

펜타입 압저항 센서를 활용한 연령별 맥파 특성 및 맥파의 대사증후군에의 적용 가능성 평가

하예진¹, 조문영¹, 윤종민¹, 전규상², 박수정³, 신선호¹

¹원광대학교 한의과대학 내과학교실, ²원광대학교 한의과대학 재활과교실, ³원광대학교 한의과대학 사상체질과교실

Characteristics of Pulse Waves in Various Age Categories and Applicability of Pulse Wave to Metabolic Syndrome Using Pen-type Piezoresistive Sensor

Ye-jin Ha¹, Mun-young Cho¹, Jong-min Yun¹, Kyu-sang Jun², Soo-jung Park³, Sun-ho Shin¹

¹Dept. of Internal Medicine, College of Oriental Medicine, Won-Kwang University

²Dept. of Rehabilitation Medicine, College of Oriental Medicine, Won-Kwang University

³Dept. of Sasang Constitutional Medicine, College of Oriental Medicine, Won-Kwang University

ABSTRACT

Objectives : The purpose of this study was to confirm that the pulse analyzer is useful for analyzing characteristics of variables of pulse waves in age categories, evaluating pulse waves of the metabolic syndrome group, compared with those of the non-metabolic syndrome group in Korean adults.

Methods : The pulse wave variables were measured in *Guan* of all 1,056 subjects by the pulse analyzer, using a pen-type piezoresistive sensor. The physical measurement, blood test and survey were also performed by each subject.

Results : In the age categories, height of pre-incisura (h2), height of tidal wave (h3), area of percussion wave (Aw), and width of percussion wave (w) increased in accordance with increase in age. While ratio of systolic period area (As) went up according to the increase of age, ratio of diastolic period area (Ad) went down. Radial augmentation index (R-AD), h2/h1, h3/h1, w/t and angle of percussion wave went up by aging, generally. Aw rate (Aw/At) also increased.

Among the metabolic syndrome group, in the ages of 19 and 44, ratio of systolic period area (As) was higher and ratio of diastolic period area (Ad) was lower than in the non-metabolic group. w/t, Aw/At, and angle of percussion wave were higher than in the non-metabolic syndrome group. Among the metabolic syndrome group over the age of 60, height of pre-incisura (h2), height of tidal wave (h3), total area (At), area of percussion wave (Aw), radial augmentation index (R-AD), h2/h1 and h3/h1 were higher than in the non-metabolic syndrome group.

Conclusions : The pulse analyzer is useful to analyze arterial stiffness in the age categories and in the metabolic syndrome group by some measures.

Key words : pulse wave, age categories, metabolic syndrome, pen-type piezoresistive sensor

1. 緒 論

脈診이란 한의학의 望, 聞, 切의 四診 중 切診에 해당하는 것으로 脈의 생리와 병리에 근거하여 환자의 건강상태를 진단하는 방법이다¹. 현재

· 교신저자: 신선호 전북 전주시 덕진동2가 142-1번지
원광대학교 전주한방병원 심계내과학교실
TEL: 063-270-1013 FAX: 063-270-1594
E-mail: shshin@wonkwang.ac.kr

임상적으로 활발히 응용되고 있는 寸口脈診은 橈骨動脈의 박동처를 寸, 關, 尺으로 나누어 脈을 진단하는 방법으로 素問, 靈樞를 근거로 하여, 難經에서 寸口脈診의 기본 형태인 寸關尺 三部分診法과 浮中沈 九候脈診法을 제시하였다²⁻⁵. 關은 高骨 바로 위에 위치하여 진맥 시 寸과 尺의 위치를 정하는 기준이 되는 부위이다. 寸, 尺에 비해 맥압이 세서 측정이 용이하며 맥압 측정의 재현성이 높아 맥진기 적용에 적합한 부위이다^{6,7}.

脈診과 관련하여 객관적인 데이터를 얻고자 하는 노력이 있었으며 다양한 형태의 맥진기가 개발되었다. 특히 센서와 관련하여 압전센서, 광센서, 자성박막 등 소재별 센서 개발과, 센서의 배열과 관련한 어레이 센서가 개발되어 맥의 위치 및 형태를 파악하기가 용이해졌다⁸. 또한 맥파의 기록과 관련하여 원형 맥파를 그대로 기록하는 비분과형 맥파와 맥압 변화율을 정확하게 관찰할 수 있는 미분과형 맥파를 모두 기록하게 되어 맥진의 정량화에 기여하게 되었다⁹. 최근 개발된 압저항 센서를 활용한 맥진시스템은 센서가 5개의 셀로 구성되어 있으며, 각각의 셀이 가압 및 맥파를 측정한다. 이에 기존의 맥진기가 얻지 못한 맥상 및 맥의 파형을 얻고 맥의 적절한 위치를 찾는 데에 용이하다¹⁰. 재현성과 관련하여 Gage R&R 방법으로 검증한 결과 피험자를 대상으로 4회 반복 측정 한 결과 B등급으로, 2, 3회 반복 측정 결과 A등급으로 평가되어 측정능력이 양호한 것으로 알려져 있다¹¹.

압저항 센서를 활용한 맥진시스템은 연령의 증가 및 성인병과 밀접한 관련이 있는 동맥경화 평가에 활용할 수 있다. 연령의 증가는 혈관 두께, 혈관 경화도의 증가를 야기하는데 심장 박동으로 인한 주기적인 혈관의 변형은 내막 두께를 증가시키고 내탄성판의 단편화(fragmentation)를 일으킨다^{12,13}. 이러한 동맥경화는 좌심실의 후부하를 증가시켜 심질환, 고혈압 등의 발생에 영향을 미친다¹⁴. 맥파에 대해서도 직접적으로 영향을 미쳐 말초 혈

관에서 발생한 반사파를 빠르게 되돌아오게 하여 파의 위치를 확장기로부터 수축기 쪽으로 이동하게 하고, 맥압을 증가시키고 맥파의 속도를 빠르게 하여 이차적으로 면적 변수를 증가 시킨다¹⁵.

대사증후군은 한 개인에서 대사성 위험인자들이 집중되어 있는 상태로 추후 2형 당뇨병 및 심혈관 질환의 발생 가능성이 높은 상태를 말한다¹⁶. 대사증후군의 유병율은 꾸준히 증가하여 최근 미국 전체 인구의 23.7%, 60세 이상의 인구의 43.5%에 해당한다는 보고가 있다¹⁷. 우리나라의 경우에도 2003년 현재 유병율이 24.8%로 보고된 바가 있어 이에 대한 조기 진단 및 관리가 필요한 실정이다¹⁸. 대사증후군은 인슐린에 의해 조절되는 대사 경로의 이상으로 발생한 것으로 알려져 있으며¹⁹, 맥파 속도 측정 연구를 통해 각각의 대사증후군 요소가 동맥경화와 관련이 있을 뿐 아니라 구성 요소들 사이에 상호 상승작용을 통해 관련이 있음이 밝혀졌다²⁰⁻²⁴.

이에 본 연구에서는 압저항 센서를 활용하여 피험자의 關을 측정하고, 연령에 따른 맥파 특성을 파악하며, 연령 집단별 대사증후군의 평가에 맥파 적용의 가능성을 제시함으로써, 동맥경화(arteriosclerosis) 및 대사증후군의 조기진단과 조기관리에 기여하고자 하였다.

II. 對象 및 方法

1. 대 상

본 연구는 2011년 9월 20일 부터 2011년 12월 31일까지 원광대학교 전주한방병원에 한방 건강 검진을 위해 내원한 피험자 중 신체 측정, 혈액 검사, 설문, 맥파 검사를 모두 시행한 1,056명을 대상으로 수행하였다. 의사소통과 설문이 불가능한 경우, 10세 미만, 80세 초과인 경우는 대상자에서 제외되었다. 본 연구는 원광대학교 전주한방병원 임상시험심사위원회의 심의 후 승인을 받아 진행하였다.

2. 방법

1) 검사 측정 방법

피험자는 맥파 검사 전에 신체 측정에서 키, 몸무게, 허리둘레, 체온, systolic blood pressure(SBP), diastolic blood pressure(DBP)를 측정하였으며 혈액 검사를 공복 시에 시행하였다. 고혈압, 당뇨병, 고지혈증의 진단 및 치료 여부 등 일반적인 정보 분석을 위한 설문지를 작성하였다.

피험자는 맥파 검사를 위해 15분 동안 충분한 안정을 취했으며 맥진기 측정은 앉은 상태에서 왼쪽 손목 關部를 측정하였다. 맥진기는 DMP-1000 plus[®]((주)대요메디, 한국)를 이용하였으며 시술자가 關의 대략적인 위치를 정하여 센서를 위치시키면 센서를 통해 맥파가 감지된다. 충격파(percussion wave)가 가장 크게 잡히는 곳을 대표맥으로 추출하여 맥파 분석을 시행하였다.

2) 대사증후군의 진단

대사증후군의 진단은 International diabetes federation(IDF) definition을 기준에 따라 필수 항목을 만족하고 기타 항목 중 2가지 이상을 만족하는 경우 대사증후군으로 진단하였다. 신체 측정에서 허리둘레, SBP, DBP 및 body mass index(BMI)를 얻었고, 혈액 검사에서 high density lipoprotein(HDL) cholesterol, triglyceride(TG), fasting glucose를 얻었으며, 설문문을 통해 고혈압, 고지혈증, 당뇨병 진단 및 치료 여부를 파악하였다.

IDF definition에 따른 대사증후군 기준은 다음과 같다²⁵.

(1) 필수 항목

Waist circumference ≥ 90 cm (men), ≥ 80 cm (women) 단, BMI > 30 kg/m²인 경우 복부비만으로 간주

(2) 기타 항목

① Fasting glucose ≥ 100 mg/dL, 혹은 2형 당뇨병을 진단 받은 경험이 있음.

② SBP ≥ 130 mmHg, 혹은 DBP ≥ 85 mmHg 혹은 고혈압 관련 치료를 받은 경험이 있음.

③ TG ≥ 150 mg/dL인 경우 혹은 관련 치료를 받은 경험이 있음.

④ HDL cholesterol < 40 mg/dL(men), < 50 mg/dL(women) 혹은 관련 치료를 받은 경험이 있음.

3) 맥파 분석변수

분석변수는 총 30개를 분석하였다. 분석변수에는 맥압과 관련한 변수, 시간과 관련한 변수, 면적과 관련한 변수가 있으며 이러한 변수를 수식으로 처리한 이차변수가 있었다.

(1) 맥압과 관련한 분석변수

① Energy : sum of pulse pressure, 맥압 총합 5개 센서의 충격파 높이의 합계

② h1 : height of percussion wave, 충격파 높이

③ h2 : height of pre-incisura, 전절흔 높이

④ h3 : height of tidal wave, 조랑파 높이

⑤ h4 : height of incisura, 절흔 높이

⑥ h5 : height of dicrotic wave, 중복파 높이

(2) 맥파 시간과 관련한 분석변수

① t1 : time to percussion wave, 충격파 시간

② t2 : time to pre-incisura, 전절흔 시간

③ t3 : time to tidal wave, 조랑파 시간

④ t4 : time to incisura, 절흔 시간

⑤ t5 : time to dicrotic wave, 중복파 시간

⑥ t-t4 : 총 시간-절흔 시간, 이완기 시간

⑦ t : total time, 총 시간

⑧ w : width of percussion wave, 충격파 폭, 맥파의 최저점에서 충격파의 최고점에 이르는 선의 상부 1/3 지점의 양측 너비

(3) 맥파 면적과 관련한 분석변수

① At : total area, 총 면적

② Aw : area of percussion wave, 충격파 면적, 충격파 폭에 해당되는 시간 동안의 면적

(4) 맥압과 관련한 이차변수

① R-AI : radial augmentation index, 조랑파 높이/충격파 높이 $\times 100$

② h2/h1 : 전절흔 높이/충격파 높이

③ h3/h1 : 조랑파 높이/충격파 높이

(5) 맥파 시간과 관련한 이차변수

- ① t1/t : 충격파 시간/총 시간
- ② t2/t : 전절흔 시간/총 시간
- ③ t3/t : 조랑파 시간/총 시간
- ④ t4/t : 절흔 시간/총 시간
- ⑤ t5/t : 중북파 시간/총 시간
- ⑥ t-t4/t : 총 시간-절흔 시간/총 시간
- ⑦ w/t : 충격파 폭/총 시간

(6) 맥파 면적과 관련한 이차변수

- ① As : ratio of systolic period area, 수축기 면적비, 총 면적에서 수축기 면적이 차지하는 비율
- ② Ad : ratio of diastolic period area, 이완기 면적비, 총 면적에서 이완기 면적이 차지하는 비율
- ③ Aw/At : 충격파 면적 비율, 충격파 면적/총 면적
- ④ Angle of percussion wave : 충격파 각, 충격파의 꼭지점과 충격파 폭의 양 끝단이 만나 이루는 각도

맥파 분석 변수에 대한 그림은 다음과 같다 (Fig. 1).

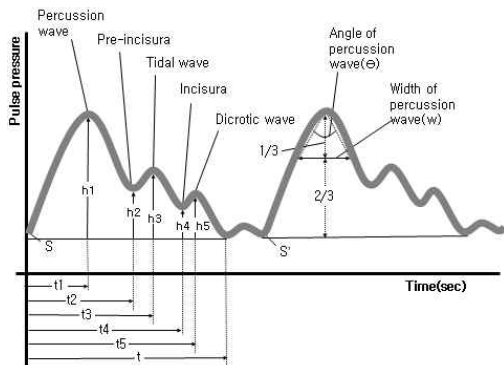


Fig. 1. Naming of pulse wave variables.

*S : start point. *S' : end point.

4) 통계 처리

연령별 맥파 분석은 ANOVA를 적용하였으며, 사후검정은 Duncan 방법을 이용하였다. 대사증후

군과 비대사증후군 간의 맥파 변수 비교에는 t-test를 적용하였다. 모든 통계분석은 SPSS 12.0 for windows를 이용하여 처리하였다.

III. 結果

1. 연령별 맥파 특성

1) 각 연령별 신체 측정 결과 비교

키는 20세 미만이 169.7 cm로 가장 컸으며, 60세 이상이 159.1 cm로 가장 작아 연령 증가에 따라 감소하였다($p<0.05$). 맥박수는 20세 미만이 74.0회/분으로 가장 많았으며 40대에서 67.5회/분, 50대에서 67.0회/분, 60세 이상에서 67.7회/분으로 가장 적어 연령 증가에 따라 감소하는 경향을 보였다($p<0.05$). 체온은 60세 이상, 50대, 40대가 동일한 그룹으로 40대, 30대, 20대, 20세 미만이 동일한 그룹으로 분류되었으며($p<0.05$) 체중은 통계적으로 유의한 차이가 없었다(Table 1).

2) 각 연령별 혈액 검사 결과 비교

BUN은 20세 미만부터 40대까지가 낮게 측정되었으며, 60세 이상에서 15.75 mg/dL로 가장 높아 연령의 증가에 따라 증가했다($p<0.05$). creatinine은 30대에서 0.90 mg/dL, 40대에서 0.89 mg/dL로 낮았으며, 60세 이상에서 0.97 mg/dL로 높았다($p<0.05$). AST는 30대에서 22.55 IU/L로 낮았고, 60세 이상에서 29.05 IU/L로 높았다($p<0.05$). ALP는 20대부터 40대까지가 낮게 측정되었으며 20세 미만에서 106.45 U/L로 가장 높았다($p<0.05$). Total cholesterol은 20세 미만에서 155.53 mg/dL로 가장 낮았고, 50대에서 197.85 mg/dL로 가장 높았으며, LDL cholesterol은 20세 미만에서 89.80 mg/dL로 가장 낮았고, 50대에서 117.78 mg/dL, 60대에서 117.23 mg/dL로 높아 연령의 증가에 비례하여 높아지는 양상을 보였다(각 $p<0.05$). ALT는 유의한 차이가 없었다 (Table 2).

Table 1. Age-specific Physical Characteristics.

	Below 20 (n=66)	20-29 (n=137)	30-39 (n=192)	40-49 (n=350)	50-59 (n=247)	Over 60 (n=64)	Total (n=1056)	mean (SD)	p-value
Height (cm)	169.7 (8.1) ^e	167.6 (9.0) ^d	164.4 (7.8) ^c	162.1 (7.3) ^b	160.9 (7.5) ^{a,b}	159.1 (7.3) ^a	163.3 (8.2)		<0.0001
Weight (kg)	65.4 (13.3)	64.9 (13.8)	62.9 (11.5)	63.1 (10.6)	62.9 (10.1)	63.9 (8.7)	63.4 (11.2)		0.332
Pulse rate (times/min)	74.0 (10.1) ^c	71.0 (10.1) ^b	70.5 (9.5) ^b	67.5 (9.3) ^a	67.0 (9.4) ^a	67.7 (11.0) ^a	68.8 (9.8)		<0.0001
Temperature (°C)	36.4 (0.4) ^b	36.4 (0.4) ^b	36.4 (0.4) ^b	36.4 (0.4) ^{a,b}	36.3 (0.4) ^a	36.3 (0.4) ^a	36.4 (0.4)		<0.0001

a, b, c, d, e : Duncan grouping of height ($p<0.05$).

a, b, c : Duncan grouping of pulse rate ($p<0.05$).

a, b : Duncan grouping of temperature ($p<0.05$).

Table 2. Age-specific Blood Test Results.

	Below 20 (n=66)	20-29 (n=137)	30-39 (n=192)	40-49 (n=350)	50-59 (n=247)	Over 60 (n=64)	Total (n=1056)	mean (SD)	p-value
BUN (mg/dL)	13.16 (3.51) ^a	12.83 (3.49) ^a	12.65 (3.05) ^a	13.59 (3.45) ^a	14.72 (3.49) ^b	15.75 (4.35) ^c	13.69 (3.57)		<0.0001
Creatinine (mg/dL)	0.94 (0.17) ^{b,c}	0.92 (0.16) ^{a,b}	0.90 (0.14) ^a	0.89 (0.14) ^a	0.91 (0.14) ^{a,b}	0.97 (0.19) ^c	0.91 (0.15)		0.001
AST (IU/L)	24.48 (15.81) ^{a,b}	24.20 (12.99) ^{a,b}	22.55 (6.47) ^a	24.95 (12.02) ^{a,b}	27.53 (21.92) ^{b,c}	29.05 (12.72) ^c	25.24 (14.76)		0.003
ALT (IU/L)	22.80 (21.39)	23.61 (21.31)	23.01 (16.25)	24.33 (22.08)	26.19 (30.15)	27.23 (19.07)	24.51 (23.05)		0.606
ALP (U/L)	106.45 (75.28) ^c	64.72 (17.09) ^a	61.56 (16.43) ^a	62.32 (17.33) ^a	73.34 (19.10) ^b	76.13 (15.38) ^b	68.67 (27.51)		<0.0001
Total Cholesterol (mg/dL)	155.53 (27.80) ^a	173.89 (28.25) ^b	178.85 (31.70) ^b	187.17 (31.37) ^c	197.85 (32.85) ^d	191.33 (38.93) ^{c,d}	184.71 (33.46)		<0.0001
LDL Cholesterol (mg/dL)	89.80 (26.75) ^a	100.78 (28.62) ^b	105.84 (30.59) ^{b,c}	112.70 (30.80) ^{c,d}	117.78 (30.47) ^d	117.23 (37.38) ^d	109.94 (31.50)		<0.0001

a, b, c : Duncan grouping of BUN ($p<0.05$). a, b, c : Duncan grouping of creatinine ($p<0.05$).

a, b, c : Duncan grouping of AST ($p<0.05$). a, b, c : Duncan grouping of ALP ($p<0.05$).

a, b, c, d : Duncan grouping of total cholesterol ($p<0.05$).

a, b, c, d : Duncan grouping of LDL cholesterol ($p<0.05$).

3) 각 연령별 대사증후군 구성요소 차이 비교

Waist는 각 연령대 별로 78.83 cm, 80.28 cm, 81.59 cm, 83.31 cm, 84.27 cm, 87.92 cm로 측정되어 연령의 증가에 비례하여 늘어나는 것을 관찰할 수 있었다($p<0.05$). SBP는 20세 미만에서 119.50 mmHg

로 가장 낮았고, 60세 이상에서 140.27 mmHg로 가장 높았으며 연령의 증가에 비례하여 증가하는 것을 알 수 있었다($p<0.05$). DBP는 20세 미만에서 78.50 mmHg로 가장 낮았고 50대에서 86.11 mmHg, 60세 이상에서 85.83 mmHg로 가장 높았다($p<0.05$).

Fasting glucose도 20세 미만에서 84.15 mg/dL가, 60세 이상에서 95.02 mg/dL가 측정되어 연령의 증가에 비례하여 증가하는 것으로 나타났다($p<0.05$). TG의 경우 30대를 기준으로 전후 다른 두 집단으로 구분되었으며 연령의 증가에 따라 높아지는 양상을 보였다($p<0.05$). HDL cholesterol은 연령별로 차이는 있었으나 연령의 증가와는 관련성이 없었다($p<0.05$). BMI의 경우 20세 미만, 20대에서 각각 22.6 kg/m², 22.9 kg/m²로 측정되어 낮았으며, 60세 이상에서 25.2 kg/m²로 가장 높아 연령의 증가에 따라 증가하는 양상을 보였다($p<0.05$)(Table 3).

4) 각 연령별 일차 맥파 변수 분석

h2는 각 연령대 별로 58.11, 63.28, 65.76, 71.82, 73.87, 76.41로 나타나 연령이 늘어남에 따라 유의하게 증가하는 양상을 확인할 수 있었다($p<0.05$).

또한 h3도 각 연령대 별로 60.76, 65.15, 67.46, 73.65, 76.01, 77.94로 측정되어 연령이 늘어남에 따라 유의하게 증가함을 확인할 수 있었다($p<0.05$).

t1은 연령이 늘어남에 따라 유의하게 증가하는 양상을 확인할 수 있었으며, t4와 t5도 연령에 따라 증가하는 양상을 확인할 수 있었다(각 $p<0.05$). w는 각 연령별로 0.17초, 0.18초, 0.20초, 0.22초, 0.22초, 0.21초로 나타나 60대 이상을 제외하고 전반적으로 연령에 따라 증가하는 것을 확인할 수 있었다($p<0.05$). t는 연령별로 유의하게 차이가 났으나 연령의 증가와 관련성이 없었다($p<0.05$).

Aw는 각 연령별로 3197.64, 3541.19, 3889.76, 4364.22, 4525.85, 4711.72로 측정되어 유의하게 증가하는 양상을 보였다($p<0.05$)(Table 4).

Table 3. Age-specific Levels of Components of Metabolic Syndrome. mean (SD)

	Below 20 (n=66)	20-29 (n=137)	30-39 (n=192)	40-49 (n=350)	50-59 (n=247)	Over 60 (n=64)	Total (n=1056)	p-value
Waist (cm)	78.83 (9.71) ^a	80.28 (10.04) ^{a,b}	81.59 (8.03) ^{b,c}	83.31 (7.98) ^{c,d}	84.27 (7.59) ^d	87.92 (6.20) ^e	82.83 (8.46)	<0.0001
SBP (mmHg)	119.50 (13.61) ^a	123.97 (12.61) ^{a,b}	123.09 (12.35) ^{b,c}	127.53 (14.11) ^c	132.04 (15.60) ^d	140.27 (18.73) ^e	127.59 (15.06)	<0.0001
DBP (mmHg)	78.50 (11.63) ^a	82.20 (11.50) ^b	81.70 (11.50) ^b	84.09 (11.07) ^{b,c}	86.11 (11.40) ^c	85.83 (10.95) ^c	83.64 (11.47)	<0.0001
Fasting glucose (mg/dL)	84.15 (7.80) ^a	85.16 (16.95) ^{a,b}	85.76 (11.12) ^{a,b}	89.30 (17.57) ^{b,c}	93.35 (24.46) ^{c,d}	95.02 (18.56) ^d	89.09 (18.37)	<0.0001
Triglyceride (mg/dL)	82.00 (35.44) ^a	93.88 (45.62) ^a	119.49 (102.97) ^b	120.49 (109.01) ^b	145.18 (103.18) ^b	141.97 (76.82) ^b	121.53 (96.88)	<0.0001
HDL cholesterol (mg/dL)	54.62 (11.10) ^a	59.20 (13.32) ^b	55.65 (12.93) ^{a,b}	56.72 (13.80) ^{a,b}	55.96 (13.70) ^{a,b}	53.55 (11.76) ^a	56.35 (13.33)	0.047
BMI (kg/m ²)	22.6 (3.4) ^a	22.9 (3.7) ^a	23.2 (3.3) ^{a,b}	23.9 (3.1) ^{b,c}	24.2 (2.8) ^c	25.2 (2.4) ^d	23.7 (3.2)	<0.0001

a, b, c, d, e : Duncan grouping of waist ($p<0.05$). a, b, c, d, e : Duncan grouping of SBP ($p<0.05$).
 a, b, c : Duncan grouping of DBP ($p<0.05$). a, b, c, d : Duncan grouping of fasting glucose ($p<0.05$).
 a, b : Duncan grouping of TG ($p<0.05$). a, b : Duncan grouping of HDL cholesterol ($p<0.05$).
 a, b, c, d : Duncan grouping of BMI ($p<0.05$).

Table 4. Age-specific Variables of Pulse Wave.

mean (SD)

	Below 20 (n=66)	20-29 (n=137)	30-39 (n=192)	40-49 (n=350)	50-59 (n=247)	Over 60 (n=64)	Total (n=1056)	p-value
Energy	229.79 (118.13)	236.45 (137.03) ^{a,b}	224.70 (132.28) ^{a,b}	223.26 (108.87) ^a	240.44 (126.36) ^{a,b}	259.66 (137.51) ^b	231.87 (123.78)	0.224
h1	87.71 (28.97)	88.39 (33.74)	85.38 (35.09)	87.87 (33.48)	90.61 (36.48)	95.13 (40.81)	88.56 (34.75)	0.425
h2	58.11 (23.81) ^a	63.28 (28.81) ^a	65.76 (29.34) ^{a,b}	71.82 (30.49) ^{b,c}	73.87 (33.34) ^{b,c}	76.41 (38.19) ^c	69.51 (31.25)	<0.0001
h3	60.76 (24.96) ^a	65.15 (29.74) ^a	67.46 (29.46) ^{a,b}	73.65 (31.07) ^{b,c}	76.01 (34.73) ^c	77.94 (39.05) ^c	71.43 (32.02)	<0.0001
h4	38.52 (17.33)	40.38 (18.21)	38.25 (19.53)	41.26 (19.01)	40.32 (20.50)	39.29 (21.61)	40.09 (19.41)	0.612
h5	43.29 (17.41)	44.15 (18.85)	40.80 (20.07)	43.54 (19.21)	42.49 (20.80)	41.33 (21.27)	42.72 (19.71)	0.618
t1 (sec)	0.11 (0.02) ^a	0.12 (0.02) ^a	0.12 (0.02) ^a	0.12 (0.02) ^b	0.13 (0.03) ^b	0.13 (0.03) ^c	0.12 (0.02)	<0.0001
t2 (sec)	0.20 (0.04) ^a	0.21 (0.03) ^{a,b}	0.21 (0.04) ^{a,b}	0.21 (0.04) ^a	0.21 (0.05) ^{a,b}	0.22 (0.04) ^b	0.21 (0.04)	0.194
t3 (sec)	0.23 (0.03)	0.23 (0.03)	0.23 (0.03)	0.23 (0.03)	0.23 (0.04)	0.23 (0.03)	0.23 (0.03)	0.506
t4 (sec)	0.33 (0.04) ^a	0.35 (0.03) ^b	0.36 (0.04) ^c	0.36 (0.04) ^c	0.36 (0.04) ^c	0.37 (0.04) ^c	0.36 (0.04)	<0.0001
t5 (sec)	0.38 (0.03) ^a	0.39 (0.03) ^b	0.39 (0.04) ^b	0.40 (0.04) ^b	0.39 (0.04) ^b	0.40 (0.04) ^b	0.39 (0.04)	0.006
t-t4 (sec)	0.54 (0.11)	0.56 (0.13)	0.55 (0.11)	0.57 (0.11)	0.56 (0.11)	0.54 (0.12)	0.56 (0.11)	0.094
t (sec)	0.88 (0.12) ^a	0.90 (0.14) ^{a,b}	0.91 (0.12) ^{a,b,c}	0.94 (0.13) ^c	0.92 (0.13) ^{b,c}	0.91 (0.14) ^{b,c}	0.92 (0.13)	0.003
w (sec)	0.17 (0.07) ^a	0.18 (0.06) ^a	0.20 (0.05) ^b	0.22 (0.05) ^c	0.22 (0.05) ^c	0.21 (0.05) ^{b,c}	0.21 (0.05)	<0.0001
At	7438.56 (2902.88) ^a	7968.55 (3640.05) ^{a,b}	7857.40 (3643.29) ^{a,b}	8534.13 (3649.40) ^b	8515.02 (3979.80) ^b	8670.94 (4426.31) ^b	8273.06 (3745.95)	0.075
Aw	3197.64 (1595.84) ^a	3541.19 (1967.33) ^{a,b}	3889.76 (1959.92) ^{b,c}	4364.22 (1987.19) ^{c,d}	4525.85 (2193.66) ^d	4711.72 (2514.29) ^d	4157.13 (2083.69)	<0.0001

a, b : Duncan grouping of Energy ($p<0.05$). a, b, c : Duncan grouping of h2 ($p<0.05$).

a, b, c : Duncan grouping of h3 ($p<0.05$). a, b, c : Duncan grouping of t1 ($p<0.05$).

a, b : Duncan grouping of t2 ($p<0.05$). a, b, c : Duncan grouping of t4 ($p<0.05$).

a, b : Duncan grouping of t5 ($p<0.05$). a, b, c : Duncan grouping of t ($p<0.05$).

a, b, c : Duncan grouping of w ($p<0.05$). a, b, c, d : Duncan grouping of As ($p<0.05$).

a, b, c, d : Duncan grouping of Ad ($p<0.05$). a, b : Duncan grouping of At ($p<0.05$).

a, b, c, d : Duncan grouping of Aw ($p<0.05$).

5) 각 연령별 이차 맥파 변수 분석

R-AI는 각 연령대 별로 70.38, 73.18, 79.50, 84.27, 84.20, 80.98로 나타나 60대 이상을 제외하고 전반적으로 증가하는 양상을 보였다($p<0.05$). h_2/h_1 는 각 연령대 별로 0.67, 0.71, 0.77, 0.82, 0.81, 0.79로 나타났으며, h_3/h_1 는 0.70, 0.73, 0.80, 0.84, 0.84, 0.81로 나타나 대체적으로 연령이 늘어남에 따라 유의하게 증가함을 알 수 있었다(각 $p<0.05$).

t_1/t 은 연령이 늘어남에 따라 유의하게 증가하였다($p<0.05$). w/t 는 각 연령별로 0.19, 0.20, 0.22, 0.24, 0.24, 0.23으로 측정되었으며, Angle of percussion wave는 66.38, 70.59, 78.86, 80.95, 79.97, 78.17로 측정되어 대체적으로 연령이 늘어남에 따라 유의하

게 증가하였다(각 $p<0.05$).

각 연령별로 As는 65.03%, 65.17%, 68.23%, 67.05%, 69.74%, 71.25%로 나타나 대체적으로 연령에 따라 증가하는 양상을 보였으며 Ad는 34.97%, 34.83%, 31.77%, 32.95%, 30.26%, 28.75%로 나타나 연령에 따라 감소하는 양상을 보였다(각 $p<0.05$).

Aw/At 는 각 연령별로 0.431, 0.440, 0.494, 0.512, 0.532, 0.538로 측정되어 유의하게 증가하였다($p<0.05$).

t_2/t , t_3/t , t_4/t , $t-t_4/t$ 는 연령별로 유의성 있는 차이가 있었으나 연령의 증가와는 관련성이 없었다(각 $p<0.05$)(Table 5).

연령별 맥파 분석 결과와 관련한 그림은 다음과 같다(Fig. 2).

Table 5. Age-specific Variables of Pulse Wave.

	Below 20 (n=66)	20-29 (n=137)	30-39 (n=192)	40-49 (n=350)	50-59 (n=247)	Over 60 (n=64)	Total (n=1056)	mean (SD)	p-value
R-AI	70.38 (21.22) ^a	73.18 (14.82) ^a	79.50 (15.25) ^b	84.27 (16.12) ^c	84.20 (18.65) ^c	80.98 (18.11) ^{b,c}	80.88 (17.50)		<0.0001
h_2/h_1	0.67 (0.20) ^a	0.71 (0.13) ^a	0.77 (0.14) ^b	0.82 (0.14) ^c	0.81 (0.16) ^c	0.79 (0.17) ^{b,c}	0.78 (0.16)		<0.0001
h_3/h_1	0.70 (0.21) ^a	0.73 (0.15) ^a	0.80 (0.15) ^b	0.84 (0.16) ^c	0.84 (0.19) ^c	0.81 (0.18) ^{b,c}	0.81 (0.17)		<0.0001
t_1/t	0.13 (0.02) ^a	0.13 (0.02) ^a	0.13 (0.03) ^a	0.13 (0.03) ^a	0.14 (0.03) ^b	0.15 (0.03) ^b	0.14 (0.03)		<0.0001
t_2/t	0.24 (0.05) ^{a,b}	0.24 (0.05) ^{a,b}	0.23 (0.05) ^{a,b}	0.22 (0.05) ^a	0.23 (0.06) ^{a,b}	0.24 (0.06) ^b	0.23 (0.05)		0.018
t_3/t	0.27 (0.04) ^c	0.26 (0.04) ^{b,c}	0.25 (0.04) ^{a,b}	0.25 (0.04) ^a	0.25 (0.04) ^{a,b}	0.26 (0.04) ^{b,c}	0.25 (0.04)		0.001
t_4/t	0.38 (0.04) ^a	0.39 (0.05) ^{a,b}	0.40 (0.05) ^{b,c}	0.39 (0.05) ^{a,b}	0.40 (0.05) ^{b,c}	0.41 (0.05) ^c	0.40 (0.05)		0.002
t_5/t	0.44 (0.06)	0.44 (0.06)	0.44 (0.05)	0.43 (0.05)	0.43 (0.05)	0.44 (0.06)	0.43 (0.05)		0.097
$t-t_4/t$	0.62 (0.04) ^c	0.61 (0.05) ^{b,c}	0.60 (0.05) ^{a,b}	0.61 (0.05) ^{b,c}	0.60 (0.05) ^{a,b}	0.59 (0.05) ^a	0.60 (0.05)		0.002
w/t	0.19 (0.07) ^a	0.20 (0.06) ^a	0.22 (0.05) ^b	0.24 (0.05) ^b	0.24 (0.05) ^b	0.23 (0.05) ^b	0.23 (0.05)		<0.0001
As (%)	65.03 (9.69) ^a	65.17 (8.23) ^a	68.23 (8.14) ^{b,c}	67.05 (8.34) ^{a,b}	69.74 (9.14) ^{c,d}	71.25 (8.42) ^d	67.78 (8.74)		<0.0001
Ad (%)	34.97 (9.69) ^d	34.83 (8.23) ^d	31.77 (8.14) ^{b,c}	32.95 (8.34) ^{c,d}	30.26 (9.14) ^{a,b}	28.75 (8.42) ^a	32.22 (8.74)		<0.0001

Aw/At	0.431 (0.126) ^a	0.440 (0.115) ^a	0.494 (0.094) ^b	0.512 (0.083) ^{b,c}	0.532 (0.083) ^{c,d}	0.538 (0.086) ^d	0.500 (0.099)	<0.0001
Angle of percussion wave	66.38 (24.30) ^a	70.59 (21.80) ^a	78.86 (22.40) ^b	80.95 (21.17) ^b	79.97 (21.33) ^b	78.17 (23.17) ^b	77.92 (22.24)	<0.0001

a, b, c : Duncan grouping of R-AI ($p<0.05$). a, b, c : Duncan grouping of h2/h1 ($p<0.05$).
 a, b, c : Duncan grouping of h3/h1 ($p<0.05$). a, b : Duncan grouping of t1/t ($p<0.05$).
 a, b : Duncan grouping of t2/t ($p<0.05$). a, b, c : Duncan grouping of t3/t ($p<0.05$).
 a, b, c : Duncan grouping of t4/t ($p<0.05$). a, b, c : Duncan grouping of t-t4/t ($p<0.05$).
 a, b : Duncan grouping of w/t ($p<0.05$). a, b, c, d : Duncan grouping of Aw/At ($p<0.05$).
 a, b : Duncan grouping of angle of percussion wave ($p<0.05$).

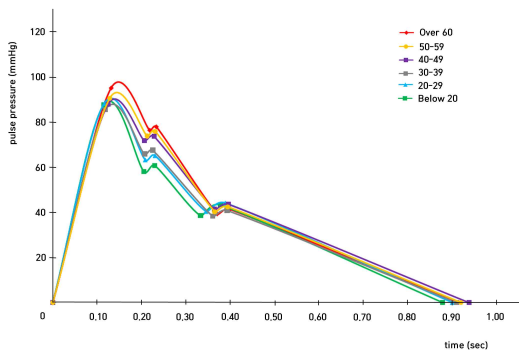


Fig. 2. The graph of age-specific pulse pressure.

2. 한국인 성인에서 대사증후군의 맥파 특성

1) 19세 이상 45세 미만 집단 맥파 변수 분석

상기 집단에서 As는 비대사증후군에서 66.48%, 대사증후군에서 69.85%로 대사증후군 그룹이 유의하게 높았으며 Ad는 비대사증후군에서 33.52%, 대사증후군에서 30.15%로 비대사증후군 그룹이 유의하게 높았다(각 $p<0.05$).

수축기 시간의 비율에 해당하는 t4/t는 비대사증후군이 0.39, 대사증후군이 0.41로 대사증후군 그룹에서 유의하게 높았다($p<0.05$). 이완기 시간에 해당하는 t-t4는 비대사증후군에서 0.56초, 대사증후군에서 0.53초로 비대사증후군 그룹이 유의하게 높았으며($p<0.05$) 이완기 시간의 비율에 해당하는 t-t4/t는 각각 0.61, 0.59로 비대사증후군 그룹에서 유의하게 높았다($p<0.05$). 그 외 t5/t이 대사증후군 그룹에서 유의하게 높았다($p<0.05$).

Aw/At는 비대사증후군이 0.478, 대사증후군이

0.516으로 대사증후군 그룹에서 유의하게 높았으며, angle of percussion wave 또한 각각 76.22, 84.19로 대사증후군 그룹에서 높게 나타났다(각 $p<0.05$). w/t는 비대사증후군이 0.22, 대사증후군이 0.23으로 대사증후군에서 유의하게 높게 나타났다($p<0.05$) (Table 6).

2) 45세 이상 60세 미만 집단 맥파 변수 분석

상기 집단에서 t2/t는 비대사증후군이 0.22, 대사증후군이 0.24로 대사증후군 그룹에서 유의하게 높았고($p<0.05$), t3/t도 비대사증후군이 0.25, 대사증후군이 0.26으로 대사증후군 그룹에서 유의하게 높았다($p<0.05$) (Table 7).

3) 60세 이상 집단의 맥파 변수 분석

상기 집단에서 h2는 비대사증후군이 66.31, 대사증후군이 92.16으로 측정되었으며, h3는 비대사증후군이 66.85, 대사증후군이 95.24로 측정되어 대사증후군 그룹에서 유의하게 높았다(각 $p<0.05$). 그 외 h1, h4, h5도 대사증후군 그룹이 유의하게 높게 나타났다(각 $p<0.05$).

At는 비대사증후군이 7495.64, 대사증후군이 10504.40으로 측정되었으며, Aw는 비대사증후군이 4053.97, 대사증후군이 5737.80으로 측정되어 대사증후군 그룹에서 유의하게 높았다(각 $p<0.05$).

R-AI는 비대사증후군이 76.97, 대사증후군이 87.23으로 측정되어 대사증후군 그룹이 유의하게 높았고 h2/h1는 각각 0.76, 0.85로 측정되었으며, h3/h1는 각각 0.77, 0.87로 측정되어 대사증후군 그룹에서 유의하게 높았다(각 $p<0.05$) (Table 8).

Table 6. The Comparison of Variables of Pulse Wave between Metabolic Syndrome and Non-metabolic Syndrome Group in the Ages of 19 and 44. mean (SD)

	Non-metabolic syndrome group (n=449)	Metabolic syndrome group (n=60)	p-value
Energy	221.85 (123.53)	223.83 (131.10)	0.908
h1	87.45 (33.99)	79.95 (36.62)	0.112
h2	66.66 (28.85)	62.70 (31.39)	0.323
h3	68.61 (29.40)	63.72 (31.72)	0.231
h4	40.22 (18.94)	35.72 (21.18)	0.089
h5	43.19 (19.49)	38.11 (21.85)	0.062
t1 (sec)	0.12 (0.02)	0.12 (0.02)	0.276
t2 (sec)	0.21 (0.04)	0.21 (0.04)	0.350
t3 (sec)	0.23 (0.03)	0.22 (0.03)	0.492
t4 (sec)	0.35 (0.04)	0.36 (0.04)	0.206
t5 (sec)	0.39 (0.03)	0.40 (0.04)	0.124
t-t4 (sec)	0.56 (0.12)	0.53 (0.09)	0.013
t (sec)	0.91 (0.13)	0.89 (0.11)	0.084
w (sec)	0.20 (0.06)	0.21 (0.05)	0.224
As (%)	66.48 (8.25)	69.85 (7.80)	0.003
Ad (%)	33.52 (8.25)	30.15 (7.80)	0.003
At	8119.43 (3585.89)	7246.83 (3671.71)	0.078
Aw	3900.94 (1954.64)	3705.13 (1940.79)	0.466
R-AI	78.84 (16.06)	79.41 (12.87)	0.755
h2/h1	0.76 (0.15)	0.78 (0.13)	0.387
h3/h1	0.79 (0.16)	0.79 (0.13)	0.753
t1/t	0.13 (0.02)	0.14 (0.02)	0.081
t2/t	0.23 (0.05)	0.24 (0.05)	0.166
t3/t	0.25 (0.04)	0.25 (0.04)	0.769
t4/t	0.39 (0.05)	0.41 (0.04)	0.010
t5/t	0.43 (0.05)	0.45 (0.05)	0.013
t-t4/t	0.61 (0.05)	0.59 (0.04)	0.010
w/t	0.22 (0.06)	0.23 (0.05)	0.044
Aw/At	0.478 (0.103)	0.516 (0.103)	0.008
Angle of percussion wave	76.22 (22.71)	84.19 (23.05)	0.011

Table 7. The Comparison of Variables of Pulse Wave between Metabolic Syndrome and Non-metabolic Syndrome Group in the Ages of 45 and 59. mean (SD)

	Non-metabolic syndrome group (n=302)	Metabolic syndrome group (n=127)	p-value
Energy	239.19 (119.62)	237.41 (124.07)	0.899
h1	91.30 (34.68)	87.37 (35.62)	0.288
h2	75.39 (32.15)	70.49 (33.35)	0.155
h3	77.55 (33.18)	72.12 (34.38)	0.126
h4	41.80 (19.17)	38.89 (20.73)	0.163
h5	43.92 (19.30)	41.07 (20.97)	0.174
t1 (sec)	0.13 (0.02)	0.13 (0.03)	0.749
t2 (sec)	0.21 (0.05)	0.22 (0.04)	0.121
t3 (sec)	0.23 (0.04)	0.23 (0.04)	0.373
t4 (sec)	0.37 (0.04)	0.36 (0.04)	0.256
t5 (sec)	0.40 (0.04)	0.39 (0.04)	0.218
t-t4 (sec)	0.57 (0.11)	0.55 (0.12)	0.160
t (sec)	0.94 (0.12)	0.92 (0.13)	0.102
w (sec)	0.22 (0.05)	0.21 (0.05)	0.165
As (%)	68.60 (8.71)	68.96 (9.76)	0.705
Ad (%)	31.40 (8.71)	31.04 (9.76)	0.705
At	8793.30 (3760.71)	8243.76 (4114.24)	0.180
Aw	4623.25 (2079.54)	4314.42 (2229.27)	0.170
R-AI	85.49 (18.72)	82.40 (16.00)	0.104
h2/h1	0.83 (0.16)	0.80 (0.14)	0.157
h3/h1	0.85 (0.19)	0.82 (0.16)	0.104
t1/t	0.14 (0.03)	0.14 (0.03)	0.181
t2/t	0.22 (0.06)	0.24 (0.06)	0.014
t3/t	0.25 (0.04)	0.26 (0.04)	0.023
t4/t	0.40 (0.05)	0.40 (0.05)	0.411
t5/t	0.43 (0.05)	0.43 (0.06)	0.383
t-t4/t	0.60 (0.05)	0.60 (0.05)	0.406
w/t	0.24 (0.05)	0.23 (0.04)	0.661
Aw/At	0.526 (0.080)	0.524 (0.078)	0.827
Angle of percussion wave	79.83 (20.35)	81.33 (21.57)	0.495

Table 8. The Comparison of Variables of Pulse Wave between Metabolic Syndrome and Non-metabolic Syndrome Group over the Age of 60. mean (SD)

	Non-metabolic syndrome group (n=39)	Metabolic syndrome group (n=25)	p-value
Energy	256.85 (148.96)	264.04 (120.28)	0.840
h1	86.85 (39.61)	108.04 (40.04)	0.042
h2	66.31 (33.82)	92.16 (39.92)	0.007
h3	66.85 (33.60)	95.24 (41.27)	0.004
h4	32.65 (19.91)	49.66 (20.35)	0.002
h5	34.44 (19.45)	52.08 (19.78)	0.001
t1 (sec)	0.13 (0.03)	0.13 (0.02)	0.852
t2 (sec)	0.23 (0.04)	0.21 (0.04)	0.062
t3 (sec)	0.24 (0.03)	0.23 (0.03)	0.476
t4 (sec)	0.37 (0.04)	0.37 (0.03)	0.751
t5 (sec)	0.40 (0.05)	0.40 (0.03)	0.979
t-t4 (sec)	0.54 (0.13)	0.55 (0.12)	0.971
t (sec)	0.92 (0.15)	0.91 (0.13)	0.947
w (sec)	0.21 (0.05)	0.23 (0.04)	0.114
As (%)	72.49 (8.60)	69.32 (7.90)	0.143
Ad (%)	27.51 (8.60)	30.68 (7.90)	0.143
At	7495.64 (3802.45)	10504.40 (4773.93)	0.007
Aw	4053.97 (2154.19)	5737.80 (2728.94)	0.008
R-AI	76.97 (19.15)	87.23 (14.61)	0.026
h2/h1	0.76 (0.17)	0.85 (0.14)	0.040
h3/h1	0.77 (0.19)	0.87 (0.15)	0.026
t1/t	0.14 (0.03)	0.15 (0.04)	0.656
t2/t	0.25 (0.05)	0.23 (0.06)	0.113
t3/t	0.26 (0.05)	0.25 (0.04)	0.485
t4/t	0.41 (0.05)	0.41 (0.05)	0.868
t5/t	0.44 (0.06)	0.44 (0.06)	0.971
t-t4/t	0.59 (0.05)	0.59 (0.05)	0.852
w/t	0.23 (0.05)	0.25 (0.05)	0.065
Aw/At	0.536 (0.083)	0.541 (0.091)	0.810
Angle of percussion wave	81.52 (25.34)	72.94 (18.58)	0.150

IV. 考 察

寸口脈診은 요골동맥 부위에서 맥을 진단하는 방법으로 側脈波에 해당하며, 側脈波는 압파동이 동맥벽을 따라 말초로 전달될 때 내압변화와 함께 혈관 자체의 위치가 동요되는 것을 기록한 것이다. 側脈波 관찰 시에는 맥압 변화로 인한 파형의 변화를 보는 것이 중요한데 특히 말초혈관 분기점으로부터 압박사를 받아 왜곡되는 현상과 대동맥과 말초동맥계의 벽 탄력성 사이의 상이함 등에 영향을 받아 파형이 변화하게 된다²⁶. 이에 본 연구에서는 주로 말초혈관의 경화도 및 대동맥의 탄력성과 관련한 맥파 변수들을 분석하였다.

동맥의 경화는 맥파 전달속도를 증가시키고²⁷ 파형의 중첩현상을 발생하게 한다. 파스칼의 원리에 따르면^{26,28} 혈관과 같은 탄성 폐쇄관에서 용적의 증가는 국소적인 맥압의 상승 및 파가 관 끝에 전달된 후 역방향으로 돌아오는 반사파를 통해 관 전체의 압력을 균등화 시키는 것으로 알려져 있다. 그러나 혈관이 경화된 경우 되돌아오는 반사파의 속도 증가로 진행파와 반사파가 합쳐진 파형의 중첩현상이 일어나게 된다. 이에 맥파에서는 h3가 h1에 가까워지는 결과를 초래하고 h2, h3의 크기가 커지며 t2, t3가 빨라지게 된다. 또한 주파의 모양의 변화는 As, Aw 및 angle of percussion wave을 증가시키고 이차 변수인 Aw/At와 R-AI를 증가시킨다¹⁵. 동맥경화와 관련된 질환의 맥파 분석 연구를 보면 당뇨병 환자가 건강인에 비해 energy, As가 높았다는 보고가 있으며²⁹, 뇌경색증 환자가 건강인에 비해 energy, h1, h2, h3, Aw, At가 높게 나왔다는 결과가 있다³⁰. 이는 앞서 살펴본 동맥경화와 관련한 맥파 변수 변화와 일치하는 결과이다.

대동맥의 탄력성의 감소는 맥파에 직접적인 영향을 미치게 된다. Windkessel function에 따르면²⁶ 인체에서 혈류량이 떨어져도 맥압은 일정하게 유지되는데 이는 유연성 있는 대동맥이 수축기 박출량을 일부 저장하였다가 직경 변화를 통해 이완기

에 박출량을 보충함으로써 가능해진다. 연령의 증가나 동맥의 경화를 가속화시키는 환경에의 노출은 대동맥의 경화도를 증가시키게 되고 이는 일부 맥파 변수를 달라지게 한다^{13,31}. w 는 대동맥에서 심장 박출에 의해 동맥 내 고압력이 유지되는 시간을 나타내며, w/t 는 전체 주기 시간에 대한 동맥 내 고압력이 유지되는 시간의 비를 나타낸다. 대동맥의 경화도 증가는 w , w/t 와 같은 맥파 변수를 증가시킬 것으로 생각되며 실제 일부 고혈압 환자에게서 w/t 가 높게 측정되었다는 보고가 있다^{32,33}.

이를 토대로 본 연구에서 연령별 맥파를 분석한 결과, 연령의 증가에 따라 h_2 , h_3 가 유의하게 증가하였고, A_s 는 유의하게 증가, A_d 는 유의하게 감소하였으며, A_w 는 유의하게 증가하였다. 이차 변수에서도 $R-AI$, h_2/h_1 , h_3/h_1 가 대체적으로 유의하게 증가함을 알 수 있었고, A_w/A_t , angle of percussion wave도 대체적으로 유의하게 증가함을 알 수 있었다. 이는 연령 증가에 따른 동맥경화의 진행으로 파형이 중첩되어 나타난 결과이다. 또한 고압시간을 나타내는 w 는 60대 이상에서 다소 감소하긴 했지만 전반적으로 연령에 따라 증가하는 것을 확인할 수 있었다. w/t 는 각 연령별로 0.19, 0.20, 0.22, 0.24, 0.24, 0.23로 측정되어 연령에 따라 대체적으로 유의하게 증가함을 알 수 있었다. 이는 대동맥의 탄성도 감소로 인한 맥압 유지 기능의 실조와 관련된 결과이다. t_1/t , t_1 , t_4 및 t_5 도 연령에 따라 증가하는 양상을 확인할 수 있었으나 시간 변수와 관련해서는 기존 연구들이 상반된 결과를 보고했으므로 추가적인 논의가 필요할 것으로 생각된다. 강³³의 연구에서는 정상군 및 고혈압군에서 연령별 비교 시 t_4/t 가 유의한 차이가 없었고 이¹⁵의 연구에서는 연령의 증가에 따라 t_5/t 가 오히려 감소한다는 보고가 있었다.

대사증후군 및 동맥경화와 관련한 연구로 최³⁴는 여자 대사증후군에서 정상인에 비해 유의하게 동맥경화가 진행되어 있음을 밝혔고, 김³⁵은 대사증후군에서 비대사증후군에 비해 유의하게 동맥경화가

진행됨을 밝혔으며 이는 구성 요소 중 특히 혈압의 상승과 관련성 있음을 밝혔다. 두 연구는 맥파 전달 속도 측정을 통해 대사증후군과 동맥경화의 상관성을 연구한 논문으로 이에 비해 맥진기를 이용하여 대사증후군을 연구한 논문은 부족한 상황이다.

대사증후군과 비대사증후군의 맥파 연구 설계에 있어서 대사증후군의 구성요소들이 주로 성인에게 호발하는 질환임을 인식하여 한국인 성인을 대상으로 연구를 실시하였으며, 실제 피험자 1,056명 중 19세 미만 집단에서는 대사증후군으로 진단된 대상자가 없었다. 또한 대사증후군이 심혈관 질환 및 당뇨병으로 이행하기 쉬운 상태라는 것을 인식하여 심혈관 질환이 남자 45세 이상, 여자 55세 이상에서 고위험이라는 것³⁶과 성인형 II형 당뇨병이 45세 이후에 호발 된다는 것을 근거로³⁷ 한국인 성인을 세 집단으로 나누었다. 이에 19세 이상 45세 미만, 45세 이상 60세 미만, 60세 이상으로 나누어 맥파 분석을 시행하였다.

한국인 성인에서 대사증후군과 비대사증후군의 맥파를 비교한 결과 19세 이상 45세 미만 집단에서는 A_s 가 대사증후군 그룹이 비대사증후군 그룹에 비해 유의하게 높았고 A_d 는 유의하게 낮았으며, w/t , A_w/A_t , angle of percussion wave은 대사증후군 그룹에서 유의하게 높았다. 이는 대사증후군이 비대사증후군에 비해 동맥 경화도가 진행됨에 따라 파형의 중첩현상에 의해 나타난 결과라고 생각된다. 또한 이완기 시간 및 비율 해당하는 $t-t_4$, $t-t_4/t$ 는 비대사증후군 그룹에서 유의하게 높았으며 수축기 시간의 비율에 해당하는 t_4/t 는 대사증후군 그룹에서 유의하게 높았다. 이는 젊은 연령의 대사증후군 그룹에서 시간변수에 대해 수축기의 비중이 이완기에 비해 높아졌음을 의미한다.

45세 이상 60세 미만 집단은 심혈관 질환, 당뇨병이 호발 하는 시기로 대사증후군의 진단이 중요한 시기이나 본 연구 결과 t_2/t , t_3/t 가 대사증후군 그룹에서 유의하게 높은 것 외에 다른 변수들은

유의하지 않았다. 이러한 결과는 45세 이상 60세 미만의 연령대가 연령에 따른 혈관의 노화가 특징적으로 진행되는 시기로 이러한 원인으로 인해 대사증후군과 비대사증후군과의 차이가 유의성 있게 나타나지 않았을 것으로 추정된다. 앞서 언급한 연령별 맥파 분석에서 Duncan 사후분석 결과, 주로 40, 50대를 기준으로 이전 집단과 이후 집단이 다른 집단으로 구분된 것을 관찰해 볼 때 타당한 가설이라 생각되나 추가적인 연구가 필요하다.

60세 이상 집단에서는 h2, h3가 대사증후군 그룹에서 유의하게 높았고, At 및 Aw도 대사증후군 그룹에서 유의하게 높았으며 이차변수인 R-AI, h2/h1, h3/h1도 대사증후군 그룹에서 유의하게 높았다. 전반적으로 맥압의 증가 및 그로 인한 먼지의 증가가 특징적으로 관찰되는데 이는 동맥의 경화에 의한 경직도의 증가, 유순도의 감소로 인한 것이라고 생각된다. 경직도가 높고 유순도가 낮은 혈관은 용적 부하가 약간만 증가되어도 상대적으로 큰 압력 변화가 수반되며 특히 높은 맥압을 나타낸다. 또한 압력의 증가는 이차적으로 혈관의 재형성에 기여하여 혈관 내경의 감소를 유발하여 다시 압력을 상승 시킨다¹⁴. 이를 통해 60세 이상 집단에서 동맥 경화도의 증가는 주로 맥압의 상승으로 반영됨을 알 수 있다.

19세 이상 45세 미만 집단, 60세 이상 집단에서 대사증후군이 비대사증후군에 비해 말초 동맥 경화도가 증가된 양상임을 알 수 있다. 두 집단을 살펴보면 유의한 차이가 나는 맥파 변수가 서로 다른데 19세 이상 45세 미만 집단에서는 주로 w/t가 길어지고 Angle of percussion wave이 커짐에 의해 Aw/At 및 As의 증가로 나타났다. 이는 대사증후군에서 동맥 경화도가 진행됨에 따라 충격파의 모양이 뭉툭해지는 양상을 반영한 것으로 연령에 따른 혈관의 노화를 배제한 상태에서 나타난 변화라고 생각된다. 이에 비해 연령에 따른 혈관 노화가 진행된 60세 이상 집단에서는 주로 맥압의 증가 양상이 나타났는데 h2, h3, R-AI, h2/h1, h3/h1 증가에

따른 At의 증가가 특징적이며, w의 증가가 높이변수인 맥압과 상호 관련하여 Aw의 유의한 증가가 나타났다. 이에 연령 집단별 맥파 변수 분석을 통해 대사증후군의 동맥 경화도 진단에 맥진기가 응용될 수 있는 가능성이 있음을 확인하였다.

연구 결과 맥진기를 통해 대사증후군을 직접 진단하기에는 한계가 있었다. 일부 연령집단에서만 유의한 차이를 얻었으며 전 연령대에 걸쳐 기준이 될 만한 맥파 변수가 없었다. 또한 연령, 혈압 등의 배제 필요성을 인식하였다. 맥진기에서 기본적으로 측정되는 시간변수, 맥압변수 뿐만 아니라 맥동, 맥관, 혈액의 상태를 종합적으로 파악하고자 하는 한의학적 맥진의 의미를 반영하는 이차 변수들을 밝혀내어 추후 연구에 활용하는 것이 필요하리라 생각된다.

V. 結 論

본 연구는 펜타입 압저항 센서를 활용하여 연령별 맥파를 분석하고 대사증후군 그룹의 진단 및 혈관 상태 파악 가능 여부를 살펴보고자 시행하였다.

2011년 9월 20일부터 2011년 12월 31일까지 원광대 전주한방병원에 내원하여 신체측정, 혈액검사, 설문을 모두 실시한 피험자 1,056명을 대상으로 寸口脈診의 關을 압저항 센서를 활용한 맥진기를 사용하여 측정된 결과 다음과 같은 결론을 도출할 수 있었다.

연령별 맥파 분석 결과 h2, h3, R-AI, h2/h1, h3/h1, Aw, w, w/t, angle of percussion wave, Aw/At는 연령별 유의한 차이가 있었으며($p < 0.05$) 연령의 증가에 따라 비례하여 증가하는 것을 알 수 있었다. As는 연령의 증가에 따라 비례하여 증가를 보였고 Ad는 연령의 증가에 따라 반비례하여 감소하는 양상을 보였다(각 $p < 0.05$).

19세 이상 45세 미만 집단에서 대사증후군의 맥파 분석 결과 동맥경화의 진행에 의한 주로 파형

변형의 영향으로 대사증후군에서 w/t , Aw/At , angle of percussion wave, As 가 유의하게 높았으며 Ad 가 유의하게 낮게 나타났다(각 $p < 0.05$).

60세 이상 집단에서 대사증후군의 맥파 분석 결과 동맥경화의 진행에 의한 주로 맥압 증가의 영향으로 대사증후군에서 h_2 , h_3 , $R-AI$, h_2/h_1 , h_3/h_1 , At 가 유의하게 높았으며($p < 0.05$) 높이변수인 맥압과, 시간변수인 w 의 상호작용으로 Aw 가 대사증후군에서 유의하게 높게 나타났다($p < 0.05$).

이상의 결과로부터 압저항 센서를 활용한 맥진기가 혈관 경화도 평가에 활용될 수 있음을 알 수 있으며 대사증후군의 진단 및 혈관 상태 평가에 보조적으로 활용될 수 있을 것으로 사료된다.

감사의 글

이 논문은 정부(교육과학기술부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 연구임(No.20110027739).

This work was supported by the National Research Foundation of Korea(NRF) grant funded by the Korea government(MEST) (No.20110027739).

參考文獻

1. 황원덕, 김중환. 기구맥진법의 장부 배속에 관한 연구. 대한원전의사학회지 1999;12(1):226-54.
2. 홍원식. 황제내경 영추. 서울: 전통문화연구회; 1994. p. 117-45.
3. 홍원식. 황제내경 소문. 서울: 전통문화연구회; 1992. p. 119-31, 132-8.
4. 滑壽. 難經本義. 台北: 旋風出版社; 1978. p. 1.
5. 배성인, 최은영. 맥진법의 의사학적 소고. 대한한의학경락진단학회지 2003;2:114-28.
6. 이진, 이유정, 전영주, 이혜정, 유현희, 김종열. 촌관적 위치의 맥파 특징 차이 점정에 대한 1례. 한국한의학연구원논문집 2008;14(2):107-12.

7. 김현호, 이진, 김기왕, 김종열. 문헌고찰 및 실측에 근거한 맥진기 측정시 촌관적 정위에 대한 제안. 대한한의학회지 2007;28(3):13-22.
8. 이유정, 이진, 김종열. 맥진기기술동향 조사를 통한 맥진기 개발방안 제안. 동의생리병리학회지 2009;23(1):174-9.
9. 박영배, 이호재, 허웅. 다정보 획득을 위한 맥진기 개발과 임상적 의의. 대한한의학회지 1995;16(1):499-504.
10. 윤영준, 강희정, 류경호, 김경철, 신순식. 3D 맥진 시스템. 한의학연구소 동의학의연 2004;8:10-3.
11. Lee YJ, Lee HJ, Lee SW, Kim JY. The process of clinical test in pulse analyzer. *The international conference on oriental medicine* 2005:62-5.
12. 신상훈, 임혜원, 박영재, 박영배. 심혈관 노화가 맥상에 미치는 영향. 대한한의학진단학회지 2005;9(1):59-68.
13. Lakatta EG, Levy D. Arterial and cardiac aging: major shareholders in cardiovascular disease enterprise part 1: aging arteries a "set up" for vascular disease. *Circulation* 2003;107:139-46.
14. Fauci AS, Braunwald E, Kasper DL, Hauser SL, Longo DL, Jameson JL, et al. Harrison's principles of internal medicine. 17th edition volume 2. 서울: 도서출판 MIP; 2010. p. 1657, 1871-81.
15. 이나라, 이승욱, 김수병, 이용흠. 동맥경화 평가를 위한 연령별 맥파 주요인자 분석. 경락경혈학회지 2011;28(4):79-89.
16. Ghosh A. The metabolic syndrome: a definition dilemma. *Cardiovasc J Afr* 2011;22(6):295-6.
17. Ford ES, Giles WH, Dietz WH. Prevalence of the metabolic syndrome among US adults: findings from the Third National Health and Nutrition Examination Survey. *JAMA* 2002;287:356-9.
18. 권혁상, 박용문, 이혜정, 이진희, 최윤희, 고승

- 현, 등. 한국 성인에서의 NCEP-ATP III 기준을 적용한 대사증후군 유병율과 임상적 특징. *대한내과학회지* 2005;68(4):359-68.
19. 권혁상, 김두만, 김보완, 김용기, 김인주, 김태화 등. 대사증후군의 최신지견. *BioWave* 2007;9(2):1-13.
 20. Golden SH, Folsom AR, Coresh J, Sharrett AR, Szklo M, Brancati F. Risk factor groupings related to insulin resistance and their synergistic effects on subclinical atherosclerosis: the atherosclerosis risk in communities study. *Diabetes* 2002;51:3069-76.
 21. Blacher J, Asmar R, Djane S, London GM, Safar ME. Aortic pulse wave velocity as a marker of cardiovascular risk in hypertensive patients. *Hypertension* 1999;33:1111-7.
 22. Safar ME, Henry O, Meaume S. Aortic pulse wave velocity: an independent marker of cardiovascular risk. *Am J Geriatr Cardiol* 2002;11:295-8.
 23. 최경목, 백세현. 대사증후군과 맥파속도. *대한내과학회지* 2005;68(2):130-1.
 24. 한아름, 김정하, 이덕철. 대사증후군과 상완-발목 맥파 속도의 관계. *가정의학회지* 2007;28:271-7.
 25. International Diabetes Federation. The IDF consensus worldwide definition of the Metabolic Syndrome. Brussels Belgium: International Diabetes Federation; 2006, p. 1-23.
 26. 이봉교. 맥진 현대화의 이론과 실제. 서울: 도서출판 정보사; 2003, p. 31, 39-47, 178-80.
 27. Vaitkevicius PV, Fleg JL, Engel JH, O'Connor FC, Wright JG, Lakatta LE, et al. Effects of age and aerobic capacity on arterial stiffness in healthy adults. *Circulation* 1993;88:1456-62.
 28. 김우겸. 혈액 심장 순환. 서울: 생명의 이치; 1991, p. 137-45.
 29. 박수정, 김경요, 이시우, 권영미, 길은영, 주종천. 당뇨병 환자와 건강인의 맥상과 사상체질에 관한 연구. *동의생리병리학회지* 2007;21(6):1601-10.
 30. 고기덕, 김경요, 주종천, 김종열, 이시우. 뇌경색 환자와 건강인의 맥상과 사상체질에 관한 연구. *대한약침학회지* 2007;10(1):119-32.
 31. Belz GG. Elastic properties and Windkessel function of the human aorta. *Cardiovasc Drugs Ther* 1995;9(1):73-83.
 32. 김경철, 강희정. 맥의공학연구회. 맥의공학 연구방법론. 경기도 안산: 대요메디; 2008, p. 83-6.
 33. 강희정, 권영상, 김달래, 김경철, 임윤경. 3차원 로봇 맥 영상 분석기의 5단계 가압 맥파 분석에 의한 고혈압 환자의 현맥연구. *경락경혈학회지* 2010;27(1):1-12.
 34. 최경목, 이계원, 설혜령, 서지아, 오정현, 최동섭. 한국인 성인에서 대사증후군에 따른 상완-발목 맥파속도. *대한당뇨병학회지* 2004;28(1):36-44.
 35. 김영권. 대사증후군 및 그 구성요소가 맥파속도에 미치는 영향. *대한내과학회지*. 2005;68(2):140-8.
 36. Expert panel on detection, evaluation and treatment of high blood cholesterol in adults. Executive summary of the third report of The National Cholesterol Education Program (NCEP) expert panel on detection, evaluation, and treatment of high blood cholesterol in adults (Adult Treatment Panel III). *JAMA* 2001;285:2486-97.
 37. National center for health statistics. Early Release of Selected Estimates Based on Data From the 2009 National Health Interview Survey. Hyattsville Maryland United States: National center for health statistics; 2009, p. 87-91.