

## 5단계 가압에 대한 맥파 변화 분석에 의한 맥 패턴 분류와 부침맥(浮沈脈) 연구

권선민<sup>1</sup>, 강희정<sup>2</sup>, 임윤경<sup>3</sup>, 이용흠<sup>1</sup>

<sup>1</sup>연세대학교 보건과학대학 의공학과 한의공학연구실, <sup>2</sup>대요메디(주)

<sup>3</sup>대전대학교 한의과대학 경락경혈학교실

### A study on floating and sinking pulse by classification of pulse pattern through analysis of P-H volume-curve at 5 applied pressure levels

Sun-min Kown<sup>1</sup>, Hee-Jung Kang<sup>2</sup>, Yun-Kyoung Yim<sup>3</sup>, Yong-heum Lee<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Dept. of Biomedical Engineering, College of Health Science, Yonsei University

<sup>2</sup>Daeyomedi Co., Ltd. <sup>3</sup>Dept. of Meridian & Acupoints, College of Oriental Medicine, DaeJeon University

#### Abstract

**Objectives:** The information on the depth where pulse wave appears is as important as pulse waveform. The aim of this study was to classify pulse pattern using pressure-height(P-H) volume-curve by 5 applied pressure levels to find out the information on the depth of pulse and interpret the floating & sinking pulse in oriental medical pulse diagnosis.

**Methods:** We used 3 dimensional pulse imaging analyser (DMP-3000, DAEYOMEDI Co., Korea), which measures radial pulse waveforms noninvasively by way of tonometric method at 5 applied pressure levels, and shows P-H volume-curves by applied pressure. 448 subjects were enrolled, pulse waveforms were measured and the P-H volume-curves were gained on the three locations of Chon, Kwan, and Cheok.

**Results:** Gained P-H volume curves were classified into 3 types ; increase type, decrease type, and increase-decrease type. Increase-decrease type appeared more often on Chon and Kwan, while increase type appeared more often on Cheok. In a few cases, decrease-type appeared on Chon and Kawn, however it never appeared on Cheok.

**Conclusions:** Through the classification of pulse by P-H volume-curve, we gained the information on the depth of pulse. We speculate the decrease type as floating pulse, the increase-decrease type as middle pulse, and the increase type as sinking pulse in oriental medical pulse diagnosis. After more researches on P-H volume-curve by applied pressure, the P-H volume-curve may be used as an important factor for pulse diagnosis.

**key words:** pulse diagnosis, radial pulse waveform, tonometric method, P-H volume-curve

## 1. 서 론

최근 대체의학에 대한 관심이 높아지면서

한의학에 대한 관심 또한 증가하였다. 이로 인하여 한의학적인 치료방법이 각광받고 있을 뿐만 아니라 한의학의 진단방법에 대한 연구들이 활발하게 진행되고 있으며, 특히 한의사의 주관적인 진단을 객관화하기 위한 연구들이 진행되고 있다<sup>1-3)</sup>. 이러한 연구들

· 교신저자: 이용흠, 강원도 원주시 흥업면 매지리 234 연세대학교  
보건과학대학 의공학과 한의공학연구실, Tel.  
033-760-2920, 2863, E-mail : koaim@yonsei.ac.kr  
· 투고 : 2010/02/26 심사 : 2010/03/16 채택 : 2010/03/19

바탕으로 맥진기, 설진기, 체질분석기 등과 같은 다양한 진단 기기들이 만들어지고 있다.

특히 맥진의 경우 객관화 외에도 여러 가지 질병에 의한 맥의 변화에 대한 연구, 맥의 변화를 통한 치료의 효과를 확인하는 연구 등이 활발하게 진행되고 있다<sup>4-7)</sup>. 또한 서양의학에서의 혈류역학적인 연구와 함께 요골동맥의 맥파를 분석하는 방법의 연구가 다양하게 진행되고 있다<sup>8-11)</sup>.

맥파는 수축기동안에 심장이 혈액을 박출하고 이완기동안 박출된 혈액이 혈관을 따라 흐르는 일련의 과정을 통해 나타나는 혈압의 변화를 보여주는 파동의 형태를 말한다<sup>12)</sup>. 이러한 맥파는 다양한 피험자군에서의 분석을 통해 혈관의 상태 및 질병을 진단하기 위한 새로운 방법으로 제시되고 있다<sup>13,14)</sup>.

그러나 한의학에서의 맥진은 단지 맥파에 대한 분석만으로는 설명될 수 없다. 한의진단에서 맥을 통해 얻는 정보는 단순한 맥파 정보가 아닌 맥상 정보이기 때문이다. 맥상은 한의사가 맥진을 위해 동맥 위에 손을 올려놓았을 때 동맥으로부터 전달되는 맥의 움직임을 말하며, 크게 다음과 같은 4가지 정보의 결합이라고 볼 수 있다<sup>15)</sup>. 첫째, 가라앉아 있는지, 떠 있는지, 긴 맥인지, 짧은 맥인지 등과 같은 맥이 뛰는 위치에 대한 정보이다. 둘째, 맥의 빠르기와 리듬을 확인할 수 있는 맥박 정보이다. 셋째, 맥의 형태에 대한 정보로 맥이 뛰는 넓이와 흐름의 긴장 혹은 부드러움 정도 등을 말한다. 넷째, 맥의 기세 즉, 맥이 뛰는 힘의 정도 또

한 맥상 정보에 해당한다. 이러한 맥상의 정보 중 맥박수는 이미 상용화된 다양한 기기들을 통해 쉽게 알 수 있으며, 맥의 형태나 맥의 기세는 맥진기에 의해 측정된 맥파의 형태 혹은 맥파의 변수들을 이용하여 알 수 있다. 그러나 맥의 위치에 대한 정보는 맥파만으로는 판단하기 부족하며 깊이에 대한 정보가 필요하다.

본 연구에서는 3차원 맥 영상 분석기(DMP-3000, DAEMYOMEDI Co., Korea)을 이용하여 맥의 뛰는 위치에 대한 정보를 추출하여 이를 분류하고 분석하는 실험을 진행하였다. DMP-3000은 5단계의 가압단계를 가지며 각각의 단계별로 해당하는 맥파를 측정, 가압단계에 따른 맥파의 변화를 관찰할 수 있다. 또한 DMP-3000에서 제공하는 가압력 대비 맥파 변화 그래프는 압력 변화에 따른 맥파의 크기 변화를 시각적으로 표현한다. 따라서 본 연구에서는 다양한 피험자군에서 나타날 수 있는 가압력 대비 맥파 변화 그래프의 유형을 분류하고, 분류된 각각의 그래프의 유형이 의미하는 바가 무엇인지에 대해 고찰하고자 한다. 또한 촌, 관, 척 위치에 따른 분류를 실시하여 측정위치에 따른 가압력 대비 맥파 변화 그래프의 특성을 확인하고자 한다.

## II. 재료 및 방법

### 1. 가압력 대비 맥파 변화 그래프

#### 1) 가압력 대비 맥파 변화 그래프

Figure 1은 요골동맥에서 측정된 맥파

그래프를 보여준다. 5개의 가압 단계에 따라 측정된 맥파가 함께 표현되어 있으며 주파, 중박전파, 중박과 등 혈관의 상태를 알려주는 다양한 변수들을 가지고 있다<sup>12)</sup>. Figure 2 (b)는 Figure 1의 5단계 가압단계에서 측정된 맥파 크기의 꼭지점으로 이루어진 포락선(envelope)을 나타낸다. 즉 가압 크기의 증가에 따른 맥압의 변화를 보여주는 그래프로, 가로축은 요골동맥에 가해지는 압력을 의미하며 세로축은 이때의 맥압의 크기를 나타낸다. Figure 2 (a)는, 기존 한의 맥진에서 2차원의 맥파형이 아니라 3차원의 체적으로 맥상을 감지하여 왔기 때문에, 이러한 측정의 시각화를 위해 (b)의 가압에 따른 맥압 그래프의 x-y축 방향을 바꾸고 2차원 포락선을 0점을 기준으로 회전시켜 3차원으로 나타낸 그래프이다.

본 연구에서는 가압력 대비 맥의 변화 그래프(P-H Graph) (a)를 이용하여 맥의 분류를 실시하였다<sup>16)</sup>.

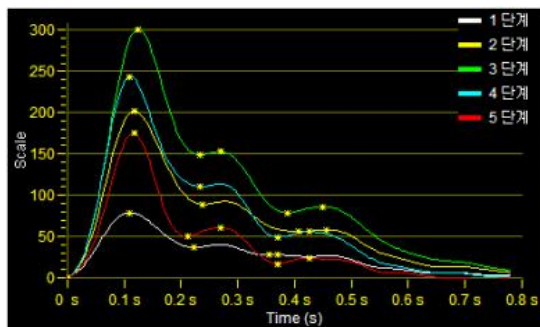


Fig. 1. Radial pulse waveforms by DMP-3000  
Scale on y-axis means div (digital value for pressure)

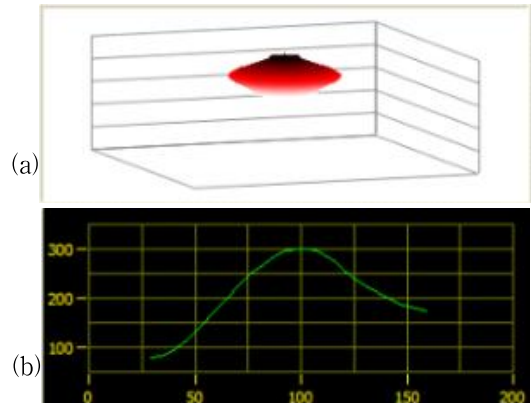


Fig. 2. (a) P-H Volume curve by applied pressure  
(b) P-H envelope curve by applied pressure

## 2. 측정기구

가압력 변화에 따른 맥의 변화를 관찰하기 위하여 5단계의 가압을 통한 단계별 맥의 측정이 가능한 DMP-3000 (DAEYOMEDI Co., Korea)을 사용하였다. DMP-3000은 다채널의 어레이 압력센서를 이용하여 요골동맥의 정확한 위치를 자동으로 확보할 수 있으며 가압방식의 토노메트리 측정법<sup>11,17)</sup>으로 5단계(1단계: 50g, 2단계: 90g, 3단계: 140g, 4단계: 190g, 5단계: 240g)의 압력을 혈관에 가하여 각 압력에 따른 맥파를 측정한다. 따라서 가압 단계별 맥파 측정이 가능하며 이를 통한 가압력 대비 맥압 그래프의 데이터를 제공한다.

## 3. 실험대상자

특별한 질환이 없는 20대 남녀 448명(남성 337명, 여성 111명)을 대상으로 실험을 실시하였다.

#### 4. 실험 방법

안정된 상태에서의 맥을 측정하기 위하여 5분간 휴식을 취한 후 좌측 손목의 촌·관·척 부위에서 맥을 측정하였다. 휴식과 측정은 모두 앉은 상태에서 실시되었으며 Figure 3은 앉은 자세에서 맥파를 측정하는 장면이다.

촌·관·척 부위의 설정은, 관 부위는 요골 경상돌기 부위, 촌 부위는 관으로부터 손목쪽으로 약 9푼, 척 부위는 몸쪽으로 약 1촌의 거리로 정하여, 본 연구에 이용된 기기가 자동적으로 최적의 위치를 식별하였다.

맥파 측정 후 가압력 대비 맥파 변화 그래프를 추출, 형태에 따른 분류를 실시하였으며 이후 촌·관·척 위치에 따른 그래프의 분류를 실시하였다.



Fig. 3. Experimental Set-up

### III. 결과

448명의 촌·관·척 부위의 맥파를 측정하여 총 1344개의 데이터를 획득하였다. 다섯 단계에서 측정된 데이터 중 3개 이상의 단계에서 맥파가 측정되지 않은 데이터는

분석에서 제외하였다. 또한 모든 단계에서 데이터의 크기가 100을 넘지 않는 데이터를 제외하였다. 총 1117개(촌: 370개, 관: 369개, 척: 378개)의 데이터를 이용하여 분석을 실시하였다.

#### 1. 가압력 대비 맥파 변화 그래프의 유형 분류

먼저 측정부위와 상관없이 각각의 데이터를 그래프의 형태에 따라 증가형, 증가-감소형, 감소형의 3가지 유형으로 분류하였으며 각 유형 내에서 세부 분류를 실시하였다.

##### 1) 증가형

Figure 4는 가압력 대비 맥파 변화 그래프 중 증가형의 예를 보여준다. 가압의 세기가 증가할수록 맥파의 크기가 점점 증가하는 경우(a)와 맥파의 크기가 증가한 후 유사한 크기를 유지하는 경우(b)를 증가형으로 분류하였다. 총 1117개의 데이터 중 440개의 데이터가 증가형에 속하였다. 그 중 217개의 데이터가 (a)와 같은 유형을 가지고 (b)와 같은 유형의 데이터는 223개가 나타났다.

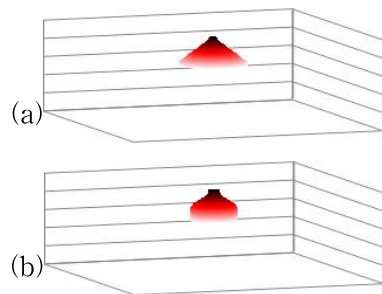


Fig. 4. Increase type of P-H volume-curve by applied pressure

## 2) 증가-감소형

가압의 세기가 증가하면서 맥파의 크기가 증가하다가 다시 감소하는 형태의 가압력 대비 맥파 변화 그래프를 증가-감소형으로 분류하였다. Figure 5와 Figure 6은 증가-감소형 가압력 대비 맥파 변화 그래프의 예를 보여주고 있다. 측정된 데이터 중 670개의 데이터가 증가-감소형으로 나타났으며 이를 다시 다양한 그룹으로 소분류할 수 있다.

증가-감소형은 2가지 분류 방법에 따라 다시 나누어질 수 있다. 첫째 분류 방법은 가장 큰 맥이 나타나는 단계에 따른 분류로, figure 5 (a)는 2단계에서 가장 큰 맥을 가질 때의 예이고, (b)는 3단계, (c)는 4단계에서 가장 큰 맥을 가지는 그래프의 예이다. 맥이 증가하다가 감소하는 형태로 그 모양은 유사하나 맥이 가장 크게 나타나는 위치의 차이가 있음을 그래프를 통해 확인할 수 있다. (a)는 169개, (b)는 335개, (c)는 166개의 데이터가 나타났다.

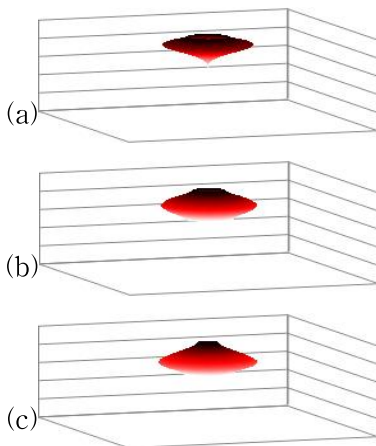


Fig. 5. Increase-decrease type of P-H volume curve by applied pressure (classification by location of highest pulse height)

증가-감소형 그래프의 두 번째 분류 방법은 가장 큰 맥이 나타나는 단계의 전후 맥파에 따른 분류이다. 예를 들어, figure 6의 두 개의 그래프는 모두 3단계에서 가장 큰 맥의 크기를 가지는 증가-감소형 그래프이며 그 크기가 유사하다. 하지만 (a)의 경우 3단계 전 후의 단계에서 맥의 크기가 급격히 감소하는 반면 (b)의 경우 전 후 단계에서의 맥의 크기 변화가 보다 완만하다는 차이를 가진다. (a)는 496개의 데이터, (b)는 173개의 데이터를 가져 (a)와 같은 유형이 더 많이 나타난다는 것을 알 수 있다.

이와 같이 맥압의 변화양상이 급격한 형태인지 또는 가압변화에 대해 일정압력을 유지하는 형태인지의 분류도 향후 맥상을 분류하는 새로운 기준으로 활용이 가능할 것으로 기대된다.

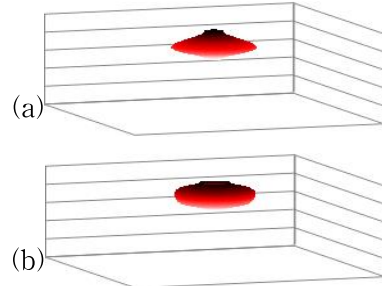


Fig. 6. Increase-decrease type of P-H volume-curve by applied pressure (classification by pulse pressure changing tendency before & after the highest pulse height)

## 3) 감소형

감소형은 1단계 혹은 1, 2단계에서 가장 큰 맥파가 측정되고 가압이 증가할수록 맥파의 크기가 점점 작아지는 가압력 대비 맥파 변

화 그래프를 말한다. 주로 역삼각형의 모양을 가지며 그 형태는 Fig. 7과 같다. 실험 결과 총 1117개의 데이터 중 감소형은 8개의 데이터에서만 측정되었다.



Fig. 7. Decrease type of P-H volume-curve by applied pressure

## 2. 촌, 관, 척 부위에 따른 가압력 대비 맥파 변화 그래프의 존재 비율

Fig. 8 은 촌·관·척 부위별로 측정된 그래프의 유형을 분류한 결과이다. 촌 부위에서는 증가형이 77개, 증가-감소형이 289개, 감소형이 4개로 증가-감소형의 그래프가 가장 많이 나타난다. 관 부위에서는 증가형이 121개, 증가-감소형이 244개, 감소형이 4개로 촌 부위와 비교하여 분류된 유형의 비율은 달라졌으나 증가-감소형이 가장 많다는 점에서는 동일하다. 그러나 척 부위에서는 증가형이 242개, 증가-감소형이 136개로 촌, 관 부위와 비교하였을 때 증가형이 크게 늘어나고 증가-감소형이 크게 감소한 것을 알 수 있다. 척 부위에서 감소형은 전혀 나타나지 않았다.

혈관의 위치정보에 대한 세부 분류를 위해 증가-감소형의 데이터를 이용하여 가장 큰 맥파가 나타나는 단계에 의한 측정 부위별 분류를 실시하였다(Fig. 9). 촌 부위는 2

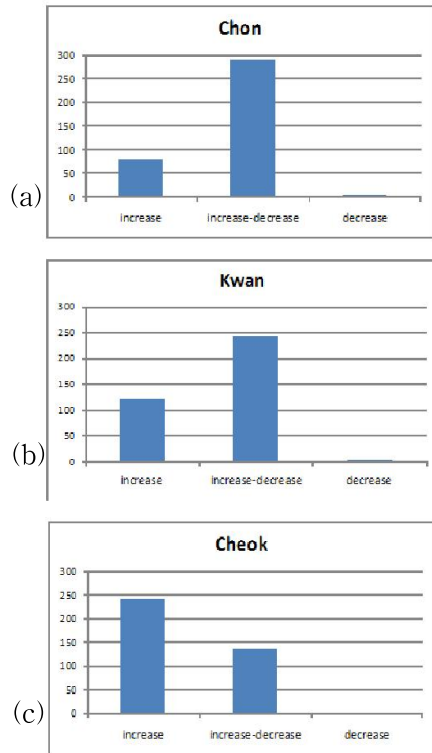


Fig. 8. Number of 3 P-H volume-curve types measured on (a) Chon (b) Kwan (c) Cheok

단계에서 가장 큰 경우가 73개, 3단계 154개, 4단계 62개로 나타났다. 관 부위는 2단계가 가장 큰 경우 82개, 3단계 127개, 4단계 35개이며 척 부위는 14개의 데이터에서 2단계가 가장 맥파가 크게 나타났으며 3단계가 가장 크게 나타난 경우는 54개, 4단계는 68개이다. 촌과 관 부위에서는 3단계에서 가장 큰 맥파가 나타나는 경우가 가장 많은 데 반해 척 부위에서는 4단계에서 가장 큰 맥파가 나타나는 경우가 가장 많았다.

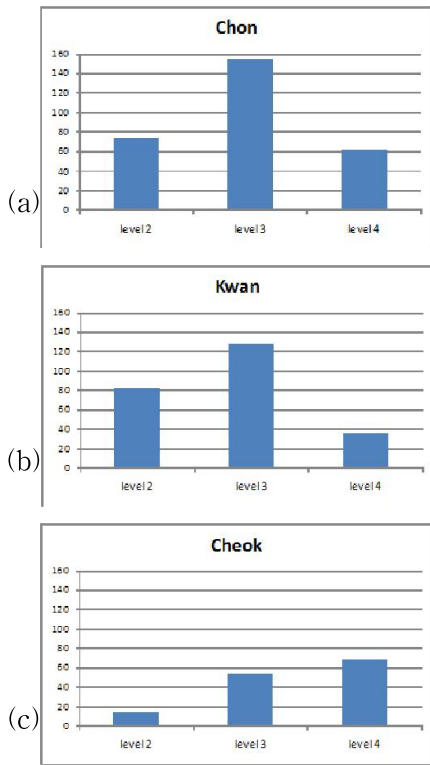


Fig. 9. Number of subclassified increase-decrease P-H volume-curve types measured on (a) Chon (b) Kwan (c) Cheok

#### IV. 고찰

가압력 대비 맥파 변화 그래프를 통해, 맥진에 활용되는 맥상 정보 중 맥동의 깊이에 대한 위치(位)정보를 알 수 있다. 증가형은 높은 압력에서 맥이 크게 나타나는 것으로, 이는 맥동의 위치가 피부 깊은 곳에 있거나, 맥관 내 압력이 높아 외압에 대한 저항이 큰 것으로 볼 수 있다. 반면 감소형은 작은 압력에 맥이 크게 나타나는 것으로, 이는 맥동이 체표면 가까운 곳에 있거나, 혈관 내 압력이 작거나, 혈관근육이 유연하여 급세 맥압이 느껴지다가 사라지는 것일 수 있다.

증가-감소형의 경우는 증가형과 감소형의 중간에 위치한다고 볼 수 있으나, figure 5와 같이 맥이 어느 압력단계에 맥이 가장 크게 나타나느냐에 따라 맥의 깊이 차이를 가늠할 수 있다. 이러한 맥의 깊이에 대한 정보는 맥진에서의 부침(浮沈)으로 대변될 수 있을 것으로 사료된다. 증가형은 깊은 곳에서 맥이 나타나는 침맥(沈脈)으로, 감소형은 체표면 가까이에서 맥이 나타나는 부맥(浮脈)으로 분류될 수 있다. 증가-감소형의 경우는 중맥(中脈)으로 분류하거나, 가장 큰 맥파가 나타나는 압력단계에 따라 浮/沈을 구분할 수 있다.

가압력 대비 맥파 변화 그래프를 통해 맥동의 위치뿐 아니라 맥관의 다양한 특성을 확인할 수 있을 것으로 사료된다. Figure 6에서는 가압력 대비 맥파 변화 그래프를 맥압의 변화양상으로 분류하였다.

여러 가압단계에서 맥파의 크기가 지속적으로 크게 유지된다는 것은 가압세기의 변화에 관계없이 혈액이 혈관에 가하는 압력(혈압)이 지속적으로 크게 유지된다는 것을 의미한다. Figure 6의 두 그래프 중 (b)에서 (a)에 비하여 큰 맥파가 여러 가압단계에서 유지되고 있다. 이는 (b)가 (a)에 비하여 외부 압력에 반응하는 혈관 내 압력이 크다는 것을 의미한다<sup>18)</sup>. 맥진 시 한의사가 동맥에 힘을 가함에 따라 맥이 버터내는 정도가 허실맥의 구성 요소가 될 수 있다면<sup>15)</sup>, 이러한 결과는 향후 虛實맥 연구에 중요한 자료가 될 것으로 사료된다.

촌, 관, 척은 맥진을 실시하기 위한 주요 부위이며 구체화된 해부학적인 위치를 가진

다. 따라서 뼈와 혈관의 위치에 의해 각 위치의 맥파 또는 맥상의 특성을 가질 수 있을 것이다. 가압력 대비 맥파 변화 그래프를 촌, 관, 척 각 위치별로 분류하여 분석한 결과, 촌 부위에서 척 부위로 갈수록 증가형의 그래프는 많아지고 증가-감소형의 그래프는 적어지는 것으로 나타났다. 동일한 증가-감소형의 그래프 유형에서도 가장 큰 맥파가 어느 단계에서 나타나는지를 보면, 촌과 관 부위의 경우 3단계의 맥파가 가장 크게 나타나는 그래프가 많고, 척 부위의 경우 상대적으로 4단계에서 가장 큰 맥파를 가지는 데이터가 증가하였다. 가압력 대비 맥파 변화 그래프가 맥의 깊이에 대한 정보를 가지고 있다는 점을 고려할 때, 이러한 결과는 촌에서 척으로 갈수록 맥관이 지는 데속이 위치한다는 것을 의미한다고 볼 수 있고, 촌에서 척으로 갈수록 脈이 沈해진다고도 볼 수 있다.

감소형은 촌과 관에서만 나타나고 척에서는 나타나지 않았다. 이는 촌 부위의 혈관이 요골돌기에 가까이 위치함으로 인하여 작은 압력에도 혈관이 뼈에 의존한 맥압을 나타내기 때문이라고도 볼 수 있고, 尺에서는 浮脈이 잘 나타나지 않는 것으로도 해석할 수 있다.

또한 감소형의 경우 정상인 448명의 1117개 데이터 중 단지 8개의 데이터를 획득할 수 있었다. 이는 감소형의 데이터가 정상인에게서 잘 나타나지 않는 유형의 그래프라는 것을 의미하는 것으로 볼 수 있으며, 건강상태에서는 부맥이 잘 나타나지 않는다고도 볼 수 있다. 이러한 결과는 환자군 데이

터와의 비교분석을 통해 진단지표로 활용할 수 있을 것으로 사료된다.

본 연구를 통하여 압력의 변화에 따른 맥파의 크기 변화를 관찰함으로써 맥의 위치에 대한 정보 획득의 가능성을 확인하였으며, 또한 가압력에 따라 맥파의 크기가 유지되는 정도를 비교함으로써 이를 통한 혈관의 새로운 정보 획득의 가능성을 확인하였다.

이는 가압력 대비 맥파 변화 그래프를 이용한 맥의 새로운 분류 방법에 대한 가능성을 제시하며, 맥상의 한 요소인 맥의 위치를 중심으로 맥을 분류함으로써 맥파뿐 아니라 맥상으로도 맥진의 객관화가 가능하다는 것을 보여주는 예가 될 수 있을 것으로 본다. 또한 기존의 맥파 이용 맥 연구방식에서 더 나아가 맥상의 특성을 보다 잘 나타낼 수 있는 변수를 찾음으로써 한의학적인 맥진 연구에 더욱 가까워졌음을 보여준다.

정상인을 대상으로 한 본 연구의 결과를 바탕으로, 특정 환자군의 가압력 대비 맥파 변화 그래프와 비교를 실시한다면 환자군과 비환자군의 특성 및 질환별 특성을 찾아내어 진단기준을 확립하는데 도움이 될 것으로 생각된다.

향후 보다 많은 연구를 통하여 이러한 분류가 체계화된다면 보다 객관적인 진단이 이루어질 수 있을 것이며, 맥의 연구에 있어서도 이미 진행되고 있는 맥파연구와 함께 가압력 대비 맥파 변화 그래프를 이용한 연구를 실시하여 보다 다양한 관점에서의 맥진 연구가 진행될 수 있을 것으로 생각된다.



## V. 결론

본 연구에서는 맥의 다양한 정보 중 가압력 대비 맥파 변화 그래프를 이용하여 맥을 분류하고 그 특성에 대해서 살펴본 결과 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. 가압력 대비 맥파 변화 그래프는 증가형, 증가-감소형, 감소형의 3 유형으로 분류되는데, 한의학적으로 증가형은 침맥(沈脈), 증가-감소형은 중맥(中脈), 감소형은 부맥(浮脈)에 해당하는 것으로 인식할 수 있다.
2. 촌(寸)에서 척(尺)으로 갈수록 중맥(中脈)에 해당하는 증가-감소형의 유형이 감소하고 침맥(沈脈)에 해당하는 증가형의 유형이 증가하였다.
3. 부맥(浮脈)에 해당하는 감소형은 정상인에서는 잘 나타나지 않으며, 특히 척 부위에서는 전혀 나타나지 않았다.

## 감사의 글

본 연구는 2009년도 한국과학재단 일반연구자 지원(신진연구)에 의해 수행된 기초 연구 사업임[과제고유번호2009-0067323]

## 참고문헌

1. 강희정, 김경철. 전통맥진의 현대적 객관화를 위한 3차원 맥파 진단시스템 개발. 동의한의연구. 2005 ; 9 : 19-24.
2. 송낙근, 김중길, 신선화, 김용호, 황규동, 안규석 외. 설문지 통계분석을 통한 변증진단 객관화 연구. 한의학연구원논문집.

2005 ; 11(1) : 127-38.

3. 조동욱, 조황성, 홍석철, 이의주, 권건혁, 이창수. 사상의학의 객관화를 위한 유전적 분석 연구. 한의학연구원논문집. 1996; 2(1): 402-6.
4. 신병철, 이시형. 맥진기를 이용한 중풍환자의 임상적 고찰. 대한동의병리학회. 1999 ; 13(2) : 123-7.
5. 신상훈, 임혜원, 박영재, 박영배. 심혈관 노화가 맥상에 미치는 영향. 대한한의진단학회지. 2005 ; 9(1) : 59-68.
6. 김경철, 강희정. 여성 노인의 좌관맥상에 대한 실험적 연구. 동의생리병리학회지. 2006 ; 20(1) : 83-7.
7. 박영배. 침자극이 맥파에 미치는 영향. 경희의학. 1986 ; 2(4) : S131-3.
8. 허웅, 한순천, 박영배. 맥동파의 특징점 검출. 대한한의진단학회지. 2000 ; 4(2) : 66-70.
9. Davies JJ, Struthers AD. Pulse wave analysis and pulse wave velocity: a critical review of their strengths and weaknesses. J Hypertension. 2003 ; 21 : 463-72.
10. Harold Smulyan, Danish S. Siddiqui, Raymond J. Carlson, Gerard M. London, Michel E. Safar. Clinical Utility of Aortic Pulses and Pressures Calculated From Applanated Radial-Artery Pulses. Hypertension. 2003 ; 42 : 150-5.
11. R Kelly, C Hayward, A Avolio, M O'Rourke. Noninvasive determination of

- age-related changes in the human arterial pulse. *Circulation*. 1989 ; 80 : 1652-9.
12. 권선민, 강희정, 이상훈, 임윤경, 이용흠. 측정 자세의 변화에 따른 맥의 변화 특성: 선 자세, 앉은 자세, 누운 자세. *경락경혈학회지*. 2009 ; 26(4) : 13-22.
  13. Denardo SJ, Nandyala R, Freeman GL, Pierce GL, Nichols WW. Pulse Wave Analysis of the Aortic Pressure Waveform in Severe Left Ventricular Systolic Dysfunction. *Circulation Heart Failure*. 2010 ; 3(1) : 149-56.
  14. Staier K, Wiesenack C, Gunkel L, Keyl C. Cardiac output determination by thermodilution and arterial pulse waveform analysis in patients undergoing aortic valve replacement. *Canadian journal of anaesthesia*. 2008 ; 55(1) : 22-8.
  15. 홍순석. *중의진단학*. 1판. 서울 : 군자출판사. 2009 : 131-73.
  16. 김경철, 강희정. 맥 의공학 연구방법론. 1판. 안산 : 대요메디쥬. 2008 : 78-169.
  17. Mackay RS, Marg E, Oechsli R. Automatic tonometer with exact theory: Various biological applications. *Science*. 1960 ; 131 : 1688-9.
  18. 윤영준, 정현민, 신학수, 조정현, 소광섭, 정찬길 외. 압력에 따른 맥파의 진폭 특성 -부·침, 대·소, 허·실의 계량화-. *대학물리학회*. 2000 ; 40(5) : 494-8.