3부위 최적맥파의 주파(h1) 비율 분석을 통한 전체 체순환 평가방법

유승연 · 박은성 · 최예빈 · 이용흠

연세대학교 보건과학대학 의공학부

Body Systemic Circulation Assessment Method through Analysing the Radial, Dorsalis Pedis, Temporal Arterial Pulse Wave

Seung-Yeon Yu, Eun-Sung Park, Ye-Bin Choi, Yong-Heum Lee

Department of Biomedical Engineering, College of Health Sciences, Yonsei University

Objectives : Recently, people who have normal brachial blood pressure(BP) are being threatened by high-risk disease such as stroke. The aim of this study is to suggest that new method to assess systemic circulation. It can be performed by analyzing optimal blood pulse wave on 3 sites belonging to subjects that have normal BP. **Methods :** We respectively extracted main peaks(h1) of optimal blood pulse wave on left/right temporal artery(LR1=h1), radial artery(LR2=h1) and dorsalis pedis artery(LR3=h1). We obtained h1 from 30 subjects who are discreetly chosen and have normal BP. Main peak(h1) can be extracted by using 3D pulse imaging analyser(DMP-1000+, DAEYOMEDI Co., Korea) that has 5-level pressure method. We analyzed the ratio of [LR1/LR2] and [LR3/LR2]. **Results :** In the case of male group, the results are [LR1/LR2=0.7100.177] and [LR3/LR2=0.9290.317]. In the case of female group, the results are [LR1/LR2=0.6680.121] and [LR3/LR2=0.7050.195]. Especially, it is statistically verified that the result of ratio [LR3/LR2] is much higher in male group than in female group($p<0.05$). **Conclusions :** We suggested the standard ratio of [LR1/LR2] and [LR3/LR2] for normal subjects, respectively. It can be adopted as a new method to evaluate the systemic circulation.

Key words : blood pressure(BP), systemic circulation, pulse wave, main peak(h1), radial arterial, temporal arterial

서론

최근, 고혈압 및 저혈압 환자가 아닌 정상혈압인 사람에서도 뇌졸중, 두통, 어지러움증과 같은 질환과 증상이 발생하는 사례가 증가하고 있다. 특히, 뇌졸중은 상완혈압과의 상관성이 높게 나타나고 있으나¹⁻⁴, 직접적인 고혈압 및 뇌혈관 정보를 반영하고 있지 않아서 예외적 환자들이 증가하고 있는 추세이다^{5,6}. 실제로 많은 환자들이 그 원인을 모르고 방치해 치명적인 질병에 노출되고 있으며 다양한 합병증으로 이어지고 있다.

그러나, 상완혈압(BP)만으로 고혈압 및 저혈압성 증상, 인체 전체의 체순환을 예측하거나 평가하기 어려운 문제가 있다⁷. 또한, 하지의 하지정맥류, 하지부종, 하지저림, 수족냉증과 같은 인체 전체의 체순환에 문제가 있는 환자군도 증가하고 있어서, 단순히 상완혈압만으로 이를 평가하는데 한계가 있다⁸⁻¹¹. 이는 상지(中)의 상완혈압뿐만 아니라, 뇌혈압(上) 정보 및 하지(下) 혈류특성을 반영한 평가모델 및 평가지표가 필요하다는 것을 시사한다.

이에, 기존의 연구들에서 상완혈압 정보 혹은 단일 부위 맥파정보를 근거로 위험도를 평가하였고, 맥파전달속도 등을 분석¹²⁻¹⁴하

Received August 13, 2016, Revised September 8, 2016, Accepted September 9, 2016

Corresponding author: **Yong-Heum Lee**

Department of Biomedical Engineering, College of Health Sciences, Yonsei University, 1, Yonseidae-gil, Heungeop-myeon, Wonju 26493, Korea
Tel: +82-33-760-2863, Fax: +82-33-760-2920, E-mail: koaim@yonsei.ac.kr

© This is an open access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0>) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

Fig. 1. Standard blood pulse waveform and parameters.

Table 1. Description of Blood Pulse Waveform and Parameters

Variable	Units	Description
Pressure	mmHg	Apply pressure
Energy		
HR	BPM	Heart rate
h1	mmHg	Height of main peak
t4	sec	Time of ventricular systolic
T-t4	sec	Time of ventricular diastolic
W	sec	Interval of main peak

여 위와 같은 질환 및 증상 등을 평가하고 있다. 기존 맥파측정 방법은 주로 요골동맥에서 단일(고정 압력) 가압방식으로 측정함으로써, 혈압·혈류에 대한 혈관특성을 정확히 반영되었다고 판단하기 어렵고¹⁵⁾, 실제로 5단계 가압방식의 최적맥파와 비교한 결과, 큰 차이를 나타내고 있다¹⁶⁻¹⁹⁾. 또한, 머리부위에서의 뇌혈류 특성을 반영하는 TCD와 같은 뇌혈류속도 측정기를 이용한 정보는 혈류속도 및 혈류량은 제시²⁰⁾할 수 있으나, 가압력에 대한 뇌혈관의 혈압 정보는 알 수 없어서 정확한 뇌혈관의 특성을 반영했다고 보기 어렵다²¹⁾. 더불어, 하지쪽의 동맥에서 맥파를 측정하여 임상적 자료를 제시하는 연구도 부족한 실정이다.

따라서, 본 연구에서는 상완혈압이 정상임에도 불구하고, 고혈압 및 저혈압성 증상이 나타나고 있는 사례, 즉 상완혈압만으로 뇌혈류질환과 같은 위험도를 예측하고 평가하기 어려운 문제를 최소화하기 위한 평가방법을 제시하고자 한다. 그 방법으로 측정부위를 측두동맥, 요골동맥, 족배동맥의 3부위로 확장하고, 측정시 5단계 가압방식을 통해 5개 맥파중 혈압, 혈류, 혈관 특성이 가장 잘 반영된 최적맥파의 주파(h1)를 추출, 비율을 분석함으로써, 체순환 위험도 평가 결과의 신뢰성 및 객관성을 확보하고자 한다.

이와 같이, 측두동맥의 맥파는 머리(上)쪽의 혈류특성을, 요골동

맥의 맥파는 상지(中)의 혈류특성을, 족배동맥의 맥파는 하지(下)의 혈류특성을 반영한다는 가설을 근거로, 3부위에 대한 혈류역학적 정보를 최대한 반영할 수 있는 새로운 전체 체순환을 9가지 패턴으로 평가할 수 있는 방법을 제안하고자 한다. 기초임상실험을 통해, 명확한 근거를 제시하기 어렵지만 임상적으로 각 주파(h1)의 평균 비율을 근거로, 비정상적인 비율과 증상과의 유의한 상관성이 확인되어 이를 보고하는 바이다.

실험 재료 및 방법

1. 맥파 파라미터 정의

맥파는 심장 수축할 때 일정량의 혈액을 방출 하는데, 이 방출된 혈액의 운동에너지와 혈관 벽의 탄력에 의해 생긴 위치에너지의 상호 전환을 통해 동맥을 따라 전파된 파형을 말한다. 전체적인 맥파를 통해 혈류, 혈관의 상태를 관찰할 수 있다. 각 상태를 나타내는 지표는 Fig. 1과 Table 1에 표시하였다. 특히, 주파(h1)은 심장의 최대수축에 의해 박출되는 혈류특성을 반영한 파라미터값으로 수축기에 따른 말초혈관에 미치는 최대맥압을 나타낸다. 따라서, 본 논문에서는 3부위에서의 최적맥파의 주파(h1)를 분석하여 각 부위에서 알맞은 맥압비율을 제시하고, 이를 이용하여 전체 체순환 정도를 평가할 수 있는 근거를 제시하고자 한다.

2. 최적 맥파 선정

단일가압 방식의 맥파는 고정된 가압력만으로 측정함으로써 혈관 특성에 최적화된 압력이 아니어서 측정된 맥파로는 시간정보(지맥, 삭맥)는 확인할 수 있으나, 공간정보(부맥, 침맥)는 반영하지 못한다.

따라서, 측두, 요골, 족배동맥 3부위에서 부위별 가압범위에서의 맥파 가압범위 5단계로 가압을 하여 5개의 맥파를 획득한다. 1단계~5단계 맥파 중에서 주파(h1)의 크기가 가장 큰 맥파를 최적맥파로 선정하였다(Fig. 2). 최적맥파는 해당 가압력에 대한 혈관의 특성을 가장 잘 반영한 결과(시간, 공간정보)임으로 이를 대표 최적맥파로 정의하고, 3부위 최적맥파의 주파(h1)값의 비율을 분석한다.

3. 실험 대상자 선정

본 연구는 3부위 최적맥파의 h1 비율로 전체 체순환 위험도를 평가하기 위한 남녀 기준을 제시하고자 함으로, 상완혈압(BP)이 정상군에 속하는 피험자들의 혈압을 측정하여 남자는 111/72~135/88 mmHg, 여자는 94/61~124/83 mmHg인 각각 15명을 선정하였다. 정상비율기준 설정을 위한 피험자는 과거 심혈관 질환에 대한 병력이 있거나, 실험 당일 어떤 질환을 가지고 있지 않으며 전날 격렬한 운동이나 과도한 음주를 하지 않은 남녀 평균연령 24.5 ± 3.5 세 남자 15명, 여자 15명 선정하였다. 또한, 정상혈압 대

상자 중, 평소 어지러움, 두통, 고지혈증, 하지저림, 하지부종, 무릎 통증, 수족냉증을 호소하는 남자 6명(A~F), 여자 6명(1~6)을 대상으로 비정상 피험 대상으로 선정하였다.

4. 측정부위 선정

측두동맥은 머리쪽으로 혈류를 공급하는 총경동맥의 지류인 외경동맥 중, 귓볼과 턱관절이 만나는 귓족소양담경의 청회혈(GB2) 위치으로 맥파측정이 용이한 부위로 선정하였고, 요골동맥은 손목 부위의 맥압이 가장 크게 촉진되는 부위로서 손, 관, 척 중 '관' 부위로 선정하였다. 또한, 족배동맥은 발등 부위에서 맥압이 잘 촉진되는 부위를 선정하였다(Fig. 3).

5. 측정장비

피험자들의 혈압을 측정하기 위해서 (주)오므론사의 "A23010" (OMRON MATSUSAKA Co.LTD)를 사용하였으며, 본 장치는 오실로메트릭 방식의 간접 혈압측정기로써, 측정오차가 ± 5 mmHg 이

Fig. 2. Optimal pulse wave & h1 selection by 5-level pressure method.

Fig. 3. Selection of 3 arteries & sites for pulse wave measurement.

Fig. 4. Mimetic diagram for experiment method and procedure.

Fig. 5. Experiment photograph [A : DMP-1000+, B: temporal artery(LR1), C : Radial artery(LR2), D : Dorsalis pedis artery(LR3)].

내인 손목형 정밀 혈압측정 장치이다. 맥파측정기는 (주)대요메디사의 “DMP 1000+”를 사용하였으며(Fig. 5A), 본 장치는 핸드타입으로 맥압이 측정되는 모든 부위에서의 맥파측정에 유리하도록 프로브가 설계되었다. 정밀도가 높은 반도체 박막형 측정 센서가 십자로 배열하여 맥 위치 및 측정이 용이하게 제작되었다. 1~5단계 가압력에 대한 측정부위의 맥압에 비례한 5단계 맥파를 측정할 수 있으며, 각 단계별 정성적 맥파파형을 제시하고, 정량적 맥파 파라미터(h1~h5, t1~t5, HR, W 등)의 디지털값을 통해 수치화된 데이터를 제공한다.

6. 실험 방법

실험을 진행하기에 앞서 연세대학교 원주캠퍼스 생명윤리심의위원회에서 IRB승인(IRB 승인번호 : 1041849-201603-BM-016-02)을 받고 이를 바탕으로 피험자들에게 실험 내용에 대해 충분히 설명하여 이해시킨 뒤 자발적 동의를 얻었다.

임상 실험 진행 시, 혈압 및 맥파는 실험환경에 민감하게 변화할 수 있어서, 실내 온도 23~24°C, 습도 35~40%로 유지된 조용하고 편안한 환경에서 시행하였다. 실험 시작 전에는 물을 제외한 커피, 콜라 등 카페인 함유 음식물 섭취는 금지하였다. 또한 피험자의

감정 변화에 영향을 줄 수 있는 대화나 움직임은 실험 진행 동안은 자제하도록 하였다.

실험 장소에서 20분간 누운 자세로 안정을 취하도록 하였다. 안정상태가 되면 피험자의 혈압을 1분 간격으로 3회 연속 측정하여 편차가 10 mmHg 이상인 대상자는 제외시켰다. 혈압은 혈압계 A23010(OMRON MATSUSAKA Co.LTD)를 사용하였다. 혈압 측정 완료 후, 좌측 요골동맥(L2), 족배동맥(L3), 측두동맥(L1) 순으로 맥파 측정을 하였고, 우측도 동일한 순서와 과정으로 반복측정 하였다(Figs. 4, 5).

실험을 진행하기 전, 각 부위별 맥압의 크기가 다르므로 3부위의 최적맥파 측정에 알맞은 가압범위를 확인하기 위해서 16명을 대상으로 예비실험을 진행하였으며, 각 동맥의 최적 맥파 가압범위를 요골동맥은 40~240 mmHg, 족배동맥은 40~180 mmHg, 측두동맥은 40~140 mmHg로 설정하였다. 3부위 동맥을 직접 가압하여 시스템이 맥파 위치를 인식하면 설정한 맥파 범위 내에서 5단계로 가압하여 5개의 맥파를 얻는다. 위 과정을 날짜와 시간을 다르게 하여 각 피험자 30명에 대하여 총 2회씩 수행하였다(n=60). 또한, 정상 피험자 맥파비율 비교를 위한 비정상피험자 12명(남 6, 여 6)에 대하여 같은 방법으로 수행하였다.

7. 데이터 처리 및 통계분석 방법

전체 체순환 평가를 위해서 3부위 최적맥파의 파라미터 중, 맥압 정도를 가장 잘 반영한 주파(h1)값을 중심으로 요골동맥의 h1값을 기준으로 측두, 족배동맥의 h1값에 대한 상대적 비율을 분석하였다. 이때, 좌측 측두, 요골, 족배동맥 h1값을 각각 [L1, L2, L3]로 정의하고, 우측 측두, 요골, 족배동맥 h1값을 각각 [R1, R2, R3]로 정의하였으며, 각각의 비율을 [L1/L2, L3/L2], [R1/R2, R3/R2], [LR1/LR2, LR3/LR2]로 정의하고, 분석하였다.

$$\frac{L1}{L2} = \frac{\text{좌측 측두동맥 h1값}}{\text{좌측 요골동맥 h1값}}, \quad \frac{L3}{L2} = \frac{\text{좌측 족배동맥 h1값}}{\text{좌측 요골동맥 h1값}}$$

$$\frac{R1}{R2} = \frac{\text{우측 측두동맥 h1값}}{\text{우측 요골동맥 h1값}}, \quad \frac{R3}{R2} = \frac{\text{우측 족배동맥 h1값}}{\text{우측 요골동맥 h1값}}$$

$$\frac{LR1}{LR2} = \frac{\text{좌우 측두동맥 h1값}}{\text{좌우 요골동맥 h1값}}, \quad \frac{LR3}{LR2} = \frac{\text{좌우 족배동맥 h1값}}{\text{좌우 요골동맥 h1값}}$$

이에 대한, 측정통계처리 방식은 IBM SPSS Statistics 20을 이용하였다. 집단 간의 차이와 L1/L2, L3/L2, R1/R2, R3/R2의 비율을 확인하기 위해 독립표본 T검정을 사용하였다. 측정대상자 30명에 대하여 전체 데이터(30명×2회, n=60) 중, 측정오류 1명(여), 한약 복용 1명(여), 감기 2명(남), 음주 2명(남) 총 6명은 실험조건에 완전히 통계 되지 않았다고 판단되는 데이터는 제외하고, n=48개(총 24명, (남11명, 여13명))의 데이터만 통계처리 하였다. 분석결과 유의 수준 $p < 0.05$ 일 때 값을 통계적으로 유의한 것으로 판정하였다.

Fig. 6. The result of left & right ratio h1 for 3 sites(males, females).

실험결과

1. 3부위 맥파의 h1에 대한 상대적 비율 분석결과

3부위 최적맥파의 주파(h1)은 맥파측정 부위에서의 심박출시 발생하는 혈류역학적 특성 중, 최대 맥압을 반영하고 있어서 이 값들 간의 상대적 비율의 기준을 제시하여 고혈압 및 전체 체순환 평가를 할 수 있는 새로운 지표로 제시하고자, 정상혈압군에 대한 맥파를 측정하는 실험을 진행하였다. 피험자들의 혈압이 남자는 111/72~135/88 mmHg, 여자는 94/61~124/83 mmHg인 남녀 피험자 좌우 요골동맥(L2, R2)을 기준으로, 족배동맥(L3, R3)과 측두동맥(L1, R1)의 비율 [L1/L2, L3/L2], [R1/R2, R3/R2]을 mean±SD 값을 분석한 결과를 얻었다(Fig. 6).

결과1-1: 남자 피험자들의 요골동맥(L2, R2)기준, 족배동맥(L3, R3)의 h1 비율은 [L3/L2=0.955±0.306], [R3/R2=0.903±0.332] 결과를 얻었다.

결과1-2: 남자 피험자들의 요골동맥(L2, R2)기준, 측두동맥(L1, R1)의 h1 비율은 [L1/L2=0.661±0.135], [R1/R2=0.759±0.201] 결과를 얻었다.

결과2-1: 여자 피험자들의 요골동맥(L2, R2)기준, 족배동맥(L3, R3)의 h1 비율은 [L3/L2=0.673±0.163], [R3/R2=0.737±0.220] 결과를 얻었다.

결과2-2: 여자 피험자들의 요골동맥(L2, R2)기준, 측두동맥(L1, R1)의 h1 비율은 [L1/L2=0.654±0.133], [R1/R2=0.673±0.111] 결과를 얻었다.

남녀 평균 비율 값을 바탕으로 남자집단과 여자집단의 비율을 독립표본 T검정한 결과, 좌우 요골동맥 기준 족배동맥의 [L3/L2, R3/R2]비율에서 $p < 0.05$ 로 통계적으로 유의하게 차이가 있는 것으로 확인되었다. 남녀별 비율이 전체적으로, 남자집단은 요골동맥 기준 족배동맥의 [L3/L2, R3/R2] 평균값에서 여자집단의 비율과 큰 차이가 있음을 알 수 있다. 특히, 우측보다 좌측에서의 비율이 $p < 0.05$ 로 유의한 차이가 확인되었다. 그에 비해 요골동맥 기준 측두동맥의 [L1/L2, R1/R2] 평균값은 남녀집단 사이에 $p > 0.05$ 로 통계적 유의한 차이가 없음을 알 수 있다(Table 2).

Table 2. Significance for h1 Ratio between Males and Females

		Levene p -value	t	p -value
Left	L3/L2	.000	3.985	.000
	L1/L2	.727	.169	.866
Right	R3/R2	.014	2.034	.048
	R1/R2	.042	1.832	.073

Table 3. Significance for h1 Ratio between Left and Right

	Levene p -value	t	p -value
LR3/LR2	.900	.098	.922
LR1/LR2	.393	1.884	.063

Fig. 7. The result of ratio of [LR1/LR2], [LR3/LR2] for males & females.

2. 3부위 좌우 맥파의 h1에 대한 좌/우 비율 분석결과

인체의 혈관은 좌우 대칭으로 분포하고 있어서, 구조적, 기능적으로 동일하다고 간주할 수 있다. 혈류특성(혈압, 혈류속도, 혈류량 등)을 반영한 좌우 맥파를 측정하여 차이가 있는지를 확인하고, 나아가 측정시 좌우를 모두 측정하는 번거로움을 최소화하기 위하여 이들간의 좌우 맥파의 h1 비율을 비교분석하였다.

그 결과, 남녀 모두 요골동맥(L2, R2) 기준 족배동맥(L3, R3)과 측두동맥(L1, R1)의 비율에서 좌측과 우측을 독립표본 t검정을 한 결과, $p>0.05$ 으로 좌우의 차이가 통계적으로 유의하지 않다는 것을 확인하였다(Table 3).

따라서, 측정 데이터간 좌/우 비율에 통계적 유의성이 없으므로, 좌/우 3부위 최적맥파의 h1의 비율에 대한 최종적인 $\text{mean} \pm \text{SD}$ 로 나타낼 수 있다(Fig. 7). 그 결과는 다음과 같다.

결과1-1-1: 남자 피험자들의 좌/우 요골동맥(LR2)기준, 좌/우 족배동맥(LR3)의 h1 비율은 $[\text{LR3/LR2}=0.929 \pm 0.317]$ 결과를 얻을 수 있다.

결과1-2-2: 남자 피험자들의 좌/우 요골동맥(LR2)기준, 좌/우

Fig. 8. The result of ratio of [LR1/LR2], [LR3/LR2] for all subjects.

측두동맥(LR1)의 h1 비율은 $[\text{LR1/LR2}=0.710 \pm 0.177]$ 결과를 얻을 수 있다.

결과2-1-1: 여자 피험자들의 좌/우 요골동맥(LR2)기준, 좌/우 족배동맥(LR3)의 h1 비율은 $[\text{LR3/LR2}=0.705 \pm 0.195]$ 결과를 얻을 수 있다.

결과2-2-2: 여자 피험자들의 좌/우 요골동맥(LR2)기준, 좌/우 측두동맥(LR1)의 h1 비율은 $[\text{LR1/LR2}=0.668 \pm 0.121]$ 결과를 얻을 수 있다.

남녀 두 집단 간의 각 동맥 비율 유의성 평가를 했을 때, 요골동맥 기준, 족배동맥 [LR3/LR2]에서만 유의한 차이가 나타났다. 이는 남자가 여자 피험자에 비해서, 하체의 근육량과 활동량 면에서 차이가 있기 때문에 나타난 결과로 판단된다.

또한, 모든 피험자의 3부위 최적맥파에 대한 h1값 비율에서 [LR1/LR2]보다 [LR3/LR2]이 높게 나타났다(Fig. 8).

결과3: 모든 피험자들의 좌/우 요골동맥(LR2)기준, 좌/우 족배동맥(LR3)의 h1 비율은 $[\text{LR3/LR2}=0.817 \pm 0.285]$ 결과를 얻을 수 있다.

결과4: 모든 피험자들의 좌/우 요골동맥(LR2)기준, 좌/우 측두동맥(LR1)의 h1 비율은 $[\text{LR1/LR2}=0.689 \pm 0.152]$ 결과를 얻을 수 있다.

고 찰

본 연구의 결과에서 특이 질환이나 증상이 없는 상완혈압이 정상군에 속하는 남녀 24명을 대상으로 좌/우 요골동맥, 족배동맥, 측두동맥 3부위 맥파의 [LR1/LR2], [LR3/LR2]이 평균과 표준편차 비율에 속하는 경우를 정상으로 설정하고, 별도 기타 증상을 호소하는 참여자 12명을 비정상군으로 간주하였다.

측두동맥/요골동맥 h1 비율 [LR1/LR2]은 머리쪽으로 공급되는 뇌혈류, 뇌혈압을 반영하고 있어서, 뇌질환 위험도 평가지표로 활

용할 수 있다. 또한, 족배동맥/요골동맥 h1 비율 [LR3/LR2]은 하지 쪽으로 공급되는 혈류 및 혈압특성을 반영하고 있어서, 하지혈류질환과 같은 위험도를 3부위 h1 비율을 통해, 인체 전체의 혈류특성을 반영한 체순환 평가가 가능할 것으로 사료된다.

평소 다양한 증상을 호소하는 남녀 피험자 중, 상완혈압은 정상이나 3부위 맥파에 대한 [LR1/LR2], [LR3/LR2] 비율이 평균과 표준편차로부터 큰 차이가 있는 피험자를 대상으로 비교분석한 결과, Figs. 9~12와 같은 비정상적 비율을 확인하였다.

Fig. 9와 Fig. 10은 남녀 전체 정상피험자 비율과 비정상 피험자간 [LR1/LR2] 비율을 비교한 결과이다. Fig. 9에서 남자 피험자 A, B, C는 혈압이 111/72~135/88 mmHg로 모두 정상피험자 혈압 범위에 있으나, 피험자 A는 [LR1/LR2=1.257], 피험자 B는 [LR1/LR2=1.404], 특히, 피험자 C는 [LR1/LR2=1.822]로 남자 정상피험자 전체의 [LR1/LR2=0.710]보다 가장 큰 비율 차이가 있다. 또한, Fig. 10에서 여자 피험자 1, 2, 3은 혈압이 94/61~124/83 mmHg로 모두 정상피험자 혈압범위에 있으나, 피험자 1은 [LR1/LR2=1.305],

피험자 2는 [LR1/LR2=1.274], 피험자 3은 [LR1/LR2=1.066]로 여자 정상피험자 전체의 [LR1/LR2=0.668]보다 매우 큰 차이가 있다.

일반적으로 피험자 A, B, C 피험자 1, 2, 3의 상완 혈압은 정상 범위에 속하여 정상 혈압으로 분류된다. 하지만 요골동맥 기준, 측두동맥의 비율 [LR1/LR2]을 분석함으로써 측두 쪽으로 가는 압력이 정상인보다 높아 고혈압의 위험이 높다고 평가할 수 있다. 실제로, 피험자 A, C와 피험자 1, 2는 평상시에 자주 어지러움이나 두통을 호소하는 경우가 많다고 하였다. 피험자 B와 피험자 3은 증상이 미미하여 심각성을 호소하지 않았으나, 피험자 3은 고지혈증 진단을 받은 병력이 있었다.

Fig. 11와 Fig. 12는 남녀 전체 정상피험자 비율과 비정상 피험자간 [LR3/LR2] 비율을 비교한 결과이다. Fig. 11에서 남자 피험자 D, E, F는 모두 정상피험자 혈압범위에 있으나, 피험자 D는 [LR3/LR2=0.353], 피험자 E는 [LR3/LR2=0.451], 특히, 피험자 F는 [LR3/LR2=0.290]로 남자 정상피험자 전체의 [LR3/LR2=0.929]보다 매우 낮은 비율 차이를 나타내고 있다. 또한, Fig. 10에서 여자

Fig. 9. [LR1/LR2] ratio comparison between normal and abnormal subjects(males).

Fig. 11. [LR3/LR2] ratio comparison between normal and abnormal subjects(males).

Fig. 10. [LR1/LR2] ratio comparison between normal and abnormal subjects(females).

Fig. 12. [LR3/LR2] ratio comparison between normal and abnormal subjects(females).

Fig. 13. Pattern classification for risk-assessment of body systemic circulation.

피험자 4, 5, 6은 혈압이 모두 정상피험자 혈압범위에 있으나, 피험자 4는 $[LR3/LR2=0.313]$, 피험자 5는 $[LR3/LR2=0.438]$, 특히, 피험자 6은 $[LR3/LR2=0.199]$ 로 여자 정상피험자 전체의 $[LR3/LR2=0.705]$ 보다 매우 낮은 비율 차이를 보이고 있다.

결과적으로, 피험자 C, D, F 피험자 4, 5, 6의 요골동맥 기준, 족배동맥의 비율 $[LR3/LR2]$ 을 분석한 결과, 하지 쪽으로 가는 혈압력이 정상인보다 매우 낮아서, 하지혈류질환 같은 질병 위험성이 높다고 평가할 수 있다. 실제로, 남자 피실험자 D, E, F는 하지저림 증상과 무릎통증이 자주 발생한다고 호소하였으며, 여자 피험자 4, 5, 6은 하지부종과 수족냉증이 자주 발생하는 것으로 확인되었다.

따라서, 본 연구결과를 근거로 측두동맥, 요골동맥, 족배동맥의 맥파비율이 고혈압 저혈압과 같은 위험도를 평가할 수 있다는 근거나 상관성은 부족하나, 정상혈압군에서도 3부위 맥파비율에서 특이한 사례가 관찰되는바와 같이, 다양한 질환 및 증상이 있는 환자군을 대상으로 추가 임상실험을 통해 근거와 상관성을 객관적으로 제시할 수 있고, 체순환 위험도를 반영할 수 있는 평가방법으로 기대된다.

이와 같은 결과를 근거로, 고혈압 및 체순환 위험도를 평가할 수 있는 9가지 평가패턴으로 분류할 수 있다(Fig. 13). Type A는 $[LR2]$ 를 기준으로 $[LR1/LR2]$, $[LR3/LR2]$ 이 모두 정상인 경우이고, Type B는 $[LR1/LR2]$ 은 높고 $[LR3/LR2]$ 는 정상인 경우, Type C는 $[LR1/LR2]$ 은 높고 $[LR3/LR2]$ 는 낮은 경우, Type D는 $[LR1/LR2]$, $[LR3/LR2]$ 이 모두 높은 경우, Type E는 $[LR1/LR2]$ 은 낮고 $[LR3/LR2]$ 는 정상인 경우, Type F는 $[LR1/LR2]$ 은 낮고 $[LR3/LR2]$ 는 높은 경우, Type G는 $[LR1/LR2]$, $[LR3/LR2]$ 모두 낮은 경우, Type H는 $[LR1/LR2]$ 은 정상이고 $[LR3/LR2]$ 는 높은 경우, Type I는 $[LR1/LR2]$ 은 정상이고 $[LR3/LR2]$ 는 낮은 경우로 분류할 수 있다.

여기서, Type B, C, D는 $[LR1/LR2]$ 비율이 높은 경우로, 뇌졸중

같은 고혈압성 위험도가 높을 것으로 판단되며, Type E, F, G는 $[LR1/LR2]$ 비율이 낮은 경우로, 저혈압성 빈혈, 현기증 증상이 나타날 가능성이 높을 것으로 판단된다. 또한 Type C, G, I는 $[LR3/LR2]$ 이 낮은 경우로, 하지쪽으로 충분한 혈류공급이 어려워, 하지저림, 하지부종, 하지 냉증과 같은 하지질환 발생 가능성이 높을 것으로 생각된다. $[LR1/LR2]$ 비율은 머리쪽으로 공급되는 뇌혈류 및 뇌혈압 정보를 반영하고, $[LR3/LR2]$ 비율은 하지쪽으로 공급되는 혈류 및 혈압정보를 반영하고 있어서, 패턴분류에 따른 패턴간의 상관성을 통해, 뇌혈류 질환 및 체순환 위험도를 평가하는데 매우 유용한 지표로 활용될 수 있을 것으로 판단된다.

결론

상완혈압이 뇌혈류질환 위험성과의 상관성이 높다하더라도, 상완혈압만으로 머리, 상지, 하지 혈압 등 인체 전체의 혈압특성을 알 수 없으며, 정상혈압인 사람들에서도 뇌혈류 질환 및 증상과 하지혈류질환 등과 같은 환자군들이 증가하고 있다. 이는 혈압만으로는 인체 전반의 심혈관계에 대한 명확하고 정확한 진단/평가 정보를 제시하기 어려움을 시사한다.

따라서, 본 연구에서는 특이질환 및 증상이 없는 상완혈압이 남자는 $111/72 \sim 135/88$ mmHg, 여자는 $94/61 \sim 124/83$ mmHg인 정상그룹 남녀 피험자 24명과 평소 다양한 증상을 호소하는 남녀 피험자 12명에 대하여, 좌우 요골동맥, 족배동맥, 측두동맥 3부위의 최적맥파를 추출하였다. 해당 부위의 혈압특성을 가장 잘 반영하는 h1(main peak) 비율 $[L1/L2]$, $[L3/L2]$, $[R1/R2]$, $[R3/R2]$ 를 분석한 아래 결과를 근거로, 전체 체순환 위험도를 평가할 수 있는 새로운 방법과 표준 패턴을 제시하는 바이다.

· 상완혈압이 111/72~135/88 mmHg인 남자 피험자들의 좌/우 요골동맥(LR2)기준, 좌/우 족배동맥(LR3)의 h1 비율은 $[LR3/LR2=0.929\pm0.317]$ 이고, 좌/우 요골동맥(LR2)기준, 좌/우 측두동맥(LR1)의 h1 비율은 $[LR1/LR2=0.710\pm0.177]$ 이다.

· 상완혈압이 94/61~124/83mmHg인 여자 피험자들의 좌/우 요골동맥(LR2)기준, 좌/우 족배동맥(LR3)의 h1 비율은 $[LR3/LR2=0.705\pm0.195]$ 이고, 좌/우 요골동맥(LR2)기준, 좌/우 측두동맥(LR1)의 h1 비율은 $[LR1/LR2=0.668\pm0.121]$ 이다.

· $[LR1/LR2]$, $[LR3/LR2]$ 의 표준 비율을 근거로, 가장 위험도가 높은 $[LR1/LR2]$ 이 매우 높거나 낮은 경우와 $[LR3/LR2]$ 이 매우 낮은 경우를 규정하고, 전체 체순환 위험도를 평가할 수 있는 9가지 평가패턴으로 분류하였다.

추후, 위와 같은 결과를 근거로 혈압정보와 3부위 맥파의 다양한 파라미터에 대한 유의한 상관관계를 추출하여 다양한 이상질환 여부를 판단할 수 있도록, 연령별, 성별, 질환별로 혈류역학적 특성과 한의학적 기혈순환과의 유기적 상관성을 확보한다면, 동서의학적 고혈압 및 체순환 질환에 대한 종합적 진단과 평가가 가능할 것으로 기대된다.

References

1. Ji NK, Lee KS, Mun SK, Ko CN, Cho KH, Kim YS, et al. Differentiating Effects of Cerebral Hemispheric Lateralization and Gender by Power Spectral Analysis of Heart Rate Variability in Cerebrovascular disease. Korean Journal of Oriental Internal Medicine. 1998 ; 19(2) : 7-16.
2. Jeong JH, Sun JJ, Hong JW, Park SW, Jeng WS, Mun SK, et al. Sex Differences in Patients with First-ever Stroke(in terms of stroke types, risk factors, warning signs and stroke complications). Journal of Korean Medicine. 2007 ; 28(3) : 207-15.
3. Kim HS, Kwen WH, Mun KC, Lee IW. Diagnosis of Primary Aldosteronism and Usefulness of Aldosterone/Renin Ratio in Secondary Hypertension. Korea Society of Nuclear Medicine Technology. 2008 ; 12(3) : 241-6.
4. Lee DT, Lee YS. The Age-Related Trend in Blood Pressure and the Prevalence of Hypertension in Korean Adults. Journal of Life Science. 2012 ; 22(2) : 148-55.
5. Kim KY, Bae MH, Pakr SM, Kim HN, Yang YY, Jang SY, et al. Case Reports : Cardiology: Acute Myocardial Infarction with Cardiogenic Shock in a Young Adult with Minimal Change Disease. Korean journal of internal medicine. 2006 ; 90(4) : 326-30.
6. Lee HD, Seong DH. Paradoxical Cerebral Embolism in a Young Patient - A case report -. Journal of Korean Academy of Rehabilitation Medicine. 2005 ; 29(5) : 527-30.
7. Park JK, Lee SH, Choi SH, Jeong JH, Lee NH. Two patients with acute myocardial infarction presenting with simultaneous acute ischemic stroke. Korean journal of internal medicine. 2008 ; 74(6) : 672-5.
8. Sun SH, Ko HY, Park JH, Jen CY. Delphi Study For Treatment Standardization of Coldness in hands and Feet. The Society of Korean Preventive Medicine. 2015 ; 19(3) : 131-40.
9. Cho JY, Kim JW, Park KS, Lee CH, Cho JH, Jang JB, et al. A Case Report of Cold Sensitivity of Hands and Feet Patient. The Journal of Oriental Obstetrics and Gynecology. 2011 ; 24(3) : 195-202.
10. Mun IS. Clinical Characteristics of Lower Limb Ischemia due to Multi-Level Arterial Occlusive Disease. Korean Journal of Vascular and Endovascular Surgery. 2006 ; 22(2) : 141-3.
11. Cho JY, Kim JW, Park KS, Lee CH, Jang JB, Lee KS, et al. A Case Report of Cold Sensitivity of Hands and Feet Patient. The Journal of Oriental Obstetrics and Gynecology. 2011 ; 24(3) : 195-202.
12. Kim PK, Cho SH, Kim BS, Kang MH, An CB. Blood Vessel Aging Diagnosis System using Blood Pressure and Photoplethysmography. The Transactions of the Korean Institute of Electrical Engineers. 2008.
13. Lee NB, Im JJ, Park YB, Chen YJ. Development of a Pulse Wave Velocity Measurement System and Assessment of the System Reproducibility for the Diagnosis of Arteriosclerosis. The Korea Institute of Oriental Medical Diagnostics. 2005 ; 9(1) : 112-24.
14. Jang JH, Park JM, Kim SS. Usefulness of Brachial-Ankle Pulse Wave Velocity and Ankle-Brachial Index as Predictors of Early Age-Related Maculopathy. Korean Journal of Ophthalmology. 2011 ; 52(6) : 696-701.
15. Kwen SM, Kang HJ, Lim YK, Lee YH. Analysis of Arterial Stiffness by Age Using Pulse Waveform Measurement of 5-levels Graded Pressure. Korean Journal of Acupuncture. 2010 ; 27(2) : 107-20.
16. Lee YH. -Basic research for diagnosis of hypertension- Correlation of Pulse Wave Variation and change of Blood Pressure(BP) and Analysis of BP. Research Report. Yonsei University. 2012.

17. Kang HJ, Kwen YS, Kim DR, Kim KC, Lim YK. A study on wiry pulse in hypertensive patients analyzed at 5 levels of applied pressure using 3 dimensional pulse imaging analyzer. Korean Journal of Acupuncture. 2010 ; 27(1) : 1-12.
18. Kwen SM, Kang HJ, Lim YK, Lee YH. A study on floating and sinking pulse by classification of pulse pattern through analysis of P-H volume-curve at 5 applied pressure levels. Korean Journal of Acupuncture. 2010 ; 27(1) : 13-22.
19. Bae JH, CHen YJ, Kim JY, Kim JW. Novel Detection Algorithm of The Upstroke of Pulse Waveform for Continuously Varying Contact Pressure Method. Journal of semiconductor technology and science. 2012 ; 49(2) : 46-54.
20. Heo JE, Kim YK, Kwen JN, Kim KM, Kim BH, Kim MK, et al. Case-control Study : Cerebral Blood Flow as Measured by Transcranial Doppler Ultrasonography(TCD) in Hypertensives. Korean Journal of. Oriental Internal Medicine. 2008 ; 29(4) : 950-61.
21. Lee YH, Ko SB, Jeong DM. Diagnosis parameters extraction by correlativity analysis of blood pressure(BP) and head blood pressure(HBP) and Development of multi-function automatic blood pressure monitor. Journal of semiconductor technology and science. 2003 ; 40(6) : 58-67.