

한국 농촌 지역 인구집단에서 상완 족부간 맥파 속도와 좌심실 구조와의 관계

한양대학교 의과대학 심장내과학교실,¹ 예방의학교실²

신진호¹ · 이 제¹ · 임현길¹ · 이방현¹ · 김미경² · 최보율²

The Relationship between the Pulse Wave Velocity(PWV) and the Left Ventricular Geometry
- A Community-Based Cross-Sectional Study -

Jinho Shin, MD¹, Je Lee, MD¹, Heon Kil Lim, MD¹,
Bang Hun Lee, MD¹, Mi Kyung Kim, PhD² and Bo Youl Choi, MD²

¹Cardiology Division, Internal Medicine, ²Preventive Medicine, Hanyang University College of Medicine, Seoul, Korea

ABSTRACT

Background and Objectives : Arterial compliance is a well-known factor affecting the left ventricular structure and function. Pulse wave velocity (PWV) is a reliable indicator of arterial compliance. To elucidate the role of arterial stiffness on the geometric adaptation of LV, the relationship between the pulse wave velocity and geometric patterns of the LV were investigated in subject living in a rural area of Korea. **Subjects and Methods :** The brachial-ankle pulse wave velocity (baPWV) and echocardiographic indices, i.e. left ventricular mass index (LVMI), relative wall thickness (RWT), were measured in 217 (59 hypertensive, 158 normotensive, and age of 57.7 ± 12.8 (21-86)) subjects. The relationship between the baPWV and RWT was analyzed according to the presence of LVH, which was defined by $>52.0 \text{ g/m}^2$. Group I was defined as having a $\text{RWT} \leq 0.35$ and group II as a $\text{RWT} > 0.35$. **Results :** In a multiple regression model for the relative wall thickness, the stroke volume ($\beta = -0.261$), $\text{PWV}_{\text{right}}$ ($\beta = 0.177$), total peripheral resistance ($\beta = 0.227$), abdominal circumference ($\beta = 0.317$) and body mass index ($\beta = -0.214$) were found to be independent determinants ($R^2 = 0.265$, $\text{SEE} = 0.043$, $\text{constant} = 0.258 \pm 0.043$, $p = 0.0001$). In subjects without LVH, those in group II ($n = 42$) were older (59.3 ± 13.4 vs. 52.0 ± 13.0 , $p = 0.005$) and had a higher meanPWV (1590.7 ± 407.3 vs. $1711.3 \pm 407.3 \text{ cm/sec}$, $p = 0.02$) than those in group I ($n = 65$). In subjects with LVH, those in group II ($n = 66$) were older (62.5 ± 10.9 vs. 57.5 ± 11.4 , $p = 0.03$) and had a higher meanPWV (1623.7 ± 385.3 vs. $1488.5 \pm 266.3 \text{ cm/sec}$, $p = 0.03$) than those in group I ($n = 44$). In group II, the total peripheral resistance was higher (1858.7 ± 447.7 vs. $1608.0 \pm 347.4 \text{ dynes-sec-cm}^{-5}$, $p = 0.0001$) and the stroke volume lower (67.0 ± 14.2 vs. $79.4 \pm 15.7 \text{ ml}$, $p = 0.0001$) than in group I. **Conclusion :** Pulse wave velocity is independently associated with the concentric geometry of the left ventricle in the rural Korean population used in this study. (Korean Circulation J 2005;35:683-689)

KEY WORDS : Hypertension ; Left ventricular hypertrophy ; Arterial stiffness ; Cardiovascular risk.

서 론

본태성 고혈압에서 좌심실은 과다한 후부하의 영향을 받게

되며 후부하를 증가시키는 인자로 수축기 혈압이 널리 알려져 있지만 동맥혈관계의 경직도도 좌심실의 기능에 영향을 주는 것으로 알려져 있다.¹⁾ 맥파 속도는 일반적으로 동

논문접수일 : 2005년 4월 20일

수정논문접수일 : 2005년 6월 13일

심사완료일 : 2005년 7월 8일

교신저자 : 이방현, 133-792 서울 성동구 행당동 17 한양대학교 의과대학 심장내과학교실

전화 : (02) 2290-8309 · 전송 : (02) 2298-9183 · E-mail : leebh@hanyang.ac.kr

맥 혈관계의 경직도를 반영하는 인자로 인정받고 있으며²³⁾ 예후와도 관계가 있다고 알려져 있다.⁴⁾ 심혈관 좌심실 비대 유형은 좌심실에 가해지는 혈역학적 또는 비혈역학적 자극에 대한 총체적 적응 과정으로서 혈역학적 특성을 반영할 수 있다고 알려져 있다.⁵⁾ 고혈압과 관련하여 좌심실 비대 유형이 좌심실의 기능 악화와 연관하며^{6,7)} 장기 손상 및 예후와 관련이 있다는 보고도 많다.⁸⁻¹³⁾ 그리고 논란의 여지가 있기는 하나 좌심실 비대가 없는 고혈압 환자나 인구 집단과 같은 저위험도 환자에서도 예후와 관련이 있다는 주장도 있다.¹⁴⁻¹⁶⁾

총말초혈관 저항의 증가와 상대적 심벽 두께 간 상관관계가 있다고 알려져 있고 맥압과 일회박출지수를 이용한 간접적인 방법으로 동맥의 경직도가 좌심실 형태와 연관하다는 보고는 있었으나 아직까지 상완 족부 간 맥파 속도를 측정하여 좌심실 비대 유형과의 관계를 연구한 보고는 드물다.¹⁷⁾

이에 본 연구에서는 지역 사회 인구를 대상으로 하여 맥파 속도와 좌심실 형태 간의 상관 관계를 밝히고자 한다.

대상 및 방법

총 357명의 경기도 양평 지역사회 검진 대상자 중 심초음파 결과 벽운동 장애, 좌심실 구혈율 55% 미만, 중등도 이상의 판막폐쇄부전, 판막 협착증, M 모드 측정각이 15° 이상인 초음파 영상, 화질이 불량한 초음파를 포함한 총 50예와 당뇨 기왕력 및 고혈압 약물을 투약 중인 자 72명, 전형적인 협심증 증상 환자 5명, 맥파속도 측정 자료 미비 8명, 병력 청취 자료 미비 5명을 제외한 217명을 대상으로 맥파속도와 심초음파 결과를 분석하였다. 대상 집단의 연령은 57.7 ± 12.8 세 였고(최소 21세, 최대 86세) 그 중 59명은 고혈압이었고 158명은 혈압이 140/90 mmHg 미만이었다. 검진 사업에 앞서 한양대학병원의 임상시험 위원회의 승인 절차를 통과하였으며 일체의 검진을 시작하기 직전에 피검자로부터 검진 과정 및 검진 자료를 연구 목적으로 사용하는 데 대하여 서면으로 승인을 얻었다.

혈압 측정

5분 이상 안정을 취한 후 앉은 자세에서 수은주 혈압계를 이용하여 Korotokoff 제 1 음과 제 5 음이 청진되는 압력을 각각 수축기 혈압과 이완기 혈압으로 정의하였으며 2회 측정 평균치를 사용하되 측정치의 차이가 수축기 혈압 10 mmHg 이상 이완기 혈압 4 mmHg 이상 차이가 날 때는 1회 더 측정하여 근사값 2개의 평균치로 혈압을 표시하였다.

심초음파 검사

이면 심초음파 및 M모드 심초음파 검사를 HP sonos 2500을 이용하였으며 모든 초음파 검사는 단일 검사자가 시행하였다. 모든 측정은 on-line으로 실시하였으며 모든 측정은

단일 검사자가 시행하였다. M 모드 기록 속도를 50 mm/sec로 하였고 좌심실 질량을 측정하기 위한 M모드 영상은 미국 심장 초음파 학회의 지침을 따라 좌심실의 승모판막의 말단부를 기준으로 얻었다.¹⁸⁾ QRS 파의 시작 시점을 이완기말기로 정의하였고 좌심실 직경, 중격 및 후벽 두께를 측정할 때는 leading edge만을 참조하였으며¹⁸⁾ 좌심실 질량은 Devereux 등²⁰⁾이 제시한 $1.04 \times \{(\text{확장기말 좌심실 중격 두께} + \text{확장기말 좌심실 내경} + \text{확장기말 좌심실 후벽 두께})^3 - \text{확장기말 좌심실 내경}^3\} \times 0.8 - 0.6$ 의 공식으로¹⁹⁾ 계산하였으며 좌심실 질량 지수는 신장(m)^{2.7}을 기준으로 보정하였다. 좌심실 비대는 체질량 지수 $18.5 \sim 24.9 \text{ kg/m}^2$ 으로 정상 체중이고 혈압이 140/90 mmHg 미만인 환자를 대상으로 시행되어 발표된 연구 결과를 참고로 남녀 공히 좌심실 질량 지수가 $52.0 \text{ g/m}^{2.7}$ 을 초과하는 경우로 정의하였다.²¹⁾ 심기능 지표로서 일회심박출량은 Teichholtz 공식에 의해서 산출된 좌심실 이완기말 용적- 좌심실 수축기말 용적으로 정의하였다. 총말초저항은 $\text{평균혈압} \times 80 / \text{심박출량}$ 의 공식을 이용하여 산출하였다. 좌심실 구조 유형의 지표로서 상대적 심벽두께를 $2 \times \text{이완기말 좌심실 후벽두께} / \text{이완기말 좌심실 직경}$ 으로 계산하였다. 상대적 심벽두께에 미치는 인자의 영향을 평가하기 위하여 중앙값을 기준으로 하여 상대적 심벽두께가 0.35 이하인 군을 1군으로 정의하였고 상대적 심벽두께가 0.35 초과군을 2군으로 정의하였으며 양군 간의 차이를 비교하였다.

맥파 속도 측정

VP-1000®(Colin, Komaki, Japan)을 이용하여 맥파를 측정하였으며 그 원리는 양측 상지와 양측 발목에서 혈압의 의한 맥파와 혈류에 의한 맥파를 동시에 측정하고 심전도 신호를 기준으로 시간 차를 측정하며 이동 거리는 신장에 따른 통계적 계산 공식으로 구하여 맥파 속도를 계산하는 것이다.²²⁾ 신체 부위간의 거리는 통계적인 방법에 의해서 구해진 공식을 이용한다. 즉, suprasternal notch에서 상완까지의 거리, Da(cm)를 $0.2195 \times \text{신장(cm)} - 2.0734$ 로 계산하고 suprasternal notch에서 대퇴골까지의 거리, Db(cm)는 $0.5643 \times \text{신장(cm)} - 18.381$ 의 공식에 의하여 계산하며 대퇴골에서 족부까지의 거리, Dc(cm)는 $0.2486 \times \text{신장(cm)} + 30.709$ 의 공식으로 계산한다. 측정이 이루어지는 동안 제 1 및 제 2 심음을 흉골좌연의 제 4 늑간에 음파 감지 장치를 위치시켜서 감지하고 양측 상지 유도를 이용하여 심전도 신호를 감지한다.

실제로 기기에서 계측되는 값은 상완동맥과 측정되는 압력파의 시작 시각(Ta)과 족부에서 측정되는 경골동맥의 시작 시각(Tb) 간의 시간 차(Tb-Ta)로서 이는 기기에 내장된 파형 분석 알고리즘에 의해 계측된다.

만일 Suprasternal notch에서 압력파의 시작 시각을 T0라 하고 Suprasternal notch에서 상완까지의 맥파 속도(br-

achialPWV)와 suprasternal notch에서 족부까지의 맥파속도(ankle PWV)가 brachial-anklePWV로 동일하다면,

$$\text{BrachialPWV} = \text{anklePWV} = \text{brachial-anklePWV},$$

$$\text{Da} = (\text{Ta} - \text{T}_0) \times \text{brachialPWV},$$

$$\text{Ta} = \text{Da} / \text{brachialPWV} + \text{T}_0 \text{이고}$$

$$\text{Db} + \text{Dc} = (\text{Tb} - \text{T}_0) \times \text{anklePWV},$$

$$\text{Tb} = (\text{Db} + \text{Dc}) / \text{anklePWV} + \text{T}_0 \text{이다.}$$

$$\text{실측치인 Tb-Ta}$$

$$= (\text{Db} + \text{Dc}) / \text{anklePWV} - \text{Da} / \text{brachialPWV} \text{ 이고}$$

$$\text{brachial-anklePWV} = (\text{Db} + \text{Dc} - \text{Da}) / (\text{Tb} - \text{Ta}) \text{이다.}^{23)}$$

좌측과 우측의 맥파속도는 심전도와 심음에 의해서 구분되는 10회 측정치의 평균값으로 표시된다. 본 연구에서 맥파속도는 단일 검사자에 의하여 측정되었으며 17명 측정 시의 검사자내 재현성의 Pearson 상관계수는 0.961였으며 변이계수는 5.4%였다.

통계 분석

모든 자료는 평균값±표준 오차로 표기하였으며 단순 상관 관계 분석을 위해서는 전체 측정치의 표준 편차의 3.5 배를 벗어난 극단적인 측정치를 제외한 후 Pearson 상관계수를 구하였고 다변량 분석에는 $p < 0.1$ 로 통계적으로 유의한 변수에 대하여 단계적 다중 선형 회귀 분석(stepwise multiple linear regression)을 시행하였다. 여러 집단 간의 차이를 구하기 위하여 ANOVA를 이용하였고 양 군 간 비교 시에는 로지스틱 회귀 분석(logistic regression analysis) 및 Student's t test를 시행하였다. 통계적 유의성은 p 값이 0.05 미만일 때 인정하였고 SPSS 통계 프로그램 12판을 이용하였다.

결 과

대상군의 인구학적 특성

총 217명의 분석 대상의 연령은 57.7 ± 12.8 이었고 남성이 101명이었고 여성이 116명이었다. 평균 체질량지수는 23.8 ± 3.3 이었다. 수축기 혈압은 124.0 ± 15.9 mmHg였고 이완기 혈압은 81.2 ± 9.6 mmHg이었으며 맥압은 42.2 ± 11.8 mmHg였고 맥박수는 분당 63.8 ± 10.5 회였다.

평균맥파속도(PWVmean)를 결정하는 인자

단순상관관계 분석에서 연령, 수축기 혈압, 이완기 혈압, 맥압, 심박수가 평균맥파속도와 양의 상관 관계를 보였고 신장, 체중, 체질량지수, 일회심박출량은 음의 상관관계를 보였다(Table 1). 이들 중 다변량 분석 결과 수축기혈압($\beta = 0.448$), 연령($\beta = 0.314$), 심박수($\beta = 0.281$), 체질량지수($\beta = -0.187$)가 독립적 상관관계를 보였다($R^2 = 0.598$, $SEE = 206.66$, $p = 0.001$).

상대적 심벽두께와 평균맥파속도의 관계

단순 상관관계 분석에서 연령, 수축기혈압, 맥압, 총말초혈관저항, 평균맥파속도가 상대적 심벽두께와 양의 상관 관계가 있었으며 체중과 일회심박출량은 음의 상관관계가 있었다(Table 1)(Fig. 1). 다변량 분석 결과 맥파속도는($\beta = 0.177$) 일회심박출량($\beta = -0.261$), 맥파속도, 총말초혈관저항($\beta = 0.227$), 복부둘레($\beta = 0.317$), 체질량 지수($\beta = -0.214$)와 함께 상대적 심벽두께를 결정하는 독립적인 인자였다($R^2 = 0.265$, $SEE = 0.043$, $\text{constant} = 0.258 \pm 0.043$, $p = 0.0001$)(Table 2).

Table 1. Univariate predictors of brachial-ankle pulse wave velocity, relative wall thickness of left ventricle, and left ventricular mass index

	Mean baPWV		RWT		LV mass index	
	R	P	R	P	R	P
Age (year)	0.55	0.01	0.26	0.01	0.20	0.01
Sex	-0.02	NS	0.01	NS	<0.05	NS
Body mass index (kg/m ²)	-0.20	0.01	-0.11	NS	0.27	0.01
Abdominal circumference (cm)	0.00	NS	0.04	NS	0.28	0.01
Systolic blood pressure (mmHg)	0.54	0.01	0.20	0.01	0.32	0.01
Diastolic blood pressure (mmHg)	0.25	0.01	0.10	NS	0.22	0.01
Pulse pressure (mmHg)	0.29	0.01	0.16	<0.05	0.27	0.01
Heart rate (beat per minute)	0.37	0.01	0.10	NS	-0.12	NS
TPR (dynes-sec-cm ⁻⁵)	0.11	NS	0.42	0.01	-0.19	0.01
Stroke volume (mL)	-0.19	0.01	-0.43	0.01	0.43	0.01
Mean baPWV (cm/sec)	-	-	0.28	0.01	0.16	0.05
RWT	0.28	0.01	-	-	0.28	0.01
LV mass index (g/m ^{2.7})	0.16	0.05	0.28	0.01	-	-

BaPWV: brachial-ankle PWV, LV: left ventricular, NS: not significant, R: pearson correlation coefficient, TPR: total peripheral resistance

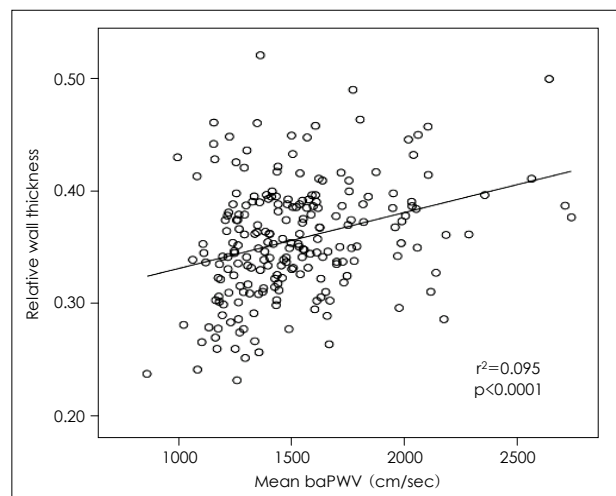


Fig. 1. The relationship between relative wall thickness of left ventricle and pulse wave velocity. baPWV: brachial-ankle pulse wave velocity.

상대적 심벽두께 군 간 평균맥파속도의 차이

상대적 심벽두께에 따른 양군 대해 연령, 혈압, 심박수, 말초혈관저항, 일회심박출량, 평균맥파속도를 포함하여 시행한 로지스틱 회귀 분석 결과 연령과 일회심박출량만이 독립적인 변수로 60세 이상 고령의 odds ratio는 1.97($p=0.02$)이고 높은 일회심박출량(>72 cc)의 odds ratio는 0.18($p=0.001$)이었다.

Table 2. Stepwise multiple linear regression model for relative wall thickness of left ventricle

Predictors	R square	SEE	p
For all subjects (n=217)			
1. Model including baPWV			
SV, mean baPWV†, TPR, AC, BMI	0.293	0.043	0.0001
2. Model not including baPWV			
SV, Age*, TPR, AC	0.277	0.043	0.0001
For subjects with LVH (n=109)			
SV, height	0.381	0.040	0.0001
For subjects without LVH (n=108)			
SV, height, mean baPWV†, HR	0.420	0.037	0.0001

A final predictive model was derived by stepwise linear regression analysis. After age was forced into the model, the following candidate independent variables were assessed: sex, body-mass index (BMI), height, weight, body mass index, abdominal circumference, systolic blood pressure, diastolic blood pressure, pulse pressure, heart rate, stroke volume, total peripheral resistance, mean brachial-ankle pulse wave velocity. Only those variables with p of <0.05 were included in the final fitted model. The final model R^2 for the total subjects was 29.3% and baPWV replaced age (*) which was independent variable in the model without baPWV. Mean baPWV (†) was independent determinant for all subjects and for the subjects without LVH. SEE: standard errors of the estimate, SV: stroke volume, baPWV: brachial-ankle pulse wave velocity, TPR: total peripheral resistance, AC: abdominal circumference, HR: heart rate, LVH: left ventricular hypertrophy

Table 3. The comparison between group I (RWT ≤ 0.35) and group II (RWT >0.35)

	RWT ≤ 0.35 (n=109)	RWT >0.35 (n=108)	p*
Age	54.2 \pm 12.6	61.2 \pm 12.0	0.0001
Male/female	52/57	49/59	0.81
Body mass index (kg/m ²)	24.3 \pm 3.3	23.3 \pm 3.1	0.01
Abdominal circumference (cm)	85.7 \pm 9.1	85.5 \pm 9.2	0.86
Systolic BP (mmHg)	121.8 \pm 13.2	126.2 \pm 18.0	0.04
Diastolic BP (mmHg)	80.7 \pm 9.1	81.6 \pm 10.0	0.48
Pulse pressure (mmHg)	40.6 \pm 9.4	43.9 \pm 13.7	0.04
Heart rate (bpm)	62.2 \pm 10.7	65.4 \pm 10.0	0.02
LV mass index (g/m ^{2.7})	50.6 \pm 11.7	55.6 \pm 14.3	0.005
baPWV right	1436.5 \pm 300.8	1609.0 \pm 403.1	0.0005
baPWV left	1454.3 \pm 322.4	1612.8 \pm 390.6	0.001
baPWVmean	1445.4 \pm 308.2	1610.9 \pm 392.8	0.001
BaPWVmean-age adjusted	1500.2 \pm 266.0	1555.6 \pm 330.7	0.17
Stroke volume (mL)	79.4 \pm 15.7	67.0 \pm 14.2	0.0001
TPR (dynes-sec-cm ⁻⁵)	1608.0 \pm 347.4	1858.7 \pm 447.7	0.0001

RWT: relative wall thickness, BP: blood pressure, LV: left ventricular, baPWV: brachial-ankle pulse wave velocity, TPR: total peripheral resistance. *: p by student's t -test

2군은 1군에 비해서 고령이었고(54.2 \pm 12.6 vs 61.2 \pm 12.0) 수축기 혈압(121.8 \pm 13.2 vs 126.2 \pm 18.0 mmHg), 맥압(40.6 \pm 9.4 vs 43.9 \pm 13.7 mmHg), 및 맥박수(62.2 \pm 10.7 vs 65.4 \pm 10.0)가 높았다. 2군은 1군에 비해 총말초혈관저항이 높았으며(1608.0 \pm 347.4 vs 1858.7 \pm 447.7 dynes-sec-cm⁻⁵) 일회심박출량이 낮았다(79.4 \pm 15.7 vs 67.0 \pm 14.2 mL). 2군은 1군에 비해 평균 맥파속도가 높았으며(1445.4 \pm 308.2 vs 1610.9 \pm 392.8 cm/sec) 동시에 좌심실 질량지수도 높았다(50.6 \pm 11.7 vs 55.6 \pm 14.3 g/m^{2.7})(Table 3).

좌심실 질량지수를 결정하는 인자

단순 상관관계 분석에서 연령, 체질량 지수, 허리둘레, 수축기 혈압, 이완기 혈압, 맥압, 일회심박출량, 평균맥파속도가 양의 상관관계를 보였고 신장과 총말초혈관저항은 음의 상관 관계를 보였다(Fig. 2). 그러나 다변량 분석 결과 일회심박출량($\beta=0.510$), 신장($\beta=-0.386$), 수축기 혈압($\beta=0.260$), 허리둘레($\beta=0.162$), 심박수($\beta=-0.132$), 연령($\beta=0.123$)이 독립적인 결정 인자였고($R^2=0.465$, SEE=9.895, constant=64.0 \pm 15.8, $p=0.0001$) 평균맥파속도는 좌심실 질량지수와 독립적인 상관관계는 없었다.

좌심실 비대 유무에 따른 상대적 심벽두께와 평균맥파속도 간의 상관관계

좌심실 비대가 없는 군(n=108)에서는 상대적 심벽두께가 일회심박출량($\beta=-0.669$), 신장($\beta=0.221$), 평균 맥파속도($\beta=0.242$), 및 심박수($\beta=-0.210$)와 독립적인 상관 관계를 보였으나($R^2=0.399$, SEE=0.037, constant=0.312 \pm 0.084, $p=0.0001$) 좌심실 비대군(n=109)에서는 다변량 분석에서 상대적 심벽두께가 일회심박출량($\beta=-0.704$), 신장($\beta=0.302$), 연령($\beta=0.225$) 등이 독립적인 상관관계를 보였으나($R^2=0.381$, SEE=0.040, constant=0.294 \pm 0.065, $p=0.0001$) 평균맥파속도는 독립적인 상관 관계를 보이지 못하여 제외되었다(Table 2).

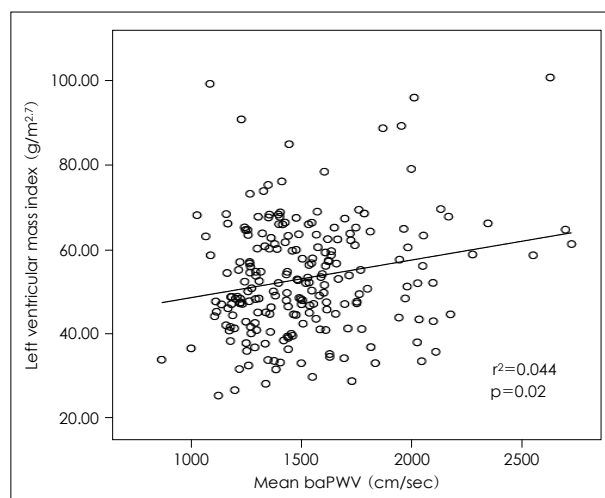


Fig. 2. The relationship between left ventricular mass index and pulse wave velocity. baPWV: brachial-ankle pulse wave velocity.

Table 4. The comparison between group I (RWT \leq 0.35) and group II (RWT $>$ 0.35) according to left ventricular mass index

	LV mass index \leq 52 g/m ^{2.7}		LV mass index $>$ 52 g/m ^{2.7}	
	RWT \leq 0.35 (n=65)	RWT $>$ 0.35 (n=42)	RWT \leq 0.35 (n=44)	RWT $>$ 0.35 (n=66)
Age	52.0 \pm 13.0	59.3 \pm 13.4 [†]	57.5 \pm 11.4	62.5 \pm 10.9*
Male/female	32/33	22/20	20/24	27/39
Body mass index (kg/m ²)	23.8 \pm 3.5	21.8 \pm 2.8 [†]	25.2 \pm 3.0	24.2 \pm 3.0
Abdominal circumference (cm)	84.4 \pm 9.5	81.8 \pm 9.4	87.7 \pm 8.1	87.8 \pm 8.4
Systolic BP (mmHg)	119.3 \pm 12.6	121.6 \pm 17.0	125.4 \pm 13.4	129.1 \pm 18.1
Diastolic BP (mmHg)	79.6 \pm 9.0	78.5 \pm 8.8	82.3 \pm 9.2	83.6 \pm 10.3
Pulse pressure (mmHg)	38.9 \pm 9.1	41.4 \pm 12.9	43.1 \pm 9.4	45.5 \pm 14.0
Heart rate (bpm)	62.3 \pm 11.1	66.3 \pm 10.8	62.0 \pm 10.1	64.8 \pm 9.6
LV mass index (g/m ^{2.7})	42.5 \pm 6.5	42.5 \pm 5.8	62.4 \pm 10.1	64.8 \pm 9.6
Relative wall thickness	0.31 \pm 0.03	0.39 \pm 0.03 [†]	0.32 \pm 0.03	0.40 \pm 0.04 [†]
baPWV right	1407.7 \pm 312.5	1583.2 \pm 413.3*	1479.1 \pm 280.7	1625.5 \pm 398.8*
baPWV left	1424.9 \pm 357.0	1598.2 \pm 405.5*	1497.9 \pm 260.9	1622.0 \pm 383.8*
baPWVmean	1416.3 \pm 332.4	1590.7 \pm 407.3*	1488.5 \pm 266.3	1623.7 \pm 385.3*
baPWVmean-age adjusted	1506.1 \pm 280.9	1566.1 \pm 332.2	1491.6 \pm 245.3	1548.9 \pm 332.2
Stroke Volume (mL)	74.6 \pm 13.8	58.9 \pm 11.1 [†]	86.5 \pm 15.8	72.1 \pm 13.5 [†]
TPR (dynes-sec-cm ⁻⁵)	1675.1 \pm 343.7	1996.9 \pm 454.9 [†]	1508.9 \pm 332.5	423.4 \pm 52.1 [†]

baPWV: brachial-ankle pulse wave velocity, BP: blood pressure, LV: left ventricular, RWT: relative wall thickness, TPR: total peripheral resistance, *: p<0.05, †: p<0.01, student's t-test

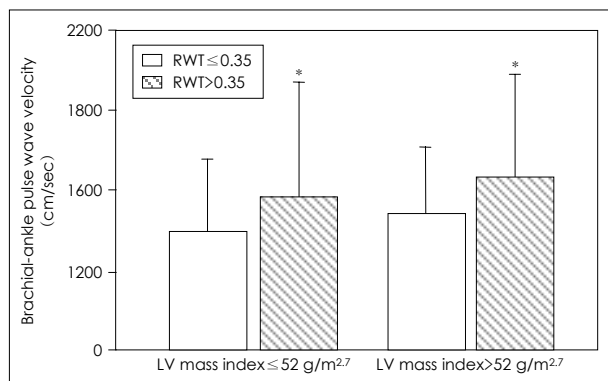


Fig. 3. The pulse wave velocity according to the groups categorized by relative wall thickness. Mean baPWV is higher in group II (RWT $>$ 0.35) than group I (RWT \leq 0.35) regardless of the presence of left ventricular hypertrophy. RWT: relative wall thickness, baPWV: brachial ankle pulse wave velocity, LV: left ventricular. *: p<0.05.

좌심실비대에 따른 상대적 심벽두께 군 간 평균맥파속도의 차이

좌심실 비대 유무에 따른 상대적 심벽두께 군에 대한 로지스틱 회귀 분석 결과 일회심박출량($>$ 75 cc)만이 유일한 영향인자였으며 좌심실비대 없는 군에서 odds ratio는 0.11 (p=0.001)이었고 좌심실비대 군에서 odds ratio는 0.08 (p=0.001)이었다.

좌심실 비대가 없는 대상군에서 2군(n=42)은 1군(n=65)에 비해서 연령이 높았고(59.3 \pm 13.4 vs 52.0 \pm 13.0, p=0.005) 평균 맥파속도가 높았다(1590.7 \pm 407.3 vs 1711.3 \pm 407.3 cm/sec, p=0.02)(Table 3)(Fig. 3). 좌심실 비대군에서도 2군(n=66)은 1군(n=44)에 비해서 연령이 높았고(62.5 \pm 10.9 vs 57.5 \pm 11.4, p=0.03) 평균 맥파속도도 높았다(1623.7 \pm 385.3 vs 1488.5 \pm 266.3 cm/sec, p=0.03)(Table 3)(Fig. 3). 좌심실 유무에 관계없이 2군이 1군에 비해 총말초혈관저항

은 높았고 일회심박출량은 낮았다(Table 4).

고 찰

본 연구에서는 최근 예후 인자로서 의의가 검증되고 있는 맥파속도가 좌심실의 형태에 미치는 영향을 알아보기 위하여 치료적인 개입이 완전히 배제된 지역사회 인구에 대한 상완 족부간 맥파 속도와 심초음파 검사를 시행하고 맥파 속도와 좌심실의 상대적 심벽두께와 상관 관계를 구하였다. 그 결과로서 다중 선형 회귀분석결과에서 좌심실의 형태에 영향을 미치는 것으로 이미 알려져 있던 일회심박출량과의 음의 상관 관계가 매우 뚜렷이 나타났고 총말초혈관저항에 대한 양의 상관 관계 또한 확인되었다. 그리고 맥파속도가 이들과는 독립적으로 좌심실의 상대적 심벽두께와 양의 상관관계를 갖고 있음을 알 수 있었다. 임상적으로는 고혈압 환자에서 상대적 심벽두께 0.45 또는 0.44를 기준으로 좌심실 형태를 구분하는 방법이 흔히 쓰이고 있으나 건강한 일반 인구를 대상으로 한 연구에서는 상대적 심벽두께에 따른 군의 선정에 있어서 특정 기준치를 사용하기 보다는 전체 대상을 일정비율로 4등분하는 등의 방법이 사용되는 점을 고려하여 본 연구에서는 전체 군을 양등분하는 기준으로 0.35를 사용하였다.²⁴⁾ 따라서 실제 고혈압 환자를 대상으로 한 상대적 심벽두께의 기준으로 적용하는 데는 무리가 있다. 그리고 이러한 기준에 의해서 나누어진 군에 대한 맥파속도의 영향은 Table 3 및 4에서 보는 바와 같이 연령이나 일회심박출량과 독립적이지 못하므로 본 연구에서 사용된 0.35의 기준치의 실용적 의의에 대해서는 추가적인 검증이 필요하리라 생각된다.

기존의 보고를 볼 때 좌심실 비대 유무에 따른 좌심실 구조의 예후에 관한 견해에는 약간의 차이가 있는 것으로 보이며 본태성 고혈압 환자에서 좌심실 비대가 이미 발생된 환자에서는 좌심실 질량이 예후에 큰 영향을 미치며 상대적으로 좌심실 구조의 변화는 예후적 의의가 약하다는 보고가 있었고¹⁴⁾ 오히려 좌심실 비대가 없는 환자에서는 예후적 의의가 있다는 보고가 있었다.¹⁶⁾ 관상동맥질환에 관한 연구에서는 좌심실 비대군에서도 좌심실 구조의 변화가 구심성 변화를 보일 때 예후가 더 나쁘다는 보고도 있었으나¹²⁾ 반면 Framingham 인구 집단의 연구에서는 좌심실 구조의 예후적 의의가 약하다는 보고도 있어서¹⁵⁾ 앞으로는 밝혀져야 할 과제로 남아있다. 이러한 관점에서 본 연구에서는 맥파 속도와 상대적 심벽두께 간의 상관관계를 좌심실 비대의 존재 유무에 따라 추가 분석을 시행하였다. 그리고 이러한 상관관계가 좌심실 비대가 존재하지 않는 환자에서는 유지되고 있으나 이미 좌심실 비대가 존재하는 환자에서는 의미 있는 상관 관계를 발견할 수 없었다. 이러한 이유로는 다중 선형 상관 관계에서 분석에서 좌심실 비대가 없는 군에서는 상대적 심벽두께와 연령 및 맥파속도의 상호관계를 분석하였을 때 연령보다 맥파속도가 더 의미있는 변수로 나타나 연령 증가에 따른 상대적 심벽두께의 증가 현상이 맥파속도 증가와 밀접한 관계가 있음을 알 수 있었다. 그러나 좌심실 비대군에서는 맥파속도는 좌심실질량지수에 영향을 미치는 독립적인 인자가 아니었으나 연령은 독립적 인자였고 좌심실 비대군의 연령이 더 고령이기 때문에 맥파속도보다는 연령이 더 중요한 변수로 작용하였을 가능성이 있다. 상대적 심벽두께에 따른 양군간 비교 자료에서 보는 바와 같이 양군 간 맥파속도의 차이가 있었지만 연령의 차이가 뚜렷하였다. 맥파 속도를 결정하는 가장 중요한 인자는 연령과 수축기 혈압으로 알려져 있는데 본 연구 결과에서도 맥파속도의 영향이 연령과 독립적으로 보여지는 경우는 좌심실 비대가 없는 군에서 시행된 다중 선형 회귀분석 결과 뿐이었으며 상대적 심벽두께에 따른 군간 비교에서 연령에 대해 보정된 맥파속도는 양 군간 차이가 없었다.

고혈압 환자에서 좌심실의 형태학적 차이에 의한 예후에 있어서 이미 좌심실 비대가 발생한 환자에서보다는 좌심실 비대가 발생하기 이전의 환자에서 상대적 심벽두께가 증가할 때 예후적 가치가 있다는 연구 결과를 고려해 볼 때⁸⁾¹⁶⁾ 그 기전이 좌심실 질량 지수와 같은 좌심실 비대의 정도를 나타내는 지표와는 다른 기전에 의해 예후와 연관되어 있을 가능성도 있으리라 사료된다. 상대적 심벽두께가 증가하는 군 중 좌심실 비대가 없는 소위 “구심성 재구성(concentric remodelling)”군에서는 일회심박출량이 낮고 총말초혈관저항이 높은 것으로 알려져 있는데⁵⁾ 이 중 상대적 심벽두께의 증가와 관계되는 총말초혈관저항은 후부하를 결정하는 인자로서 혈압과도 밀접한 관계가 있다.

후부하에 있어서 혈압이나 맥압과 같은 인자는 매우 잘 알

려진 예후 인자이나 이론적으로 볼 때 소위 “제2의 펌프”로서의 기능, 즉 수축기 후부하의 경감시키면서 이완기에 혈류를 유지하는 역할을 수행하는 대동맥 자체의 기능과 관련된 심장에 가해지는 후부하를 반영하는데는 한계가 있다고 할 수 있다.¹⁷⁾ 특히 수축기에 증가된 반향파의 영향으로 후부하가 현저히 증가할 수 있으며 반향파의 증가 현상은 동맥계의 경화도의 증가에 따른 것으로 이에 대한 예측에 있어서 수축기 혈압, 맥압, 맥파의 파형 분석 지표 등이 간접적인 지표로 제시되어 왔으며 맥파속도 역시 동맥계의 경화도를 반영하는 지표 중 한가지이다. 본 연구에서 대동맥의 경화도를 나타내는 맥파속도가 평균혈압과 심박출량에 의해 산출되는 총말초저항과는 독립적으로 좌심실의 상대적 심벽두께와 상관 관계를 나타냈다. 이러한 결과에 대한 가능한 설명으로 맥파속도는 혈압과 관련된 좌심실의 후부하와는 차이가 있는 대동맥의 기능과 관련된 지표이므로 혈압과는 독립적으로 좌심실에 영향을 미칠 수 있을 것으로 사료된다.²⁴⁾ 따라서 좌심실의 상대적 심벽두께의 변화에 따른 좌심실의 구조의 변화를 설명하는데 있어서는 혈압이나 심박출량 이외에도 맥파속도를 같이 고려하는 것이 더 정확하리라 사료된다.

혈압이 정상인 혈액 투석 환자에서 좌심실 비대와 맥파 속도가 양의 상관 관계가 있다는 보고가 있었다.²⁵⁾ 그러나 본 연구에서는 고혈압 유무와 상관없이 다변량 분석에서는 맥파속도 자체가 좌심실 질량지수와 상관관계를 보이지 못하였다. 이러한 이유에 대해서는 아직 밝혀진 바가 없으나 혈액 투석 환자의 혈관은 투석 치료에 의해서도 동맥 경화도에 변화가 일어나지 않는 등 본 연구의 대상인 정상 인구 집단과는 상당한 차이가 있을 것으로 생각된다.²⁶⁾

결론적으로 고혈압 환자를 포함한 인구 집단에서도 일회박출량과 총말초혈관저항이 좌심실 형태와 주된 관계가 있으며 상완 족부간 맥파 속도는 이들과는 독립적으로 좌심실의 상대적 심벽두께와 양의 상관 관계를 갖고있어 좌심실의 구심성 변화와 유관하다.

요 약

배경 및 목적 :

맥파 속도는 동맥혈관계의 경화도를 반영하는 지표로서 동맥경화도가 증가되면 반향파의 증가에 의한 후부하의 증가로 좌심실 기능과 구조에 영향을 줄 수 있다고 알려져 있다. 좌심실 구조와 관련하여 예후와의 관련성이 최근에도 제기되고 있으며 동맥경화도의 증가가 주로 후부하의 증가와 관련이 있기 때문에 본 연구에서는 맥파 속도와 좌심실 구조의 지표인 상대적 심벽두께의 상관 관계를 연구하였다.

방 법 :

양평 지역에서 치료적 개입을 받지 않은 성인 217명을 대상으로 상완 족부간 맥파 속도와 상대적 심벽두께의 상관관계를 분석하였다. 상완 족부간 맥파속도는 비침습적인 방법

으로 VP-1000기기를 이용하였다. 대상군의 연령은 57.7±12.8세였고(최소 21세, 최대 86세) 좌심실 비대는 좌심실 질량 지수>52 g/m^{2.7}일 때로 정의하였으며 상대적 심벽두께 0.35를 기준으로 나눈 양군에서 상완축부간 맥파속도를 비교하였다.

결 과 :

다변량 분석 결과 상대적 심벽두께는 일회심박출량($\beta=-0.261$), 맥파속도($\beta=0.177$), 총말초혈관저항($\beta=0.227$), 복부둘레($\beta=0.317$), 체질량 지수($\beta=-0.214$)와 독립적인 상관관계를 보였다($R^2=0.265$, $SEE=0.043$, $constant=0.258 \pm 0.043$, $p=0.0001$). 좌심실 비대가 없는 대상군에서 2군($n=42$)은 1군($n=65$)에 비해서 연령이 높았고(59.3 ± 13.4 vs 52.0 ± 13.0 , $p=0.005$) 평균 맥파속도가 높았다(1590.7 ± 407.3 vs 1711.3 ± 407.3 cm/sec, $p=0.02$)(Table 3)(Fig. 3). 좌심실 비대군에서도 2군($n=66$)은 1군($n=44$)에 비해서 연령이 높았고(62.5 ± 10.9 vs 57.5 ± 11.4 , $p=0.03$) 평균 맥파속도도 높았다(1623.7 ± 385.3 vs 1488.5 ± 266.3 cm/sec, $p=0.03$)(Table 3)(Fig. 3). 2군은 1군에 비해 총말초혈관저항이 높고(1858.7 ± 447.7 vs 1608.0 ± 347.4 dynes-sec-cm⁻⁵, $p=0.0001$) 일회심박출량은 낮았다(67.0 ± 14.2 vs 79.4 ± 15.7 mL, $p=0.0001$).

결 론 :

고혈압 환자를 포함한 인구 집단에서는 일회박출량과 총말초혈관저항이 좌심실 형태와 주된 관계가 있으나 맥파 속도도 이들과는 독립적으로 좌심실의 상대적 심벽두께와 양의 상관 관계를 갖음으로써 좌심실의 구심성변화에 관계된다.

중심 단어 : 고혈압 ; 맥파 속도 ; 좌심실 비대 ; 심혈관 위험.

REFERENCES

- Song WH, Ahn JC, Kim JW, et al. Relationship between pulse wave velocity, left ventricular diastolic function, and circadian variation of blood pressure in patients with never treated essential hypertension. *Korean Circ J* 2004;34:1099-106.
- Abassade P, Baudouy PY, Gobet L, Lhosmot JP. Comparison of two indices of arterial distensibility: temporal apparitions of Korotkoff sounds and pulse wave velocity. *Arch Mal Coeur Vaiss* 2001;94:23-30.
- Park S, Seo H, Lim HE, et al. Assessment of the arterial stiffness index as a clinical parameter for atherosclerotic coronary heart disease. *Korean Circ J* 2004;34:677-83.
- 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.
- Ganau A, Devereux RB, Roman MJ, et al. Patterns of left ventricular hypertrophy and geometric remodelling in arterial hypertension. *J Am Coll Cardiol* 1992;19:1550-8.
- de Simone G, Kitzman DW, Chinali M, et al. Left ventricular concentric geometry is associated with impaired relaxation in hypertension: the HyperGEN study. *Eur Heart J* 2005;26:1039-45.
- Bhatt DL, James GD, Pickering TG, Devereux RB. Relation of arterial pressure level and variability to left ventricular geometry in normotensive and hypertensive adults. *Blood Press Monit* 1996;1:415-24.
- Pierdomenico SD, Lapenna D, Bucci A, Manente BM, Cuccurullo F, Mezzetti A. Prognostic value of left ventricular concentric remodeling in uncomplicated mild hypertension. *Am J Hypertens* 2004;17:1035-9.
- Muiesan ML, Salvetti M, Monteduro C, et al. Left ventricular concentric geometry during treatment adversely affects cardiovascular prognosis in hypertensive patients. *Hypertension* 2004;43:731-8.
- Kohara K, Zhao B, Jiang Y, et al. Relation of left ventricular hypertrophy and geometry to asymptomatic cerebrovascular damage in essential hypertension. *Am J Cardiol* 1999;83:367-70.
- Shigematsu Y, Hamada M, Ohtsuka T, et al. Left ventricular geometry as an independent predictor for extracardiac target organ damage in essential hypertension. *Am J Hypertens* 1998;11:1171-7.
- Ghali JK, Liao Y, Cooper RS. Influence of left ventricular geometric patterns on prognosis in patients with or without coronary artery disease. *J Am Coll Cardiol* 1998;31:1635-40.
- Synn YC, Bae JH, Kim KY, et al. Is arterial stiffness useful in differentiating patients with coronary artery disease from risk factor only patients? *Korean Circ J* 2004;34:845-55.
- Verdecchia P, Schillaci G, Borgioni C, et al. Prognostic value of left ventricular mass and geometry in systemic hypertension with left ventricular hypertrophy. *Am J Cardiol* 1996;78:197-202.
- Krumholz HM, Larson M, Levy D. Prognosis of left ventricular geometric patterns in the Framingham Heart Study. *J Am Coll Cardiol* 1995;25:879-84.
- Verdecchia P, Schillaci G, Borgioni C, et al. Adverse prognostic significance of concentric remodeling of the left ventricle in hypertensive patients with normal left ventricular mass. *J Am Coll Cardiol* 1995;25:871-8.
- Palmieri V, Bella JN, Roman MJ, et al. Pulse pressure/stroke index and left ventricular geometry and function: the LIFE Study. *J Hypertens* 2003;21:781-7.
- Sahn DJ, DeMaria A, Kisslo J, Weyman A. Recommendations regarding quantitation in M-mode echocardiography: results of a survey of echocardiographic measurements. *Circulation* 1978;58:1072-83.
- Devereux RB, Alonso DR, Lutas EM, et al. Echocardiographic assessment of left ventricular hypertrophy: comparison to necropsy findings. *Am J Cardiol* 1986;57:450-8.
- de Simone G, Daniels SR, Devereux RB, et al. Left ventricular mass and body size in normotensive children and adults: assessment of allometric relations and of the impact of overweight. *J Am Coll Cardiol* 1992;20:1251-60.
- Shin J, Kim KS, Kim SG, et al. Influences of body size and cardiac workload on the left ventricular mass in healthy Korean adults with normal body weight and blood pressure. *Korean Circ J* 2005;35:335-40.
- Kim YK, Lee MY, Rhee MY. A simple oscillometric measurement of pulse wave velocity: comparison with conventional tonometric measurement. *Korean J Med* 2004;67:597-606.
- Yamashina A, Tomiyama H, Takeda K, et al. Validity, reproducibility, and clinical significance of noninvasive brachial-ankle pulse wave velocity measurement. *Hypertens Res* 2002;25:359-64.
- Gudbrandsson T, Julius S, Krause L, et al. Correlates of the estimated arterial compliance in the population of Tecumseh, Michigan. *Blood Press* 1992;1:27-34.
- Dahan M, Duvic C, Viron B, et al. Doppler echocardiographic evaluation of physical properties of the aorta and left ventricular geometry in normotensive hemodialyzed patients. *Arch Mal Coeur Vaiss* 1993;86:1129-31.
- Lee YS, Kim KS, Hyun DW, et al. The change of arterial stiffness according to dialysis in patients with end-stage renal disease. *Korean Circ J* 2004;34:865-73.