥파의 측정위치는 요골 동맥 부위 중 그림 3과 같이 한의학 맥진에서 정의하고 있는 촌(寸), 관(關), 척(尺) 중 주요 진단 부위인 관을 선택하였다. 실험 전 피실험자에게 충분한 실험과정에 대한 설명을 하고 동의를 얻었으며, 피실험자의 연령별 분포는 표 1과 같다.

피실험자들은 실험 전날 무리한 활동이나 과로를 자제하도록 요청하였으며, 실험 전 앉은 자세에서 30분간 충분한 휴식을 취하게 하였다. 또한 자세에 따른 측정을 위해 자세를 바꾼 상태에서 15분 동안 안정을 취한 뒤 맥파를 측정하였다. SphygmoCor 장비는 토노메트리 방식으로 검사자가 직접 압력센서 프로우브를 측정위치에 적정 가압을 한 상태에서 측정하게 된다. 이러한 경우 검사자와 피실험자에 의해 생기는 움직임이나 프로우브의 가압에 따라 신호의 감도가 달라지게 되는데, 이러한 점을 보완하기 위해 SphygmoCor에서는 검사자의 측정 품질지수(Operator index)를 통해 측정의 재현성을 보장한다.¹⁶⁾ Operator index는 측정화면에 나타난 신호의 세기가 일정 수준 이상을 유지하고, 신호 변동이 일정 수준 이내에 들어오는 정도를 수치화해 준다. 본 실험에서는 측정 시 Operator index가 90점 이상이 되도록 유지하였다.

표 1. 피실험자 연령별 분포

연령 (세)	10~19	20~29	30~39	40~49	50~59	60~69	70~79	계
남자	0	18	8	12	14	5	3	60
여자	1	25	11	11	17	3	1	69
계	1	43	19	23	31	8	4	129

11) Hasegawa, M., & Rodbard, S. (1979). Effect of Posture on Arterial Pressures, Timing of the Arterial Sounds and Pulse Wave Velocities in the Extremities. *Cardiology*, 64(2), 122-132.

12) United States Patent 5778879. (1998). Electronic blood pressure meter with posture detector.

13) Reesink, K. D., Hermeling, E., Hoeberrings, M. C., Reneman, R. S. & Hoeks, A. P. G. (2007). Carotid artery pulse wave time characteristics to quantify ventriculoarterial responses to orthostatic challenge. *Journal of Applied Physiology*, 102(6), 2128-2134.

14) 황민철, 장근영, 김세영 (2004). 자율신경계 반응에 의한 감성 평가 연구. *감성과학*, 7(3), 한국감성과학회, 51-56.

15) 정우석, 홍철운, 김남균 (2004). 색채 조명 자극에 대한 인체 반응에 관한 연구. *감성과학*, 7(4), 한국감성과학회, 51-56

16) Atcor Medical (2006), Concise Software Guide.

맥파를 형성하는 주요 인자는 좌심실 수축으로 인해 급격히 발생된 주파(P₁), 대동맥으로 몰린 혈액이 대동맥 벽의 반작용에 의하여 심장으로 일부 되돌아가는 반사파(P₂), 심장수축기가 끝나고(ED) 대동맥압에 의한 역류로 대동맥관이 닫히면서 생기는 절흔(ESp), 대동맥관이 폐쇄되어 다시 동맥 방향으로 압력을 가하면서 나타나는 중복파(세번째 피크)가 있다. 최저점은 이완기 혈압(Dp), 최고점은 수축기 혈압(Sp)이며, 두 압력의 차이가 맥압(PP = Sp-Dp)이 된다.

표 2. PhymoCor에서 측정된 맥파의 분석지표

분석지표	설명	단위
P_T ₁	Time to 1st peak at radial artery	ms
P_T ₂	Time to 2nd peak at radial artery	ms
T ₂ -T ₁	Difference between T ₂ - T ₁	ms
P_P ₁	Peripheral pressure at T ₁	mmHg
P_P ₂	Peripheral pressure at T ₂	mmHg
ED	Ejection Duration (End of systole)	ms
P_AI	Peripheral Augmentation Index (P ₂ /P ₁)	%
P_dpdt	Peripheral Pulse Maximum dp/dt	mmHg/ms
P_ESp	Peripheral End Systolic Pressure	mmHg
PP_Amp_R	Pulse Pressure Amplification Ratio Radial/Central	%
HR	Heart Rate (1000/(T _F -T ₀)*60)	bpm
SEVR (C-SVI)	Central Buckberg Subendocardial Viability Ratio (DTI/TTI)	%
C_Sp	Central Systolic Pressure	mmHg
C_Dp	Central Diastolic Pressure	mmHg
C_MEANP	Central Mean Pressure	mmHg
C_TTI	Central Tension Time Index (HR*MP(systole)*(ED-T ₀))	systolic area/min
C_DTI	Central Diastolic Time Index (HR*MP(diastole)*(T _F -ED))	diastolic area/min
C_PH	Central Pulse Height (PP)	mmHg
C_AI	Central Augmentation Index (P ₂ /P ₁)	%
C_T ₁ R	Time of the Strat of the Reflected Wave	ms

SpygmoCor에서는 요골동맥이나 경동맥과 같은 말초동맥(peripheral artery)에서 측정된 맥파를 이용하여

내장된 시스템 함수의 역변환을 통해 중심동맥(central artery)의 파형을 유추해 낸다. 이러한 분석과정에 말초동맥의 파형 및 중심동맥의 파형에 대하여 표 2와 같은 분석지표들이 있다. 분석지표 중 말초동맥에서 측정된 파형의 분석 결과는 ‘P’로 표기되었으며, 추정된 중심동맥 파형에서의 분석지표는 ‘C’로 표기되었다.

2.3. 통계분석

통계분석은 SPSS 8.0(SPSS Inc., USA)을 이용하였으며, 각각의 맥파 분석지표들에 대하여 측정자세 및 혈압군에 따른 통계적 유의차를 확인하기 위하여 유의수준 0.05에 대하여 반복측정 분산분석(Repeated measures ANOVA)을 하였다. 따라서 반복 측정된 자세에 따른 비교를 개체 내 요인(within-subject factors), 혈압군에 따른 비교를 개체 간 요인(between-subject factors) 검증을 하였다.

3. 결과 및 논의

3.1. 측정자세별 맥파의 비교

표 3은 129명의 피실험자를 대상으로 선 자세, 앉은 자세, 누운 자세별로 SphygmoCor를 이용해 측정된 맥파에 대하여 분석한 결과이다. 자세별 맥파 측정 결과에 대하여 반복측정 분산분석을 한 결과 측정 자세에 따른 통계적 유의차가 P_P₁, C_Dp, C_T₁R을 제외하고 거의 모든 분석지표에서 확인되었다(p < 0.05).

요골동맥의 파형에서 유의차를 보인 분석지표는 맥압을 대표하는 주파(P₁)의 진폭에 해당되는 압력보다 주요 피크가 발생하는 시간(T₁, T₂, T₂-T₁, ED)에서 나타났다. 이는 심박출지속시간(ED)의 변화에서 알 수 있듯이 자세를 눕힐수록 심실의 수축기가 길어지며, 반사파도 늦게 되돌아온다는 것을 나타낸다. 심실의 수축기가 길어진 영향은 심박수(HR)의 변화에서도 확인이 가능하다. 반면에 주파를 제외한 맥파의 진폭(P_P₂, P_ESp) 및 P_P₂와 P_P₁의 비율에 의해 얻어지는 맥파증대계수(AD)와, 요골동맥에서의 맥압과 중심동맥의 맥압의 비율로 얻어지는 PP_AMP_R의 경우 자세에 따른 유의차가 있었다.

표 3. 측정 자세에 따른 맥파의 변화 (n=129, * p<0.05)

분석지표	선 자세		앉은 자세		누운 자세		p
	평균	표준 편차	평균	표준 편차	평균	표준 편차	
*P_T1	99.4	12.2	104.0	14.3	111.1	16.9	0.000
*P_T2	192.6	15.3	208.1	18.0	219.2	19.8	0.000
*P_T2-T1	93.3	19.9	104.1	23.8	108.1	22.6	0.000
P_P1	123.4	17.4	123.1	16.6	123.3	17.3	0.475
*P_P2	107.8	20.9	110.9	20.1	110.8	19.4	0.000
*ED	272.7	20.0	297.5	17.4	320.1	18.2	0.000
*P_AI	66.6	21.6	73.9	19.3	73.4	18.9	0.000
*P_dpdt	761.3	238.5	727.2	204.4	689.6	223.9	0.000
*P_ESp	94.8	15.4	97.0	14.9	95.6	14.3	0.000
*PP_AMP_R	152.6	21.5	141.1	19.4	137.4	18.3	0.000
*HR	75.5	9.9	70.7	9.7	67.7	9.3	0.000
*SEVR	171.7	24.7	165.0	26.1	155.8	26.3	0.000
*C_Sp	109.5	17.1	111.7	17.1	112.4	17.0	0.000
C_Dp	79.0	11.9	78.9	11.9	78.8	12.0	0.194
*C_MEANP	92.9	13.4	93.9	13.4	94.0	13.3	0.000
*C_TTI	2069.2	358.9	2147.7	378.2	2230.3	415.1	0.000
*C_DTI	3506.4	536.7	3488.1	540.8	3407.8	512.1	0.002
*C_PH	30.5	9.5	32.8	9.4	33.7	9.6	0.000
*C_AI	117.5	21.6	128.6	21.4	130.3	21.3	0.000
C_T1R	139.8	8.4	141.2	11.0	143.9	13.8	0.098

일반적으로 앉은 자세에서 일어서게 되면 정맥혈류(venous pooling)를 증가시켜 심장으로 돌아오는 혈류를 감소시킨다. 이때 1회 심박출량(stroke volume, SV) 감소에도 불구하고 동맥압은 일정 값을 유지한다. 동맥압은 심박수, 1회 심박출량, 전신혈관저항(systemic vascular resistance, SVR)의 곱으로 표현되는데, 심박출량이 감소할 경우 동맥압을 유지하기 위해서 심박수와 전신혈관저항이 증가하기 때문이다. 따라서 자세에 따른 심박수의 변화가 있었지만, 맥압의 변화가 없었던 이유는 심박출량이 줄어들면서 압수용체 자극이 감소하고 교감신경이 활성화되는 항상성 조절로 해석이 된다. 이러한 이유로 주파(P1)의 경우 유의차가 나타나지 않았지만, 선 자세에서 전신혈관저항 증가로 인해 반사파(P2)가 빨리 돌아오고 진폭도 감소한 것으로 보인다.

추정된 중심동맥 파형 분석에 있어서도 중심동맥의 이완기 혈압(C_Dp)를 제외한 모든 분석지표들에서 자세에 따른 차이가 확인되었다. 이완기 혈압의 경우 설

정된 전달함수에 의해 파형이 결정되더라도 요골동맥의 맥압 기저값과 큰 차이를 보이지 않을 것으로 예상되므로 유의차가 보이지 않은 것으로 사료된다. 그러나, 자세변화에 대해서 요골동맥에서 맥압을 유지하였더라도 반사파의 시간 및 진폭이 변화하였으므로 이는 중심동맥의 수축기 압력 및 평균 압력 추정에 영향을 준 것으로 보인다. 그러나 중심동맥 파형에서 반사파가 시작되는 시간(C_T1R) 또한 신호처리 과정의 영향인지 누운 자세에서 선 자세로 갈수록 감소하기는 하였으나 통계적 유의차는 없었다.

통계적으로 자세별 유의차를 보인 분석지표에 대해 Tukey 사후검정을 한 결과, 앉은 자세와 누운 자세 간의 차이는 없었으나, 누운 자세와 앉은 자세 모두 선 자세와는 명백히 차이가 있었다. 그중 P_T1, P_T2, P_T2-T1, ED, HR 만이 선 자세, 앉은 자세, 누운 자세 별로 상호 간에 모두 서로 유의한 차이를 보여 자세에 따른 변별력이 있음을 보였다.

3.2. 혈압군에 따른 맥파의 비교

혈압군에 따른 맥파의 비교는 실험 전 사전 기본 자료로 측정된 앉은 자세에서의 상완 혈압으로 구분하였다. 수축기 및 이완기 혈압을 바탕으로 피험자를 저혈압군(n=6), 정상혈압군(n=96), 고혈압군(n=27)으로 분류하였다(표 4). 저혈압 군의 기준은 수축기 혈압이 90mmHg 미만 또는 이완기 혈압이 60mmHg 미만이며, 고혈압 군의 기준은 수축기 혈압이 140mmHg 이상 또는 이완기 혈압 90mmHg 이상으로 설정하였다. 표 4의 샘플수는 측정자세별로 3회 반복 측정된 모든 데이터의 평균 및 편차이다.

반복측정 분산분석의 개체 간 요인 검정 결과, 저혈압군에서 고혈압군으로 갈수록 정상군보다 P_P1, P_P2, P_AI, P_ESp, C_Sp, C_Dp, C_MEANP, C_TTI, C_DTI, C_AI 값이 증가하였다. 이는 고혈압군으로 갈수록 수축기 혈압과 이완기 혈압이 높아지기 때문이다. 그러나 PP_AMP_R, C_T1R은 그 반대로 값이 낮아졌다. P_dpdt와 C_PH는 정상혈압군, 저혈압군, 고혈압군 순으로 증가하였다. 대부분 유의차를 보인 지표가 맥파의 압력이었던 이유가 근본적으로 혈압군의 차이에 의한 당연한 결과라고 볼 때, 맥파의 시간 정보로써 유일하게 혈압군을 변별할 수 있는 지표로 P_dpdt와 C_T1R을 선택할 수 있다. PP_AMP_R의 경우 고혈압군으로 갈수록 반사파의 시간이 짧아짐으로 인해서

중심동맥의 맥압(C_PH)이 커진 영향으로 보인다. Tukey 사후 검정결과 P_P2, P_ESp, C_Sp, C_Dp, C_MEANP, C_TTI, C_DTI이 각 혈압군별 상호 간에 서로 유의한 차이를 보였다. 나머지 지표들은 저혈압군의 샘플수가 낮은 이유로 주로 정상혈압군과 고혈압군 간의 차이만 보였다.

표 4. 혈압군에 따른 맥파의 변화(* $p < 0.05$)

분석지표	저혈압군 (n = 18)		정상혈압군 (n = 288)		고혈압군 (n = 81)		p
	평균	표준 편차	평균	표준 편차	평균	표준 편차	
P_T1	96.2	8.4	105.6	15.8	104.1	14.3	0.197
P_T2	216.9	18.9	206.6	21.3	204.6	19.4	0.201
P_T2-T1	120.7	15.6	101.0	23.2	100.5	21.6	0.061
*P_P1	110.2	11.4	118.1	10.3	144.6	19.9	0.000
*P_P2	80.9	5.7	104.6	10.8	135.1	24.4	0.000
ED	296.0	30.2	297.4	27.3	294.4	24.5	0.690
*P_AI	44.4	11.4	70.5	19.8	80.1	17.2	0.000
*P_dpdt	861.6	222.5	689.9	181.7	824.4	307.7	0.004
*P_ESp	72.6	5.1	91.6	8.2	116.0	14.8	0.000
*PP_AMP_R	168.7	12.0	144.8	20.4	134.3	17.7	0.000
HR	68.0	8.5	71.5	10.0	71.2	11.0	0.662
SEVR	169.5	17.3	163.0	26.1	167.0	29.6	0.650
*C_Sp	90.2	6.2	106.1	8.7	134.0	20.2	0.000
*C_Dp	59.6	2.2	75.6	7.5	94.9	10.3	0.000
*C_MEANP	73.8	3.0	89.7	7.4	112.0	13.0	0.000
*C_TTI	1652.5	152.1	2065.4	267.1	2556.9	470.7	0.000
*C_DTI	2776.7	119.9	3315.0	350.0	4163.1	483.6	0.000
*C_PH	30.4	6.7	30.5	5.7	39.2	16.0	0.000
*C_AI	99.8	11.3	124.6	21.9	134.2	19.3	0.000
*C_T1R	150.1	11.1	142.1	11.4	138.0	9.9	0.009

4. 결론

본 연구에서는 비침습적으로 압력 맥파를 검출하는 맥파 측정 장비를 사용하여 측정자세에 따라 측정된 맥파의 분석지표에 대한 차이를 비교하였다. 또한 누운 자세로 측정된 데이터를 저혈압군, 정상혈압군, 고혈압군으로 구분하여 혈압군에 따른 비교를 수행하였다.

그 결과 요골동맥의 파형에서 유의차를 보인 분석 지표는 맥파의 진폭에 해당되는 압력보다 주요 피크

가 발생하는 시간에서 나타났다. 또한 자세를 눕힐수록 심실의 수축기가 길어지면서 심박수가 감소함을 확인할 수 있었다. 그 이유는 자세에 따른 압수용체 자극 및 교감신경이 활성화 변화에 따른 맥압의 항상성 조절에 의한 것이다. 맥압의 경우 맥파증대계수(AD)나 중심동맥압과 요골동맥압의 비율(PP_AMP_R)과 같이 맥압 간의 비율이 자세에 따른 변별력이 있었다. 사후검정에 따라 각 자세별로 상호 간에 모두 유의한 차이를 보인 분석지표는 주파(P_T1)와 반사파(P_T2)의 시간, ED, HR로 나타났다.

혈압군에 대한 비교에서는 측정된 데이터에서 혈압군을 분리하면서 저혈압군에 대한 샘플수가 부족하였으나, 대부분 맥파의 시간에 해당되는 지표보다 주요 피크의 진폭에 해당되는 맥파의 압력을 나타내는 지표가 혈압군에 따른 유의차를 보였다.

본 연구의 결과를 바탕으로 심전도(ECG)나 맥파를 이용한 감성의 분석 등에 활용되는 HRV(heart rate variability)나 PRV(pulse rate variability) 연구에 있어서 측정 자세 및 피실험자의 혈압에 대한 고려가 전제되어야 한다고 사료된다. 향후 피실험자의 다양한 환경에 따른 맥파의 변화에 대한 연구를 통해 맥파를 이용한 정량적 감성 측정 도구의 개발에 기여하고자 한다.

참고문헌

- Nichols, W. W. & O'Rourke M. F. (2005) McDonald's Blood Flow in Arteries: Theoretical, Experimental and Clinical Principles, Hodder Arnold(London), 1-9.
- Zieman, S. J., Melenovsky, V., Dass, D. A. (2003). Mechanisms, pathophysiology, and therapy of arterial stiffness, Arteriosclerosis Thrombosis & Vascular Biology, 25(5), 932-943.
- Roman, M. J., Devereux, R. B., Kizer, J. R., Lee, E. T., Galloway, J. M., Ali T., Umans, J. G., & Howard, B. V. (2007). Central Pressure More Strongly Relates to Vascular Disease and Outcome than Does Brachial Pressure. The Strong Heart Study, Hypertension, 50(1), 197-203.
- 노동곤, 이윤선, 지정호, 박성빈, 이계형, 김해관 (2003). 가압식 오실로메트릭 방법을 사용한 혈압 측정 시스템의 설계. 의공학회지, 24(4), 대한의용

생체공학회, 281-286.

- Sato, T. (1993). Accuracy of a Continuous Blood Pressure Monitor Based on Arterial Tonometry. *Hypertension*, 21(6), 866-874.
- Franchi, D., Bedini, R., Manfredini, F., Berti, S., Palagi, C., Ghione, S., & Ripoli, A. (1996). Blood pressure evaluation based on arterial pulse wave velocity. *Computers in Cardiology*, 397-400.
- Foo, J. Y. A., Lim C. S., & Wang, P. (2006). Evaluation of blood pressure changes using vascular transit time, *Physiological Measurement*, 27(8), 685-694.
- 김종화, 황민철, 남기창 (2008). ECG와 PPG를 이용한 실시간 연속 혈압 측정 시스템. *감성과학*, 11(2), 한국감성과학회, 235-244.
- Atcor Medical (2006). *A Clinical Guide Pulse Wave Analysis*.
- Kanani, M., & Elliott, M. (2005). *Applied surgical physiology vivas*. Cambridge University Press, 1-3.
- Hasegawa, M., & Rodbard, S. (1979). Effect of Posture on Arterial Pressures, Timing of the Arterial Sounds and Pulse Wave Velocities in the Extremities. *Cardiology*, 64(2), 122-132.
- United States Patent 5778879. (1998). Electronic blood pressure meter with posture detector.
- Reesink, K. D., Hermeling, E., Hoeberings, M. C., Reneman, R. S. & Hoeks, A. P. G. (2007). Carotid artery pulse wave time characteristics to quantify ventriculoarterial responses to orthostatic challenge. *Journal of Applied Physiology*, 102(6), 2128-2134.
- 황민철, 장근영, 김세영 (2004). 자율신경계 반응에 의한 감성 평가 연구. *감성과학*, 7(3), 한국감성과학회, 51-56.
- 정우석, 홍철운, 김남균 (2004). 색채 조명 자극에 대한 인체 반응에 관한 연구. *감성과학*, 7(4), 한국감성과학회, 51-56.
- Atcor Medical (2006), *Concise Software Guide*.

원고접수 : 09.08.07

수정접수 : 09.09.02

게재확정 : 09.09.09