

한국 여성의 추적검사에서 동맥 맥파속도 변화에 영향을 주는 인자

김대영, 공성열, 이성자, 송하도, 한은진, 양지훈, 김지연, 이동현, 신현호

관동대학교 의과대학 제일병원 내과

Determinants of Follow-up Changes of Brachial Ankle Pulse Wave Velocity in Korean Women

Dae Young Kim, Sung Yeol Kong, Sung Ja Lee, Ha Do Song, Eun Jin Han, Ji Hoon Yang, Ji Yeon Kim, Dong Hyun Lee, Hyun Ho Shin

Department of Internal Medicine, Cheil General Hospital & Women's Healthcare Center, Kwandong University College of Medicine, Seoul, Korea

ABSTRACT

Background: Pulse Wave Velocity (PWV) correlates well with arterial distensibility and stiffness and is a useful approach for evaluating the severity of systemic arteriosclerosis in adults. In addition, measurement of brachial-ankle PWV (baPWV) has been commonly reported as a simple, noninvasive, and practicable method. Arterial stiffness assessed by PWV could predict cardiovascular morbidity and mortality. In this study, we investigated the association between the changes of baPWV and cardiovascular risk factors in Korean women using data from follow-up evaluations. **Methods:** The subjects were 626 women (age, 47.2 ± 8.2) in whom we measured baPWV and cardiovascular risk factors at baseline and about one year later. Arterial stiffness was evaluated by baPWV and biological parameters were evaluated on the same day. We retrospectively analyzed the relationships between changes of baPWV and those other factors. All analyses were performed with SPSS ver. 20.0 and p-values < 0.05 were considered significant. **Results:** In correlation analysis, changes of baPWV were affected by changes in systolic blood pressure (SBP), diastolic blood pressure (DBP), pulse pressure, total cholesterol, high density lipoprotein-cholesterol, and low density lipoprotein-cholesterol. Multiple regression analysis of relationship between changes of baPWV and other associated variables shows that improvement of baPWV was significantly positively associated with changes of SBP and hemoglobin A1c (HbA1c), and worsening of baPWV was significantly negatively associated with changes of DBP, age, and SBP in sequence. **Conclusions:** In improvement of baPWV, decreases of SBP and HbA1c and in worsening of baPWV, increases of DBP, age, and SBP were significant factors in Korean women.

(J Korean Soc Hypertens 2012;18(4):154-165)

Key Words: Pulse wave analysis; Vascular stiffness; Arteriosclerosis; Systolic blood pressure

서론

논문접수일: 2012.9.10, 수정완료일: 2012.11.5, 게재승인일: 2012.11.10
교신저자: 신현호
주소: 서울시 중구 서예로1길 17 관동대학교 의과대학 제일병원 순환기내과
Tel: 02) 2000-7245, Fax: 02) 2000-7895
E-mail: hho.shin@cgh.co.kr

생활양식의 변화와 인구의 노령화로 인해 점차적으로 심혈관질환의 사망률과 이환율이 증가하고 있다. 이런 심

혈관질환은 동맥경화증의 중요한 합병증의 하나로 동맥경화의 정도를 예측하고 진단하는 것이 이들 질환의 예방과 조기진단에 있어 중요하다.¹⁾

동맥경화 정도를 평가하려는 많은 방법 중 맥파속도 및 발목-상완지수에 대한 연구가 활발히 진행되어 왔으며, 대동맥 맥파속도가 동맥경화증의 평가에 가장 흔히 사용되는 방법이었다.²⁾ 이는 동맥의 경직도를 경동맥과 대퇴동맥 간의 전도시간과 거리에 기초하여 압력측정법(tonometric method)으로 측정하는 방법이며, 당뇨병, 고혈압, 고지혈증, 여러 신질환에서 증가되어 있는 것으로 알려져 있다.³⁻⁶⁾ 또한 여러 연구에서 동맥의 맥파속도가 심혈관계질환의 위험도 지표일 뿐 아니라 예후 예견인자로도 유용하다는 것이 알려져 있어 맥파속도가 심혈관계질환 발생의 조기평가에 유용하게 사용될 수 있음을 제시하였으며 이러한 사실은 고혈압 및 당뇨병 환자 그리고 고령의 인구에서도 증명되어 있다.⁷⁻¹⁰⁾ 고전적인 방법으로는 경동맥-대퇴동맥 맥파속도(carotid-femoral pulse wave velocity)가 많이 쓰이지만, 정확한 맥파를 측정하기 위해서는 경동맥과 대퇴동맥에 탐촉자를 정확하게 고정시켜야 하며 주의 깊게 조작되어야 하는 등 정밀하고 복잡한 기술을 요하는 이유로, 실제 검진이나 임상진료에 있어 일상 선별검사로 이용하기에는 어려움이 있다.^{11,12)}

이를 보완하기 위해 개발된 방법이 진동측정법(oscillometric method)으로 상완과 발목에서 혈압 및 맥파속도를 측정할 수 있는 상완-발목 맥파속도(brachial-ankle pulse wave velocity, baPWV)이며, 재현성이 높고, 타당성이 검증되었으며 그 측정방법이 간단하여 유용하게 사용될 수 있어 조기에 동맥경화증을 예측하고, 여러 임상지표로 활용되고 있다.^{13,14)} 관상동맥질환은 폐경기 여성에서도 주된 사망원인으로 알려져 있지만¹⁵⁾ 여성에 대한 연구는 상대적으로 부족한 실정으로, 성인 여성에서 심혈관계질환의 발생을 예방하고 관리하기 위해서는 동맥경직도와 관련된 요인들을 파악하는 것은 중요할 것으로

사료된다. 또한 최근까지 baPWV에 영향을 미치는 인자들에 대한 연구는 활발히 이루어져 왔으나, baPWV 변화를 추적 관찰한 연구는 적었다.

이에 저자들은 baPWV를 추적 관찰한 우리나라의 여성을 대상으로 맥파속도의 변화에 영향을 끼치는 인자들을 알아보고, 이러한 결과를 바탕으로 심혈관계질환 예방을 위해 동맥경화증의 어떠한 위험인자가 가장 주의를 요하는지를 알아보려고 하였다.

대상 및 방법

1. 연구대상

2007년 1월부터 2012년 1월까지 질병의 조기발견과 건강증진을 목적으로 관동의대 제일병원의 건강증진센터에 내원하여 신체종합검사를 받은 여성 중에서 자동파형분석기를 이용하여 baPWV를 1.3년 간격으로 2회 측정한 626명을 대상으로 하였으며 의무기록을 바탕으로 후향적으로 연구하였다.

2. 연구방법

1) 신체계측 및 혈청학적 검사

모든 대상자는 자기기입설문지를 통하여 흡연 및 음주 상태, 과거병력, 현재병력, 복용약물 등을 기록하였으며, 신체계측으로 체중과 신장을 측정하였고, 체질량지수(body mass index)는 체중(kg)을 신장제곱(m²)으로 나누어 계산하였고, 수축기혈압, 이완기혈압, 맥압을 측정하였다. 혈액은 8-12시간 이상 금식한 후에 상지 정맥혈을 채취하여 혈청을 분리하여 총 콜레스테롤, 중성지방, 고밀도지단백 콜레스테롤, 저밀도지단백 콜레스테롤, 공복혈당, 당화혈색소를 측정하였다. 모든 대상자들은 비흡연자였고, 기저 병력(고혈압, 당뇨병, 고지혈증, 신질환, 갑상선 질환 등)으로 치료받고 있는 여성들은 제외하였다.

2) 맥파속도의 측정

대상자는 누운 상태에서 맥파속도 측정 전에 적어도 5

분 이상 안정을 취한 후, 자동파형분석기(automatic waveform analyzer; VP-1000, Colin Co., Komaki, Japan)를 사용하여 측정하였다. 사지의 혈압과 맥박은 oscillometric 방법을 사용하여 측정하였고, 우측 baPWV, 좌측 baPWV가 동시에 측정되었으며 1회 맥파기록 시의 sampling time은 10초이며 모든 대상자에서 연속 2회 기록하여 자동적으로 계산된 측정값의 평균값을 분석에 이용하였다. 맥파속도를 결정하는데 필요한 시간간격(ΔT)과 측정지점 간의 거리(L)는 모두 파형분석기에서 자동적으로 계산되었으며 거리는 대상자의 키(cm)를 근거로 하였다. baPWV는 상완-발목 거리(L) = $0.5934 \times \text{키(cm)} + 14.4014$ 를 상완 및 발목에서의 맥파 시작점 간의 시간간격(ΔT)으로 나눈 값(L/ ΔT)이며 자동적으로 계산되었다. 혈압은 양팔에서의 평균혈압을 기준으로 하였으며, baPWV는 양측에서의 평균값을 분석에 이용하였다.

3) 통계분석

분석에 사용한 프로그램은 윈도우용 SPSS ver. 20.0 (SPSS Inc., Chicago, IL, USA)을 이용하였다. 기저검사 및 추적검사 시 대상자 특성의 통계는 평균 \pm 표준편차로 표현하였다. 각 인자 간의 기저와 추적검사 시의 차이는

추적검사결과에서 기저검사결과를 뺀 수치로 정의하였으며, 대응표본 t-검정으로 차이를 알아보았다. baPWV와 여러 인자들과의 연관성을 분석하기 위하여 Pearson 상관계수를 이용하였다. 또한 baPWV를 종속변수로 하여 baPWV와의 상관분석에서 유의한 연관성이 있었던 변수들을 독립변수로 하여 다중회귀분석을 실시하여 각 인자들과의 영향을 알아보았다. 통계적 유의수준은 p값 0.05 미만으로 하였다.

결 과

1. 연구대상자의 특성

연구대상자들의 특성은 Table 1과 같다. 대상자는 626명이며 모두 여성이었다. 연구 시작 시점에서 전체 평균 연령은 47.2 ± 8.2 세였고, 연령분포는 40세 미만이 106명(17%), 40세 이상이며 50세 미만이 302명(48%), 50세 이상이며 60세 미만이 168명(27%), 60세 이상이 50명(8%)이었고, 추적검사 평균기간은 1.30 ± 0.6 년이었다.

연구 시작시점과 추적검사 시 지표들을 비교해보면, 나이는 47.2 ± 8.2 에서 48.5 ± 8.2 세로, baPWV는 1,257.5

Table 1. Baseline and follow-up characteristics of the study subjects (n = 626)

Variables	Baseline	Follow-up	Difference	p-value
Age (yr)	47.2 \pm 8.2	48.5 \pm 8.2	1.30 \pm 0.6	<0.001
Weight (kg)	56.1 \pm 7.6	56.2 \pm 7.6	0.1 \pm 2.2	0.207
BMI (kg/m ²)	22.1 \pm 2.9	22.2 \pm 2.9	0.05 \pm 0.9	0.183
SBP (mm Hg)	115.8 \pm 15.6	115.1 \pm 14.5	-0.6 \pm 10.5	0.132
DBP (mm Hg)	68.8 \pm 10.4	68.4 \pm 9.7	-0.5 \pm 7.0	0.104
Pulse pressure (mm Hg)	46.9 \pm 8.7	46.8 \pm 9.2	-0.2 \pm 7.2	0.535
baPWV (cm/sec)	1,257.5 \pm 235.8	1,260.3 \pm 225.7	2.78 \pm 114.6	0.544
TC (mg/dL)	195.4 \pm 32.5	197.2 \pm 35.2	1.8 \pm 28.2	0.102
Triglyceride (mg/dL)	95.4 \pm 55.3	99.8 \pm 57.3	4.5 \pm 50.7	0.028
HDL-C (mg/dL)	62.6 \pm 14.9	60.5 \pm 14.6	-2.1 \pm 9.1	<0.001
LDL-C (mg/dL)	113.7 \pm 29.3	116.8 \pm 31.9	3.1 \pm 26.7	0.004
HbA1c (%)	5.47 \pm 0.8	5.51 \pm 0.7	0.04 \pm 0.5	0.077
FBS (mg/dL)	93.4 \pm 17.1	93.4 \pm 17.3	0.1 \pm 17.1	0.935

Values are presented as mean \pm standard deviation.

BMI, body mass index; SBP, systolic blood pressure; DBP, diastolic blood pressure; baPWV, brachial-ankle pulse wave velocity; TC, total cholesterol; HDL-C, high density lipoprotein-cholesterol; LDL-C, low density lipoprotein-cholesterol; HbA1c, hemoglobin A1c; FBS, fasting blood sugar.

± 235.8 에서 $1,260.3 \pm 225.7$ cm/sec로 증가하였다. 수축기혈압과 이완기혈압은 115.8 ± 15.6 에서 115.1 ± 14.5 mm Hg, 68.8 ± 10.4 에서 68.4 ± 9.7 mm Hg로, 맥압은 46.9 ± 8.7 에서 46.8 ± 9.2 mm Hg로 각각 모두 감소하였으나 유의한 변화는 아니었다. 체중과 체질량지수는 56.1

± 7.6 에서 56.2 ± 7.6 kg, 22.1 ± 2.9 에서 22.2 ± 2.9 kg/m²로 증가하였지만 유의한 차이를 보이지 않았다. 저밀도지단백 콜레스테롤과 중성지방은 113.7 ± 29.3 에서 116.8 ± 31.9 mg/dL, 95.4 ± 55.3 에서 99.8 ± 57.3 mg/dL로 유의하게 증가하였고, 고밀도지단백 콜레스테롤은 $62.6 \pm$

Table 2. Baseline and follow-up characteristics of the baPWV improved group subjects (n = 291)

Variables	Baseline	Follow-up	Difference	p-value
Age (yr)	47.3 \pm 9.1	48.6 \pm 9.0	1.35 \pm 0.6	<0.001
Weight (kg)	56.0 \pm 7.7	56.0 \pm 7.6	0.04 \pm 2.1	0.760
BMI (kg/m ²)	22.1 \pm 3.2	22.1 \pm 3.1	0.03 \pm 0.9	0.583
SBP (mm Hg)	118.8 \pm 17.2	115.0 \pm 15.2	-3.87 \pm 10.9	<0.001
DBP (mm Hg)	70.9 \pm 11.4	67.7 \pm 9.8	-3.14 \pm 6.8	<0.001
Pulse pressure (mm Hg)	47.9 \pm 9.4	47.2 \pm 10.1	-0.73 \pm 7.9	0.116
baPWV (cm/sec)	1,318.0 \pm 269.0	1,229.5 \pm 241.1	-88.5 \pm 84.7	<0.001
TC (mg/dL)	194.1 \pm 32.5	193.5 \pm 32.8	-0.65 \pm 28.6	0.701
Triglyceride (mg/dL)	97.0 \pm 58.0	100.4 \pm 59.4	3.36 \pm 52.7	0.277
HDL-C (mg/dL)	62.5 \pm 15.6	59.8 \pm 15.3	-2.6 \pm 8.9	<0.001
LDL-C (mg/dL)	112.3 \pm 30.2	113.6 \pm 30.6	1.3 \pm 27.3	0.414
HbA1c (%)	5.51 \pm 0.9	5.54 \pm 0.8	0.03 \pm 0.6	0.437
FBS (mg/dL)	93.6 \pm 18.0	93.8 \pm 16.9	0.22 \pm 16.4	0.816

Values are presented as mean \pm standard deviation.

BMI, body mass index; SBP, systolic blood pressure; DBP, diastolic blood pressure; baPWV, brachial-ankle pulse wave velocity; TC, total cholesterol; HDL-C, high density lipoprotein-cholesterol; LDL-C, low density lipoprotein-cholesterol; HbA1c, hemoglobin A1c; FBS, fasting blood sugar.

Table 3. Baseline and follow-up characteristics of the baPWV worsened group subjects (n = 335)

Variables	Baseline	Follow-up	Difference	p-value
Age (yr)	47.1 \pm 7.4	48.4 \pm 7.4	1.25 \pm 0.7	<0.001
Weight (kg)	56.1 \pm 7.5	56.2 \pm 7.5	0.17 \pm 2.2	0.157
BMI (kg/m ²)	22.1 \pm 2.7	22.2 \pm 2.8	0.06 \pm 0.9	0.194
SBP (mm Hg)	113.1 \pm 13.4	115.3 \pm 13.9	2.18 \pm 9.2	<0.001
DBP (mm Hg)	67.0 \pm 9.1	68.9 \pm 9.6	1.88 \pm 6.2	<0.001
Pulse pressure (mm Hg)	46.1 \pm 8.0	46.4 \pm 8.5	0.3 \pm 6.4	0.390
baPWV (cm/sec)	1,204.9 \pm 187.8	1,286.9 \pm 208.1	82.0 \pm 69.2	<0.001
TC (mg/dL)	196.4 \pm 32.5	200.4 \pm 36.9	4.00 \pm 27.6	0.008
Triglyceride (mg/dL)	93.9 \pm 52.9	99.4 \pm 55.5	5.41 \pm 48.9	0.044
HDL-C (mg/dL)	62.7 \pm 14.2	61.0 \pm 14.0	-1.7 \pm 9.1	0.001
LDL-C (mg/dL)	114.9 \pm 28.6	119.5 \pm 32.8	4.6 \pm 26.0	0.001
HbA1c (%)	5.44 \pm 0.7	5.49 \pm 0.5	0.05 \pm 0.5	0.076
FBS (mg/dL)	93.3 \pm 16.3	93.0 \pm 17.7	-0.30 \pm 17.8	0.759

Values are presented as mean \pm standard deviation.

BMI, body mass index; SBP, systolic blood pressure; DBP, diastolic blood pressure; baPWV, brachial-ankle pulse wave velocity; TC, total cholesterol; HDL-C, high density lipoprotein-cholesterol; LDL-C, low density lipoprotein-cholesterol; HbA1c, hemoglobin A1c; FBS, fasting blood sugar.

14.9에서 60.5 ± 14.6 mg/dL로 유의하게 감소하였다. 총 콜레스테롤, 당화혈색소, 공복혈당은 195.4 ± 32.5 에서 197.2 ± 35.2 mg/dL, 5.47 ± 0.8 에서 $5.51\% \pm 0.7\%$, 93.4 ± 17.1 에서 93.4 ± 17.3 mg/dL로 증가하였으나 유의한 차이를 보이지 않았다(Table 1). 추적검사 시 맥파속도가 감소한 집단과 증가한 집단으로 나누어서 비교해보면, 감소한 건수는 291건이었고, 증가한 건수는 335건이었다. 감소한 집단에서는 나이가 유의하게 증가하였고, 맥파속도는 유의하게 감소하였다. 수축기혈압과 이완기혈압은 각각 유의하게 감소하였고 맥압은 감소하였으나 유의한 변화는 아니었다. 고밀도지단백 콜레스테롤은 유의하게 감소하였지만 그 외 다른 인자는 유의성이 없었다(Table 2). 증가한 집단에서는 나이와 맥파속도, 수축기혈압과 이완기혈압, 총 콜레스테롤, 중성지방, 저밀도지단백 콜레스테롤이 유의하게 증가하였다. 고밀도지단백 콜레스테롤은 유의하게 감소하였지만 그 외 다른 인자는 유의성이 없었다(Table 3).

2. 상완-발목 맥파속도 변화와 여러 인자 간의 연관성

맥파속도 변화와 여러 인자들 간의 연관성을 상관분석으로 알아본 결과, 수축기혈압 변화, 이완기혈압 변화, 맥압 변화, 총 콜레스테롤 변화, 고밀도지단백 콜레스테롤

변화, 저밀도지단백 콜레스테롤 변화와 유의한 연관관계가 있었다(Table 4). 역시 맥파속도가 감소한 집단과 증가한 집단으로 나누어서 비교해보면, 감소한 집단 즉 좋아진 집단에서는 체중 변화, 수축기혈압 변화, 이완기혈압 변화, 맥압 변화, 총 콜레스테롤 변화, 저밀도지단백 콜레스테롤 변화, 당화혈색소 변화와 유의한 연관관계가 있었고, 증가한 집단 즉 나빠진 집단에서는 나이 변화, 수축기혈압 변화, 이완기혈압 변화, 맥압 변화, 고밀도지단백 콜레스테롤 변화와 유의한 연관성이 있었다(Table 5).

맥파속도의 감소와 증가 정도를 세분하여 맥파속도가 2.5% 이하, 2.5-5%, 5-7.5%, 7.5% 이상 감소한 4개의 그룹과, 역시 맥파속도가 2.5% 이하, 2.5-5%, 5-7.5%, 7.5% 이상 증가한 4개의 group으로 나누어서 연관성을 알아보면, group I, II에서는 유의한 연관성을 보이는 인자가 없었고, group III에서는 수축기와 이완기혈압 변화, group IV에서는 체중 변화, 수축기혈압 변화, 이완기혈압 변화, 맥압 변화, 총 콜레스테롤 변화, 저밀도지단백 콜레스테롤 변화, 당화혈색소 변화와 유의한 연관성을 보였으며(Table 6), group VI에서는 유의한 연관성을 보이는 인자가 없었고, group V에서는 중성지방 변화, group VII에서는 당화혈색소 변화, group VIII에서는 나이 변화, 수축기와 이완기혈압 변화, 맥압 변화, 고밀도와 저밀도지단

Table 4. Correlation between baPWV difference and variable factor differences (n = 626)

Variables	Correlation coefficient (r)	p-value
Age difference (yr)	-0.050	0.214
Weight difference (kg)	0.050	0.205
BMI difference (kg/m ²)	0.034	0.398
SBP difference (mm Hg)	0.445	<0.001
DBP difference (mm Hg)	0.452	<0.001
Pulse pressure difference (mm Hg)	0.164	<0.001
TC difference (mg/dL)	0.139	<0.001
Triglyceride difference (mg/dL)	0.059	0.143
HDL-C difference (mg/dL)	0.102	0.011
LDL-C difference (mg/dL)	0.091	0.023
HbA1c difference (%)	0.068	0.090
FBS difference (mg/dL)	-0.014	0.731

baPWV, brachial-ankle pulse wave velocity; BMI, body mass index; SBP, systolic blood pressure; DBP, diastolic blood pressure; TC, total cholesterol; HDL-C, high density lipoprotein-cholesterol; LDL-C, low density lipoprotein-cholesterol; HbA1c, hemoglobin A1c; FBS, fasting blood sugar.

Table 5. Correlation between baPWV difference and variable factor differences in the baPWV improved group and worsened group

Variables	Improved group (n = 291)		Worsened group (n = 335)	
	Correlation coefficient (r)	p-value	Correlation coefficient (r)	p-value
Age difference (yr)	-0.063	0.283	0.120	0.028
Weight difference (kg)	0.129	0.028	-0.048	0.385
BMI difference (kg/m ²)	0.107	0.069	-0.053	0.334
SBP difference (mm Hg)	0.368	<0.001	0.240	<0.001
DBP difference (mm Hg)	0.340	<0.001	0.247	<0.001
Pulse pressure difference (mm Hg)	0.212	<0.001	0.106	0.049
TC difference (mg/dL)	0.181	0.002	0.048	0.383
Triglyceride difference (mg/dL)	0.060	0.307	0.071	0.195
HDL-C difference (mg/dL)	0.072	0.223	-0.123	0.025
LDL-C difference (mg/dL)	0.143	0.014	0.119	0.127
HbA1c difference (%)	0.230	<0.001	-0.111	0.062
FBS difference (mg/dL)	-0.022	0.706	0.014	0.793

baPWV, brachial-ankle pulse wave velocity; BMI, body mass index; SBP, systolic blood pressure; DBP, diastolic blood pressure; TC, total cholesterol; HDL-C, high density lipoprotein-cholesterol; LDL-C, low density lipoprotein-cholesterol; HbA1c, hemoglobin A1c; FBS, fasting blood sugar.

Table 6. Correlation between baPWV difference and variable factor differences in the baPWV improved subgroup

Variables	Group I (n = 76)		Group II (n = 70)		Group III (n = 50)		Group IV (n = 95)	
	Correlation coefficient (r)	p-value	Correlation coefficient (r)	p-value	Correlation coefficient (r)	p-value	Correlation coefficient (r)	p-value
Age difference (yr)	0.233	0.063	0.047	0.701	0.209	0.145	-0.092	0.187
Weight difference (kg)	0.116	0.318	0.085	0.484	0.059	0.684	0.201	0.049
BMI difference (kg/m ²)	0.097	0.403	0.107	0.376	0.030	0.833	0.177	0.087
SBP difference (mm Hg)	0.108	0.354	0.186	0.122	0.391	0.005	0.295	0.004
DBP difference (mm Hg)	0.139	0.232	0.134	0.268	0.306	0.031	0.222	0.030
Pulse pressure difference (mm Hg)	0.013	0.911	0.099	0.415	0.234	0.101	0.236	0.022
TC difference (mg/dL)	-0.107	0.358	0.082	0.500	-0.082	0.573	0.277	0.007
Triglyceride difference (mg/dL)	0.059	0.613	0.103	0.396	-0.089	0.538	0.058	0.575
HDL-C difference (mg/dL)	0.049	0.677	-0.005	0.969	-0.060	0.679	-0.016	0.261
LDL-C difference (mg/dL)	-0.151	0.194	0.066	0.588	-0.013	0.927	0.264	0.010
HbA1c difference (%)	0.069	0.556	-0.148	0.220	0.242	0.090	0.301	0.003
FBS difference (mg/dL)	0.003	0.982	0.055	0.652	-0.049	0.736	-0.093	0.372

Group I: baPWV differences $\leq 2.5\%$, II: $2.5\% < \text{baPWV differences} < 5\%$, III: $5\% < \text{baPWV differences} < 7.5\%$, IV: $\text{baPWV differences} \geq 7.5\%$. baPWV, brachial-ankle pulse wave velocity; BMI, body mass index; SBP, systolic blood pressure; DBP, diastolic blood pressure; TC, total cholesterol; HDL-C, high density lipoprotein-cholesterol; LDL-C, low density lipoprotein-cholesterol; HbA1c, hemoglobin A1c; FBS, fasting blood sugar.

백 콜레스테롤 변화와 유의한 연관성을 보였다(Table 7).

3. 상완-발목 맥파속도 변화와 상관관계가 있는 인자간의 연관성

맥파속도 변화를 종속변수로 하고 상관분석에서 통계적 의의가 있는 인자들만으로 다중회귀분석을 실시하게

되면, 맥파속도 감소집단은 수축기혈압 변화, 당화혈색소 변화가 유의하게 연관되어 있었고, 이완기혈압 변화, 총 콜레스테롤 변화, 체중 변화, 저밀도지단백 콜레스테롤 변화는 유의한 연관성이 없었고(Table 8), group IV에서는 당화혈색소 변화, 수축기혈압 변화가 유의한 연관성을

Table 7. Correlation between baPWV difference and variable factor differences in the baPWV worsened subgroup

Variables	Group V (n = 85)		Group VI (n = 74)		Group VII (n = 57)		Group VIII (n = 119)	
	Correlation coefficient (r)	p-value	Correlation coefficient (r)	p-value	Correlation coefficient (r)	p-value	Correlation coefficient (r)	p-value
Age difference (yr)	-0.157	0.151	0.223	0.056	0.011	0.938	0.152	0.039
Weight difference (kg)	-0.226	0.146	-0.028	0.811	0.096	0.477	-0.038	0.685
BMI difference (kg/m ²)	-0.210	0.054	0.011	0.924	0.080	0.552	-0.058	0.533
SBP difference (mm Hg)	-0.095	0.386	0.052	0.660	-0.198	0.139	0.251	0.006
DBP difference (mm Hg)	-0.036	0.743	-0.035	0.770	-0.032	0.811	0.154	0.045
Pulse pressure difference (mm Hg)	-0.105	0.337	0.095	0.422	-0.261	0.051	0.214	0.020
TC difference (mg/dL)	0.023	0.832	0.060	0.614	0.007	0.960	-0.085	0.356
Triglyceride difference (mg/dL)	-0.299	0.005	-0.048	0.684	0.114	0.399	-0.079	0.396
HDL-C difference (mg/dL)	0.198	0.069	-0.021	0.858	0.053	0.694	-0.157	0.038
LDL-C difference (mg/dL)	0.060	0.586	0.083	0.483	-0.052	0.699	0.115	0.043
HbA1c difference (%)	0.116	0.291	-0.036	0.760	0.291	0.028	-0.165	0.054
FBS difference (mg/dL)	0.071	0.517	0.113	0.339	0.084	0.535	-0.095	0.303

Group V: baPWV differences $\leq 2.5\%$, VI: $2.5\% < \text{baPWV differences} < 5\%$, VII: $5\% < \text{baPWV differences} < 7.5\%$, VIII: baPWV differences $\geq 7.5\%$. baPWV, brachial-ankle pulse wave velocity; BMI, body mass index; SBP, systolic blood pressure; DBP, diastolic blood pressure; TC, total cholesterol; HDL-C, high density lipoprotein-cholesterol; LDL-C, low density lipoprotein-cholesterol; HbA1c, hemoglobin A1c; FBS, fasting blood sugar.

Table 8. Multiple regression analysis of the relationship between change of baPWV and other associated variables in the baPWV improved group

Variables	Unstandardized coefficients		Standardized coefficients	t-value	p-value
	Regression coefficient (β)	Standard error	Standardized coefficient (β)		
SBP difference (mm Hg)	2.038	0.566	0.262	3.599	<0.001
HbA1c difference (%)	33.859	7.820	0.229	4.330	<0.001
DBP difference (mm Hg)	1.731	0.900	0.140	1.923	0.056
TC difference (mg/dL)	0.318	0.367	0.108	0.866	0.387
Weight difference (kg)	3.453	2.079	0.088	1.661	0.098
LDL-C difference (mg/dL)	-0.029	0.382	-0.009	-0.077	0.939

baPWV, brachial-ankle pulse wave velocity; SBP, systolic blood pressure; HbA1c, hemoglobin A1c; DBP, diastolic blood pressure; TC, total cholesterol; LDL-C, low density lipoprotein-cholesterol.

Table 9. Multiple regression analysis of the relationship between change of baPWV and other associated variables in the most baPWV improved subgroup (group IV)

Variables	Unstandardized coefficients		Standardized coefficients	t-value	p-value
	Regression coefficient (β)	Standard error	Standardized coefficient (β)		
HbA1c difference (%)	28.675	10.468	0.270	2.739	0.007
SBP difference (mm Hg)	1.544	0.814	0.249	1.896	0.045
LDL-C difference (mg/dL)	0.908	0.647	0.307	1.405	0.164
Weight difference (kg)	5.667	3.286	0.160	1.725	0.088
TC difference (mg/dL)	-0.238	0.642	-0.083	-0.370	0.712
DBP difference (mm Hg)	0.528	1.451	0.048	0.364	0.717

baPWV, brachial-ankle pulse wave velocity; HbA1c, hemoglobin A1c; SBP, systolic blood pressure; LDL-C, low density lipoprotein-cholesterol; TC, total cholesterol; DBP, diastolic blood pressure.

Table 10. Multiple regression analysis of the relationship between change of baPWV and other associated variables in the baPWV worsened group

Variables	Unstandardized coefficients		Standardized coefficients	t-value	p-value
	Regression coefficient (β)	Standard error	Standardized coefficient (β)		
DBP difference (mm Hg)	1.769	0.853	0.159	2.073	0.039
Age difference (yr)	0.048	0.018	0.140	2.657	0.008
SBP difference (mm Hg)	0.908	0.568	0.121	1.600	0.040
HDL-C difference (mg/dL)	-0.654	0.402	-0.086	-1.624	0.105

baPWV, brachial-ankle pulse wave velocity; DBP, diastolic blood pressure; SBP, systolic blood pressure; HDL-C, high density lipoprotein-cholesterol.

Table 11. Multiple regression analysis of the relationship between change of baPWV and other associated variables in the most baPWV worsened subgroup (group VIII)

Variables	Unstandardized coefficients		Standardized coefficients	t-value	p-value
	Regression coefficient (β)	Standard error	Standardized coefficient (β)		
SBP difference (mm Hg)	1.368	0.830	0.219	1.648	0.032
Age difference (yr)	0.047	0.024	0.182	1.957	0.043
HDL-C difference (mg/dL)	-0.960	0.614	-0.145	-1.563	0.121
LDL-C difference (mg/dL)	0.284	0.213	0.120	1.332	0.185
DBP difference (mm Hg)	-0.014	1.262	-0.002	-0.011	0.991

baPWV, brachial-ankle pulse wave velocity; SBP, systolic blood pressure; HDL-C, high density lipoprotein-cholesterol; LDL-C, low density lipoprotein-cholesterol; DBP, diastolic blood pressure.

보였으며, 저밀도지단백 콜레스테롤 변화, 체중 변화, 총 콜레스테롤 변화 그리고 이완기혈압 변화는 유의한 연관성을 보이지 않았다(Table 9).

맥파속도 증가집단에서는 이완기혈압 변화와 나이 변화, 수축기혈압 변화가 유의하게 연관되어 있었고, 고밀도지단백 콜레스테롤 변화는 연관성이 없었고(Table 10), group VIII에서는 수축기혈압 변화, 나이 변화가 유의한 연관성을 보였으며, 고밀도지단백 콜레스테롤 변화와 저밀도지단백 콜레스테롤 변화, 이완기혈압 변화는 유의한 연관성을 보이지 않았다(Table 11).

고 찰

동맥 맥파속도는 동맥경화증의 평가에 가장 흔히 사용되는 방법이고,²⁾ 이를 보완하기 위해 개발된 baPWV는 초기에 동맥경화증을 예측하는 임상지표로 활용되고 있다.

동맥 경직도에 영향을 미치는 것으로는 연령, 심혈관계

위험인자(비만, 고혈압, 고지혈증, 당뇨병, 고감도C-반응 단백질 등), 심혈관계질환, 고혈압 및 당뇨병의 가족력 등 유전적 배경, 그 외 각종 질환(만성신질환, 내분비-대사질환) 등 수많은 것이 알려져 있고,¹⁶⁾ baPWV에 가장 강력한 영향을 미치는 인자로는 나이, 수축기혈압, 성별이 알려져 있고, baPWV와 여러 심혈관계질환 위험인자 및 대사증후군 구성요소와의 상관관계를 발표한 여러 보고가 있었다.¹⁷⁾ 특히, Yun 등¹⁸⁾은 이전 단면연구들과 달리 baPWV를 추적 관찰하여 맥파속도 변화에 영향을 끼치는 인자들을 알아보았는데, 제2형 당뇨병 환자에서 1년 간격으로 맥파속도를 추적 관찰하여 가장 강력한 인자는 혈압의 변화라고 보고하였다.

본 연구에서는 한국 여성들을 대상으로 하여 baPWV 변화와 여러 심혈관계질환의 위험인자들의 상호관계를 분석하기 위하여, 추적검사를 통해 맥파속도가 감소한 집단과 증가한 집단으로 나누고 감소와 증가 정도를 세분하여 비교하였다. 이를 위해 맥파속도 변화가 2.5% 이하, 2.5–

5%, 5-7.5%, 7.5% 이상 감소한 4개와 증가한 4개의 집단으로 나누어서 맥파속도의 감소와 증가에 영향을 끼치는 인자뿐만 아니라 변화량에 따른 영향인자의 차이를 알아보았다.

연구 시작시점과 비교해서 추적검사에서 최대 맥파속도가 증가하였는데, 이는 비록 수축기, 이완기혈압이 감소하였으나 유의한 수준이 아니었고, 나이의 증가와 함께 유의한 수준의 고밀도지단백 콜레스테롤 감소, 저밀도지단백 콜레스테롤과 중성지방 증가와 관련 있을 것으로 생각되며, 맥파속도 감소와 증가 군으로 구분하여 살펴보면, 감소 군에서는 나이의 증가, 고밀도지단백 콜레스테롤과 수축기혈압, 이완기혈압의 감소가 유의성이 있었다. 증가 군에서는 나이, 수축기혈압, 이완기혈압, 총 콜레스테롤, 중성지방, 저밀도지단백 콜레스테롤이 유의하게 증가하였고, 고밀도지단백 콜레스테롤은 유의하게 감소하였다.

맥파속도 변화에 영향을 미치는 인자들을 조사해 보면, 수축기와 이완기혈압 변화, 맥압 변화, 총 콜레스테롤 변화, 고밀도와 저밀도지단백 콜레스테롤 변화와 유의한 연관관계가 있었지만, 좋아진 집단에서는 나이의 변화와는 유의하지는 않지만 음의 상관관계, 체중 변화, 수축기혈압 변화, 이완기혈압 변화, 맥압 변화, 총 콜레스테롤 변화, 저밀도지단백 콜레스테롤 변화, 당화혈색소 변화와는 유의한 양의 상관관계가 있었다. 이는 연령의 증가에도 불구하고 체중과 혈압, 총 콜레스테롤과 저밀도지단백 콜레스테롤, 당화혈색소의 감소와 관련 있는 것으로 사료된다. 나빠진 집단에서는 나이 변화, 수축기혈압 변화, 이완기혈압 변화, 맥압 변화와 유의한 양의 연관성이, 고밀도지단백 콜레스테롤 변화와는 유의한 음의 연관성이 있었다. 즉 맥파속도의 증가는 연령의 증가, 혈압과 맥압의 증가와 고밀도지단백 콜레스테롤의 감소와 관련 있는 것으로 생각된다. 연령 및 혈압은 맥파속도에 영향을 미치는 중요한 독립인자들로 알려져 있는데,¹⁹⁾ 본 연구에서 맥파속도가 좋아진 집단에서는 연령이 증가함에 따라 음의 상관관계, 나빠진 집단에서는 유의한 양의 상관관계를 보여

연령이 맥파의 호전, 악화 군과는 상관성이 없음을 확인할 수 있었고, 혈압은 두 집단 모두에서 유의한 양의 상관관계를 보여 맥파속도가 좋아진 집단에서는 혈압의 감소와, 나빠진 집단에서는 혈압의 증가와 연관성이 있음을 알 수 있다.

또한 좋아진 집단을 향상된 정도에 따라 구분하여 보면, 향상된 정도가 작은 집단에서는 맥파속도 변화에 영향을 미치는 많은 인자들의 유의성이 없는 반면에, 향상된 정도가 큰 집단에서는 증가 시 심혈관계질환의 위험인자들로 알려져 있는 많은 인자들이 양의 유의한 연관관계를 보였다. 역시 나빠진 집단을 악화된 정도에 따라 구분하여 보면, 악화된 정도가 작은 집단에서는 맥파속도 변화에 영향을 미치는 인자들의 유의성이 없는 반면에, 악화된 정도가 큰 집단에서는 증가 시 심혈관계질환의 위험인자들로 알려져 있는 많은 인자들이 양의 유의한 연관관계를, 증가 시 예방인자로 알려진 인자인 고밀도지단백 콜레스테롤은 음의 유의한 연관관계를 보였다. 즉 맥파속도의 변화가 적은 집단에서는 연령 및 심혈관계 위험인자의 변화가 맥파속도 변화와 연관성이 적었으나 맥파속도의 변화가 큰 집단에서는 기존의 여러 단면연구에서 알려진 위험인자들이 맥파속도의 변화와 연관성이 큰 것을 확인할 수 있었다.

맥파속도 변화를 종속변수로 하고 상관분석에서 통계적 의의가 있는 인자들만을 독립변수로 하여 다중회귀분석을 하면, 맥파속도가 좋아진 집단에서는 수축기혈압 변화, 당화혈색소 변화의 순서로 연관성이 있었고, 이는 향상이 많이 된 집단에서도 당화혈색소 변화, 수축기혈압 변화가 연관성을 보였다. 나빠진 집단에서는 이완기혈압 변화, 나이 변화, 수축기혈압 변화가 연관성이 있었고, 악화가 많이 된 집단은 수축기혈압 변화, 나이 변화가 연관성을 보였다.

따라서 추적검사 기간 맥파속도의 향상과 연관성이 있는 강력한 인자들로는 수축기혈압의 감소와 당화혈색소 감소가, 맥파속도 악화와 연관성이 있는 인자들은 이완기혈압, 나이 그리고 수축기혈압 증가 순서임을 확인할 수

있었는데, 이는 여러 인자들의 변화가 맥파속도의 변화에 영향을 미치기에는 475일의 기간이 충분하지 못했거나 영향력이 적었을 것으로 보이는 반면에, 혈압의 변화는 직접적으로 맥파속도의 변화에 영향을 끼쳤기 때문으로 생각된다.

또한 당뇨병 환자에서 동맥벽의 유순도가 감소하여 경직도가 증가하는 것은 잘 알려져 있는데,²⁰⁾ 당뇨병이 없는 검진자를 대상으로 한 본 연구에서 다중회귀분석결과 당화혈색소가 유의한 인자로 나타난 것은 당뇨병과 상관 없이 당화혈색소가 차후 심혈관 사건의 독립적인 위험요인이 된다는 보고²¹⁾와 일맥상통한다. 다만 공복혈당은 당뇨병을 가지지 않은 정상인에서도 맥파속도와 연관된다는 보고^{1,22)}에도 불구하고 본 연구에서는 유의하지 않은 것으로 나타나 대상자의 공복 확인의 검증 및 추가적인 연구가 필요하다. 또한 심혈관계질환의 위험인자들로 알려진 여러 인자들 가운데 일부는 맥파속도의 감소와 증가, 그리고 정도에 따라 유의한 영향을 미친 인자들이 서로 다른 점은 앞으로 추적 관찰을 통한 전향적 연구가 필요하다고 생각한다.

본 연구의 제한점은 다음과 같다. 첫째, 관동의대 제일병원 건강증진센터 한 기관에 내원한 여성을 대상으로 한 이번 연구결과를 일반화하기에 제한이 있다. 둘째, 후향적 단면연구로 인과관계를 정확히 파악할 수 없다. 셋째, 식이습관, 운동, 가족력 및 여성에게 심혈관계질환의 발생 위험도를 높이는 폐경 여부에 대한 정보가 미흡하다는 한계를 가진다. 넷째, 혈압과 마찬가지로 맥파속도도 측정 시간에 따라 변화할 수 있으나 시간에 제한을 두지 않았으며 모두 동일한 측정조건이라고 간주한 점이다.

그럼에도 불구하고 본 연구의 임상적 의의는 성인 여성에서 간편한 자동맥파분석기를 이용하여 baPWV를 추적 검사한 연구로, 혈관의 기능장애 및 심혈관계의 위험을 평가하는데 유용한 맥파속도의 변화는 혈압의 변화와 가장 깊은 연관성이 있음을 알 수 있었고 그 외에도 나이 변화, 당화혈색소 변화가 유의하게 연관됨을 알 수 있었다. 향후 baPWV에 영향을 미치는 여러 인자들을 추가한

전향적 연구를 통하여 심혈관계질환의 예측인자 및 치료 반응의 표지자로서 baPWV의 역할에 대한 추가적인 연구가 필요할 수 있다고 생각된다.

요 약

연구배경: 상완-발목 맥파속도(brachial-ankle pulse wave velocity, baPWV)는 동맥 경직도를 수량적으로 측정함으로써, 동맥경화증의 정도를 예측하고 심혈관계질환을 예견하는 지표로 사용되고 있다. 동맥 경직도에 영향을 미치는 것으로는 연령, 심혈관계 위험인자 그리고 심혈관계질환, 고혈압 및 당뇨병 가족력 등의 유전적 배경 등 수많은 것이 알려져 있고, baPWV에 가장 강력한 영향을 미치는 인자로는 나이와 혈압이 알려져 있다. 저자들은 baPWV를 추적 관찰한 여성들을 대상으로 맥파속도의 변화에 영향을 끼치는 인자들에 대해 알아보려고 하였다.

방법: 관동의대 제일병원 건강증진센터에 내원하여 신체종합검사를 받은 여성 중에서 자동파형분석기를 이용하여 맥파속도를 추적 관찰한 626명을 대상으로 하였다. 신체계측, 수축기 및 이완기혈압, 맥압, 당화혈색소, 공복혈당 및 총 콜레스테롤, 중성지방, 고밀도 및 저밀도지단백 콜레스테롤 등을 약 1.3년 간격으로 측정하여 맥파속도의 변화와 상관관계를 구하였다.

결과: 추적검사를 통해 맥파속도가 좋아진 집단과 나빠진 집단을 감소와 증가 정도에 따라 세분화하여 맥파속도 변화에 영향을 미치는 인자들을 조사해 본 결과, 좋아진 집단에서는 체중 변화, 수축기와 이완기혈압 변화, 맥압 변화, 총 콜레스테롤 변화, 저밀도지단백 콜레스테롤 변화, 당화혈색소 변화와 유의한 연관관계가 있었고, 나빠진 집단에서는 나이 변화, 수축기와 이완기혈압 변화, 맥압 변화, 고밀도지단백 콜레스테롤 변화와 연관성이 있었다. 맥파속도의 변화에 영향을 끼치는 인자들을 독립변수로 하고 맥파속도 변화를 종속변수로 하여 실시한 다중회귀분석결과와 좋아진 집단에서는 수축기혈압 변화($\beta = 0.262, p = 0.001$), 당화혈색소 변화($\beta = 0.229, p = 0.001$)

의 순서로 의미 있는 상관관계를 보이고, 나빠진 집단에서는 이완기혈압 변화($\beta = 0.159$, $p = 0.039$), 나이 변화($\beta = 0.140$, $p = 0.008$), 수축기혈압 변화($\beta = 0.121$, $p = 0.040$)의 순서로 의미 있는 상관관계를 보였다.

결론: 한국 여성에서 baPWV의 향상과 연관성이 있는 인자는 순서대로 수축기혈압 감소와 당화혈색소 감소이고, 악화에는 이완기혈압 증가, 나이 증가, 수축기혈압 증가임을 확인할 수 있었다.

이해상충: 해당사항 없음.

References

- Kim TS, Seo YY, Lee SH, Hong YH, Kim DY, Won HS, et al. Correlation between pulse wave velocity and cardiovascular risk factors in Korean women. *Korean J Lipidol*. 2008; 18:239-46.
- Laurent S, Boutouyrie P, Asmar R, Gautier I, Laloux B, Guize L, et al. Aortic stiffness is an independent predictor of all-cause and cardiovascular mortality in hypertensive patients. *Hypertension*. 2001;37:1236-41.
- Woolam GL, Schnur PL, Vallbona C, Hoff HE. The pulse wave velocity as an early indicator of atherosclerosis in diabetic subjects. *Circulation*. 1962;25:533-9.
- 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.
- Moritani T, Crouse SF, Shea CH, Davidson N, Nakamura E. Arterial pulse wave velocity, Fourier pulsatility index, and blood lipid profiles. *Med Sci Sports Exerc*. 1987;19:404-9.
- Koh YL, Sung KC, Kwon CH. Relation between serum cystatin C, other cardiovascular risk factors, and pulse wave velocity in patient with never treated essential hypertension. *Korean Hypertension J*. 2006;12:40-9.
- Boutouyrie P, Tropeano AI, Asmar R, Gautier I, Benetos A, Lacolley P, et al. Aortic stiffness is an independent predictor of primary coronary events in hypertensive patients: a longitudinal study. *Hypertension*. 2002;39:10-5.
- Cruickshank K, Riste L, Anderson SG, Wright JS, Dunn G, Gosling RG. Aortic pulse-wave velocity and its relationship to mortality in diabetes and glucose intolerance: an integrated index of vascular function? *Circulation*. 2002;106:2085-90.
- Meaume S, Benetos A, Henry OF, Rudnichi A, Safar ME. Aortic pulse wave velocity predicts cardiovascular mortality in subjects >70 years of age. *Arterioscler Thromb Vasc Biol*. 2001;21:2046-50.
- van Popele NM, Grobbee DE, Bots ML, Asmar R, Topouchian J, Reneman RS, et al. Association between arterial stiffness and atherosclerosis: the Rotterdam Study. *Stroke*. 2001;32:454-60.
- Aso K, Miyata M, Kubo T, Hashiguchi H, Fukudome M, Fukushima E, et al. Brachial-ankle pulse wave velocity is useful for evaluation of complications in type 2 diabetic patients. *Hypertens Res*. 2003;26:807-13.
- Kim NH, Jeong JW, Choi JH, Song M, Park EM, Kim YK, et al. Effect of hemodynamic changes on pulse wave velocity. *Korean Hypertension J*. 2006;12:16-22.
- Yamashina A, Tomiyama H, Arai T, Hirose K, Koji Y, Hirayama Y, et al. Brachial-ankle pulse wave velocity as a marker of atherosclerotic vascular damage and cardiovascular risk. *Hypertens Res*. 2003;26:615-22.
- Munakata M, Ito N, Nunokawa T, Yoshinaga K. Utility of automated brachial ankle pulse wave velocity measurements in hypertensive patients. *Am J Hypertens*. 2003;16:653-7.
- Johansson S, Vedin A, Wilhelmsson C. Myocardial infarction in women. *Epidemiol Rev*. 1983;5:67-95.
- Laurent S, Cockcroft J, Van Bortel L, Boutouyrie P, Giannattasio C, Hayoz D, et al. Expert consensus document on arterial stiffness: methodological issues and clinical applications. *Eur Heart J*. 2006;27:2588-605.
- Kubo T, Miyata M, Minagoe S, Setoyama S, Maruyama I, Tei C. A simple oscillometric technique for determining new indices of arterial distensibility. *Hypertens Res*. 2002;25:351-8.
- Yun KW, Kim BH, Bae YP, Yi BD, Lee SW, Lim HK, et al. Determinants of 1-year changes of brachial ankle pulse wave velocity (baPWV) in patients with type 2 diabetes mellitus. *Korean Diabetes J*. 2008;32:346-57.
- Benetos A, Waeber B, Izzo J, Mitchell G, Resnick L, Asmar R, et al. Influence of age, risk factors, and cardiovascular and renal disease on arterial stiffness: clinical applications. *Am J Hypertens*. 2002;15:1101-8.

20. Lehmann ED, Gosling RG, Sonksen PH. Arterial wall compliance in diabetes. *Diabet Med*. 1992;9:114-9.
21. Selvin E, Coresh J, Golden SH, Brancati FL, Folsom AR, Steffes MW. Glycemic control and coronary heart disease risk in persons with and without diabetes: the atherosclerosis risk in communities study. *Arch Intern Med*. 2005;165:1910-6.
22. Choi KM, Lee KW, Ryoung SH, Seo JA, Oh JH, Kim SG, et al. Brachial-ankle pulse wave velocity in Koreans with the metabolic syndrome. *J Korean Diabetes Assoc*. 2004;28:36-44.