

## 대사증후군과 상완-발목 맥파 속도의 관계

연세대학교 의과대학 영동세브란스병원 가정의학교실

한아름 · 김정하 · 이덕철<sup>†</sup>

**연구배경:** 대사증후군은 복부 비만, 이상지질혈증, 내당능 장애, 고혈압과 함께 인슐린 저항성을 보이는 군집체의 명칭이다. 대사증후군이 심혈관 질환 발생 및 사망률 증가와 관련 있음을 밝힌 연구는 많지만 심혈관 질환 발생 이전의 초기 단계에 관한 연구는 많지 않다. 맥파 속도는 동맥 경직도를 나타내는 지표로써 최근 심혈관 질환 이환율과 사망률을 예측하는 예측 인자로서의 역할이 중요시되고 있다. 쉽게 측정 가능한 상완-발목 맥파 속도를 통해 심혈관 질환이 없는 무증상 대상자들에서 대사증후군과 맥파 속도의 관계를 알아보려고 한다.

**방법:** 2004년 11월부터 2005년 11월까지 종합병원 건강증진센터에 내원한 성인 400명을 대상으로 하였다. NCEP-ATP III 기준에 의거하여 대사증후군을 정의하였고, 신체 계측 및 혈액 검사를 시행하였으며, 상완-발목 맥파 속도를 측정하였다.

**결과:** 대사증후군이 있는 집단에서 없는 집단에 비해 연령, 체질량지수, ALT가 유의하게 높았다. 연령, 체질량 지수, 수축기 및 이완기 혈압을 보정한 상완-발목 맥파 속도는 대사증후군 집단에서 통계적으로 의미 있게 높게 측정되었다 ( $P=0.002$ ). 상완-발목 맥파 속도에 영향을 주는 인자를 분석하였을 때, 대사증후군이 있는 군에서는 연령, 체질량 지수, 혈압이 유의한 양의 상관관계를 보이는 인자였고, 대사증후군 없는 군에서는 연령, 허리둘레, 혈압, 총콜레스테롤, 저밀도지단백 콜레스테롤, 중성지방, 공복혈당, AST, ALT, 호모시스테인, C-반응성 단백, 페리틴이 유의한 인자였다. 대사증후군 구성 요소의 수가 증가할수록 상완-발목 맥파 속도는 증가하는 경향을 보였다.

**결론:** 대사증후군이 있을 때 상완-발목 맥파 속도가 높게 측정되었다.

**중심 단어:** 대사증후군, 상완-발목 맥파 속도, 심혈관 질환

### 서 론

대사증후군은 인슐린 저항성과 함께 복부 비만, 이상지질혈증, 내당능 장애, 고혈압 같은 심혈관 질환의 위험성을 현저하게 증가시키는 동맥경화성 위험 요인의 군집체를 일컫는 용어이다.<sup>1)</sup> 대사증후군이 제2형 당뇨병 및 심혈관 질환 발생 증가와 밀접한 관계가 있음을 밝힌 여러 연구들이 있다.<sup>2,3)</sup> 대사증후군을 가진 핀란드 남성들에서 심혈관 질환으로 인한 사망률이 증가하였고,<sup>2)</sup> 최근 Malik 등이 시행한 연구는 대사증후군을 가진 경우 심혈관 질환 사망률이 증가함을 보여주었다.<sup>4)</sup> 그러나, 대사증후군과 심혈관 질환 발생 이전의 초기 단계에 대한 연구가 부족한 실정이다. 질환의 예방과 적절한 조기 개입을 위해 이러한 연구가 중요할 것으로 생각한다.

맥파 속도는 동맥 경직도의 지표이자 혈관 손상을 반영하는 표지자로 사용되며 비침습적으로 손쉽게 측정이 가능하다.<sup>5,6)</sup> 최근에는 맥파 속도가 심혈관 질환의 이환율 및 사망률의 강력한 예측인자가 된다는 연구결과들이 있어<sup>7,8)</sup> 맥파 속도가 심혈관 질환 발생의 조기 평가에 유용하게 사용될 수 있음을 제시한다.

상완-발목 맥파 속도는 맥파 속도를 측정하는 방법 중의 하나로서, 대동맥과 말초 동맥의 경직도를 반영한다.<sup>9-11)</sup> 상완-발목 맥파 속도는 재현성이 높고, 타당성이 검증되었으며<sup>12-14)</sup>, 그 측정방법이 간단하여 일반 인구 검진에 유용하게 사용될 수 있다. 대사증후군의 위험 요소들, 즉 동맥경화성 위험 인자들을 가진 대상들에게 맥파 속도를 측정함으로써 심혈관 질환 위험성을 조기 평가하는 것이 의미가 있으리라 생각한다. 따라서, 실제적으로 위험 요소를 가진 집단이 맥파 속도가 증가하는지를 알아보는 연구가 필요하다.

이에, 본 연구에서는 National Cholesterol Education Program (NCEP)-Adult Treatment Panel (ATP) III 기준에 의거하여 대사증후군을 정의하고 대사증후군이 있는 집단과 없는 집단을 나누어 심혈관 질환 위험 인자 및 상완-발

접수일: 2006년 2월 27일, 승인일: 2007년 1월 30일

<sup>†</sup>교신저자: 이덕철

Tel: 02-2019-3480, Fax: 02-3463-3287

E-mail: faith@yumc.yonsei.ac.kr

목 맥과 속도를 비교하고, 맥과 속도에 어떤 인자들이 영향을 주는지와 대사증후군 구성 요소들의 수와 상완-발목 맥과 속도의 관계를 알아보고자 하였다.

## 방 법

### 1. 연구 대상

2004년 11월부터 2005년 11월까지 질병의 조기발견과 건강 증진을 목적으로 서울시 일개 종합병원 건강증진 센터에 내원하여 신체 종합검사를 받은 성인남녀 400명을 대상으로 하였다. 남성은 120명, 여성은 280명이었다. 과거 병력에서 암, 심장 질환, 말초 혈관 질환이 있는 경우는 제외하였고 검사 결과에서 중성지방 400 mg/dL 이상인 경우는 제외하였다.

### 2. 신체 측정 및 혈압 측정

체중과 키는 킬로그램과 센티미터 단위로 각각 소수점 한자리까지 측정하였으며 체질량 지수는 체중(kg)/키(m)<sup>2</sup>으로 계산하였다. 허리둘레는 직립자세에서 양측 장골능선 3 cm 상방을 중심으로 소수점 한자리까지 측정하였다.

수축기 및 이완기 혈압은 10분 이상 안정 후에 앉은 자세로 상완에서 수은 혈압계로 숙련된 간호사가 측정하였다. 2분 이상 휴식 후 2회 반복하여 시행하였으며, 평균값을 사용하였다.

### 3. 상완- 발목 맥파 속도 측정

상완-발목 맥파 속도는 Form/ABI 장치(Nihon Colin, Komaki, Japan)를 이용하여 대상자들에게 5분 이상 휴식을 취하게 한 후 누운 자세에서 측정하였다. 파형 데이터는 우상완과 양 발목에 있는 커프의 volume plethysmographic sensor로부터 얻어졌고, 우상완에서 얻어지는 파와 양 발목에서 나타나는 파 사이의 시간 간격(T)을 계산하였다. 심장과 각 시점 사이의 거리(L)는 대상자의 키에 의해 자동적으로 계산되었다. 상완-발목 맥파 속도는 다음 식으로 계산하였다.

$$baPWV = L/T \quad (L=La - Lb, \quad La \text{는 심장과 발목 사이의 거리,} \\ Lb \text{는 심장과 상완 사이의 거리})$$

좌측과 우측 상완-발목 맥파 속도는 유의하게 양의 상관성이 있으므로( $r=0.967, P<0.001$ ) 본 연구에서는 평균값을 사용하였다.

### 4. 혈액 채취

모든 혈액은 8시간 공복 후 아침에 채혈하였으며, 채혈 후 분리한 혈청은  $-80^{\circ}\text{C}$ 에 즉시 보관하였다. 공복 혈당, 총콜레스테롤 (Bayer, terrytown, NY, USA), 고밀도지단백 콜레스테롤 (Bayer, terrytown, NY, USA), 중성 지방 (Bayer, terrytown, NY, USA)은 비색법(colorimetry) 원리를 이용한 ADVIA 1650 전자동 임상 화학 분석기(Bayer, terrytown, NY, USA)를 사용하여 측정하였다. 저밀도지단백 콜레스테롤은 Friedwald 공식을 이용하여 계산하였다. 이 외에 AST, ALT, 호모시스테인, 고감도 C-반응성 단백질, 페리틴 등을 측정하였다.

### 5. 대사증후군 정의(by NCEP- ATP III report)<sup>1)</sup>

다음 항목 중 3가지 이상을 만족시키는 경우를 대사증후군으로 정의하였고, 복부 비만의 정의는 2000년 WHO 아시아-태평양 비만 학회에서 제시한 기준을 적용하였다.<sup>15)</sup>

- 1) 복부 비만 (허리 둘레): 남성  $\geq 90$  cm, 여성  $\geq 80$  cm
- 2) 중성지방:  $\geq 150$  mg/dL
- 3) 고밀도지단백 콜레스테롤 : 남성  $< 40$  mg/dL, 여성  $< 50$  mg/dL
- 4) 혈압:  $\geq 130/85$  mmHg
- 5) 공복 혈당:  $\geq 110$  mg/dL

### 6. 통계분석

전체 대상군을 대사증후군 있는 군과 없는 군으로 나누어 분석하였다. 각 집단 간의 위험 인자 비교는 t-test를 이용하였고, 상완-발목 맥파 속도에 영향을 주는 인자들에 대해서는 Pearson 상관 분석을 시행하였다. 연령, 체질량 지수와 혈압을 보정한 상완-발목 맥파 속도는 ANCOVA로 분석하여 제시하였고 대사증후군 구성 요소들 수에 따른 맥파 속도를 알아보기 위해 ANOVA를 시행하였다. 모든 통계분석은 SPSS 13.0 for windows를 이용하여 처리하였으며 유의 수준은 0.05 미만으로 하였다.

## 결 과

### 1. 대사증후군이 있는 군과 없는 군의 위험 인자 비교

대사증후군이 있는 집단에서 없는 집단에 비해 연령( $P=0.009$ ), 체질량 지수( $P<0.001$ )가 유의하게 높았다. 총콜레스테롤 및 저밀도지단백 콜레스테롤은 의미 있는 차이를 보이지 않았다. AST는 차이가 없었지만 ALT는 대사증후군이 있는 군에서 유의하게 높게 측정되었다

Table 1. Characteristics of the population according to metabolic syndrome (MetS) status.

Variables	With MetS (n=86)	Without MetS (n=314)	P-value
Age (years)	56.8 ±7.6	54.4 ±7.7	0.009
Body mass index (kg/m <sup>2</sup> )	25.5 ±2.6	23.6 ±2.6	<0.001
Waist (cm)	86.5 ±6.9	79.6 ±8.4	<0.001
Systolic BP* (mmHg)	138.1 ±14.3	121.6 ±14.1	<0.001
Diastolic BP (mmHg)	83.2 ±8.5	74.3 ±9.5	<0.001
Total cholesterol (mg/dL)	209.8 ±38.5	203.6 ±35.9	0.165
HDL <sup>†</sup> cholesterol (mg/dL)	42.9 ±7.7	53.0 ±12.2	<0.001
LDL <sup>‡</sup> cholesterol (mg/dL)	132.7 ±36.3	129.4 ±32.4	0.410
Triglyceride (mg/dL)	170.7 ±70.6	106.0 ±57.2	<0.001
Fasting blood suger (mg/dL)	105.5 ±32.9	91.1 ±16.1	<0.001
AST <sup>§</sup> (U/L)	28.2 ±10.5	26.0 ±9.7	0.073
ALT <sup>  </sup> (U/L)	32.5 ±18.1	25.5 ±13.7	0.001
Homocysteine (μmol/L)	11.2 ±3.5	10.6 ±3.5	0.176
C-reactive protein (mg/L)	0.2 ±0.5	0.1 ±0.5	0.185
Ferritin (ng/mL)	116.8 ±85.6	106.0 ±78.1	0.284

P values are calculated by t-test. \*BP: blood pressure, <sup>†</sup>HDL: high-density lipoprotein, <sup>‡</sup>LDL: low-density lipoprotein, <sup>§</sup>AST : aspartate aminotransferase, <sup>||</sup>ALT: alanine aminotransferase.

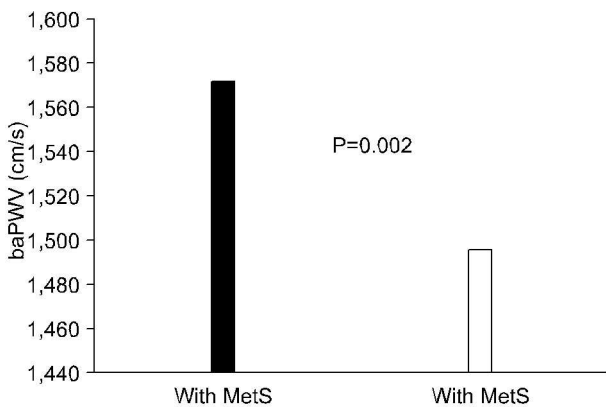


Figure 1. Adjusted mean values of brachial-ankle pulse wave velocity (baPWV) according to metabolic syndrome (MetS) status. baPWV was adjusted age, body mass index and blood pressure. P value is calculated by ANCOVA.

(P=0.001). 그 외에 호모시스테인, C-반응성 단백, 페리틴은 두 집단 간에 차이가 없었다(표 1). 연령, 체질량 지수, 수축기 및 이완기 혈압을 보정한 상완-발목 맥파 속도는 대사증후군 집단에서 의미 있게 높게 측정되었다(P=0.002)(그림 1).

2. 상완- 발목 맥파 속도에 영향을 주는 인자들

대사증후군 집단에서는 연령(r=0.337, P=0.002), 수축기(r=0.585, P<0.001) 및 이완기 혈압(r=0.387, P<0.001), 고밀도지단백 콜레스테롤(r=0.274, P=0.011)이 상완-발

목 맥파 속도와 통계적으로 유의한 양의 상관관계를 보이는 인자들이었다. 대사증후군이 없는 집단에서는 연령, 허리둘레, 수축기 및 이완기 혈압, 총 콜레스테롤, 저밀도지단백 콜레스테롤, 중성지방, 공복혈당, AST, ALT, 호모시스테인, C-반응성 단백, 페리틴 등이 유의한 양의 상관관계를 보였다(표 2).

3. 대사증후군 구성 요소 수에 따른 상완- 발목 맥파 속도

대사증후군 구성 요소 수에 따른 상완-발목 맥파 속도를 ANOVA 검정 결과, 집단 간 유의한 차이를 보였다(P for trend <0.001) (그림 2). 구성 요소의 수에 따른 상완-발목 맥파 속도의 평균값은 0일 때 1,362.3 ±182.2 cm/s, 1일 때 1,470.4 ±248.1 cm/s, 2일 때 1,531.3 ±267.0 cm/s, 3일 때 1,694.1 ±315.8 cm/s, 4일 때 1,777.0 ±334.0 cm/s, 5일 때 2087.7 ±192.3cm/s로 구성 요소의 수가 증가할수록 맥파 속도가 증가하는 경향을 보였다.

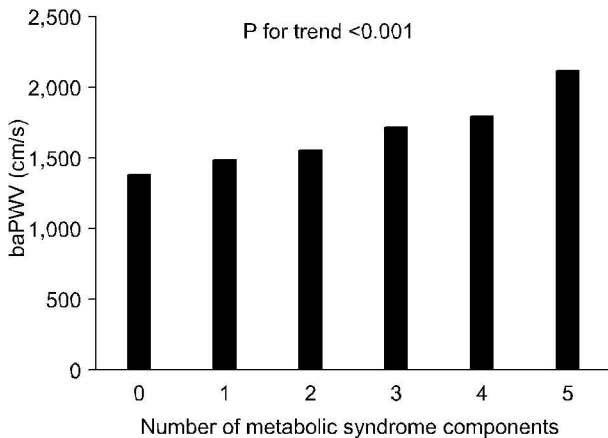
고 찰

본 연구에서 대사증후군이 있는 집단은 없는 집단에 비해 상완-발목 맥파 속도가 높게 측정되었고, 연령, 체질량 지수, 혈압을 보정하여도 같은 결과를 보여주었다. 또한, 대사증후군 유무에 따라 맥파 속도에 영향을 끼치는 인자들이 다르게 나타났다. 대사증후군 집단에서는 연령, 고밀도지단백 콜레스테롤, 혈압이 유의한 인자들

**Table 2.** Association between brachial-ankle pulse wave velocity and other variables according to metabolic syndrome (MetS) status.

Variables	With MetS		Without MetS	
	r	P	r	P
Age (years)	0.337	0.002	0.509	<0.001
Sex	0.072	0.510	-0.065	0.254
Body mass index (kg/m <sup>2</sup> )	0.002	0.984	0.058	0.308
Waist (cm)	0.083	0.445	0.122	0.031
Systolic BP* (mmHg)	0.585	<0.001	0.037	<0.001
Diastolic BP (mmHg)	0.387	<0.001	0.513	<0.001
Total cholesterol (mg/dL)	0.038	0.725	0.170	0.003
HDL <sup>†</sup> cholesterol (mg/dL)	0.274	0.011	0.000	0.996
LDL <sup>‡</sup> cholesterol (mg/dL)	-0.003	0.979	0.137	0.016
Triglyceride (mg/dL)	-0.037	0.735	0.147	0.009
Fasting blood sugar (mg/dL)	0.173	0.111	0.126	0.026
AST <sup>§</sup> (U/L)	-0.011	0.922	0.145	0.010
ALT <sup>  </sup> (U/L)	-0.046	0.673	0.130	0.022
Homocysteine (μmol/L)	0.020	0.863	0.258	<0.001
C-reactive protein (mg/L)	0.185	0.088	0.172	0.002
Ferritin (ng/mL)	0.084	0.459	0.123	0.038

P values are calculated by Pearson correlation analysis. \*BP: blood pressure, <sup>†</sup>HDL: high-density lipoprotein, <sup>‡</sup>LDL: low-density lipoprotein, <sup>§</sup>AST: aspartate aminotransferase, <sup>||</sup>ALT: alanine aminotransferase.



**Figure 2.** Mean brachial-ankle pulse wave velocity (baPWV) according to number of metabolic syndrome components. P value is calculated by ANOVA.

이었고, 대사증후군이 없는 집단에서는 연령, 허리둘레, 혈압, 총 콜레스테롤, 저밀도지단백 콜레스테롤, 중성지방, 공복혈당, AST, ALT, 호모시스테인, C-반응성 단백질, 페리틴이 통계적으로 유의한 인자들이었다. 또한 대사증후군 구성 요소의 수가 증가할수록 상완-발목 맥파 속도가 증가하는 경향을 보였다.

대사증후군이 심혈관 질환 사망률을 증가시킬 뿐 아니라 당뇨병과 심혈관 질환 발생률을 증가시킨다는 여러 역학 연구들 때문에 대사증후군에 대한 임상적인 관심이 증가하고 있고<sup>2,3)</sup>, 주요 질환 발생의 예방적 관점에서 볼 때 대사증후군의 중요성은 더 크다고 할 수 있다. 그러나, 대사증후군과 무증상 동맥 경화 발생 초기 단계를 조사한 연구들은 많지 않다. 맥파 속도는 혈관 손상을 반영하는 혈관 확장능과 경직도를 알아보는 좋은 지표로써, 동맥경화증 발생의 초기 단계 지표로서 중요성이 증가되고 있다.<sup>16-19)</sup> 맥파 속도를 이용하여 대사증후군의 심혈관 질환 위험도를 조기 평가하는 데에 이 연구의 의미가 있다고 하겠다.

본 연구의 결과는 맥파 속도와 대사증후군의 관계를 규명한 이전 연구들과 일치하는 결과를 보여준다. Nakanishi 등<sup>20)</sup>은 40~69세 일본인을 대상으로 한 연구에서 대사증후군과 인슐린 저항성이 상완-발목 맥파 속도의 증가와 강한 관련성이 있음을 보여주었다. Mule 등<sup>21)</sup>은 치료받지 않은 고혈압 환자를 대상으로 하여 연령을 보정한 경동맥-대퇴 맥파 속도가 대사증후군이 있는 집단에서 없는 집단에 비해 높게 측정됨을 보여주었고, 이는 성별과 24시간 혈압을 보정한 후에도 유의하였다. Li 등<sup>22)</sup>은 Bogalusa Heart Study의 일환으로 젊고 건강한 무증상 성인에서 대사증후군이 상완-발목 맥파 속도를 증가시

김을 보여주었다. 또한 대사증후군 구성 요소의 수가 증가할수록 상완-발목 맥파 속도가 증가하는 경향이 있음을 보여주었다. 본 연구에서도 대사증후군이 있을 때 상완-발목 맥파 속도는 더 높게 측정되었고, 나이, 체질량 지수, 수축기 및 이완기 혈압을 보정하였을 때도 유의하게 높았으며, 대사증후군 구성 요소의 수가 증가할수록 상완-발목 맥파 속도가 증가하는 경향을 보였다.

대사증후군이 동맥 경직도에 영향을 주는 가능한 기전 중의 하나는 지방 조직에서 분비되는 렙타이드, 즉 렙틴(leptin)과 아디포넥틴(adiponectin) 같은 ‘아디포카인(adipokines)’의 매개에 의한다는 것이다.<sup>23,24)</sup> 렙틴의 증가는 건강한 청소년에서 상완 동맥 확장능과 독립적인 관련성이 있었고<sup>25)</sup>, 저아디포넥틴혈증은 내피 세포 기능 부전 및 동맥경화증 발생과 관계가 있었다.<sup>24)</sup> 또 다른 설명 가능한 기전은 대사증후군이 교감신경 과활성 상태와 관련 있다는 것이다.<sup>26)</sup> 교감신경 긴장도 증가는 동맥 확장능을 억제시켜 경직도를 증가시킴이 알려져 있다.<sup>27)</sup> 그러나, 이 연구에서는 렙틴과 아디포넥틴을 측정하지 않았고, 교감신경 활성도를 평가하지 않았기 때문에 이런 인자들의 역할은 알 수 없었고 이러한 관계에 대해서는 향후 연구해 볼 만한 과제로 남아있다.

본 연구에서 한가지 흥미로운 결과는 대사증후군이 있는 집단에서는 연령과 고밀도지단백 콜레스테롤, 수축기 및 이완기 혈압이 상완-발목 맥파 속도와 유의한 양의 상관관계를 보이는 인자들이라는 것이다. 다시 말해, 대사증후군 집단에서는 고밀도지단백 콜레스테롤과 혈압 조절이 맥파 속도에 중요한 영향을 끼치게 되므로 이 인자들을 조절하는 것이 맥파 속도를 줄이는 데 기여도가 클 것이라고 추측해 볼 수 있고 대사증후군 집단의 동맥 경직도를 감소시키기 위해서는 엄격한 혈압 조절에 초점을 맞춰야 할 것으로 생각해 볼 수 있다. 이러한 가설을 검증하기 위해서는 물론 개입 연구가 필요할 것이다.

이 연구에서 대사증후군 있는 군과 없는 군의 변수들을 비교하였을 때 비대사증후군 집단에 비해 대사증후군 집단에서 ALT가 유의하게 높음을 알 수 있었다. 이는 간 표지자들이 대사증후군과 관련이 있다는 앞선 연구들의 결과를 지지한다.<sup>28,29)</sup> Hanley 등은 ALT와 AST/ALT 비가 대사증후군과 유의한 관계가 있음을 단면 연구로 보여주었고, 전향적으로도 대사 증후군 발생 위험을 예측할 수 있음을 보여주었다.<sup>30)</sup>

본 연구의 제한점은 심혈관 질환 및 말초 질환에 대해 병력 조사만 하였기 때문에 잠재적 유병률을 알 수 없었고, 일개 종합 병원 검진 센터를 내원한 집단을 대상으로 하였기 때문에 선택 편견이 있을 수 있다는 것이다. 그러

나 동맥 경직도는 심혈관 질환 발생 위험의 독립적인 예측 인자이므로 대사증후군이 동맥 경직도 증가와 관련 있음을 상완-발목 맥파 속도 측정으로 보여 주었다는 데에 이 연구의 의의가 있다. 향후, 대사증후군을 치료하였을 때 맥파 속도가 감소하는지를 알아보는 임상 연구가 필요할 것이다.

결론적으로, 본 연구는 대사증후군이 심혈관 질환의 초기 단계를 평가할 수 있는 상완-발목 맥파 속도 증가와 유의한 관련성이 있음을 보여준다. 이러한 결과들을 임상적으로 적용하는 것이 중요할 것으로 생각한다. 일반 인구에서 대사증후군을 진단하려는 노력과 동시에 무증상 동맥경화증을 밝히려는 노력을 기울여야 할 것이다.

## ABSTRACTS

### Influence of Metabolic Syndrome on Brachial-Ankle Pulse Wave Velocity

Ah-Reum Han, M.D., Jung-Ha Kim, M.D., Duk-Chul Lee, M.D.<sup>†</sup>

Department of Family Medicine, Yong-dong Severance Hospital, Yonsei University College of Medicine, Seoul, Korea

**Background:** Metabolic syndrome (MetS) is characterized by a core set of disorders, including abdominal obesity, dyslipidemia, glucose intolerance and hypertension. Many studies have shown that MetS is associated with increased risk of developing cardiovascular diseases and related mortality. However, the relationship of MetS with early stage of cardiovascular diseases, which is even more important from a prevention perspective, has not been examined extensively. Brachial-ankle pulse wave velocity (baPWV) is known to predict future cardiovascular events. Thus, we examined the relationship of MetS, defined using the NCEP-ATP III criteria, with baPWV. **Methods:** We examined a total of 400 participants who did not have a past history of either coronary heart disease or peripheral vascular disease. All subjects underwent physical examination, blood chemistry, and baPWV.

**Results:** Compared with subjects without MetS, subjects with MetS had increased age, body mass index (BMI), and ALT. Mean value of baPWV (adjusted for age, BMI, and blood pressure) was significantly higher in subjects

with MetS (P=0.002). The baPWV was positively correlated with age, BMI, systolic and diastolic blood pressure in subjects with MetS. In group without MetS, the baPWV was associated with age, waist circumference, blood pressure, total cholesterol, LDL cholesterol, triglyceride, fasting blood sugar, AST, ALT, homocysteine, CRP, and ferritin. The mean values of baPWV with 0, 1, 2, 3, 4, 5 components of MetS were  $1,362.3 \pm 182.2$  cm/s,  $1,531.3 \pm 267.0$  cm/s,  $1,694.1 \pm 315.8$  cm/s,  $1,777.0 \pm 334.0$  cm/s,  $2,087.7 \pm 192.3$  cm/s, respectively.

**Conclusion:** In this study, the MetS was associated with the risk for increased baPWV. (*J Korean Acad Fam Med* 2007;28:271-277)

**Key words:** metabolic syndrome, brachial-ankle pulse wave velocity, cardiovascular disease

### 참 고 문 헌

- 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.
- Lakka HM, Laaksonen DE, Lakka TA, Niskanen LK, Kumpusalo E, Tuomilehto J, et al. The metabolic syndrome and total and cardiovascular disease mortality in middle-aged men. *JAMA* 2002;288:2709-16.
- Hanson RL, Imperatore G, Bennett PH, Knowler WC. Components of the "metabolic syndrome" and incidence of type 2 diabetes. *Diabetes* 2002;51:3120-7.
- Malik S, Wong ND, Franklin SS, Kamath TV, L'Italien GJ, Pio JR, et al. Impact of the metabolic syndrome on mortality from coronary heart disease, cardiovascular disease, and all causes in United States adults. *Circulation* 2004;110:1245-50.
- Lehmann ED. Clinical value of aortic pulse-wave velocity measurement. *Lancet* 1999;354:528-9.
- Cohn JN. Vascular wall function as a risk marker for cardiovascular disease. *J Hypertens* 1999;17(Suppl 5):S41-4.
- Oliver JJ, Webb DJ. Noninvasive assessment of arterial stiffness and risk of atherosclerotic events. *Arterioscler Thromb Vasc Biol* 2003;23:554-66.
- Tomiyaama H, Koji Y, Yambe M, Shiina K, Motobe K, Yamada J, et al. Brachial-ankle pulse wave velocity is a simple and independent predictor of prognosis in patient with acute coronary syndrome. *Circ J* 2005;69(7):815-22.
- 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.
- 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(8):653-7.
- Suzuki E, Kashiwagi A, Nishino Y, Egawa K, Shimizu S, Maegawa H, et al. Increased arterial wall stiffness limits flow volume in the lower extremities in type 2 diabetic patients. *Diabetes Care* 2001;24:2107-14.
- Yamashina A, Tomiyama H, Takeda K, Tsuda H, Arai T, Hirose K, et al. Validity, reproducibility, and clinical significance of noninvasive brachial-ankle pulse wave velocity measurement. *Hypertens Res* 2002;25:359-64.
- Tomiyaama H, Yamashina A, Arai T, Hirose K, Koji Y, Chikamori T, et al. Influences of age and gender on results of noninvasive brachial-ankle pulse wave velocity measurement -- a survey of 12517 subjects. *Atherosclerosis* 2003;166:303-9.
- WHO, The Asia-Pacific perspective: refining obesity and its treatment, IOTF, February 2000.
- Amar J, Ruidavets JB, Chamontin B, Drouet L, Ferrieres J. Arterial stiffness and cardiovascular risk factors in a population-based study. *J Hypertens* 2001;19:381-7.
- Zureik M, Bureau JM, Temmar M, Adamopoulos C, Courbon D, Bean K, et al. Echogenic carotid plaques are associated with aortic arterial stiffness in subjects with subclinical carotid atherosclerosis. *Hypertension* 2003;41:519-27.
- Safar ME, Levy BI, Struijker-Boudier H. Current perspectives on arterial stiffness and pulse pressure in hypertension and cardiovascular diseases. *Circulation* 2003;107:2864-9.
- Dernellis J, Panaretou M. Aortic stiffness is an independent predictor of progression to hypertension in nonhypertensive subjects. *Hypertension* 2005;45:426-31.
- Nakanishi N, Shiraishi T, Wada M. Brachial-ankle pulse wave velocity and metabolic syndrome in a Japanese population: the Minoh study. *Hypertens Res* 2005;28(2):125-31.
- Mule G, Cottone S, Mongiovi R, Cusimano P, Mezzatesta G, Seddio G, et al. Influence of the metabolic syndrome on aortic stiffness in never treated hypertensive patients. *Nutr Metab Cardiovasc Dis* 2006;16(1):54-9.
- Li S, Chen W, Srinivasan SR, Berenson GS. Influence of metabolic syndrome on arterial stiffness and its age-related change in young adults: the Bogalusa Heart Study. *Atherosclerosis* 2005;180(2):349-54.
- Leyva F, Godsland IF, Ghatei M, Proudler AJ, Aldis S, Walton C, et al. Hyperleptinemia as a component of a metabolic syndrome of cardiovascular risk. *Arterioscler Thromb Vasc Biol* 1998;18:928-33.

24. Matsuzawa Y, Funahashi T, Kihara S, Shimomura I. Adiponectin and metabolic syndrome. *Arterioscler Thromb Vasc Biol* 2004;24:29-33.
  25. Singhal A, Farooqi IS, Cole TJ, O'Rahilly S, Fewtrell M, Kattenhorn M, et al. Influence of leptin on arterial distensibility: a novel link between obesity and cardiovascular disease? *Circulation* 2002;106:1919-24.
  26. Huggett RJ, Burns J, Mackintosh AF, Mary DA. Sympathetic neural activation in nondiabetic metabolic syndrome and its further augmentation by hypertension. *Hypertension* 2004;44: 847-52.
  27. Failla M, Grappiolo A, Emanuelli G, Vitale G, Fraschini N, Bigoni M, et al. Sympathetic tone restrains arterial distensibility of healthy and atherosclerotic subjects. *J Hypertens* 1999;17:1117-23.
  28. Clark JM, Brancati FL, Diehl AM. The prevalence and etiology of elevated aminotransferase levels in the United States. *Am J Gastroenterol* 2003;98:960-967.
  29. Liangpunsakul S, Chalasani N. Unexplained elevations in alanine aminotransferase in individuals with the metabolic syndrome: results from the third National Health and Nutrition Survey (NHANES III). *Am J Med Sci* 2005;329: 111-6.
  30. Hanley AJ, Williams K, Festa A, Wagenknecht LE, D'Agostino RB Jr, Haffner SM. Liver markers and development of the metabolic syndrome: the insulin resistance atherosclerosis study. *Diabetes* 2005;54(11):3140-7.
-