

# 침자극이 좌관맥상과 심박수 미세변화에 미치는 영향

원재균 · 정순관 · 김동은 · 임진영<sup>1</sup> · 권영달 · 엄승룡 · 이수경 · 송용선\*

원광대학교 한의과대학 한방재활의학과교실, 1:원광대학교 광주원광병원 재활의학과

## Study on the Radial Pulse Wave Variables and Heart Rate Variability after Acupuncture Stimulation

Jae Kyun Won, Soon Kwan Jung, Dong Eun Kim, Jin Young Lim<sup>1</sup>, Young Dal Kwon, Seung Ryong Yeom, Su Kyung Lee, Yung Sun Song\*

*Department of Oriental Rehabilitation Medicine, College of Oriental Medicine, Wonkwang University,*

*1:Department of Physical Medicine & Rehabilitation Medicine, Wonkwang Hospital in Gwangju, Wonkwang University*

We investigated the effects of acupuncture stimulation on pulse wave variables and heart rate variability (HRV) in healthy adults. To evaluate twenty healthy volunteers (10 men, 10 women) had acupuncture into both Hapkok (LI4) and Taechung (Liv3) for 15 minutes. Radial pulse, Heart Rate Variability, body temperature and blood pressure were checked before and after acupuncture to evaluate Pulse Wave Variability and Autonomous Function. The results were as follows; Heart rate was significantly increased while systolic blood pressure (mmHg) and diastolic blood pressure (mmHg) were significantly increased after acupuncture treatment. Sixteen subjects didn't change representative pulse wave variables after acupuncture treatment. Energy, height of main peak (H1), height of pre-dicrotic valley (H2) and height of descending valley (H4) were decreased while height of dicrotic peak (H5) was significantly decreased after acupuncture treatment. Time to main peak (T1), time to pre-dicrotic valley (T2), time to dicrotic peak (T5), total time (T) and T-T4 were decreased while time to descending valley (T4) was increased after acupuncture treatment. Total area (At), area of main peak (Aw) and ratio of diastolic period area (Ad) were decreased while ratio of systolic period area (As) and angle of main peak (MPA) were increased after acupuncture treatment. The standard deviation of all normal RR intervals (SDNN) was increased while the root mean square of successive differences between the normal heart beats (RMSSD) was significantly increased after acupuncture treatment by time domain analysis. Low frequency power (LF) and LF/HF ratio were decreased while high frequency power (HF) was significantly increased after acupuncture treatment by frequency domain analysis. This study suggests that acupuncture treatment changes pulse wave variability and heart rate variability. Further study on various acupuncture treatment for pulse wave variability and heart rate variability is required.

**Key words :** pulse wave variables, heart rate variability(HRV), acupuncture, radial pulse

### 서 론

鍼은 韓藥, 灸와 함께 한의학의 중요한 치료방법 중의 하나이다. 이러한 침의 효과를 실험적으로 규명하고자하는 노력을 통하여 현재는 침이 통증을 비롯한 다양한 질환에 치료수단으로 사용될 수 있으며 효과가 있는 것이 여러 연구를 통하여 밝혀지

고 있다<sup>1)</sup>.

최근 침치료의 현대 의학적 연구에서는 침자극에 의한 자율 신경계의 변화를 정량적으로 관찰하는 것이 하나의 추세로, 교감 신경과 부교감신경의 균형상태 평가가 가능하며 신뢰성과 재현성이 높은 심박변이도(Heart rate variability, HRV) 분석방법을 활용하고 있다<sup>2)</sup>.

脈診은 四診중 切診에 속하며 한의학의 주요한 진단법중의 하나이다. 그러나 이러한 맥진은 한의사의 주관적인 감각에 의해서 이루어지며 경험적이기 때문에 객관화에 한계가 있다. 이러한 맥

\* 교신저자 : 송용선, 전북 전주시 덕진구 덕진동 2가 원광대학교 전주한방병원

· E-mail : yssong@wonkwang.ac.kr, · Tel : 063-270-1023

· 접수 : 2008/09/29 · 수정 : 2008/11/17 · 채택 : 2008/11/29

진의 객관화와 현대화를 위해서 여러 가지 맥진기가 개발되었다<sup>3)</sup>.

한방의료기관에서 사용된 맥진기들은 실제 임상에서는 활용도가 매우 낮은 수준이다. 이는 맥진기가 판정해 낸 맥이 실제 자신이 짚어낸 맥과 일치하는가에 대한 불신과 맥진의 재현성이 부족하다는 문제가 있기 때문이다. 이에 따라 고전 맥상의 정의에 부합되는 새로운 맥진기의 개발이 제안되었고<sup>3)</sup>, 단계별로 압력을 가하면서 맥압을 측정하는 새로운 개념의 맥진기 모델이 제시되기도 하였다<sup>4)</sup>.

최근 어레이 압저항 센서와 다축 가압조절 로봇을 적용하여 한의사의 진맥과정을 충실히 재현한 맥진기가 개발되었으며, 이에 대한 한국한의학연구원(Korea Institute of Oriental Medicine)에서는 인체에서 맥파가 재현성 있게 검출됨을 증명하였다<sup>5)</sup>.

침이 신경계에 미치는 영향에 대해서는 자침이 뇌 대사와 중추신경계의 활성화에 관한 연구<sup>6)</sup>, 자율신경계에 영향<sup>7)</sup>, 뇌파를 안정시키는 변화<sup>8)</sup>가 있었다고 보고하는 등 여러 연구가 있었으나, 침자극 전후의 변화를 맥진기로 측정하는 연구는 아직 없는 상황이다.

본 연구는 침이 건강한 성인에게 맥상과 자율신경계에 어떠한 영향을 주는지 관찰하기 위하여 임상에서 가장 활용이 많고 陰陽氣血의 실조상태를 조절한다고 알려져 있어 기혈을 고르게 하는 침의 작용을 대표한다고 생각되는 四關穴에 取穴하였다. 자침 전후로 객관화가 확보된 맥진 측정을 통하여 맥상의 변화를 살펴보고 이와 함께 자율신경계의 변화를 관찰하여 몇 가지 유의한 결과를 얻었기에 보고하는 바이다.

## 대상 및 방법

### 1. 연구대상

24-29세의 성인 남녀들 중 심혈관계나 자율신경계 질환의 병력이나 자율신경계에 영향을 줄 수 있는 약물을 복용하고 있지 않으면서 기타 다른 질환으로 현재 치료를 받고 있거나 약물을 복용하고 있지 않은 건강한 성인 남녀로 본 연구에 대하여 충분한 설명을 듣고 실험에 참가할 것에 동의한 후 동의서를 작성한 20명을 대상으로 하였다.

대상자의 나이는 26.2±1.6세이고, 남자 10명과 여자 10명으로 구성되었다.

### 2. 연구방법

#### 1) 연구 시간

대상자는 오후 3시부터 오후 6시까지 실험에 참가하였다. 혈압이나 체온과 같이 자율신경계의 상태는 일주기성을 가지고 있기 때문에 이에 의한 변수를 최소화하기 위해서 일정한 시간을 정하여 연구를 시행하였다<sup>9)</sup>.

#### 2) 측정 방법

대상자들은 실험 전 5분간 휴식을 취하였으며, 15분간의 침자극 전·후에 체온, 혈압, 심박수, 심박변이도검사, 맥진검사 등을 하였다. 연구과정 중 대상자들은 침대에서 편안하게 누워있으면서 수면은 취하지 않도록 하였다.

#### (1) 침자극 방법

四關穴(양측 승골-LI4, 太衝-LR3)에 일회용 stainless steel 호침(동방침구제작사, 0.3×30 mm, 한국)에 침관을 이용하여 침의 깊이는 승골은 1.5~2 cm정도, 太衝은 1~1.5 cm의 깊이로 수직으로 피부를 관통시킨 후 15분간 유지하였으며, 수기와 전침치료는 하지 않았다.

#### (2) 혈압 측정

Automatic wrist blood pressure monitor R6(OMRON Co., Japan)를 이용하여 요골동맥의 혈압을 자침 전후로 2회 측정하였다.

#### (3) 체온 측정

Infrared Thermometer 4020(Braun GmbH, Germany)을 이용하여 자침전후로 2회 귓속의 온도를 측정하였다.

#### (4) 심박수 및 심박변이도 측정

심박변이도와 평균 심박수는 측정 전에 안정을 취한 후 누운 자세에서 심박변이도 측정기(SA-3000P, Medcore, Korea)를 이용하여 양측 손목부위와 좌측 발목부위에 각각 전극(electrodes)을 부착 후 5분간 측정된 값을 사용하였다. 본 연구에서 5분간의 심박변동을 측정 후 시간영역분석(time domain analysis)을 통하여 기록 시간 동안의 Mean HRT(mean heart rate), SDNN(the standard deviation of all normal RR intervals), RMSSD(the root mean square of successive differences between the normal heart beats) 등을 구하였다. 주파수영역분석(frequency domain analysis)을 통하여 TP(total power), LF (low frequency power), HF(high frequency power), LF Norm(low frequency power normalized), HF Norm(high frequency power normalized), LF/HF ratio를 구하였다.

#### (5) 맥진기

측정 전에 안정을 취한 후 누운 자세에서 관부의 맥을 측정하였다. 맥진기는 5개의 압저항 센서가 장착된 자동 로봇 측정 맥진기(대요메디, Korea, Fig. 1)를 사용하였다.

분석에 사용되는 대표맥파를 선정하는 알고리즘은 다음과 같다.

① 측정자가 전후좌우와 중앙에 5개의 압저항 센서가 장착된 로봇 손가락을 수동으로 왼쪽 손목의 관부에 위치시킴.

② 맥진기의 로봇 손가락이 50 mmHg의 입력으로 피부를 가압하면서 맥파를 측정함.

③ 로봇 손가락 끝에 위치한 5개의 센서 중 중앙 센서에서 맥파가 가장 강하게 측정될 때까지 로봇이 전후좌우로 이동함(Fig. 2).

④ 중앙 센서에서 맥파가 가장 강하게 측정되는 부위가 정해지면 로봇 손가락이 50 mmHg, 100 mmHg, 150 mmHg, 200 mmHg, 250 mmHg의 압력으로 가압하면서 각 깊이마다 5초 동안 맥파를 측정함.

⑤ 50 mmHg부터 250 mmHg까지 5개의 가압 부위 중 맥파가 가장 강하게 측정되는 가압 깊이를 결정함(Fig. 3).

⑥ 맥파가 가장 강하게 측정되는 가압 깊이에서 5초 동안 측정된 여러 맥파 중에서 대표적인 1개의 맥파를 선정함.

⑦ 선정된 맥파의 변수를 분석함.

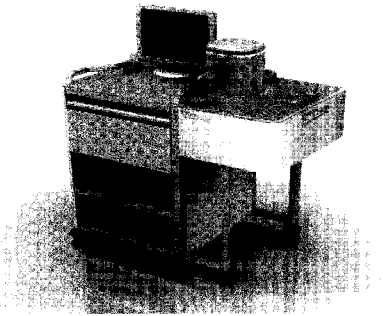


Fig. 1. Appearance of pulse analyzer.

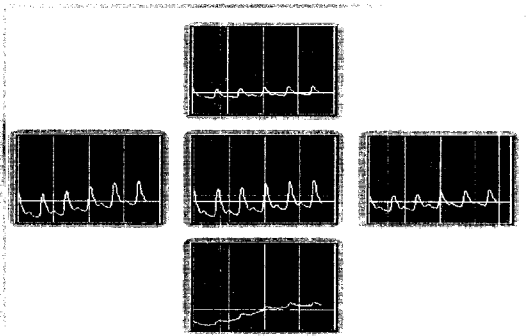


Fig. 2. Pulse waves calibrated by 5 sensors.

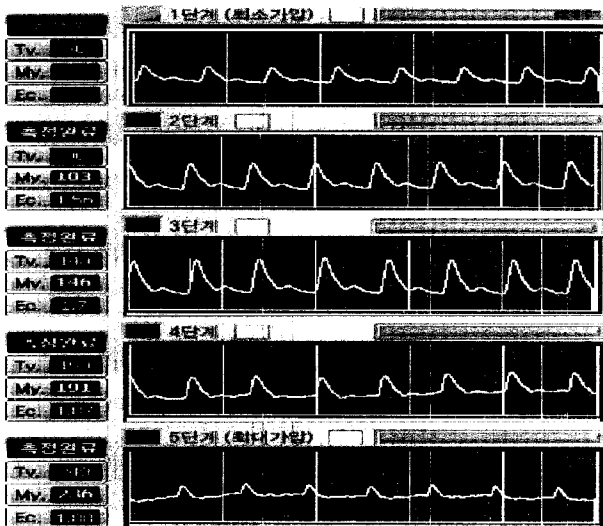


Fig. 3. Pulse waves calibrated in 5 depths by centered sensor for 5 seconds.

3. 자료분석

1) 심박변이도 분석

(1) 시간영역분석(time domain analysis)

- ① Mean HRT : mean heart rate
- ② SDNN : the standard deviation of all normal RR intervals
- ③ RMSSD : the root mean square of successive differences between the normal heart beats

(2) 주파수영역분석(frequency domain analysis)

- ① TP : total power
- ② LF : low frequency power

- ③ HF : high frequency power
- ④ Norm LF : normalized low frequency power
- ⑤ Norm HF : normalized high frequency power
- ⑥ LF/HF ratio

2) 맥진기 분석(Fig. 4)

- (1) Contact pressure(CP) : 가압력, 가장 큰 주파 크기가 탐색되는 깊이의 가압력
- (2) Height of main peak(h1) : 주파 크기
- (3) Height of pre-dicrotic valley(h2) : 중박전과 협곡 크기
- (4) Height of pre-dicrotic peak(h3) : 중박전과 크기
- (5) Height of descending valley(h4) : 강중협곡 크기
- (6) Height of dicrotic peak(h5) : 중박과 크기
- (7) Time to main peak(t1) : 주파 시간
- (8) Time to pre-dicrotic valley(t2) : 중박전과 협곡 시간
- (9) Time to pre-dicrotic peak(t3) : 중박전과 시간
- (10) Time to descending valley(t4) : 강중협곡 시간, 심장의 수축기 시간
- (11) Time to dicrotic peak(t5) : 중박과 시간
- (12) Total time(t) : 총시간, 맥파의 시작점에서 맥파 끝점까지의 총시간
- (13) Width of main peak(MPW) : 주파너비, 주파의 상부 1/3 되는 곳의 너비
- (14) t-t4 : 총시간-강중협곡 시간, 심장의 이완기 시간
- (15) Total area(At) : 총면적, 맥파의 시작점에서 맥파 끝점까지의 맥파의 총면적
- (16) Ratio of systolic period area(As) : 수축기면적비, 총면적에서 수축기면적이 차지하는 비율
- (17) Ratio of diastolic period area(Ad) : 이완기면적비, 총면적에서 이완기면적이 차지하는 비율
- (18) Area of main peak(Aw) : 주파면적, 주파너비 시간 동안의 면적
- (19) Angle of main peak(MPA) : 주파각, 주파 최상단과 주파너비 양끝을 이은 선의 상부 각도

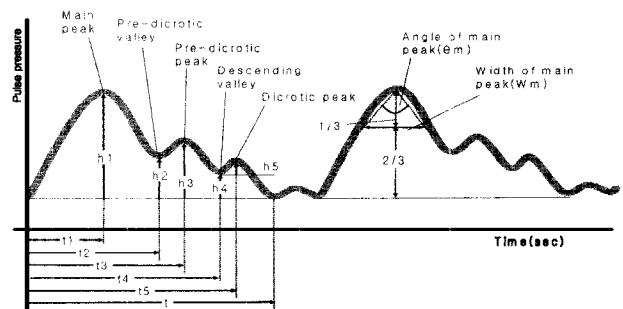


Fig. 4. Naming of pulse wave variables.

4. 통계처리

통계분석 소프트웨어는 SPSS 12.0 for window program을 사용하였으며, 모든 값은 평균±표준편차로 표현하였다. 대부분의 값은 소수점 두 자리까지 표현하였으나, 1.0이하의 값은 소수

점 세 자리까지 표현하였다.

분석방법은 정규분포 여부 또는 데이터의 수에 따라 paired t-test, 상관분석을 사용하였다. p-value는 0.05와 0.01이하의 값을 유의한 것으로 간주하였다.

## 결 과

### 1. 일반적 특성

임상시험에 참여한 피험자는 남자 10명, 여자 10명으로 평균 연령 26.2±1.6세를 대상으로 하였다(Table 1).

Table 1. General characteristics

	Male(n=10)	Female(n=10)	Total
Age(yrs)	26.2±1.5	26.1±1.7	26.2±1.6
Height(cm)	172.4±2.6	161.4±5.3	166.9±6.9
Weight(Kg)	77.0±11.5	51.8±3.2	64.4±15.3

### 2. 침자극 전후의 심박수, 체온, 혈압의 변화

사관혈 침자극 후에 체온은 변화가 없었다. 침자극 후에 심박동수는 유의성 있게 감소하였으나, 혈압은 유의성 있게 증가하였다(Table 2).

Table 2. The changes of heart rate, body temperature and blood pressure before and after acupuncture treatment

	Acupuncture		p-value	
	before	after		
Heart rate	72.00±9.73	68.23±9.32	<0.001	
Body temperature	36.78±0.17	36.74±0.15	0.246	
blood pressure (mmHg)	Systolic	115.70±11.86	122.55±12.94	<0.001
	Diastolic	70.75±9.30	74.40±11.42	0.017

Values are Mean±SD. Statistical significance test was done by paired t-test.

### 3. 침자극 전후의 關部 대표맥의 변화

맥진기의 변수들 중 H1값이 제일 크게 표현되는 것을 대표 맥상으로 판단하였다. 그리고 그렇게 표현된 대표맥상들은 1단계부터 5단계로 구분하여 1-2단계를 浮脈, 3단계를 中脈, 4-5단계를 沈脈으로 하였다. 총 16명의 대표맥상에서 변화가 없었으며, 이들 중 13명은 2단계의 浮脈, 3명은 3단계의 中脈을 나타냈다. 4명은 침자극 전후로 맥상이 변하였다. 그중 1명은 2단계에서 3단계로 맥이 조금 沈해지는 경향을 보였으나, 다른 2명은 2단계에서 1단계 또는 1단계에서 2단계로 맥상의 변화는 있으나 浮脈의 맥상은 변하지 않았다(Table 3).

Table 3. The changes of representative pulse wave variables in Guan before and after acupuncture treatment.

Variables	Acupuncture		total
	before	after	
2	2	2	13
3	3	3	3
2	1	1	2
2	3	3	1
1	2	2	1

1 or 2 means floating pulse 3 means middle pulse 4 or 5 means sinking pulse

### 4. 침자극 전후의 관부 맥압과 관련 변수의 변화

사관혈 침자극 후에 에너지(energy), 주파폭(H1), 중박전과 협폭(H2), 감중협폭(H4)가 줄어드는 경향을 보였다. 중박파폭(H5)는 유의성 있게 감소하였다(Table 4).

Table 4. The changes of pulse wave pressure in Guan before and after acupuncture treatment

Variables	Acupuncture		p-value
	before	after	
CP(mmHg)	78.58±17.18	80.47±17.81	0.596
Energy	660.55±195.58	610.05±156.30	0.085
H1	196.80±54.30	180.95±44.16	0.105
H2	80.70±25.78	79.20±30.90	0.796
H3	0±0	4.85±15.65	0.182
H4	26.35±13.36	26.09±13.40	0.941
H5	21.44±13.50	16.44±10.62	0.007

Values are Mean±SD. Statistical significance test was done by paired t-test. CP(mmHg) : Contact pressure. H1 : Height of main peak. H2 : Height of pre-dicrotic valley. H3 : Height of pre-dicrotic peak. H4 : Height of descending valley. H5 : Height of dicrotic peak

### 5. 침자극 전후의 관부 맥파시간 관련 변수의 변화

사관혈 침자극 후에 급성사혈기 시간(T1), 중박전과협시간(T2), 중박과 시간(T5), 맥동주기(T), 이완기 시간(T-T4)이 감소하는 경향을 보였으나, 수축기 시간(T4)은 증가하는 경향을 보였으며 모두 통계적 유의성은 없었다(Table 5).

Table 5. The changes of pulse wave time in Guan before and after acupuncture treatment

Variables	Acupuncture		p-value
	before	after	
T1(sec)	0.123±0.01*	0.121±0.008	0.423
T2(sec)	0.230±0.024	0.229±0.023	0.949
T3(sec)	0±0	0.02±0.071	0.163
T4(sec)	0.357±0.018	0.365±0.025	0.066
T5(sec)	0.415±0.099	0.372±0.161	0.191
T(sec)	0.882±0.138	0.881±0.109	0.945
T-T4(sec)	0.525±0.136	0.515±0.104	0.664
MPW	0.101±0.020	0.101±0.026	0.957

Values are Mean±SD. Statistical significance test was done by paired t-test. T1 : Time to main peak. T2 : Time to pre-dicrotic valley. T3 : Time to pre-dicrotic peak. T4 : Time to descending valley. T5 : Time to dicrotic peak. T : Total time. MPW : Wdtn of main peak

### 6. 침자극 전후의 관부 맥파면적 및 맥파각 관련 변수의 변화

사관혈 침자극 후에 파의 총면적(At), 주파 면적(Aw), 이완기 면적(Ad), 주파각(MPA)이 줄어드는 경향을 보였으나 수축기 면적(As)은 증가하는 경향을 보였다(Table 6).

Table 6. The changes of pulse wave area in Guan before and after acupuncture treatment

Variables	Acupuncture		p-value
	before	after	
At	10249.10±2381.07	9693.35±2653.39	0.370
Aw	1001.20±213.68	926.40±213.16	0.125
As	80.10±4.01	81.30±3.90	0.215
Ad	19.90±4.01	18.70±3.90	0.215
MPA	24.48±11.65	25.59±11.12	0.600

Values are Mean±SD. Statistical significance test was done by paired t-test. At : Total area. Aw : Area of main peak. As : Ratio of systolic period area. Ad : Ratio of diastolic period area. MPA : Angle of main peak.

7. 침자극 전후의 시간영역에서 심박변이도의 변화

심박수 변이도 분석 중 시간영역분석 결과, 기록 시간 동안 평균 심박동수를 의미하는 Mean HRT는 사관혈 침자극 후에 유의성있게 감소하였고, 전체 RR 간격의 표준편차를 의미하는 SDNN 값은 증가하였으나 통계적 유의성은 없었다. 인접한 RR 간격의 차이를 제곱한 값의 평균의 제곱근인 RMSSD 값은 사관혈 침자극 후에 유의성 있게 증가하였다(Table 7).

Table 7. The changes of heart rate variability before and after acupuncture treatment by time domain analysis

	Acupuncture		p-value
	before	after	
Mean HRT	72.00±9.73	68.23±9.32	<0.001
SDNN	40.22±15.40	43.65±17.74	0.161
RMSSD	36.11±21.66	43.21±26.07	0.008

Values are Mean±SD. Statistical significance test was done by paired t-test. Mean HRT : Mean heart rate, SDNN : The standard deviation of all normal RR intervals. RMSSD : The root mean square of successive differences between the normal heart beats.

8. 침자극 전후의 주파수영역에서 심박변이도의 변화

심박수 변이도 분석 중 주파수영역분석 결과, 사관혈 자침 후에 자율신경계의 전체적인 활동을 반영하는 TP는 증가하는 경향을 보였으며, 사관혈 자침 후 자율신경계 활동 중 주로 교감신경계의 영역을 반영하는 LF는 감소하는 경향을 보였으나 통계적 유의성은 없었다. 자율신경계 중 주로 부교감신경계의 활동을 의미하는 HF는 유의성 있게 증가하였다. 자율신경계 중 교감신경계의 활동도에 비례하는 LF/HF ratio는 감소하는 경향을 보였다 (Table 8).

Table 8. The changes of heart rate variability before and after acupuncture treatment by frequency domain analysis

	Acupuncture		p-value
	before	after	
TP	6.96±0.69	7.03±0.67	0.637
LF	5.66±0.98	5.65±0.77	0.950
HF	5.52±0.89	5.91±0.93	0.012
LF norm	52.76±20.13	44.26±17.84	0.076
HF norm	47.24±20.13	55.72±17.84	0.076
LF/HF ratio	1.69±1.56	1.04±0.89	0.084

Values are Mean±SD. Statistical significance test was done by paired t-test. TP : Total power. LF : Low frequency power. HF : High frequency power. LF Norm : Normalized Low frequency power. HF Norm : Normalized High frequency power

Table 9. Correlation coefficient between pulse wave variables in Guan and variables of heart rate variability.

	H1	Energy
SDNN	-0.080(p=0.738)	-0.234(p=0.321)
RMSSD	0.292(p=0.212)	0.219(p=0.353)
TP	-0.097(p=0.685)	-0.128(p=0.592)
HF	0.028(p=0.908)	0.013(p=0.958)
LF	-0.248(p=0.291)	-0.008(p=0.973)

SDNN : The standard deviation of all normal RR intervals. RMSSD : The root mean square of successive differences between the normal heart beats. TP : Total power. LF : Low frequency power. HF : High frequency power

9. 맥파에서 주파폭(H1)과 에너지의 변화와 심박변이도 변수들의 변화의 상관계수

맥파에서 주파폭(H1)과 에너지의 변화와 심박변이도 변수들 사이의 상관관계를 확인해 본 결과 맥파의 변화와 심박변이도의 변화 사이에 상관관계가 없었다(Table 9).

고찰

脈診은 望聞問切의 四診중 切診의 하나로서 한의학에서 가장 특색 있는 진단방법중의 하나이다. 經脈은 氣血運行的 도로이고 氣血之部이며 心이 주관하고 있으므로 맥진을 통하여 환자의 氣血盛衰와 병의 順逆과 進退를 관별할 수 있게 된다<sup>10)</sup>. 『素問·脈要精微論』에서 “長則氣治 短則氣病 代則氣衰 大則病進”이라고 하였는데<sup>11)</sup>, 이는 脈象의 長短·大小 등에 따라 인체 정기의 정황을 분석할 수 있으며 동시에 질병의 성질도 이해할 수 있음을 설명한 것이다. 또한 맥을 통하여 表裏, 寒熱, 虛實을 변별할 수 있는데 浮脈은 表證을 주하고, 沈脈은 裏證을 주하며, 數脈은 熱證을 주하고, 遲脈은 寒證을 주하며, 實脈은 實證을 주하고, 虛脈은 虛證을 주하게 된다<sup>10)</sup>.

이와 같이 맥진을 통해 질병의 원인과 자료를 수집하여 종합적 분석을 통해, 이를 토대로 치료원칙과 구체적 치료 방법을 확정하는 근거들을 마련하게 된다. 그러므로 맥진은 한의학의 이론체계와 임상에서 매우 중요한 자리를 차지하고 있으며, 한의학의 형성과 더불어 출현하여 발전하였다<sup>12)</sup>.

이러한 맥진은 한의사의 주관적인 감각에 의해서 이루어지며 경험적이기 때문에 객관화에 한계가 있다. 이러한 手技에 의한 診脈의 단점을 보완하기 위하여 맥진기가 개발되어 이용되고 있다. 맥진연구의 신뢰성을 확보하기 위해서는 재현성과 한의학적 타당성을 갖춘 맥진기의 확보가 중요하다. 이를 위해 자체 제작한 氣口人迎比較脈의 측정 장치를 활용한 氣口人迎脈의 재현성 및 手技脈診과의 비교를 한 연구<sup>13)</sup>, 자체개발한 압력식 맥진기를 이용하여 부침맥, 대소맥, 허실맥을 압력에 따른 맥압의 진폭유형 변화로 해석한 연구<sup>14)</sup>, 諸脈體狀을 물리량으로 표현한 연구<sup>15)</sup>, 맥진기를 이용해 부맥과 침맥을 표현한 연구<sup>16)</sup> 등은 맥진기의 한의학적인 타당성과 신뢰성 확보를 위해 노력한 연구들이었다. 그러나 대부분의 연구들이 시제품이 아니라 연구단계의 기기들로 향후 연구해야 할 주제를 제시하고 기기의 재현성과 한의학적 타당성을 확보하기 위한 노력들이었다고 할 수 있다.

기기의 재현성과 한의학적 타당성을 확보하기 위한 이상적인 맥진기는 첫째 加壓力과 脈壓의 두 가지를 모두 측정할 수 있어야 하며, 둘째 脈幅과 脈長을 측정을 위해서 센서가 피의 형태를 가지고 있거나 센서가 자유롭게 이동할 수 있어야 하며, 셋째 원 파형을 그대로 출력해 줄 수 있어야 하며, 넷째 센서를 정확한 맥동 부위에 위치시킬 수 있어야 하며, 다섯째 신호 검출의 재현성이 입증되어야 하며, 여섯째 파형 분류를 위한 충분한 기초연구가 뒷받침되어야 한다<sup>3)</sup>. 이번 연구에 사용한 맥진기는 이러한 여섯 가지 조건에 근접한 맥진기라고 할 수 있는데 로봇기술을 응용하여 자동으로 맥파의 박동처를 찾아서 입력을 가하고, 이에 따라 변화하는 맥압 역시 자동으로 측정할 수 있도록 설계되었다. 그리고 이전 연구들에서 지적된 맥진기의 재현성 부족을

해결하기 위해 Gage R&R 방법을 사용하여 측정시스템의 반복성과 재현성을 검증하였다. 이 방법은 반복 측정된 평균값의 차이가 10%이하일 경우에는 A등급, 10-30%일 경우에는 B등급으로 평가되는데, 본 기기는 10명의 피험자를 4회 반복 측정된 결과 10-30%의 평균값 차이를 보여 B등급으로 평가되었으며 2회와 3회 각각의 측정결과는 5-11%로 A등급으로 평가되어 맥파가 재현성 있게 검출됨을 검증하였다<sup>5)</sup>. 또한 이 등<sup>17)</sup>은 이 기기를 이용하여 한의사의 脈診결과와 맥진기의 脈波 변수의 상관성을 분석하고 이를 浮沈, 遲數, 大細, 長短 등으로 표현하고자 하였으며, 이 연구에서도 浮沈, 遲數, 虛實 등 한의사의 진맥 내용을 적절하게 반영하고 있음이 확인되었다.

심박변이도(Heart Rate Variability, HRV) 분석방법은 교감-부교감 신경의 균형 상태를 평가하는 신뢰성과 재현성이 높은 비침습적인 자율신경계 기능 평가 방법<sup>18)</sup>으로 침자극 분야에서도 침자극 후 자율신경계의 활동변화를 관찰하여 연구에 활용하고 있다<sup>2)</sup>. 정상인은 안정 상태에서도 심장의 박동과 박동간의 간격(R-R interval)의 미세한 변화가 관찰되는데, 심장의 박동은 끊임없이 변화하고 체내의 환경에 대해 항상성 유지를 위한 인체의 조절기능을 하며, 이는 동방결절에 대한 자율신경계의 조절작용 및 동방결절의 자발적 흥분에 의해 결정된다<sup>18,19)</sup>. 동방결절에 대한 교감신경과 부교감신경의 길항작용으로 조절되는 심박변동을 power spectrum으로 분석하여 자율신경계인 교감신경과 부교감신경간의 조절작용 및 활성도를 비침습적이고 정량적으로 평가할 수 있고, 심신상태의 변화에 신속하게 대항할 수 있는 특성을 평가할 수 있는 정보를 제공한다<sup>20)</sup>.

심박변이도 측정으로 자율신경계에 대한 진단에 응용되는 수치는 심박변동의 Power spectrum 분석을 통하여 얻은 고주파 전력(high frequency; 0.15-0.4 Hz), 저주파전력(low frequency; 0.04-0.15 Hz), 초저주파전력(very low frequency; 0.0033-0.04 Hz)이다. 그 중에서 HF는 부교감신경계의 활동을 반영하고, LF는 교감신경계의 활동을 반영한다. 또한 LF/HF 비율은 교감 미주 신경의 균형을 나타내는데 사용된다<sup>21)</sup>.

시간영역지수(time domain index)로는 SDNN(the standard deviation of all normal RR intervals), RMSSD(the root mean square of successive differences between the normal heart beats)가 있는데 심박변이도 측정용 맥파계인 SA-3000P에서는 SDNN은 복잡도에 해당하며, 심장의 내재능력을 반영하는 수치로 생각하면 되고, RMSSD는 안정도에 해당하며 심장의 부교감 신경성 조절을 측정하는 지수가 된다<sup>22)</sup>.

그리고 자율신경계의 활동도는 피검자의 상태나 외부환경<sup>23)</sup>, 일주시간<sup>24)</sup> 및 검사자의 성별, 인종, 자세, 호흡수, 당뇨 등 각종 질환<sup>25)</sup>에 따라 민감하게 변화할 수 있으므로 정확하고 신뢰성 있는 측정 방법이 중요하다.

이번 연구에서 침자극 경험로서 선택한 四關穴의 合谷과 太衝은 각기 수족의 수근중수관절과 족근중족관절의 지골부위에 위치하고 있으며, 兩穴의 주위에는 많은 혈관과 신경들이 분포되어 있어 대뇌피질의 기능을 조정하고 치료하는 중요한 작용을 하고 臟腑, 四肢, 頭眼面, 五官疾患 및 全身性疾病과 救急穴로서

응용이 되고 있다<sup>25)</sup>.

본 연구결과 침자극 후에 심박동수가 유의하게 감소하였으며, 최고혈압과 최저혈압은 침자극 후에 유의하게 상승하였다. 체온은 침자극 후에 변하지 않았다.

총부의 맥압과 관련된 변수를 보면 침자극 후에 에너지는  $660.55 \pm 195.58$ 에서  $610.05 \pm 156.30$ 으로 줄어드는 경향을 보였으나 유의성은 없었다. 에너지는 5개의 압저항 센서에서 측정된 맥파형의 전체 면적을 계산한 값이다. 좌심실의 수축에 의해 주파(H1)가 발생하며 이는 좌심실의 射血능력과 大動脈의 탄성도를 나타내는데<sup>26,27)</sup> 본 연구에서는 침자극 후에 H1은  $196.80 \pm 54.30$ 에서  $180.95 \pm 44.16$ 으로 감소하는 경향을 보였다. 動脈을 따라 이동하던 압력파에 혈관의 단면적 변화 또는 혈관벽의 탄성도 변화로 인하여 생성된 반사파의 영향이 중첩됨으로 인해 증박전파협곡(H2)과 증박전파(H3)가 발생하며 이는 혈관의 탄성도를 나타낸다<sup>26,27)</sup>. 본 연구에서는 침자극 후에 H2는  $80.70 \pm 25.78$ 에서  $79.20 \pm 30.90$ 으로 감소하는 경향을 보였으며, H3은 경우 검사결과 대부분 0이 나왔으며 2명의 실험자들이 침자극 후에 값이 증가하였다. H3의 경우 동맥혈관이 管壁收縮이나 경화로 장력이 높아지거나 外周抵抗이 높아지면 측정값이 올라가게 되는데<sup>26,27)</sup> 본 연구에서는 실험자들이 20대의 젊고 병력이 없는 사람들이어서 침자극 전에 모든 실험자들의 H3값이 0이 나온 것으로 사료된다. 수축기 끝부분에서 大動脈瓣이 닫히는 시점에 감중협곡(H4)이 발생하며 이의 상승은 혈관의 말초저항이 커지는 것을 의미하는데<sup>26,27)</sup> 본 연구에서는 침자극 후에 H4가  $26.09 \pm 13.40$ 으로 약간 감소하는 경향을 보였으나 통계적 유의성은 없었다. 大動脈瓣이 닫힘으로 인해 증박과(H5)가 형성되며 H5가 감소하거나 0 가까이 되면 대동맥판 개폐 기능의 이상을 나타낸다고 알려져 있다<sup>26,27)</sup>. 본 연구에서는 침자극 후에 H5가  $21.44 \pm 13.50$ 에서  $16.44 \pm 10.62$ 으로 유의하게 감소하였다.

T1에서 T5는 H1에서 H5의 소요시간으로 각각 대응되며, 맥동주기(T)는 동맥내 압력상승 시점부터 초기화되기까지의 소요된 총시간이고 T-T4는 이완기에 걸리는 시간이다. 급성사혈기(T1), 증박전파협곡시간(T2), 증박과 시간(T5), 맥동주기(T), 이완기 시간(T-T4)는 침자극 후에 줄어드는 경향을 보였다. T3는 H3의 값이 대부분 0이기에 대부분의 값이 0이 나왔다. 그러나 침자극 후에 심장의 수축기 시간인 T4는  $0.357 \pm 0.018$ 에서  $0.365 \pm 0.025$ 으로 늘어나는 경향을 보였다. 정상 심장박동에서 수축기와 이완기의 비는 2.3이며 심박수가 증가하면 그 비는 크게 되는데<sup>26)</sup> 본 연구에서 침자극 후에 심박수의 증가로 인하여 맥동주기(T)가 짧아졌으며 수축기와 이완기의 비가 증가하였다.

총부의 맥파면적 및 맥파각 관련 변수의 변화를 보면 맥파의 시작점에서 맥파 끝점까지의 맥파의 총면적인 At는 침자극 후에  $10249.10 \pm 2381.07$ 에서  $9693.35 \pm 2653.39$ 으로 감소하는 경향이 있으나 통계적으로 유의성은 없었다. 주파내비 시간 동안의 면적인 Aw는 본 침자극 후에  $1001.20 \pm 213.68$ 에서  $926.40 \pm 213.16$ 으로 유의성 있게 감소하였다. 총면적에서 수축기면적이 차지하는 비율인 수축기면적비 As는  $80.10 \pm 4.01$ 에서  $81.30 \pm 3.90$ 으로 유의성 있게 증가하였으나, 총면적에서 이완기면적이 차지하는 비

율인 이완기면적비 Ad는  $19.90 \pm 4.01$ 에서  $18.70 \pm 3.90$ 으로 유의성 있게 감소하였다. 주파 최상단과 주파 너비 양끝을 이은 선의 상부 각도 MPA는  $24.48 \pm 11.65$ 에서  $25.59 \pm 11.12$ 으로 유의성 있게 증가하였다.

심박변이도에서 사용하는 수치는 시간범위분석으로 평균 심박수(Mean HRT), SDNN, RMSSD를 이용한다. 평균 심박수는 사관혈 침자극 후에  $72.00 \pm 9.73$ 에서  $68.23 \pm 9.32$ 으로 통계적으로 유의하게 감소하였다. SDNN은 전체 RR 간격의 표준편차로서 자율 신경계의 전반적인 상태에 대해 알려주며 수치가 낮을 경우 건강 상태의 악화 및 만성 질환을 가지고 있을 가능성을 시사한다. 본 연구에서는 사관혈 침자극 후에 SDNN이  $40.22 \pm 15.40$ 에서  $43.65 \pm 17.74$ 으로 증가하는 경향을 보였으나 통계적 유의성은 적었다. RMSSD는 인접한 RR간격의 차이를 제곱한 값의 평균의 제곱근으로 심장에 관여하는 자율 신경 중 부교감 신경의 활동을 평가하고자 할 때 가장 흔하게 이용된다. 본 연구에서는 사관혈 침자극 후에 RMSSD는  $36.11 \pm 21.66$ 에서  $43.21 \pm 26.07$ 으로 통계적으로 유의성 있게 증가하였다. 이는 침자극 후에 심장에 관여하는 자율신경계 중 특히 부교감신경계의 활동성이 증가하였다는 것을 의미한다. 또한 이러한 결과들은 곽 등<sup>2)</sup>의 기존의 연구와 일치된다.

건강인의 심박수 변이도검사중 주파수영역분석 결과 교감신경계의 활동과 함께 자율신경계의 전체적인 활동을 반영하는 TP(Total power)는 침자극 후에  $6.96 \pm 0.69$ 에서  $7.03 \pm 0.67$ 으로 증가하는 경향을 보였다. LF는 0.04-0.15 Hz의 low frequency로 임상적용은 논쟁의 여지가 있으나 주로 심장의 동방결절에 대한 교감신경의 조절에 작용한다고 알려져 있으며, 본 연구에서는 침자극 후에  $5.66 \pm 0.98$ 에서  $5.65 \pm 0.77$ 로 변화하였다. 0.15-0.4 Hz의 high frequency로 부교감 신경의 활동성 지표로 알려져 있는 HF는 침자극 후에  $5.52 \pm 0.89$ 에서  $5.91 \pm 0.93$ 로 유의성 있게 증가하였다. Normalized LF와 Normalized HF는 전체를 100으로 했을 때 LF가 차지하는 비율이나(norm LF) HF가 차지하는 비율(norm HF)를 의미하는데 LF/HF ratio와 함께 교감 신경과 부교감 신경 간의 균형을 평가하는데 중요한 지표이다. 침자극 후에 norm LF는 감소하였으나 norm HF는 증가하는 경향이 있었다. LF/HF ratio는 교감미주 균형을 나타내는데 사용되고 교감신경의 활동도에 비례하고 부교감 신경의 활동도에 반비례하는데 침자극 후에  $1.69 \pm 1.56$ 에서  $1.04 \pm 0.89$ 으로 감소하여 교감 신경의 활성도가 감소하는 경향이 있는 것으로 나타났으나 통계적 유의성은 적었다. 이러한 결과들로 침자극이 부교감신경의 활성도를 증가시켜 준다고 생각할 수 있다.

이상과 같이 건강한 성인에게 침자극을 한 이후에 맥파 및 자율신경의 변화를 관찰한 결과 몇 가지 유의한 결과를 확인할 수 있었다. 또한 맥진기의 많은 변수들이 통계적 유의성을 확보하지는 못했지만 맥의 浮沈遲數에서는 큰 변화가 없는 것을 확인할 수 있었다. 향후 연구에서는 적절한 피험자 수의 확보가 된다면 침자극이 맥에 미치는 영향에 대해서 더욱 좋은 결과를 얻을 수 있을 것으로 사료된다. 또한 본 연구에서는 변수들을 줄이기 위하여 침자극 이후에 關部의 맥파만을 분석하였으나 寸部와

尺部の 맥파 분석을 함께 진행하여 연구할 필요가 있겠다. 그리고 연구 진행시 맥진에 영향을 미칠 수 있는 환경적인 요인 및 인체 내부의 다양한 요인들을 더욱 철저히 통제된 후에 연구를 시행한다면 더욱 좋은 결과가 나올 수 있을 것으로 기대가 된다.

## 결론

건강한 성인에게 四關穴에 침자극을 15분간 한 후에 어레이 압자항식 맥진기를 이용하여 관부의 맥파와 심박변이도를 측정 한 결과 다음과 같은 결과를 얻을 수 있었다.

심박동수는 유의하게 감소하였고 수축기 혈압 및 이완기 혈압은 유의하게 상승하였으며 체온은 변화가 없었다. 20명중 16명은 대표맥상이 변하지 않았으며, 3명은 대표맥상은 변하였으나 浮脈 소견은 유지되었다. 맥파변수 중 맥압 관련 변수들과 맥파 시간 관련 변수들은 침자극 후에 줄어드는 경향을 보였으나 통계적 유의성은 없었으며, 중박파폭(H5)은 유의하게 감소하였다.

심박변이도 변수 중 SDNN, LF, LF/HF 등은 줄어드는 경향을 보였고, TP는 증가하는 경향을 보였으나 통계적 유의성은 없었으며, RMSSD, HF는 유의하게 증가하였다. 이상의 결과로 볼 때 침자극은 맥파변수에 영향을 거의 미치지 않으며, 심박변이도 변수에는 부교감신경의 활성도를 증가시킨다는 결론에 이르렀다.

## 참고문헌

1. 니시조 카즈시, 쿠마자와 타카오 저, 조기호, 이재동 역. 과학적인 침구임상. 서울, 군자출판사, pp 75-342, 2005.
2. 곽창규, 손은혜, 이의주, 고병희, 송일병, 황욱. 침자극 후 사상체질별 자율신경활동의 변화에 대한 연구. 사상체질의학회지 16(3):76-84, 2004.
3. 김종열, 김경요, 고기덕. 맥진기의 문제점과 개선방안에 대한 연구. 대한한의진단학회지 3(1):28-36, 1999.
4. 윤영준. 맥진기 제작과 맥파 분석. 서울대학교 석사논문, 2000.
5. Yujung Lee, Haejung Lee, Siwoo Lee, Jongyeol Kim. The Process of Clinical Test in Pulse Analyzer. The international conference on oriental medicine. pp 62-65, 2005.
6. 손영주, 정혁상, 구자승, 원란, 김용석, 박영배, 손낙원. 환취의 족삼리 및 태충 전침자극에 따른 뇌대사활성의 변화. 대한침구학회지 19(1):159-174, 2002.
7. Haker, E., Egekvist, H., Bjerring, P. Effect of sensory stimulation(acupuncture) on sympathetic and parasympathetic activities in healthy subjects. Journal of the Autonomic Nervous System 79: 52-59, 2000.
8. 이태영, 김영안, 이광규, 육성원, 이창현, 이상룡. 내관 전침자극이 뇌파에 미치는 영향. 대한침구학회지 19(3):26-40, 2002.
9. Baharav, A., Kotagal, S., Gibbons, V., Ruvim, B.K., Pratt, G., Karin, J., Akselrod, S. Fluctuations in autonomic nervous

- activity during sleep displayed by power spectrum analysis of heart rate variability. *Neurology* 45(6): 1183-1187, 1995.
10. 채우양. 한의학개론. 서울, 대성문화사, pp 309-315, 1997.
  11. 翻譯 이경우. 黃帝內經素問1. 서울, 여강출판사, p 402, 1999.
  12. 백정의. 맥진의 기원과 내경의 맥진에 관한 연구(I). 대한한 의진단학회지 2(1):225-248, 1997.
  13. 전용석, 채우석, 조명래, 소철호, 최찬현, 장경선. 기구인영비 교맥법에 대한 수기맥진과 기기측정치의 상관성 연구. 동의 생리병리학회지 16(1):201-208, 2002.
  14. 윤영준, 정현민, 신학수, 조정현, 소광섭, 정찬길, 소경순. 압 력에 따른 맥파의 진폭 특성-부, 침, 대, 소, 허, 실의 계량화. 새물리, 40(5):494-498, 2000.
  15. 백광철. 제맥체상의 새로운 해석-회수식 맥진법이란. 대한맥 진학회지 3: 5-17, 1998.
  16. Kang, H.J., Kim, J.Y., Lee, S.W., Lee, Y.J., Lee, H.J. A study on the pulse diagnosis of the floating and sinking pulse with new developed pulse analyzer. The 13Th international congress of oriental medicine. p 147, 2005.
  17. 이시우, 주종천, 김경요, 김종열. 어레이 압저항 센서를 활용 한 체질맥 임상연구. 사상체질의학회지 18(1):118-131, 2006.
  18. Kamath, M.V., Fallen, E.L. Power spectral analysis of heartrate variability: a noninvasive signature of cardiac autonomic function. *Crit Rev Biomed Eng* 21(3):245-311, 1993.
  19. Cowan, M.J. Measurement of heart rate variability. *West J Nurs Res* 17(1):32-48, 1995.
  20. 남동현, 박영배. 연령별 맥박변이도 표준화에 관한 연구. 대 한한의진단학회지 15(2):331-349, 2001.
  21. Task Force of the European Society of Cardiology and the North American Society of Pacing and Electrophysiology. Heart rate variability. Standard of measurement, physiological interpretation, and clinical use. *Eur Heart J* 17(3):354-381, 1996.
  22. 김정신, 황욱, 배기태, 남상수, 김용석. 소부자침이 정신적 스 트레스를 가한 성인의 심박변이도에 미치는 영향. 대한침구 과학회지 10: 227-239, 2004.
  23. 전중선, 전세일, 조경자, 진미령, 김태선, 김덕용, 안준, 정기 삼, 신근수, 이명호. 심박변동의 Power Spectrum 분석에 의 한 정상 성인의 자율신경기능 평가. 대한재활의학회지 21(5): 928-935, 1997.
  24. Wennerblom, B., Lurje, L., Karlsson, T., Tyquesen, H., Vahisalo, R., Hjalmarson, A. Circadian variation of heart variability and the rate of autonomic change in the morning hours in healthy subjects and angina patients. *Int J Cardiol* 79(1):61-69, 2001.
  25. 이종석, 고동균, 김장환. 사관혈에 대한 근거 및 임상적 의의. 대한침구학회지 9(1):109-117, 1992.
  26. 이봉교. 맥진 현대화의 이론과 실제. 서울, 성보사, pp 212-240, 2003.
  27. 費兆馥, 張志楓. 中醫脈診的圖象化和定量化. 自然雜誌 17(5): 27-32, 1995.