

# 맥파속도와 Framingham Risk Score 및 SCORE Risk Score와의 관계

단국대학교 의과대학 내과학교실

김 영 권 · 김 동 민

## The Relation of Pulse Wave Velocity with Framingham Risk Score and SCORE Risk Score

Young-Kwon Kim, MD and Dongmin Kim, MD

Department of Internal Medicine, College of Medicine, Dankook University, Cheonan, Korea

### ABSTRACT

**Background and Objectives :** The pulse wave velocity (PWV) reflects arterial stiffness, which is related to atherosclerotic vascular damage. This cross-sectional study was performed to evaluate the relation of the PWV with 10-year cardiovascular risk, as assessed by the revised Framingham risk scoring and European SCORE system. **Subjects and Methods :** Using an automatic wave form analyzer, the heart-femoral (hf) and brachial-ankle (ba) PWVs were simultaneously measured in 327 subjects (men : women 195 : 132 and age  $49.7 \pm 7.5$  years) without clinical atherosclerotic cardiovascular disease, diabetes or systemic disease. The Framingham (FRS) and the SCORE (SRS) risk scores were obtained. **Results :** The FRS and SRS were both significantly correlated with hfPWV and baPWV ( $r=0.412$  and  $0.398$  and  $r=0.554$  and  $0.603$ , respectively,  $p<0.001$  for all results). Both PWVs differed significantly between risk categories ( $<10$ ,  $10-20$  and  $>20\%$ ) and ( $<5$  and  $\geq 5\%$ ) by the FRS and SRS, respectively. A logistical regression analysis demonstrated that an hfPWV  $>920$  cm/s or baPWV  $>1400$  cm/s was an independent variable for the discrimination of a more than moderate risk ( $\geq 10\%$ ) stratification by the FRS. An hfPWV  $>975$  cm/s or baPWV  $>1600$  cm/s was an independent variable for the discrimination of a high risk ( $\geq 5\%$ ) stratification by the SRS. **Conclusion :** Both PWVs correlated significantly with the FRS and SRS, but their correlation coefficients were not high. The simply measured baPWV may be useful in stratifying cardiovascular risk, which is comparable to hfPWV. (Korean Circulation J 2005;35:22-29)

**KEY WORDS :** Blood flow velocity ; Atherosclerosis ; Cardiovascular disease ; Risk assessment.

## 서 론

맥파속도(pulse wave velocity, PWV)는 동맥의 경직도를 반영하는 지표로서, 맥파속도 이상은 전반적인 동맥경화의 지표가 될 수 있다.<sup>1)</sup> 맥파속도로 평가한 대동맥의 경직도는 통상적인 동맥경화의 위험인자들을 보정하고서도 일반 인구집단에서 심혈관질환의 독립된 위험 예측인자이다.<sup>2-4)</sup> 또한 고혈압,<sup>5)</sup> 말기 신부전,<sup>6)</sup> 내당능장애 및 당뇨병 환자<sup>7)</sup>

에서는 심혈관 사망의 독립된 예측인자이다. 임상적 심혈관 질환이나 관동맥심질환이 없는 대상자에서 향후의 심혈관질환의 위험도를 평가하고 위험인자 관리를 위한 대표적인 지침으로는 미국의 Framingham risk scoring<sup>8)</sup>과 유럽의 SCORE (systemic coronary risk evaluation) system<sup>9)</sup>이 있다. 개정된 Framingham risk scoring은 20~79세의 성인에서 성별에 따라 연령, 흡연, 수축기 혈압, 총 콜레스테롤, 고밀도 지단백콜레스테롤을 점수화하여 향후 10년간 심각한 관동맥 심질환(hard coronary heart disease), 즉 심근경색+관동맥심질환 사망의 위험도를 평가한다. 유럽의 SCORE system은 40~65세의 성인에서 성별에 따라 연령, 흡연, 수축기 혈압, 총 콜레스테롤 또는 총 콜레스테롤/고밀도지단백콜레스테롤을 고위험 집단과 저위험 집단에 따라 다르게 적용하여 향후 10년간 모든 치명적(fatal) 심혈관 사건의 위험도

논문접수일 : 2004년 10월 13일

수정논문접수일 : 2004년 11월 8일

심사완료일 : 2004년 12월 7일

교신저자 : 김영권, 330-715 충남 천안시 안서동 산29

단국대학교 의과대학 내과학교실

전화 : (041) 550-3914 · 전송 : (041) 556-3256

E-mail : ykkim@dankook.ac.kr

를 평가한다. 맥파속도는 동맥경화와 관련된 위험인자들이 함께 동맥에 작용하여 나타나는 동맥의 기능을 통합적으로 반영하는 지표의 하나로 간주되며,<sup>7)</sup> 맥파속도를 측정하는 궁극적인 목표 중의 하나는 이들 두 가지 위험도 평가 방식과 유사하게 심혈관의 총 위험 부담을 정량화하여 향후 심혈관질환의 위험도를 평가하는 지표로서 활용하는 것이라 할 수 있다.

맥파속도와 통상적인 위험인자로 평가한 향후 심혈관질환의 위험도와 어떤 관련이 있는지에 대해서는 현재까지 보고가 드물다. 이전의 연구에서 대동맥의 맥파속도는 고혈압 환자에서 Framingham risk scoring에 의한 심혈관질환의 위험도와 관계가 있으며,<sup>10)</sup> 사지에서 측정된 상완-발목 맥파속도(brachial-ankle pulse wave velocity, baPWV)는 일반 인구집단에서 Framingham risk score와 관련이 있다고 보고되어 있다.<sup>11)</sup> 그러나 대동맥의 맥파속도 및 상완-발목 맥파속도와 NCEP/ATP III에서의 개정된 Framingham risk score로 평가한 심각한 관동맥심혈관의 위험도와의 관련성을 비교 평가한 보고는 없다. 더구나 현재까지 맥파속도와 유럽 SCORE system으로 평가한 치명적 심혈관 사건의 위험도와의 관련성에 대한 보고는 없다. 따라서 본 연구는 맥파속도(tonometric method로 측정된 대동맥의 맥파속도, oscillometric method로 측정된 baPWV)와 개정된 Framingham risk score 및 SCORE risk score에 의한 위험도와의 관련성을 알아보려고 하였다.

## 대상 및 방법

### 대 상

40~69세 연령의 건강 검진자 및 내과 외래 방문자 총 327명을 대상으로 하였다. 대상자의 선정 기준은 고혈압을 제외한 임상적 동맥경화성 심혈관질환, 당뇨병, 기타 전신질환이 없으며, 정상 발목/상완 혈압지수(>0.9) 및 정상 혈청 크레아티닌(<1.3 mg/dL)을 보이는 경우로 하였다. 강압제 이외에 지질강하제, 호르몬 대체요법을 받는 경우는 대상에서 제외하였다. 모든 대상자에서 병력, 흡연력을 조사하고 일반 신체검사를 시행하였으며, 공복상태에서 혈청 지질검사를 포함한 일반화학검사를 시행하였다.

### 맥파속도 측정

혈압과 맥파속도를 측정하는 방법은 저자 등<sup>12)</sup>이 보고한 바와 같다. 혈압과 맥파속도는 가능한 일상 생활 중의 상태를 반영하도록 하기 위하여 강압제를 복용하는 대상자에서는 강압제 복용을 금하지 않았다. 모든 대상자에서 누운 자세에

서 최소 5분 안정 후에 자동 파형분석기(automatic waveform analyzer : VP-2000, Colin Co, Komaki, Japan)를 사용하여 혈압과 맥파속도를 측정하였다. 상완 및 발목에서의 혈압과 맥파는 양팔과 발목에 oscillometric sensor를 가진 cuff를 감아 기록하였다. 경동맥과 대퇴동맥의 맥파는 좌측 경동맥과 좌측 대퇴동맥에 각각 tonometric sensor를 위치하여 기록하였다. 양쪽 손목에 심전도 유도를 부착하여 심전도를 감시하고, 흉골 좌연의 제 2 늑간에 심음도 microphone을 두었다. 경동맥과 대퇴동맥의 맥파, 심전도 및 심음도의 기록이 안정 상태임을 확인한 후 모든 맥파를 동시에 기록하였다. 맥파속도를 결정하는데 필요한 시간간격( $\Delta T$ )과 측정 지점 간의 거리(L)는 모두 파형분석기에서 자동으로 계산되었다. 본 연구에서의 혈압은 자동 파형분석기의 cuff로 측정된 상완 혈압이며, 높은 쪽의 혈압을 분석에 이용하였다. 맥파속도는 심장-대퇴동맥 맥파속도(heart-femoral pulse wave velocity, hfPWV)와 양측에서의 평균 baPWV를 분석에 이용하였다. hfPWV는 중심 탄성동맥, 즉 대동맥의 맥파속도를 반영하며 통상적인 경동맥-대퇴동맥 맥파속도(carotid-femoral pulse wave velocity, cfPWV)와 매우 높은 상관관계가 있다고 알려져 있다( $r=0.82$ ).<sup>13)</sup> 30명을 대상으로 평가한 맥파속도 측정값의 검사자내 재현성의 Pearson 상관계수는 hfPWV 0.912, baPWV 0.976였으며, 변이계수는 각각 4.5%, 2.6%였다. 검사자간 재현성의 Pearson 상관계수는 hfPWV 0.802, baPWV 0.912, 변이계수는 각각 5.8%, 3.3%였다.<sup>12)</sup>

### Framingham risk score 및 SCORE risk score 계산

흡연은 과거 1개월 이내의 흡연으로 하였다. Framingham risk scoring의 점수 계산에서 수축기 혈압은 치료를 받고 있는 경우는 치료를 받고 있지 않는 경우에 비하여 더 높은 점수를 주도도록 되어 있으며<sup>8)</sup> 본 연구에서도 이에 따랐다. 그러나 SCORE system에서는 수축기 혈압은 치료 여부에 따라 구분이 되어 있지 않으며<sup>9)</sup> 본 연구에서도 이를 구분하지 않았다. Framingham risk scoring에서 총점수가 남자 <0 점, 여자 <9점일 경우의 10년 위험도는 <1%이며, 본 연구에서는 0%로 하여 분석하였다. SCORE system에서의 10년 위험도는 저위험 집단의 것을 적용하였다.

### 통계분석

모든 측정값은 평균±표준편차로 표시하였다. 통계분석은 윈도우용 SPSS 11.5를 이용하였다. 대상자의 남녀간의 특성의 비교에 있어 연속변수는 Student unpaired t 검정, 범주형 변수는  $\chi^2$  검정으로 평가하였다. 맥파속도와 Framing-

ham risk scoring에서의 총점수 및 10년 위험도, SCORE system에서의 10년 위험도와의 관계는 상관분석으로 평가하였다. Framingham risk score에 의한 위험군(>20%, 10~20%, <10%) 간의 맥파속도의 비교는 Kruskal-Wallis 검정으로 평가하였다. SCORE system에서의 고위험군과 저위험군( $\geq 5\%$ ,  $< 5\%$ )<sup>14)</sup> 간의 맥파속도 비교는 Mann-Whitney 검정을 이용하였다. 맥파속도로 Framingham risk score에 의한 10년 위험도 및 SCORE system에 의한 10년 위험도를 층화(stratification)하는 정도는 receiver operating characteristic(ROC) curve를 이용하여 분석하였으며, 민감도와 특이도의 합이 최대가 되는 맥파속도와 맥파속도의 수치에 따른 민감도와 특이도를 구하였다. 맥파속도의 일정 cut-off 수치가 Framingham risk score 및 SCORE risk score에 의한 위험군을 구별하는데 있어 독립적 영향을 미치는가는 로지스틱 회귀분석으로 평가하였다. 통계적 유의성은  $p < 0.05$ 로 하였다.

## 결 과

### 대상자의 특성

남녀는 각각 195, 132명이었으며, 전체 대상자의 평균연령은  $49.7 \pm 7.5$ 세였으며 여자에서 남자에 비하여 연령이 유의하게 높았다. 전체 대상자의 수축기 혈압/확장기 혈압은  $131 \pm 18/81 \pm 12$  mmHg였으며, 남자에서 확장기 혈압이 유의하게 높았다. 전체 대상자에서 고혈압(혈압  $\geq 140/90$  mmHg 또는 강압제 복용)이 있는 대상자는 50.8%였으며, 남녀간의 분포의 차이는 없었다. 전체 대상자의 10.1%(고혈압 환자의 19.9%)에서 강압제를 복용하고 있었으며, 여자에서 강압제 복용자의 비율이 높았다. 흡연자의 비율은 남자에서 높았다. 혈청 일반화학검사상 공복혈당, 총 콜레스테

롤, 중성지방은 남녀간에 차이는 없었으며, 저밀도지단백콜레스테롤은 여자에서 유의하게 높았다(Table 1).

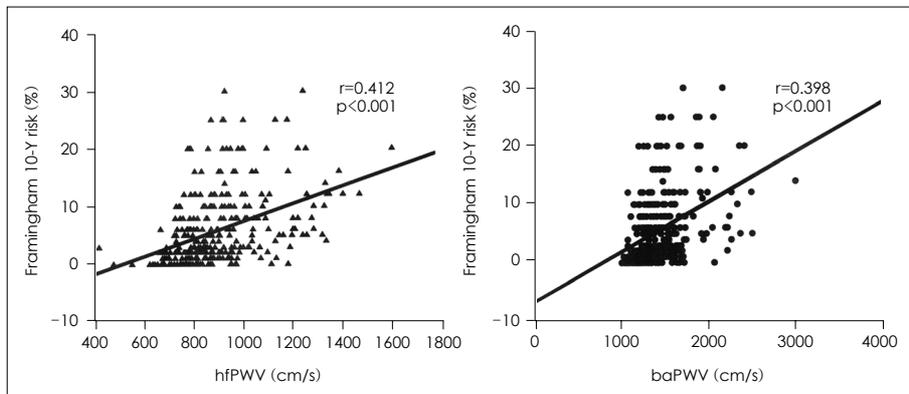
### 맥파속도와 Framingham risk score 및 SCORE risk score와의 상관관계

Framingham risk scoring에서의 총점수와 hfPWV, baPWV와의 Pearson 상관계수는 남자에서 각각 0.356, 0.440(모두  $p < 0.001$ ), 여자에서는 각각 0.585, 0.635(모두  $p < 0.001$ )였다. 전체 대상자에서 Framingham risk score에 의한 10년 위험도와 hfPWV, baPWV와의 Pearson 상관계수는 각각 0.412, 0.398였다(모두  $p < 0.001$ , Fig. 1). 남녀별로는 남자에서 각각 0.352, 0.460였으며(모두  $p < 0.001$ ), 여자에서는 각각 0.558, 0.606였다(모두  $p < 0.001$ ). 한편,

**Table 1.** Characteristics of subjects (n=327)

Parameters	Men	Women
Number	195	132
Age (years)*	$49.0 \pm 7.2$	$50.8 \pm 7.8$
Body mass index (kg/m <sup>2</sup> )	$24.1 \pm 2.7$	$24.8 \pm 3.5$
Systolic BP (mmHg)	$131 \pm 17$	$132 \pm 20$
Diastolic BP (mmHg)*	$82 \pm 12$	$80 \pm 12$
Fasting blood sugar (mg/dL)	$94 \pm 9$	$93 \pm 10$
Total cholesterol (mg/dL)	$196 \pm 33$	$196 \pm 35$
Triglyceride (mg/dL)	$161 \pm 108$	$143 \pm 94$
HDL-C (mg/dL)*	$48 \pm 11$	$51 \pm 13$
Smoking (%) <sup>†</sup>	43.6	0.04
Obesity (%)*	41.7	34.4
Hypertension (%)	53.0	49.2
Anti-hypertensive drug (%)*	5.6	16.7
Dyslipidemia (%)	24.1	16.7

Data are n, mean  $\pm$  SD, or %. BP: blood pressure, HDL-C: high density lipoprotein cholesterol, Obesity: body mass index  $\geq 25$  kg/m<sup>2</sup>, Dyslipidemia: total cholesterol/HDL-cholesterol  $> 5$ , \*:  $p < 0.05$  between men and women, <sup>†</sup>:  $p < 0.001$  between men and women



**Fig. 1.** Correlation of PWV with Framingham 10-year risk. hfPWV: heart-femoral pulse wave velocity, baPWV: brachial-ankle pulse wave velocity.

전체 대상자에서 SCORE system에 의한 10년 위험도와 hfPWV 및 baPWV와의 Pearson 상관계수는 각각 0.554, 0.603였다(모두  $p < 0.001$ , Fig. 2). 남녀별로는 남자에서 각각 0.500, 0.635였으며(모두  $p < 0.001$ ), 여자에서는 각각 0.635, 0.659였다(모두  $p < 0.001$ ).

**Table 2.** Comparison of PWVs by 10-year risk categories

	Number	hfPWV (cm/s)	baPWV (cm/s)
<b>Framingham risk*</b>			
<10%	249	869 ± 150	1381 ± 243
10–20%	70	1004 ± 198	1559 ± 360
>20%	8	1035 ± 143	1749 ± 264
<b>SCORE risk †</b>			
<5%	314	891 ± 163	1409 ± 269
≥5%	13	1154 ± 187	1899 ± 308

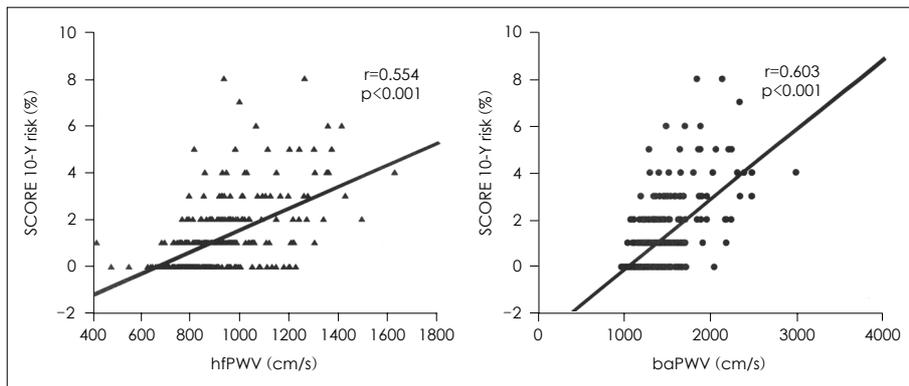
Data are n, mean ± SD. hfPWV: heart-femoral pulse wave velocity, baPWV: brachial-ankle pulse wave velocity, SCORE: systemic coronary risk evaluation \*:  $p < 0.001$  between groups (for both hfPWV and baPWV), †:  $p < 0.001$  between groups (for both hfPWV and baPWV)

**Framingham risk score 및 SCORE risk score에 따른 위험군 간의 맥파속도 비교**

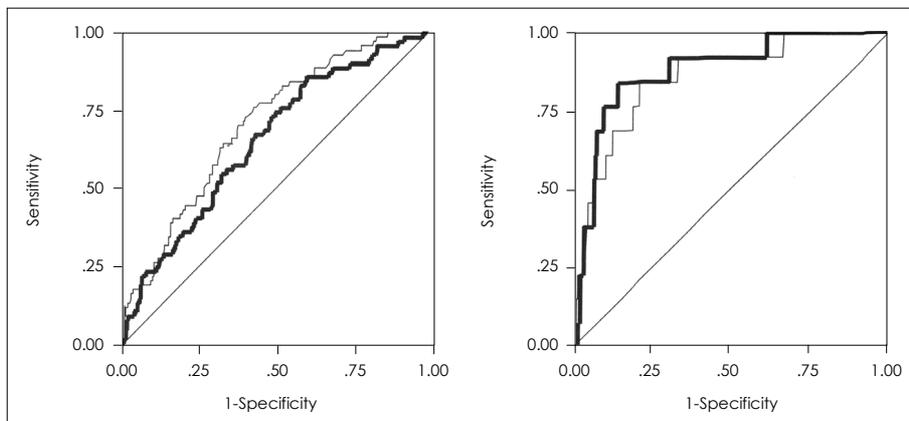
Framingham risk score에 의한 저위험군(<10%), 중간 위험군(10~20%), 고위험군(>20%) 간에 hfPWV와 baPWV는 유의한 차이가 있었다(모두  $p < 0.001$ ). 또한 SCORE risk score에 의한 저위험군(<5%), 고위험군(≥5%) 간에도 hfPWV와 baPWV는 유의한 차이가 있었다(모두  $p < 0.001$ , Table 2).

**위험도를 구별하는 검사로서의 맥파속도**

Framingham risk score에 의한 중간 이상의 위험군(위험도 ≥10%)을 구별하는데 있어 hfPWV의 area under curve(AUC)는  $0.726 \pm 0.031$  ( $p < 0.001$ ), baPWV는  $0.687 \pm 0.034$  ( $p < 0.001$ )였으며, 최적의 cut-off 수치는 hfPWV 915 cm/s(민감도 67%, 특이도 70%), baPWV 1370 cm/s(민감도 71%, 특이도 59%)였다. 한편 SCORE risk score에 의한 고위험군을 구별하는데 있어 hfPWV의 AUC는  $0.860 \pm 0.050$  ( $p < 0.001$ ), baPWV의 AUC는  $0.882 \pm 0.046$



**Fig. 2.** Correlation of PWV with SCORE 10-year risk. hfPWV: heart-femoral pulse wave velocity, baPWV: brachial-ankle pulse wave velocity, SCORE: systemic coronary risk evaluation.



**Fig. 3.** Receiver operating characteristic curve between PWV and more than moderate risk stratification by Framingham risk scoring (left panel) or high risk stratification by SCORE system (right panel). Light line represents heart-femoral pulse wave velocity and heavy line represents brachial-ankle pulse wave velocity. PWV: pulse wave velocity, SCORE: systemic coronary risk evaluation.

**Table 3.** Sensitivity and specificity of various PWV values

hfPWV (cm/s)	Sensitivity	Specificity	baPWV (cm/s)	Sensitivity	Specificity
Framingham more than moderate risk (≥10%)					
850	0.82	0.52	1300	0.81	0.45
900	0.68	0.65	1350	0.72	0.54
<b>915</b>	0.67	0.70	<b>1370</b>	0.71	0.59
950	0.51	0.74	1400	0.64	0.62
1000	0.40	0.86	1450	0.58	0.69
SCORE high risk (≥5%)					
900	0.92	0.59	1550	0.85	0.81
950	0.85	0.70	1600	0.85	0.84
<b>976</b>	0.85	0.79	<b>1640</b>	0.85	0.86
1000	0.69	0.82	1650	0.77	0.89
1050	0.69	0.87	1700	0.69	0.91

Values presented as bold characters are optimal cut-off values to discriminate Framingham more than moderate risk or SCORE high risk. hfPWV: heart-femoral pulse wave velocity, baPWV: brachial-ankle pulse wave velocity, SCORE: systemic coronary risk evaluation

**Table 4.** Results of logistic regression analysis to assess the independent influence of hfPWV or baPWV on more than moderate risk stratification by Framingham risk scoring

Parameter	Odds	95% CI	p
Male gender	34.5	8.5-139.3	<0.001
Age ≥60 years	8.7	2.8-27.5	<0.001
Hypertension	2.5	1.1-5.6	<0.05
Smoking	12.4	5.3-29.1	<0.001
Dyslipidemia	5.6	2.4-13.0	<0.001
hfPWV >920 cm/s	4.2	1.8-9.6	<0.01
Male gender	43.0	10.1-182.9	<0.001
Age ≥60 years	11.7	3.8-36.2	<0.001
Hypertension	2.7	1.2-6.1	<0.05
Smoking	10.1	4.5-22.5	<0.001
Dyslipidemia	5.4	2.4-12.5	<0.001
baPWV >1400 cm/s	2.3	1.0-5.2	<0.05

hfPWV: heart-femoral pulse wave velocity, baPWV: brachial-ankle pulse wave velocity, CI: confidence interval, Dyslipidemia: total cholesterol/HDL-cholesterol >5, HDL-cholesterol: high density lipoprotein cholesterol

(p<0.001)였으며, 최적의 cut-off 수치는 hfPWV 976 cm/s (민감도 85%, 특이도 79%), baPWV는 1640 cm/s(민감도 85%, 특이도 86%)였다(Fig. 3). 위험도를 구별하는데 있어서 여러 맥파속도 수치의 민감도, 특이도는 Table 3과 같았다.

**Framingham risk score 및 SCORE risk score에 의한 위험도 층화에 미치는 맥파속도의 독립적 영향**

이분변수로 분류한 위험인자와 맥파속도를 ROC curve에서 구한 최적의 맥파수치와 검사의 변이성을 함께 고려하여 정한 수치를 기준으로 이분변수로 분류하여 로지스틱 회귀

**Table 5.** Results of logistic regression analysis to assess the independent influence of hfPWV or baPWV on high risk stratification by SCORE system

Parameter	Odds	95% CI	p
Male gender	11.2	1.0-121.4	<0.05
Age ≥60 years	89.4	9.0-887.1	<0.001
Hypertension	13.7	1.0-179.8	<0.05
Smoking	27.1	2.7-277.2	<0.01
Dyslipidemia	0.6	0.1-3.3	NS
hfPWV >975 cm/s	11.1	1.6-75.8	<0.05
Male gender	24.4	2.0-303.4	<0.05
Age ≥60 years	65.7	6.1-710.4	<0.01
Hypertension	4.4	0.2-79.5	NS
Smoking	23.4	2.0-277.9	<0.05
Dyslipidemia	0.4	0.1-2.7	NS
baPWV >1600 cm/s	28.5	3.2-255.1	<0.01

hfPWV: heart-femoral pulse wave velocity, baPWV: brachial-ankle pulse wave velocity, CI: confidence interval, Dyslipidemia: total cholesterol/HDL-cholesterol >5, NS: not significant, SCORE: systemic coronary risk evaluation

분석한 결과 hfPWV >920 cm/s, baPWV >1400 cm/s는 Framingham risk score에 의한 중간 이상의 위험군과 관련이 있는 독립적 인자였다(Table 4). 한편 hfPWV >975 cm/s, baPWV >1600 cm/s는 SCORE risk score에서의 고위험군과 관련이 있는 독립적 인자였다(Table 5).

**고 찰**

임상적 심혈관질환이 없는 인구 집단에서 동맥경화의 위험인자를 바탕으로 향후 심혈관질환의 위험도를 산정하는 데는 대표적으로 Framingham risk scoring과 유럽의 SCORE system이 이용된다. 특히 Framingham risk score는 비교적 대규모의 집단을 대상으로 장기적 관찰을 통하여 그 적용성이 잘 확립되어 있다.<sup>15)</sup> Framingham risk scoring과 SCORE system에서는 적용 대상 연령이 서로 다르므로 본 연구에서는 이들 두 가지 방법을 동일한 대상자에 적용하여 맥파속도와와의 관계를 평가하기 위하여 대상자의 연령을 40~69세로 한정하였다. 본 연구에서 hfPWV와 baPWV는 모두 Framingham risk score 및 SCORE risk score에 의한 10년 위험도와 뚜렷한 양의 상관관계를 보였으며, 상관계수는 SCORE risk score에 의한 위험도에서 더 높은 편이었다. 맥파속도와 Framingham risk score 및 SCORE risk score에서의 위험도와의 상관계수의 차이는 이들 두 가지 방법에서의 일차 종결점(primary endpoint)의 차이 때문으로 생각된다. 즉 SCORE risk score에 의한 위험도는 모든 심혈관 사망을 평가하나<sup>9)</sup> Framingham risk score는 심근경색+관동맥질환 사망만을 평가하기 때문이다.<sup>8)</sup> 따라서

향후의 위험도 평가 측면에 있어 맥파속도는 관동맥심질환 보다는 좀더 전반적인 동맥경화성 혈관손상과 더 관련이 있는 것으로 생각된다.

맥파속도와 Framingham risk score 및 SCORE risk score에 의한 위험도는 뚜렷한 양의 상관관계를 보임에도 불구하고 그 상관계수는 매우 높지는 않았는데, 이는 동맥경화의 각각의 위험인자가 맥파속도에 미치는 영향이 다르기 때문으로 생각된다. 즉 연령과 혈압은 맥파속도에 강력한 영향을 미치는 독립적 인자이나 총 콜레스테롤, 저밀도지단백 콜레스테롤, 흡연 등은 영향을 미치지 않거나 영향을 미치는 정도가 매우 미약하기 때문이다.<sup>12)16)</sup> 또한 기본적으로 동맥경화의 위험도를 반영하는 지표로서의 맥파속도는 혈관의 경화증(sclerosis)의 측면을 좀더 반영하나,<sup>17)</sup> 위험인자로 계산한 Framingham risk score와 SCORE risk score에서의 일차 종결점은 죽상증(atherosis) 또는 죽상혈전증(atherothrombosis)과 더 관련이 있기 때문으로 생각된다.

본 연구에서 측정된 맥파속도와 Framingham risk score 및 SCORE risk score에 의한 위험도와와의 상관계수는 모두 여자에서 남자에 비하여 높은 편이었다. 특히 본 연구에서 맥파속도와 Framingham risk score와의 상관계수가 여자에서 남자에 비하여 높은 것은 baPWV와 Framingham risk score와의 상관계수가 여자에서 높았던 Yamashina 등<sup>11)</sup>의 결과와 부합되는 소견이다. 그러나 본 연구에서 남녀별로 전체 대상자수가 많지 않고 특히 성별 및 연령군으로 대상자를 분류시 각군에 속한 대상자수가 적어 모든 연령군에서 여자에서 남자에 비하여 상관계수가 일관되게 높은지 여부는 따로 분석하지 않았으며 모든 연령군에서 남녀 간에 상관계수의 차이가 있는가에 대하여는 더 많은 수의 대상자에서의 연구가 필요할 것으로 생각된다.

본 연구의 대상자에서 Framingham risk score에 의한 고위험군(위험도 >20%)을 구별하는데 있어 hfPWV와 baPWV의 AUC는 중간 이상의 위험군(위험도 ≥10%)을 구별하는데 있어서의 AUC 보다는 약간 높았다(hfPWV 0.762 ± 0.054, p<0.05 ; baPWV 0.834 ± 0.049, p<0.01). 그러나 Framingham risk score에 의한 고위험군에 속한 대상자의 수가 매우 적고(8명), 이들 고위험군을 구별하는 맥파속도의 최적의 cut-off 수치와 위험인자 들을 변수로 하여 로지스틱 회귀분석 해 본 결과 단지 흡연 만이 고위험군을 구별할 수 있는 독립적 인자였다. 따라서 중간 이상의 위험군을 구별하는 최적의 수치를 검사의 변이성을 함께 고려하여 조정된 수치를 기준으로 하여 로지스틱 회귀분석 하였으며, 그 결과 맥파속도는 중간 이상의 위험도를 증화하는데 있어 독립적 영향을 미치는 인자였다. 그러므로 맥파속도는 Fra-

mingham risk score에 의한 고위험군 보다는 중간 이상의 위험군을 증화하는데 도움이 될 수 있을 것으로 생각된다. 한편 SCORE risk score에 의한 고위험군(위험도 ≥5%)을 구별하는데 있어서 맥파속도는 독립적 영향을 미치는 인자였다. 따라서 맥파속도는 SCORE risk score에 의한 고위험군을 증화하는데 또한 도움이 될 수 있을 것으로 생각된다.

맥파속도와 심혈관질환과의 관련성에 관한 많은 연구들은 대부분 중심 대동맥의 맥파속도, 특히 cfPWV를 측정하여 이루어졌다. 그러나 cfPWV는 일반 인구집단에서 선별검사로 이용하는 것은 간편하지 않다.<sup>18)19)</sup> 최근 많이 이용되고 있는 사지에서 측정된 baPWV는 중심동맥+말초동맥의 맥파속도를 반영하나 그 측정 방법이 간편하고 cfPWV와의 상관관계가 좋아 많은 대상자에서 쉽게 적용할 수 있는 장점이 있다.<sup>18-20)</sup> 맥파속도와 향후 심혈관질환의 위험도와와의 관계에 있어 Blacher 등<sup>10)</sup>은 고혈압 환자를 대상으로 한 연구에서 cfPWV >13 m/s는 Framingham risk score에 의한 고위험군을 구별하는 강력한 예측인자로 제시하였다. 한편 Yamashina 등<sup>11)</sup>은 건강 검진자를 대상으로 한 연구에서 baPWV >14.0 m/s는 Framingham risk score에 의한 위험도 증화와 동맥경화성 심혈관질환을 가진 환자를 구별하는데 있어 독립된 인자로 제시하였다. 본 연구에서는 대동맥의 맥파속도로 hfPWV를 측정하였으므로 Blacher 등<sup>10)</sup>의 결과와 직접적으로 비교할 수는 없으나, baPWV의 경우는 Yamashina 등<sup>11)</sup>의 결과와 유사하다고 할 수 있다. baPWV >1400 cm/s는 단독으로 Framingham risk score에 의한 중간 이상의 위험도를 구별하는데 도움이 되며, SCORE risk score에 의한 고위험도를 구별하는 데는 이보다 높은 수치(>1600 cm/s)를 적용해야 할 것으로 생각된다.

본 연구는 다음과 같은 주요 제한점이 있다. 첫째, 위험인자로 평가한 심혈관질환의 향후의 위험도에 대한 인구 집단에서의 국내 연구가 없어 맥파속도와와의 관계는 타당성에 있어 문제가 있을 수 있다. 본 연구 집단에서의 실제의 10년 위험도는 계산된 Framingham risk score와 SCORE risk score에 의한 위험도보다 더 낮을 수도 있다. 둘째, 본 연구의 전체 대상자 수가 비교적 적고, 고혈압 환자라도 강압제 복용 여부에 따라 10년 위험도와 맥파속도와와의 관계가 차이가 있을 가능성도 있으나 이를 따로 분석하지 않아 본 연구의 결과를 일반화할 수는 없다. 셋째, 맥파속도 측정시 강압제 복용 상태와 측정의 조건을 표준화하지 않았다. 넷째, 위험도 증화를 위한 맥파속도의 수치는 성별, 연령에 따라 다를 수 있으나, 본 연구에서는 대상자수가 적어 이를 구분하여 평가하지 않았다. 이러한 제한점에도 불구하고 맥파속

도는 위험도 증화에 있어 도움이 될 수 있으며 특히 사지에서 간편하게 측정된 baPWV는 대동맥의 맥파속도와 견줄 만큼의 유용성이 있을 것으로 생각된다.

결론적으로 맥파속도는 Framingham risk score 및 SCORE risk score에 의한 위험도와 뚜렷한 양의 상관관계를 보이나, 그 상관계수는 매우 높지 않다. 위험도 증화에 있어 사지에서 측정된 baPWV는 hfPWV에 견줄만한 유용성이 있으며, baPWV >1400 cm/s는 Framingham risk score에 의한 중간 이상의 위험군, >1600 cm/s는 SCORE risk score에 의한 고위험군을 구별하는데 도움이 될 수 있을 것으로 생각된다. 향후 맥파속도에 따른 심혈관질환의 위험도에 관한 장기 코호트 연구가 이루어지면 맥파속도와 심혈관질환의 위험도와의 관계를 더 명확하게 알 수 있을 것이다.

**요 약**

**배경 및 목적 :**

맥파속도는 심혈관질환의 독립된 위험 예측인자이나 향후 심혈관질환의 위험도와 어떠한 관련이 있는지에 대해서는 현재까지 보고가 드물다. 본 연구는 맥파속도와 NCEP/ATP III에서의 개정된 Framingham risk score 및 SCORE risk score에 의한 10년 위험도와의 관련성을 알아보고자 하였다.

**방 법 :**

임상적 동맥경화성 심혈관질환, 당뇨병, 전신질환이 없으며, 연령 40~69세인 327명(남 : 여=195 : 132, 평균연령은 49.7±7.5세)을 대상으로 하였다. 자동파형분석기로 측정된 심장-대퇴동맥 맥파속도(hfPWV), 상완-발목 맥파속도(baPWV)와 성별, 연령, 수축기 혈압, 총 콜레스테롤, 저밀도 지단백콜레스테롤을 바탕으로 계산한 Framingham risk score 및 SCORE risk score와의 관계를 분석하였다.

**결 과 :**

Framingham risk score와 hfPWV, baPWV와의 상관계수는 각각 0.412, 0.398이었다(모두 p<0.001). SCORE risk score와 hfPWV, baPWV와의 상관계수는 각각 0.554, 0.603이었다(모두 p<0.001). Framingham risk score에 의한 위험군별 분류(<10%, 10~20%, >20%) 및 SCORE risk score에 의한 위험군별 분류(<5%, ≥5%)에서 hfPWV와 baPWV는 위험군 간에 유의한 차이가 있었다(모두 p<0.001). hfPWV >920 cm/s, baPWV >1400 cm/s는 Framingham risk score에 의한 중간 이상의 위험군(≥10%)을 구별할 수 있는 독립적 인자였다. hfPWV >975cm/s, baPWV >1600 cm/s는 SCORE risk score에 의한 고위험군(≥5%)을 구별할 수 있는 독립적 인자였다.

**결 론 :**

맥파속도는 Framingham risk score 및 SCORE risk score system으로 평가한 위험도와 뚜렷한 양의 상관관계를 보이나, 그 상관계수는 매우 높지 않다. 위험도 증화에 있어 baPWV는 hfPWV에 견줄만한 유용성이 있으며, baPWV >1400 cm/s는 Framingham risk score에 의한 중간 이상의 위험군, >1600 cm/s는 SCORE risk score에 의한 고위험군을 구별하는데 도움이 될 수 있다.

**중심 단어 :** 맥파속도 ; 동맥경화 ; 심혈관질환 ; 위험도 평가.

**REFERENCES**

- 1) O'Neal DN, Dragicevic G, Rowley KG, et al. *A cross-sectional study of the effects of type 2 diabetes and other cardiovascular risk factors on structure and function of nonstenotic arteries of the lower limb. Diabetes Care* 2003;26:199-205.
- 2) 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.
- 3) van Popele NM, Grobbee DE, Bots ML, et al. *Association between arterial stiffness and atherosclerosis. Stroke* 2001; 32:454-60.
- 4) Meaume S, Rudnichi A, Lynch A, et al. *Aortic pulse wave velocity as a marker of cardiovascular disease in subjects over 70 years old. J Hypertens* 2001;19:871-7.
- 5) Laurent S, Boutouyrie P, Asmar R, et al. *Aortic stiffness is an independent predictor of all-cause and cardiovascular mortality in hypertensive patients. Hypertension* 2001;37:1236-41.
- 6) Blacher J, Guerin AP, Pannier B, Marchais SJ, Safar ME, London GM. *Impact of aortic stiffness on survival in end-stage renal disease. Circulation* 1999;99:2434-9.
- 7) 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.
- 8) National Cholesterol Education Program. *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): final report. Circulation* 2002; 106:3143-421.
- 9) Conroy RM, Pyorala K, Fitzgerald AP, et al. *Estimation of ten-year risk of fatal cardiovascular disease in Europe: the SCORE project. Eur Heart J* 2003;24:987-1003.
- 10) 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.
- 11) Yamashina A, Tomiyama H, Arai T, et al. *Brachial-ankle pulse wave velocity as a marker of atherosclerotic vascular damage and cardiovascular risk. Hypertens Res* 2003;26:615-22.
- 12) Kim YK, Lee MY, Rhee MY. *A simple oscillometric measurement of pulse wave velocity: comparison with conventional tonometric measurement. Korean J Intern Med* 2004;67:597-606.
- 13) Yamashina A. *Measurement of pulse wave velocity. In: Ozawa T, Masuda Y, eds. Pulse wave velocity. Tokyo: Medical View; 2002. p.26-34.*
- 14) de Backer G, Ambrosioni E, Borch-Johnsen K, et al. *European guidelines on cardiovascular disease prevention in clinical practice: third joint Task Force of European and other Societies on Cardiovascular Disease Prevention in Clinical Practice (constituted by representatives of eight societies and by invited experts).*

- Atherosclerosis* 2004;173:381-91.
- 15) Wilson PW, D'Agostino RB, Levy D, Belanger AM, Silbershatz H, Kannel WB. *Prediction of coronary heart disease using risk factor categories. Circulation* 1998;97:1837-47.
  - 16) Benetos A, Waeber B, Izzo J, et al. *Influence of age, risk factors, and cardiovascular and renal disease on arterial stiffness: clinical applications. Am J Hypertens* 2002;15:1101-8.
  - 17) O'Rourke M. *Mechanical principles in arterial disease. Hypertension* 1995;26:2-9.
  - 18) Sun K, Daimon M, Watanabe S, Komuro I, Masuda Y. *The relation of pulse wave velocity by oscillometric and tonometric methods and clinical application studies. Jpn J Appl Physiol* 2002;32:81-6.
  - 19) 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.
  - 20) Cortez-Cooper MY, Supak JA, Tanaka H. *A new device for automatic measurements of arterial stiffness and ankle-brachial index. Am J Cardiol* 2003;91:1519-22.