경락경혈학회지 Vol.27, No.4, pp.59~72, 2010
Korean Journal of Acupuncture

측정가압에 의한 左關 部位 맥파요인 변화에 대한 실험 연구

김경철[1]・이정원[1]・류경호[1]・강희정[2]・임윤경[3]

[1]동의대학교 한의과대학 진단학교실, [2]대요메디(주) 한의기술연구소, [3]대전대학교 한의과대학 경락경혈학교실

Study on the Difference of Pulse Waveform Parameter with Applied Variations of Pressure

Gyeong-Cheol Kim[1], Jeong-Won Lee[1], Kyeong-Ho Ryu[1], Hee-Jung Kang[2], Yun-Kyoung Yim[3]

[1]*Dept. of diagnostics, College of Oriental Medicine and Research Institute of Oriental Medicine, Dongeui University,*
[2]*DaeyoMedi Co., Ltd,* [3]*Dept. of Meridian & Acupoints, College of Oriental Medicine, Daejeon University*

Abstract

Objectives : In the study on the waveform analysis of radial artery pulse diagnosis, we need to establish fundaments of contemporary pulse diagnosis research, and to find the change of pulse waveform parameter with applied variation pf pressure.

Methods : As we will to do experimental research on the difference of pulse waveform on the radial artery with applied variations of pressure(5 stage-pressure) and measuring position(left KWAN). In this research, we analyzed the change of the waveform according to five stage pressure.

Results : The results were as follows; When we analyzed the change of the waveform according to pressure in the left KWAN, E, hl, h2 and A were the difference between 8ths pressure grades in 95% trust section. And t2, t4 were the difference between 8ths pressure grades in 95% trust section. W was the difference between 8ths pressure grades in 95% trust section. And h2/h1 was the difference between 6ths pressure grades in 95% trust section. There is the difference between 1st and 2nd grade & between 2nd and 5th grade in the case of t4/t2 in 95% trust section. And there is the difference between 1st and 5th grade, between 3rd and 4th grade, between 3rd and 5th grade & between 4th and 5th grade in the case of W/A in 95% trust section. And there is the difference between 1st and 2nd grade, between 2nd and 3rd grade, between 2nd and 4th grade, between 3rd and 4th grade, between 3rd and 5th grade & between 4th and 5th grade in the case of A/E in 95% trust section.

Conclusions : We found the statistically resonable differences between each pulse depending on the applied pressure. And Analysing the radial pulse(left KWAN) at 5 applied pressure levels may be useful to study on the pulse waveform diagnosis.

Key words : pulse waveform analysis, 5 stage-pressure

Ⅰ. 서 론

한의학의 이론과 임상에서 차지하는 脈診의 중요성에도 불구하고, 脈診의 특성상 理論體系와 方

・교신저자 : 김경철, 부산시 진구 양정2동
동의대학교 한의과대학 진단학교실
Tel. 051-850-8649, E-mail: kimkc@deu.ac.kr
・투고 : 2010/11/06 심사 : 2010/12/08 채택 : 2010/12/13

法의 객관적 전달이 어려울 수 밖에 없는 이유로 최근 각국에서 脈診의 客觀化 작업이 활발히 진행되고 있다[1]. 중국의 脈診 연구는 거의 40년 넘게 醫學을 포함한 여러 분야를 접목한 다각적인 硏究를 통하여 發展하여, 현대적으로 표준화된 脈診器의 개발은 중국의 국가 중점 과제로서 대대적으로 硏究되기도 하였으나, 많은 硏究가 아날로그 맥진기 자료로 이루어졌다는 점과 脈診器의 현장보급이 충분하지 않고, 量産品이 아닌 試製品 수준의 기기들을 이용한 연구라는 限界를 드러내고 있다[2].

한국에서도 脈診의 客觀化를 위한 연구가 활발히 진행되어, 1960년대 후반에 변환기를 이용한 맥파검출시스템이 개발된 이래[3]로 脈診器 개발을 비롯하여[4-8] 脈診器와 臨床의 연관성에 대한 硏究 등의 실험적 硏究들도 적극적으로 이루어졌지만, 이러한 硏究가 센서의 한계, 재현성의 문제, 측정방식의 문제 등으로 限界를 나타내는 경우가 많았다[9].

이런 현실의 바탕에서 寸關尺 三部位의 脈波 波形은 파형의 크기만 다를 뿐 동일한 파형이고 浮中沈의 3候도 脈波 波形이 같으므로, 寸關尺 6部位의 臟腑 配屬과 區別은 의미가 없다는 주장이 등장하여 맥진의 기본이론에 문제를 제기하고 있다[8]. 이는 요골동맥 맥진법의 근간을 흔드는 중요한 지적으로서, 요골동맥 맥진의 기본이론인 단계별 가압력과 左右手 寸關尺 6部位에 따른 脈波 變化에 대한 現代的이고 客觀的인 자료의 부족에서 비롯된 현상이라고 생각된다.

또한 左右手 撓骨動脈 寸關尺 三部位 맥진은 인체 경락의 대표혈 진단법인 내경의 三部九候論을 援用하여 경락의 상태를 파악하는 방법론임은 周知의 사실이다. 寸口 脈診法은 經絡論을 바탕으로 체계되었으며, 脈診에서 수집하는 정보가 인체 經絡의 寒熱虛實 상태라는 점에서 맥진기 연구 개발의 의의가 있다고 하겠다.

이에 저자는 脈診의 現代的 客觀的 硏究를 위한 기반을 구축하기 위하여, 1g 이하의 정밀도로 가압압력을 측정할 수 있는 3차원 맥상기인 3D-MAC[10-12]을 이용하여 한의학의 肺心脾肝腎 五臟의 位相에 比肩되는 5단계별 加壓力에 따른 浮中沈과 측정 부위에 따른 구분인 左右手 寸關尺의 의미를 담을 수 있는 완관절 요골동맥上의 압력과 부위 변화에 따른 맥파 변화를 측정 분석하고자, 5단계 가압별 맥파분석 연구에서[13], 맥파패턴 분류와 浮沈脈의 구분이 가능한 것으로 나타났으며, 깊이별 맥파측정과 분석 연구에서[14] 좌관부위 맥파를 측정하여 분석한 7개 맥파변수 요인(에너지(E), 주파의 크기(h1), 중박전파 협곡(반사파의 크기, h2), 중박전파 협곡시간(t2), 수축기 시간(t4), 주파 너비(w), 맥파의 면적(A))에 대한 통계상 유의미한 차이가 있음을 확인하였으며, 이를 바탕으로 본 실험에서는 左手 關部에서 5단계 가압에 따른 脈波의 변화에 대한 연구를 실행함으로써, 가압별 맥파요인 변화에서 유의한 결과를 얻었기에 보고하는 바이다.

II. 재료 및 방법

1. 실험 기구

가압력 변화에 따른 맥의 변화를 관찰하기 위하여, 5단계 가압을 통한 단계별 맥의 측정이 가능한 3D MAC (DAEYOMEDI CO., Korea)를 사용하였다. 이는 다채널 어레이 압력센서를 이용하여 요골동맥의 정확한 위치를 자동으로 확보할 수 있으며, 가압방식의 토노메트리 측정법으로 5단계(1단계: 50g, 2단계: 90g, 3단계:140g, 4단계:190g, 5단계:240g)의 압력을[13] 혈관에 가하여 각 압력에 따른 맥파를 측정한다. 이 기구에 대한 재현성 실험은 국책연구기관의 연구를 통과하였다.

2. 맥파 요인

본 실험에 관여하는 맥파 분석을 위한 특징 파라미터는 다음과 같다.

1) 주파의 크기(주파폭, h1)

주파의 크기로, 주로 좌심실의 사혈기능과 대동맥의 순응성을 반영하는데, 좌심실의 사혈기능이 강하고 대동맥 순응성이 좋은 상태에서는 주파의 크기가 크다. 단위는 div(digital value for pressure) 이다.

2) 중박전파 협곡(반사파의 크기, h2)

중박전파협곡의 크기이다. 단위는 div(digital value for pressure) 이다.

3) 중박전파 협곡시간(t2)

맥도의 시작점이 중박전파협곡에 이르는 시간 수치이다. 단위는 sec(second)이다.

4) 수축기 시간(t4)

맥도의 시작점이 강중협에 이르는 시간이다. t4는 좌심실의 수축기에 대응한다. 단위는 sec(second) 이다.

5) 주파 너비(w)

주파의 2/3 되는 곳의 너비로 동맥내 고압력 수준이 유지되는 시간이다.단위는 sec(second)이다.

6) 맥파의 면적(A)

대표맥상의 면적이다. 수축기, 이완기 면적은 전체면적에 대한 비율이다. 단위는 div^2 (square of digital value for pressure)이다.

7) 맥에너지(E)

맥 에너지는 측정된 맥 신호가 가지는 3차원 체적(volume)이다. 손가락 하나에 해당하는 부분에서 측정된 모든 센서 신호의 적분 값으로 맥동의 3차원 체적으로 맥동의 세기를 알 수 있다. 단위는 div^3 (cubing of digital value for pressure)이다.

3. 5단계 가압에 따른 좌관부위 맥파측정 실험

1) 실험의 목적

5단계 가압의 구분에 의해 측정된 左關脈 데이터에 대하여, 동일인의 脈波가 가압 단계에 의해 변화하며, 이에 관여하는 맥파요인을 분석하고자 한다.

2) 실험 프로토콜

다음의 그림1.과 같이 진행하였다. 측정 회수당 간격에는 충분한 안정을 가져서, 반복 측정의 동일 조건과 재현성에 영향이 가지 않도록 하였다.

Fig. 1. Experiment protocol for left-kwan

3) 실험대상

본 실험은 부산시에 거주하며 P보건소를 이용하고 특별한 疾患을 호소하지 않는 일반인 113명을 대상으로 하였으며, 본 연구와 연구내용에 대한 설명을 충분히 이해하고 참여에 동의한 자로 하였다. 또한 본 실험이 비침습 맥진 진단임을 연구의 기획단계에서 기관장의 참여하에 논의하였다.

안정된 상태에서 맥을 측정하기 위하여 5분간 휴식 후, 左關 部位에서 맥파를 측정하였다. 휴식과 측정은 모두 앉은 상태에서 실시되었으며, 좌관

부위는 좌수 요골 경상돌기 내측 박동처를 기준으로 하였다.

4) 실험방법

실제실험은 Fig. 2의 순서에 따른다.

1. 환경설정
측정부위 선택메뉴에서 '좌관' 부위만을 선택하고, 나머지 항목은 그대로 유지한다.
진맥방법 : 6부위맥법
단 계 : 5단계,
측정시간 : 5초

2. 장비 초기 위치로
센서부를 로봇의 중심부를 향하게 옮겨놓고 측정하기 위한 왼손을 측정을 위한 거치대에 위치한다.

3. 센서을 왼손측정 거치대로
왼손이 거치대에 안정되게 놓인 이후에 센서를 거치대쪽으로 회전시켜 위치한다.

4. 關부 설정 및 측정
측정하기 위한 關 部位를 확인 하고 측정을 위한 준비 후

버튼을 눌러 측정을 시작한다.

Fig. 2. Experiment method of left-kwan

4. 통계 분석 : 가압에 따른 左關部位의 脈波 변화 분석

분석데이터는 1차 실험 데이터를 사용하였고, 통계분석은 Minitab R14.한글판을 사용하였다. 각 단계별 각각의 파라메터에 대해 쌍체-t 검정을 통해 확인하였다. 이는 각 단계마다 그 파라메터의 값이 서로 같다는 귀무가설을 수립하고 서로 같지 않다는 것을 대립가설로 하여 가설을 검정하는 방법을 사용하였다.

$H_0: \mu_1 = \mu_2, \quad H_1: \mu_1 \neq \mu_2$

위의 가설에 대해 쌍체-t 검정을 실시하였으며, 신뢰구간 95%로 하였으며, 이에 따라 기각역은 검정통계량 T_0에 대해, $|T_0| \geq |1.96|$ 로 정의된다. 또한 검정통계량만으로 검정이 어려운 경우는 p-value ≤ 0.05 인 경우를 기각하는 것으로 하였다.

또한 절대값의 크기가 변화하더라도 각 주요 값의 비율에 대한 사람의 감각은 변화하지 않을 수도 있으므로, 주요 변수간의 비율이 변화하는 것을 역시 쌍체-t 검정을 이용하여 분석하였다. 분석 대상이 되는 각각의 주요 변수에 대해 쌍체 t-검정을 실시하였고, 검정통계량과 p-value를 통하여 단계별로 구분되는지를 확인하였다. 신뢰구간은 95%로 하였다.

III. 결 과

5단계 加壓에 따른 左關 部位의 脈波 변화 분석 결과를 위하여, 쌍체-t 검정을 실시하여 각각의 주요 변수에 대한 검정량 t 값은 다음과 같다.

1. 맥 에너지 E(Energy)

맥 에너지는 t값이 가압1단계와 2단계가 -15.26이었고, 1단계와 3단계는 -12.34이었고, 1단계와 4단계는 -8.09이었고, 1단계와 5단계는 -5.43이었으며, 2단계와 3단계는 -3.33이었고, 2단계와 4단계는 -0.35이었고, 2단계와 5단계는 2.52이었으며, 3단계와 4단계는 2.78이었고, 3단계와 5단계는 5.83이었으며, 4단계와 5단계는 5.82이었다(Table 1).

Table 1. Test statistics of paired-t test for E(Energy)

에너지(E)	1단계	2단계	3단계	4단계	5단계
1단계					
2단계	-15.26* (p=0.000)				
3단계	-12.34* (p=0.000)	-3.33* (p=0.001)			
4단계	-8.09* (p=0.000)	-0.35 (p=0.728)	2.78* (p=0.006)		
5단계	-5.43* (p=0.000)	2.52* (p=0.013)	5.83* (p=0.000)	5.82* (p=0.000)	

2. 주파폭 h1(main peak)

주파폭(h1)의 t값은 가압1단계와 2단계가 -22이었고, 1단계와 3단계는 -17.06이었고, 1단계와 4단계는 -9.64이었고, 1단계와 5단계는 -5.07이었으며, 2단계와 3단계는 -5.03이었고, 2단계와 4단계는 -0.78이었고, 2단계와 5단계는 2.66이었으며, 3단계와 4단계는 3.46이었고, 3단계와 5단계는 6.34이었으며, 4단계와 5단계는 6.59이었다(Table 2).

Table 2. Test statistics of paired-t test for h1(main peak)

주파폭(h1)	1단계	2단계	3단계	4단계	5단계
1단계					
2단계	-22* (p=0.000)				
3단계	-17.06* (p=0.000)	-5.03* (p=0.000)			
4단계	-9.64* (p=0.000)	-0.78 (p=0.439)	3.46* (p=0.001)		
5단계	-5.07* (p=0.000)	2.66* (p=0.008)	6.34* (p=0.000)	6.59* (p=0.000)	

3. 중박전파협곡 h2(pre-dicrotic notch)

중박전파협곡(h2)은 t값이 가압1단계와 2단계가 -17.53이었고, 1단계와 3단계는 -13.89이었고, 1단계와 4단계는 -7.63이었고, 1단계와 5단계는 -4.20이었으며, 2단계와 3단계는 -3.91이었고, 2단계와 4단계는 0.08이었고, 2단계와 5단계는 2.77이었으며, 3단계와 4단계는 4.07이었고, 3단계와 5단계는 6.39이었으며, 4단계와 5단계는 6.13이었다(Table 3).

Table 3. Test statistics of paired-t test for h2(pre-dicrotic notch)

중박전파 협곡(h2)	1단계	2단계	3단계	4단계	5단계
1단계					
2단계	-17.53* (p=0.000)				
3단계	-13.89* (p=0.000)	-3.91* (p=0.000)			
4단계	-7.63* (p=0.000)	0.08 (p=0.933)	4.07* (p=0.000)		
5단계	-4.20* (p=0.000)	2.77* (p=0.006)	6.39* (p=0.000)	6.13* (p=0.000)	

4. 중박전파협곡시간 t2(pre-dicrotic notch time)

중박전파협곡시간(t2)은 t값이 가압1단계와 2단계가 -2.83이었고, 1단계와 3단계는 -1.80이었고, 1단계와 4단계는 0.19이었고, 1단계와 5단계는 4.62이었으며, 2단계와 3단계는 0.79이었고, 2단계와 4단계는 2.31이었고, 2단계와 5단계는 6.53이었으며, 3단계와 4단계는 2.01이었고, 3단계와 5단계는 6.60이었으며, 4단계와 5단계는 4.79이었다(Table 4).

Table 4. Test statistics of paired-t test for t2(pre-dicrotic notch time)

중박전파 협곡시간(t2)	1단계	2단계	3단계	4단계	5단계
1단계					
2단계	-2.83* (p=0.005)				
3단계	-1.80 (p=0.074)	0.79 (p=0.429)			
4단계	0.19 (p=0.849)	2.31* (p=0.022)	2.01* (p=0.046)		
5단계	4.62* (p=0.000)	6.53* (p=0.000)	6.60* (p=0.000)	4.79* (p=0.000)	

5. 수축기시간 t4 (dicrotic notch time)

수축기시간(t4)은 t값이 가압1단계와 2단계가 -2.08이었고, 1단계와 3단계는 -1.89이었고, 1단계와 4단계는 0.65이었고, 1단계와 5단계는 4.59이었으며, 2단계와 3단계는 -0.19이었고, 2단계와 4단계는 2.14이었고, 2단계와 5단계는 5.77이었으며, 3단계와 4단계는 2.45이었고, 3단계와 5단계는 6.15이었으며, 4단계와 5단계는 4.08이었다(Table 5).

Table 5. Test statistics of paired-t test for t4(dicrotic notch time)

수축기 시간(t4)	1단계	2단계	3단계	4단계	5단계
1단계					
2단계	-2.08* (p=0.039)				
3단계	-1.89 (p=0.060)	-0.19 (p=0.847)			
4단계	0.65 (p=0.518)	2.14* (p=0.034)	2.45* (p=0.015)		
5단계	4.59* (p=0.000)	5.77* (p=0.000)	6.15* (p=0.000)	4.08* (p=0.000)	

6. 주파너비 w(time of main peak)

주파너비(w)는 t값이 가압1단계와 2단계가 -0.17이었고, 1단계와 3단계는 2.02이었고, 1단계와 4단계는 5.03이었고, 1단계와 5단계는 7.21이었으며, 2단계와 3단계는 2.47이었고, 2단계와 4단계는 5.03이었고, 2단계와 5단계는 7.26이었으며, 3단계와 4단계는 4.24이었고, 3단계와 5단계는 6.90이었으며, 4단계와 5단계는 3.77이었다(Table 6).

Table 6. Test statistics of paired-t test for w(time of main peak)

주파너비(w)	1단계	2단계	3단계	4단계	5단계
1단계					
2단계	-0.17 (p=0.863)				
3단계	2.02* (p=0.044)	2.47* (p=0.014)			
4단계	5.03* (p=0.000)	5.03* (p=0.000)	4.24* (p=0.000)		
5단계	7.21* (p=0.000)	7.26* (p=0.000)	6.90* (p=0.000)	3.77* (p=0.000)	

7. 맥파면적 A(area of waveform)

맥파의 면적(A)은 t값이 가압1단계와 2단계가 -19.65이었고, 1단계와 3단계는 -14.11이었고, 1단계와 4단계는 -7.96이었고, 1단계와 5단계는 -4.09이었으며, 2단계와 3단계는 -3.05이었고, 2단계와 4단계는 0.42이었고, 2단계와 5단계는 3.64이었으며, 3단계와 4단계는 3.84이었고, 3단계와 5단계는 6.88이었으며, 4단계와 5단계는 6.25이었다(Table 7).

Table 7. Test statistics of paired-t test for A(area of waveform)

파의면적(A)	1단계	2단계	3단계	4단계	5단계
1단계					
2단계	-19.65* (p=0.000)				
3단계	-14.11* (p=0.000)	-3.05* (p=0.003)			
4단계	-7.96* (p=0.000)	0.42 (p=0.673)	3.84* (p=0.000)		
5단계	-4.09* (p=0.000)	3.64* (p=0.000)	6.88* (p=0.000)	6.25* (p=0.000)	

8. 중박전파협곡(h2)의 주파폭(h1)에 대한 비례값(h2/h1)

h2/h1은 t값이 가압1단계와 2단계가 0.17이었고, 1단계와 3단계는 1.82이었고, 1단계와 4단계는 4.84이었고, 1단계와 5단계는 4.09이었으며, 2단계와 3단계는 1.52이었고, 2단계와 4단계는 4.04이었고, 2단계와 5단계는 3.04이었으며, 3단계와 4단계는 4.41이었고, 3단계와 5단계는 3.42이었으며, 4단계와 5단계는 0.57이었다(Table 8).

Table 8. Test statistics of paired-t test for h2/h1

h2/h1	1단계	2단계	3단계	4단계	5단계
1단계					
2단계	0.17 (p=0.866)				
3단계	1.82 (p=0.070)	1.52 (p=0.131)			
4단계	4.84* (p=0.000)	4.04 (p=0.000)	4.41* (p=0.000)		
5단계	4.09* (p=0.000)	3.04* (p=0.003)	3.42* (p=0.001)	0.57 (p=0.566)	

9. 중박전파협곡시간(t4)와 수축기시간(t2)의 비례 (t4/t2)

t4/t2는 t값이 가압1단계와 2단계가 -2.07이었고, 1단계와 3단계는 -0.89이었고, 1단계와 4단계는 -1.67이었고, 1단계와 5단계는 0.14이었으며, 2단계와 3단계는 0.98이었고, 2단계와 4단계는 -0.21이었고, 2단계와 5단계는 2.09이었으며, 3단계와 4단계는 -1.04이었고, 3단계와 5단계는 1.62이었으며, 4단계와 5단계는 1.77이었다(Table 9).

Table 9. Test statistics of paired-t test for t4/t2

t4/t2	1단계	2단계	3단계	4단계	5단계
1단계					
2단계	-2.07* (p=0.040)				
3단계	-0.89 (p=0.390)	0.98 (p=0.327)			
4단계	-1.67 (p=0.098)	-0.21 (p=0.831)	-1.04 (p=0.298)		
5단계	0.14 (p=0.892)	2.09* (p=0.038)	1.62 (p=0.107)	1.77 (p=0.078)	

10. Table 10. Test statistics of paired-t test for w/A

w/A는 t값이 가압1단계와 2단계가 -1.25이었고, 1단계와 3단계는 0.17이었고, 1단계와 4단계는 1.15이었고, 1단계와 5단계는 2.42이었으며, 2단계와 3단계는 0.94이었고, 2단계와 4단계는 1.36이었고, 2단계와 5단계는 1.90이었으며, 3단계와 4단계는 2.65이었고, 3단계와 5단계는 5.29이었으며, 4단계와 5단계는 3.48이었다(Table 10).

Table 10. Test statistics of paired-t test for w/A

w/A	1단계	2단계	3단계	4단계	5단계
1단계					
2단계	-1.25 (p=0.212)				
3단계	0.17 (p=0.863)	0.94 (p=0.347)			
4단계	1.15 (p=0.253)	1.36 (p=0.177)	2.65* (p=0.009)		
5단계	2.42* (p=0.017)	1.90 (p=0.058)	5.29* (p=0.000)	3.48* (p=0.001)	

11. 전체 면적과 볼륨간의 관계 (A/E)

A/E는 t값이 가압1단계와 2단계가 4.62이었고, 1단계와 3단계는 0.19이었고, 1단계와 4단계는 0.99이었고, 1단계와 5단계는 2.11이었으며, 2단계와 3단계는 -3.46이었고, 2단계와 4단계는 -2.58이었고, 2단계와 5단계는 -1.44이었으며, 3단계와 4단계는 2.60이었고, 3단계와 5단계는 4.86이었으며, 4단계와 5단계는 3.15이었다(Table 11).

Table 11. Test statistics of paired-t test for A/E

A/E	1단계	2단계	3단계	4단계	5단계
1단계					
2단계	4.62* (p=0.000)				
3단계	0.19 (p=0.851)	-3.46* (p=0.001)			
4단계	0.99 (p=0.323)	-2.58* (p=0.011)	2.60* (p=0.010)		
5단계	2.11 (p=0.036)	-1.44 (p=0.151)	4.86* (p=0.000)	3.15* (p=0.002)	

Ⅳ. 고 찰

寸關尺 診脈은 內經에서 시작되어 難經 이후에 宣揚하고, 王叔和의 脈經으로부터 비로소 널리 퍼져 後世醫家들이 診斷에 이용하였다[1]. 이러한 역사적 과정을 거쳐 온 左右手 脈診法은 현재 한의계에 가장 보편적인 脈診法으로 사용되고 있다. 하지만 이러한 脈診法이 한의사의 경험과 주관적 판단에 의존하게 되므로 객관성과 호환성 및 재현성에 문제가 있다. 따라서 최근 한의계에서는 脈診에 대한 객관적이고 정량적인 방법을 도입하여 이를 체계화 하려는 시도가 많이 이루어지고 있다. 그러나 이런 硏究들이 센서의 한계, 재현성의 문제, 측정 방식의 문제 등으로 限界를 나타내는 경우가 많았다.

이런 현실의 바탕에서 左右手 寸關尺 6部位의 脈波 波形은 파형의 크기만 다를 뿐 동일한 파형이고 浮中沈의 3候도 脈波 波形이 같으므로, 寸關尺 6部位의 臟腑 配屬과 區別은 의미가 없다는 주장이 등장하여 맥진의 기본 이론에 문제를 제기하고 있다. 이는 바로 요골동맥 맥진의 기본 이론인 측정 가압력과 부위에 따른 脈 變化에 대한 現代的이고 客觀的인 자료의 부족에서 비롯된 현상이라고 생각된다.

이에 저자는 脈診의 現代的 客觀的 硏究를 위한 기반을 구축하기 위하여 측정 가압력의 구분인 浮中沈과 부위에 따른 구분인 寸關尺의 의미를 담을 수 있는 완관절 요골동맥 상의 압력과 위치 변화에 따른 맥파를 측정 분석하고자, 앞선 연구에서 左關 部位 맥파를 측정하여 맥파 요인에 대한 통계상 유의미한 차이가 있는 7개의 변수, 즉 energy (E), h1, h2, t2, t4, w, A를 추출할 수 있었다[14]. 이를 기준으로 左關 部位 脈의 가압 단계별 맥파 요인 변화를 검정하고자, 본 실험에서는 5단계 가압에 따른 左關 부위 맥의 변화에 대한 연구를 실행하여 7개의 변수를 기준으로 左關 部位 脈을 가압 단계별로 비교함으로써, 맥파 요인에 대한 통계적으로 유의한 결과를 얻을 수 있었다.

먼저 脈의 세기를 나타내는 주요 요소인 에너지(E)는 t값이 가압 1단계와 2단계가 -15.26이었고, 1단계와 3단계는 -12.34이었고, 1단계와 4단계는 -8.09이었고, 1단계와 5단계는 -5.43이었으며, 2단계와 3단계는 -3.33이었고, 2단계와 4단계는 -0.35이었고, 2단계와 5단계는 2.52이었으며, 3단계와 4단계는 2.78이었고, 3단계와 5단계는 5.83이었으며, 4단계와 5단계는 5.82이었다.

$|T_0| \geq |1.96|$로 정의되는 기각역, 즉 95% 신뢰도로 서로 유사성이 없는것은 1단계와 2단계, 1단계와 3단계, 1단계와 4단계, 1단계와 5단계, 2단계와 3단계, 2단계와 5단계, 3단계와 4단계, 3단계와 5단계, 4단계와 5단계이었다. 그리고 $|T_0| < |1.96|$로 정의되는 채택역, 즉 95% 신뢰도로 서로 유사성이 있는 것은 2단계와 4단계이었다.

측정된 맥 신호가 가지는 3차원 체적(volume)으로 맥동의 세기를 알 수 있는 맥 에너지(E)는 대체로 加壓에 의해 크게 변화하고 있는 것을 확인할 수 있었다. 이는 脈象器 결과 화면에서도 구현되고 있는 에너지 변화 그래프와도 상통하는 점이

다. 그리고 2단계와 4단계의 에너지에서 큰 차이를 나타내지 않고 있는 점은 表皮에서부터 骨까지 가압을 가함에 따라 脈이 커지다가 어느 정점에 도달하고 다시 작아지는 경향을 보이는데, 정점이 되는 경우가 대부분 3단계일 때 2단계 맥이 커지는 방향에서, 4단계는 맥이 작아지는 방향으로 그 방향은 다르지만 순간적인 에너지의 크기는 유사한 것으로 나타났다고 볼 수 있다.

다음으로 주파의 크기로서, 주로 좌심실의 사혈기능과 대동맥의 순응성을 반영하는 주파폭(h1)의 t값은 가압1단계와 2단계가 -22이었고, 1단계와 3단계는 -17.06이었고, 1단계와 4단계는 -9.64이었고, 1단계와 5단계는 -5.07이었으며, 2단계와 3단계는 -5.03이었고, 2단계와 4단계는 -0.78이었고, 2단계와 5단계는 2.66이었으며, 3단계와 4단계는 3.46이었고, 3단계와 5단계는 6.34이었으며, 4단계와 5단계는 6.59이었다.

$|T_0| \geq |1.96|$로 정의되는 기각역, 즉 95% 신뢰도로 서로 유사성이 없는 것은 1단계와 2단계, 1단계와 3단계, 1단계와 4단계, 1단계와 5단계, 2단계와 3단계, 2단계와 5단계, 3단계와 4단계, 3단계와 5단계, 4단계와 5단계이었다. 그리고 $|T_0| < |1.96|$로 정의되는 채택역, 즉 95% 신뢰도로 서로 유사성이 있는 것은 2단계와 4단계이었다.

주파폭(h1) 역시 맥의 세기를 나타내는 주요 요소이며, 에너지는 3차원의 의미라면 주파폭은 2차원의 의미라고 할 수 있다. 주파폭(h1) 역시 각 단계 마다의 값을 비교할 때 에너지의 경우와 유사하게 결과가 나타났다. 즉, 모든 단계값이 서로 뚜렷하게 다르게 나타났으나, 2단계와 4단계는 유사하다고 볼 수 있다.

다음으로 중박전파협곡(h2)은 t값이 가압1단계와 2단계가 -17.53이었고, 1단계와 3단계는 -13.89이었고, 1단계와 4단계는 -7.63이었고, 1단계와 5단계는 -4.20이었으며, 2단계와 3단계는 -3.91이었고, 2단계와 4단계는 0.08이었고, 2단계와 5단계는 2.77이었으며, 3단계와 4단계는 4.07이었고, 3단계와 5단계는 6.39이었으며, 4단계와 5단계는 6.13이었다.

$|T_0| \geq |1.96|$로 정의되는 기각역, 즉 95% 신뢰도로 서로 유사성이 없는 것은 1단계와 2단계, 1단계와 3단계, 1단계와 4단계, 1단계와 5단계, 2단계와 3단계, 2단계와 5단계, 3단계와 4단계, 3단계와 5단계, 4단계와 5단계이었다. 그리고 $|T_0| < |1.96|$로 정의되는 채택역, 즉 95% 신뢰도로 서로 유사성이 있는 것은 2단계와 4단계이었다.

맥파 형태에서 주파의 세기와 가장 높은 상관성을 보이는 동시에 동맥혈관의 탄성과 외주저항의 정도를 반영하는 요소로 사용할 수 있는 요인이 중박전파협곡(h2)인데, 左關 部位 脈에서의 중박전파협곡(h2) 역시 에너지, 주파폭(h1)과 유사한 경향을 나타내는 것으로 나타났다. 특별한 혈관계 질환이나 동맥경화를 가지고 있는 환자군을 대상으로 하지 않은 측정실험이기 때문에 이러한 결과를 나타내는 것으로 생각된다.

다음으로 맥도의 시작점이 중박전파협곡에 이르는 시간인 중박전파협곡시간(t2)은 t값이 가압1단계와 2단계가 -2.83이었고, 1단계와 3단계는 -1.80이었고, 1단계와 4단계는 0.19이었고, 1단계와 5단계는 4.62이었으며, 2단계와 3단계는 0.79이었고, 2단계와 4단계는 2.31이었고, 2단계와 5단계는 6.53이었으며, 3단계와 4단계는 2.01이었고, 3단계와 5단계는 6.60이었으며, 4단계와 5단계는 4.79이었다.

$|T_0| \geq |1.96|$로 정의되는 기각역, 즉 95% 신뢰도로 서로 유사성이 없는것은 1단계와 2단계, 1단계와 5단계, 2단계와 4단계, 2단계와 5단계, 3단계와 4단계, 3단계와 5단계, 4단계와 5단계이었다. 그리고 $|T_0| < |1.96|$로 정의되는 채택역, 즉 95% 신뢰도로 서로 유사성이 있는 것은 1단계와 3단계, 1단계와 4단계, 2단계와 3단계이었다.

박동이 발생한 순간에서 중박전파협곡에 이르기까지의 시간인 중박전파협곡 시간(t2)은 1단계와 3단계, 4단계의 관계에서, 또 2단계와 3단계의 관계에서 서로 유사한 것으로 나타났다.

다음으로 맥도의 시작점이 강중협에 이르는 시

간인 수축기 시간(t4)은 t값이 가압1단계와 2단계가 -2.08이었고, 1단계와 3단계는 -1.89이었고, 1단계와 4단계는 0.65이었고, 1단계와 5단계는 4.59이었으며, 2단계와 3단계는 -0.19이었고, 2단계와 4단계는 2.14이었고, 2단계와 5단계는 5.77이었으며, 3단계와 4단계는 2.45이었고, 3단계와 5단계는 6.15이었으며, 4단계와 5단계는 4.08이었다.

$|T_0| \geq |1.96|$로 정의되는 기각역, 즉 95% 신뢰도로 서로 유사성이 없는것은 1단계와 2단계, 1단계와 5단계, 2단계와 4단계, 2단계와 5단계, 3단계와 4단계, 3단계와 5단계, 4단계와 5단계이었다. 그리고 $|T_0| < |1.96|$로 정의되는 채택역, 즉 95% 신뢰도로 서로 유사성이 있는 것은 1단계와 3단계, 1단계와 4단계, 2단계와 3단계이었다.

수축기 시간(t4)은 심장에서 혈액사출에 이어 이완기가 시작되는 시간으로 심장 판막이 닫히는 시간이다. 이 경우에는 1단계와 3단계, 4단계의 관계, 2단계와 3단계의 관계에서 서로 유사한 것으로 나타났다.

다음으로 동맥내 고압력 수준이 유지되는 시간인 주파너비(w)는 t값이 가압1단계와 2단계가 -0.17이었고, 1단계와 3단계는 2.02이었고, 1단계와 4단계는 5.03이었고, 1단계와 5단계는 7.21이었으며, 2단계와 3단계는 2.47이었고, 2단계와 4단계는 5.03이었고, 2단계와 5단계는 7.26이었으며, 3단계와 4단계는 4.24이었고, 3단계와 5단계는 6.90이었으며, 4단계와 5단계는 3.77이었다.

$|T_0| \geq |1.96|$로 정의되는 기각역, 즉 95% 신뢰도로 서로 유사성이 없는 것은 1단계와 3단계, 1단계와 4단계, 1단계와 5단계, 2단계와 3단계, 2단계와 4단계, 2단계와 5단계, 3단계와 4단계, 3단계와 5단계, 4단계와 5단계이었다. 그리고 $|T_0| < |1.96|$로 정의되는 채택역, 즉 95% 신뢰도로 서로 유사성이 있는 것은 1단계와 2단계이었다.

혈액이 뿜어지면서 혈관내 고압이 유지되는 시간을 나타내는 요인인 주파너비(w)의 경우 1단계와 2단계가 서로 유사한 것으로 나타나는 것 외에는 모든 단계에 대해 서로 다르게 나타났다.

다음으로 대표 맥상에서의 맥파의 면적(A)은 t값이 가압1단계와 2단계가 -19.65이었고, 1단계와 3단계는 -14.11이었고, 1단계와 4단계는 -7.96이었고, 1단계와 5단계는 -4.09이었으며, 2단계와 3단계는 -3.05이었고, 2단계와 4단계는 0.42이었고, 2단계와 5단계는 3.64이었으며, 3단계와 4단계는 3.84이었고, 3단계와 5단계는 6.88이었으며, 4단계와 5단계는 6.25이었다.

$|T_0| \geq |1.96|$로 정의되는 기각역, 즉 95% 신뢰도로 서로 유사성이 없는 것은 1단계와 2단계, 1단계와 3단계, 1단계와 4단계, 1단계와 5단계, 2단계와 3단계, 2단계와 5단계, 3단계와 4단계, 3단계와 5단계, 4단계와 5단계이었다. 그리고 $|T_0| < |1.96|$로 정의되는 채택역, 즉 95% 신뢰도로 서로 유사성이 있는 것은 2단계와 4단계이었다.

맥파의 면적(A) 역시 맥의 세기를 나타내는 요인인데, 이 역시 가압단계에 따라 변화하면서 2단계와 4단계의 값이 서로 유사하게 나타났다. 에너지(E), 주파폭(h1)의 원인과 같은 것으로 사료된다.

그리고 다음으로 h2/h1은 t값이 가압1단계와 2단계가 0.17이었고, 1단계와 3단계는 1.82이었고, 1단계와 4단계는 4.84이었고, 1단계와 5단계는 4.09이었으며, 2단계와 3단계는 1.52이었고, 2단계와 4단계는 4.04이었고, 2단계와 5단계는 3.04이었으며, 3단계와 4단계는 4.41이었고, 3단계와 5단계는 3.42이었으며, 4단계와 5단계는 0.57이었다.

$|T_0| \geq |1.96|$로 정의되는 기각역, 즉 95% 신뢰도로 서로 유사성이 없는것은 1단계와 4단계, 1단계와 5단계, 2단계와 4단계, 2단계와 5단계, 3단계와 4단계, 3단계와 5단계이었다. 그리고 $|T_0| < |1.96|$로 정의되는 채택역, 즉 95% 신뢰도로 서로 유사성이 있는 것은 1단계와 2단계, 1단계와 3단계, 2단계와 3단계, 4단계와 5단계이었다.

중박전파협곡(h2)의 주파폭(h1)에 대한 비례값을 통해 맥파요소의 절대값의 변화와 상대적 변화의 정도를 분석하였다. h2/h1는 1단계와 2단계, 4단

계와 5단계는 매우 유사한 형태를 나타내는 것으로 나타났으나, 1단계와 3단계, 2단계와 3단계는 약간의 유사성으로 나타났고 나머지는 뚜렷하게 같지 않은 것으로 나타났다. 1,2단계의 유사성의 요인은 표피에서 가압을 시작할 때 맥파형이 선명하게 나타나지 않으면서 큰 변형이 일어나지 않는 것으로 해석할 수 있고, 4, 5단계는 침맥의 경향이 나타나지 않는 경우 맥파가 매우 작아지거나, 없어지는 등의 현상이 반영되는 요인이 큰 것으로 볼 수 있다.

다음으로 t4/t2는 t값이 가압1단계와 2단계가 -2.07이었고, 1단계와 3단계는 -0.89이었고, 1단계와 4단계는 -1.67이었고, 1단계와 5단계는 0.14이었으며, 2단계와 3단계는 0.98이었고, 2단계와 4단계는 -0.21이었고, 2단계와 5단계는 2.09이었으며, 3단계와 4단계는 -1.04이었고, 3단계와 5단계는 1.62이었으며, 4단계와 5단계는 1.77이었다.

$|T_0| \geq |1.96|$로 정의되는 기각역, 즉 95% 신뢰도로 서로 유사성이 없는것은 1단계와 2단계, 2단계와 5단계이었다. 그리고 $|T_0| < |1.96|$로 정의되는 채택역, 즉 95% 신뢰도로 서로 유사성이 있는 것으은 1단계와 3단계, 1단계와 4단계, 1단계와 5단계, 2단계와 3단계, 2단계와 4단계, 3단계와 4단계, 3단계와 5단계, 4단계와 5단계이었다. 중박전파협곡시간(t4)와 수축기시간(t2)의 비례관계에서는 가압단계별 특이한 차이를 발견할 수 없었다.

다음으로 w/A는 t값이 가압1단계와 2단계가 -1.25이었고, 1단계와 3단계는 0.17이었고, 1단계와 4단계는 1.15이었고, 1단계와 5단계는 2.42이었으며, 2단계와 3단계는 0.94이었고, 2단계와 4단계는 1.36이었고, 2단계와 5단계는 1.90이었으며, 3단계와 4단계는 2.65이었고, 3단계와 5단계는 5.29이었으며, 4단계와 5단계는 3.48이었다.

$|T_0| \geq |1.96|$로 정의되는 기각역, 즉 95% 신뢰도로 서로 유사성이 없는것은 1단계와 5단계, 3단계와 4단계, 3단계와 5단계, 4단계와 5단계이었다. 그리고 $|T_0| < |1.96|$로 정의되는 채택역, 즉 95% 신뢰도로 서로 유사성이 있는 것은 1단계와 2단계, 1단계와 3단계, 1단계와 4단계, 2단계와 3단계, 2단계와 4단계, 2단계와 5단계이었다.

w/A는 전체파의 면적대비 고압이 유지되는 시간을 나타내는 값인데, 이는 가압단계에 따른 변화를 뚜렷하게 나타내지 않았다. 주요 맥파요소로써 가압에 따라 크게 변화하지 않는 인자로 확인할 수 있었다.

다음으로 A/E는 t값이 가압1단계와 2단계가 4.62이었고, 1단계와 3단계는 0.19이었고, 1단계와 4단계는 0.99이었고, 1단계와 5단계는 2.11이었으며, 2단계와 3단계는 -3.46이었고, 2단계와 4단계는 -2.58이었고, 2단계와 5단계는 -1.44이었으며, 3단계와 4단계는 2.60이었고, 3단계와 5단계는 4.86이었으며, 4단계와 5단계는 3.15이었다.

$|T_0| \geq |1.96|$로 정의되는 기각역, 즉 95% 신뢰도로 서로 유사성이 없는것은 1단계와 2단계, 2단계와 3단계, 2단계와 4단계, 3단계와 4단계, 3단계와 5단계, 4단계와 5단계이었다. 그리고 $|T_0| < |1.96|$로 정의되는 채택역, 즉 95% 신뢰도로 서로 유사성이 있는 것은 1단계와 3단계, 1단계와 4단계, 1단계와 5단계, 2단계와 5단계이었다.

A/E는 파의 전체 면적과 3차원 맥파의 볼륨간의 관계를 살펴본 것인데, 독립적으로 파의 전체 면적(A)과 에너지(E)는 가압 단계에 따라 완전히 달라지는 것을 보였고 단지 PH-curve 특성에 따라 2단계와 4단계만이 서로 유사하게 나타났었는데, 독립적인 인자의 비례값은 서로 인접한 단계간의 값에서는 확연하게 차이를 나타냈지만, 그 외의 구간끼리의 비교에서는 유사하게 나타나는 구간도 나타나는 등 독립성분과 유사한 특성을 보이지는 않았다.

위의 결과에서 중박전파협곡시간(t2), 수축기 시간(t4), 주파너비(w), h2/h1은 몇몇 유사한 단계를 제외하고는 전체적으로 유사성이 없었다. 그리고 에너지(E), 주파폭(h1), 중박전파협곡(h2), 맥파의 면적(A), A/E 는 PH-curve의 특성에 따라 2단계와 4단계가 유사한 것으로 나타났으나 나머지 단

계에서는 다른 것으로 파악되었다. 또한 w/A와 t4/t2는 가압에 따른 변화가 거의 없었다.

이로 살펴볼 때 左關 部位에서 加壓의 段階에 따른 脈은 비슷하다고 보기 어렵다는 결론을 얻을 수 있었으며, 이는 결국 각 단계별로 脈의 차별성이 있는 것으로 생각된다. 따라서 難經 五難에서 "脈有輕重"이라고 한 脈診法에서의 경중법에 근거한 脈의 변화 내용에 대하여 보다 집중적인 연구가 필요하다고 생각된다.

차후 이런 연구를 바탕으로 左右手 寸關尺 6部位別 그리고 加壓別 脈 變化에 대한 脈診 硏究의 基盤을 構築하여 임상적인 연구로 나아갈 때, 맥파요인 분석에 근거한 고혈압 환자의 弦脈에 대한 객관화 연구[15] 등과 같이, 맥진기를 통한 맥진법의 표준화 연구와 경락의 寒熱虛實 상태를 판단하는 지표 연구 등에 응용 가능성이 있을 것이며, 따라서 韓醫 脈診이 서양의학의 심전도에 해당하는 근거있는 합리적인 연구방법론으로 자리매김할 것으로 생각한다.

V. 결 론

본 硏究에서 요골동맥 脈診法의 맥파 분석적 연구의 기반을 마련하고자, 左關 部位의 맥파 요인 분석에 유의한 것으로 추출된 7개 변수(에너지(E), 주파의 크기(h1), 중박전파 협곡(반사파의 크기, h2), 중박전파 협곡시간(t2), 수축기 시간(t4), 주파 너비(w), 맥파의 면적(A))를 기준으로 5단계 가압에 따른 맥파 변화를 분석하여 다음과 같은 결론을 얻을 수 있었다.

1. 左關 부위에서 가압에 따른 맥파를 분석한 결과, 에너지(E), 주파폭(h1), 중박전파협곡(h2), 맥파의 면적(A)은 1단계와 2단계, 1단계와 3단계, 1단계와 4단계, 1단계와 5단계, 2단계와 3단계, 2단계와 5단계, 3단계와 4단계, 3단계와 5단계, 4단계와 5단계에서 유의성 있는 ($p<0.05$) 차이가 있는 것으로 나타났다.
2. 중박전파협곡 시간(t2), 수축기 시간(t4)은 1단계와 2단계, 1단계와 5단계, 2단계와 4단계, 2단계와 5단계, 3단계와 4단계, 3단계와 5단계, 4단계와 5단계에서 유의성 있는 ($p<0.05$) 차이가 있는 것으로 나타났다.
3. 주파너비(w)는 1단계와 3단계, 1단계와 4단계, 1단계와 5단계, 2단계와 3단계, 2단계와 4단계, 2단계와 5단계, 3단계와 4단계, 3단계와 5단계, 4단계와 5단계에서 유의성 있는 ($p<0.05$) 차이가 있는 것으로 나타났다.
4. h2/h1은 1단계와 4단계, 1단계와 5단계, 2단계와 4단계, 2단계와 5단계, 3단계와 4단계, 3단계와 5단계에서 유의성 있는 ($p<0.05$) 차이가 있는 것으로 나타났다.
5. t4/t2는 1단계와 2단계, 2단계와 5단계에서, w/A는 1단계와 5단계, 3단계와 4단계, 3단계와 5단계, 4단계와 5단계에서 유의성 있는 ($p<0.05$) 차이가 있는 것으로 나타났다.
6. A/E는 1단계와 2단계, 2단계와 3단계, 2단계와 4단계, 3단계와 4단계, 3단계와 5단계, 4단계와 5단계에서 유의성 있는 ($p<0.05$) 차이가 있는 것으로 나타났다.

이상으로 살펴보면, 左關 部位에서 5단계별 加壓에 따른 脈波 分析은 각 단계별로 脈의 차별성이 있는 것으로 판단된다. 앞으로 左右手 寸關尺 6部位別에 따른 5단계 加壓別 脈의 特性에 대한 硏究를 加一層 進行함으로써, 脈診法의 根幹이 되는 左右手 寸關尺 部位別 그리고 5段階 加壓別 脈診法 내용에 대하여 객관적인 연구를 달성하고자 한다.

감사의 글

본 연구는 보건복지부 한방치료기술연구개발사업의 지원에 의하여 이루어진 것임(과제고유번호: B080011).

참고문헌

1. 白貞羲. 脈診의 起源과 《內經》의 脈診에 관한 硏究(Ⅰ). 大韓韓醫診斷學會誌. 1998 ; 2(1) : 225.
2. 신상훈, 박영배, 임혜원, 김기왕. 中國의 脈診 객관화 연구 동향. 大韓韓醫診斷學會誌. 2004 ; 8(2) : 45-56.
3. 이봉교. 脈診計에 의한 八要脈의 波形기록 판별에 관한 실험적 연구. 최신의학. 1970 ; 13(7) : 103-9.
4. 이영화, 김경철, 이용태. 腰痛 및 腰脚痛의 희수식 전자맥진기에 의한 尺脈 관찰. 동의·경산 한의학 학술대회. 1998 ; 2 : 165-92.
5. 남동현, 박영재, 박영배. 經皮 電鍼刺戟이 成人男性의 脈波傳達時間에 미치는 影響. 大韓韓醫診斷學會誌. 2000 ; 4(2) : 85-9.
6. 李始炯, 申秉澈. 脈診器를 이용한 中風患者의 臨床的 考察. 大韓東醫生理病理學會誌. 1999 ; 13(2) : 123-7.
7. 박재성, 박영배, 김민용, 박영재. 脈率과 體成分分析의 相關性 硏究. 大韓韓醫診斷學會誌. 2006 ; 10(2) : 132-50.
8. 남동현, 박영대. 연령증가에 따른 가속도맥파 연령지수의 변화에 관한 연구. 大韓韓醫診斷學會誌. 2002 ; 6(2) : 96-114.
9. 김종열, 김경요, 고기덕. 맥진기의 문제점과 개선방안에 관한 연구. 大韓韓醫診斷學會誌. 1999 ; 3(1) : 28-36.
10. Pickering, et, al. Recommendation for Blood Pressure Measurement in Humanx and experimental animals : Part1 : Blood Pressure Measurement in Humans, A statement for professionals from the subcommitee of professional and public education of the Americal Heart Association Council on high blood pressure, Hypertension. 2005 ; 45 : 142-61.
11. 대요메디㈜. 다채널맥파계의 경혈측정을 통한 한의진단 Wizard 개발. 정보통신부 우수신기술 지정지원사업 결과보고서. 2005.
12. 신순식, 김경철, 강희정. 한의 맥진용 반도체 어레이 센서(Semiconductor array sensor)를 이용한 3-D 맥상 연구. 신기술실용화기술개발사업 1단계 보고서. 2004.
13. 권선민, 강희정, 임윤경, 이용흠. 5단계 가압에 대한 맥파 변화 분석에 의한 맥 패턴 분류와 부침맥(浮沈脈) 연구. 경락경혈학회지. 2010 ; 27(1) : 13-22.
14. 김경철, 이정원, 류경호, 박동일, 신우진, 강희정. 맥상기를 통한 요골동맥 맥진법의 맥파분석-좌관부위 맥파요인을 중심으로. 大韓東醫生理病理學會誌. 2009 ; 23(1) : 186-91.
15. 강희정, 권영상, 김달래, 김경철, 임윤경. 3차원 로봇맥영상분석기의 5단계 가압 맥파분석에 의한 고혈압 환자의 현맥 연구. 경락경혈학회지. 2010 ; 27(1) : 1-12.