

Pulse Wave Velocity(PWV)와 혈청지질수치를 포함한 심혈관 질환 위험 요인들과의 상관관계 연구

정승환, 엄은진, 박우람, 이범준, 나병조
강남경희한방병원 내과학교실

The Relationship between Pulse Wave Velocity (PWV) and Risk Factors of Cardiovascular Disease including Serum Lipid Values

Seung-hwan Jeong, Eun-jin Um, Woo-rham Park, Beom-jun Lee, Byung-jo Na

Dept. of Internal Medicine, Kang-Nam Korean Hospital, College of Oriental Medicine Kyung-Hee University

ABSTRACT

Objectives : There are lots of reports that cardiovascular disease, including hypertension, cerebro-vascular accident, and coronary heart disease, is related to atherosclerotic changes. Increased serum levels of lipids could play a role in these changes. This study aimed to investigate the relationship between PWV and risk factors of cardiovascular disease, including serum lipid values.

Methods : This study included 261 subjects (49.32±11.79 years, 112 male) who underwent PWV and serum lipid evaluation. We investigated the correlation between serum lipid values, blood pressure, body mass index (BMI) and PWV. Pearson's correlation and partial correlation analysis were applied to examine the relationship between PWV and risk factors of cardiovascular disease.

Results : Serum triglyceride, total cholesterol, systolic blood pressure, and diastolic blood pressure were significantly correlated with PWV. Partial correlation coefficient adjusted by age yielded significant correlation between serum triglyceride, systolic blood pressure, diastolic blood pressure and PWV.

Conclusion : In this study, it seems that there are significant relationships between PWV, triglyceride and blood pressure. We could suggest that PWV might have some relationships with *Dam-eum* and blood stasis in oriental theory.

Key words : Pulse wave velocity (PWV), atherosclerosis, risk factors, *dam-eum*, blood stasis

1. 서론

현대 사회의 발전에 따라 인류의 생활양식에도 많은 변화가 나타났는데, 그 중 대표적인 것으로 식이의 변화, 스트레스 그리고 환경오염 등을 들

수 있으며, 이로 인해 사망률이 증가하고 있다¹. 2007년 한국인의 사망률을 살펴보면, 인구 10만 명당 악성 신생물(137.5명) 다음으로 많은 비율을 차지하는 질환이 뇌혈관질환(cerebro-vascular disease)(59.6명) 심혈관 질환(cardiovascular disease)(43.7명) 등으로 나타났는데², 이 중 혈관 질환의 경우 혈중 콜레스테롤과 정비례의 관계에 있다고 알려져 있다³. 심혈관 질환에 대한 평가로는 혈관 조영술, 심도자술 등의 방법이 시행되고 있으나, 침습

· 교신저자: 이범준 서울특별시 강남구 대치2동 994-5
강남경희한방병원 내과학교실
TEL: 02-3457-9006 FAX: 02-3457-9069
E-mail: franchisjun@naver.com

적인 방법으로 인해 환자의 불편감을 유발한다는 점과, 한방 의료 기관에서는 시행하기가 어려운 점이 문제점으로 제기되고 있다¹. 이러한 문제점에 대한 대안으로 맥파전달속도(pulse wave velocity, 이하 PWV)를 들 수 있는데, 이는 초음파 영상진단이나 자기 공명장치 등을 이용하는 방법에 비하여 측정방법이 매우 간단하고 경제적인 뿐만 아니라¹, 기존 연구에서 혈관의 탄력성과 경직성과 연관이 되어있다는 논문이 보고되고 있어^{4,6}, 한방 의료 기관에서도 혈관의 탄력성을 평가하는데 있어 쉽게 활용할 수 있는 검사 방법으로 주목받고 있다. PWV는 선행 연구에서 혈압, 혈당, 콜레스테롤 수치 등의 지표⁶와 대사증후군⁷ 등과 같은 질환과의 상관성 등이 알려지고 있으나, 아직 혈청학적 검사 수치와 PWV와의 상관성을 구체적으로 밝히는 연구는 진행 중인 상황이다. 따라서 이 논문에서는 PWV와 혈청학적 지질 수치, 혈압 등의 지표와의 상관성을 보다 구체적으로 밝혀보고 이를 韓醫學적인 개념으로 해석해봄으로써 한방의료기관에서 PWV를 이용한 심혈관 질환의 평가에 활용할 수 있는 근거 자료로 삼고자 한다.

II. 연구 대상 및 방법

1. 대 상

2008년 7월 1일 부터 2009년 6월 30일 까지 본원에 외래 진료를 받거나 건강검진을 받으면서 혈액 검사와 PWV를 측정한 18-77세 사이의 성인 355명을 본 연구의 일차 대상으로 정하였다. 연령대의 분포는 10대가 1명, 20대가 11명, 30대와 40대가 각각 52명이었으며, 50대가 90명으로 가장 많았고, 60대는 49명, 70대는 6명이었다. 환자의 현재 병력과 과거 병력에서 고혈압 이외의 심혈관 질환, 간 질환, 신장 질환 등의 전신질환이 있거나 과거나 현재에 특별한 치료를 받고 있는 경우, 혈청 크레아티닌 농도가 1.3mg/dL 이상인 경우는 연구대상에서 제외되었다. 고혈압 환자에서 혈압강하제 이외

에 PWV에 영향을 줄 수 있는 지질저하제, 호르몬 대체요법 등을 함께 복용하고 있는 사람도 연구 대상에서 제외시켰다. 최종적으로 261명을 연구 대상으로 선정하였으며, 남자가 112명 여자가 149명이었고, 혈압 강하제를 복용하고 있는 환자는 58명(22%)이었다.

2. 검사방법

본 연구에서는 혈액 검사 전일 8시간 정도의 금식을 지시받은 피험자들의 혈액을 채취하여 혈청 지질 수치를 얻었고, 혈액 검사 이후에 담당 간호사가 혈압, 신장 및 체중을 측정한 후, 본원에서 근무하는 한의사와의 문진을 통해 고혈압 등에 대한 과거력 및 현병력에 대한 조사를 하였다. 문진 이후에는 VS-1000(Form PWV/ABI ; Fukuda Denshi, Co., LTD., Japan)을 이용하여 PWV를 측정하였다. VS-1000을 통해 PWV가 기계로 측정되었으며, 측정하기 전 피험자에게 심호흡을 시키고 안정시킨 후 우측 상완-발목 PWV, 좌측 상완-발목 PWV를 5분간 측정하였다. PWV는 숙련된 한 사람의 검사자에 의해 시행되었다.

3. 통계 처리

전체 군의 기술적 통계치를 도출하고, 남녀 군의 차이는 독립표본 T검정을 이용하여 두 군간의 차이를 구하였다. PWV와 연령, 체질량지수, 혈청 지질 수치, 수축기 혈압, 이완기 혈압과의 상관성은 이변량 상관 분석(Pearson's correlation)을 시행하였으며, $p < 0.01$ 또는 $p < 0.05$ 를 유의한 것으로 분류하였고, 이를 단순 회귀분석(Simple linear regression)을 이용하여 선형회귀 방정식과 변수 각각의 결정계수(R-square) 등을 제시하였다. 연령과 혈압에 따른 PWV의 변화를 배제하기 위해 연령과 수축기, 이완기혈압을 통제 변수로 한 편변량상관분석(Partial correlation)을 시행하였다. 이상의 통계적 처리는 Windows용 SPSS 12.0을 이용하였다.

III. 결 과

1. 일반적 특성

전체 군(N=261)의 평균 나이는 49.32±11.79(남 112명, 여 149명)세였으며, 체질량 지수는 23.81±3.18 kg/m², 상완 동맥 수축기와 이완기 혈압은 각각 125.52±13.96 mmHg, 80.31±9.55 mmHg 였으며, 총콜레스테롤 수치는 198.35±38.44 mg/dL이었고, 중성 지방과 저밀도지단백콜레스테롤은 각각 126.36±74.24 mg/dL, 114.46±32.91 mg/dL 이었다. 전체 군의 PWV는 우측(이하 PWV(R))의 경우 13.03±2.15 m/s였고, 좌측(이하 PWV(L))의 경우 12.93±1.99 m/s로 나타났으며, PWV(R)과 PWV(L)의

평균 PWV(이하 PWV(A))는 12.98±2.05 m/s 였다. 남성군의 PWV(A)는 12.84±1.63 m/s이었고 여성군의 PWV(A)는 13.08±2.32 m/s로 나타났다. 남녀 두 군을 비교한 결과 연령과 총콜레스테롤 수치, 저밀도지단백콜레스테롤(LDL)과 PWV, 수축기 혈압(Systolic blood pressure, SBP)의 경우 통계적으로 유의한 차이를 보이지 않았으며, 키와 몸무게, BMI, 중성지방, 고밀도지단백콜레스테롤(HDL)은 p<0.01의 범위에서 유의한 차이가 나타났으며, 이완기 혈압(Diastolic blood pressure, DBP)에서는 p<0.05의 범위에서 남녀 군간의 유의한 차이가 나타났다(Table 1).

Table 1. Basic characteristics of the study subjects

Variables	All (N=261)	Male (N=112)	Female (N=149)	p-value
Age (years)	49.32±11.79	47.88±11.55	50.4±11.81	0.09
Height (cm)	162.49±8.86	170.6±5.945	156.4±4.926	<0.01
Weight (kg)	63.28±11.46	71.38±9.69	57.19±8.57	<0.01
BMI (kg/m ²)	23.81±3.18	24.45±2.88	23.33±3.32	<0.01
T-chol (mg/dL)	198.35±38.44	198.54±33.65	198.21±41.79	0.94
TG (mg/dL)	126.36±74.24	144.05±81.89	113.07±65.09	<0.01
HDL (mg/dL)	58.51±14.20	54.43±14.49	61.57±13.22	<0.01
LDL (mg/dL)	114.46±32.91	115.26±28.91	113.86±35.71	0.73
PWV(R) (m/sec)	13.03±2.15	12.91±1.7	13.12±2.43	0.42
PWV(L) (m/sec)	12.93±1.99	12.77±1.59	13.05±2.25	0.24
PWV(A) (m/sec)	12.98±2.05	12.84±1.63	13.08±2.32	0.32
SBP (mmHg)	125.52±13.96	126.49±13.8	124.79±14.07	0.33
DBP (mmHg)	80.31±9.55	81.87±9.94	79.15±9.11	<0.05

The data are presented as means±SDs

SBP : Systolic blood pressure, DBP : Diastolic blood pressure

PWV(A) : the mean value of between PWV(R) and PWV(L)

2. 혈액 지질 수치를 포함한 심혈관 질환 위험 요인들과 PWV의 상관성

전체 환자군 261명을 대상으로 PWV와의 상관성을 살펴본 결과, 연령과 PWV(A)의 Pearson 상관계수는 0.63로 나타났으며, 유의성은 p<0.01의 범

위에서 나타났다(Table 2). 혈청 지질 검사와 PWV의 상관성으로는 중성지방 수치와 PWV의 Pearson 상관계수가 PWV(L), PWV(R) 및 PWV(A)에서 각각 0.2, 0.23, 0.22로 모두 p<0.01의 수준에서 유의한 것으로 나타났고, 혈청 총 콜레스테롤 수치와

PWV와의 상관관계는 PWV(R) 및 PWV(A)의 경우 $p < 0.05$ 의 범위에서 상관관계가 있는 것으로 나타났으나 고밀도 지단백콜레스테롤과 저밀도 지단백콜레스테롤의 경우에는 PWV와 상관관계는 통계적으로 유의하게 나타나지 않았다(Table 2). 수축기 혈압과 이완기 혈압과 PWV의 상관계수도 PWV(R), PWV(L) 및 PWV(A) 모두에서 $p < 0.01$ 범주에서 유의한 것으로 나타났다(Table 2). 이변량 상관관계에서 유의성이 나타난 결과를 바탕으로 회귀 분석을 이용하여, 연령과 PWV, 총 콜레스테롤과 PWV, 중성 지방과 PWV, 수축기 혈압과 PWV, 이완기 혈압과 PWV의 관계를 도식한 결과, PWV(A)값은 연령, 중성지방, 총콜레스테롤, 수축기 혈압 및 이완기혈압의 증가에 비례하는 것으로 나타났다(Fig. 1-3). PWV 이들 변수간의 결정계수는 중성 지방과 PWV(A)의 설명력이 46%로 가장 높게 나타나 변수간의 회귀관계가 직선적 관계에 가까운 것으로 나타났으며, 연령, 수축기, 이완기, 혈청 총 콜레스테롤 순으로 높은 설명력이 있는

것으로 나타났다. PWV와 상기 변수들과의 회귀식을 통해, 연령이 10세 정도 증가하였을 경우, 수축기 이완기 혈압이 각각 10mmHg정도 상승했을 경우와 콜레스테롤과 중성 지방 수치가 150mg/dL정도 증가하였을 경우에 PWV가 1m/sec정도 증가하는 것으로 나타났다(Table 3).

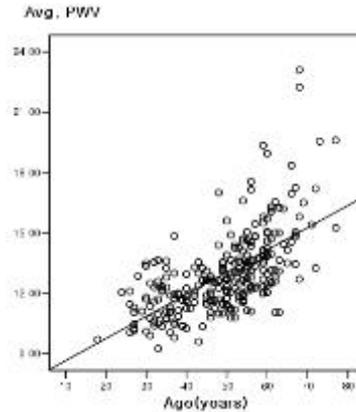


Fig. 1. Correlations of PWV(A) and Age(year)

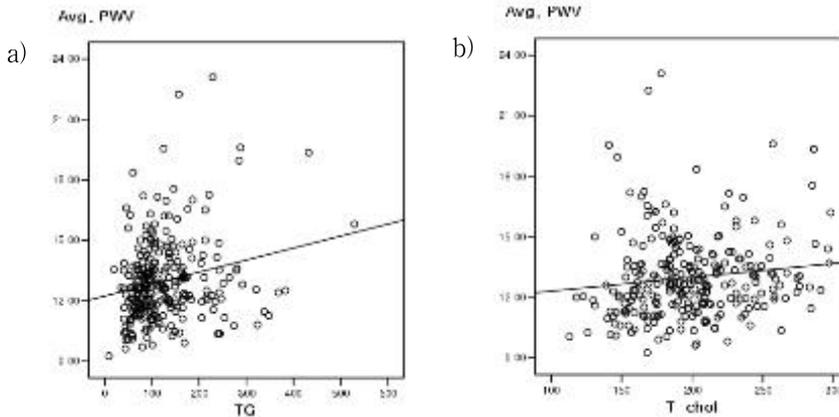


Fig. 2. Correlations of PWV(A) and TG(a), T-chol(b)

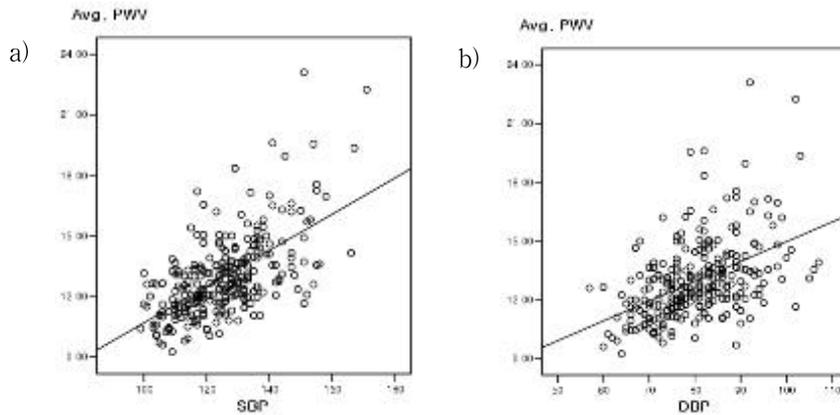


Fig. 3. Correlations of PWV(A) and SBP(a), DBP(b)

Table 2. Pearson's correlation coefficients between variable factors including serum lipids values and pulse wave velocity

Variables	PWV(R) Coefficient	PWV(R) p-value	PWV(L) Coefficient	PWV(L) p-value	PWV(A) Coefficient	PWV(A) p-value
Age (years)	0.82	< 0.01	0.64	< 0.01	0.63	< 0.01
BMI (kg/m ²)	0.02	0.72	0.00	0.99	0.12	0.85
T-chol (mg/dL)	0.14	< 0.05	0.12	0.06	0.13	< 0.05
TG (mg/dL)	0.23	< 0.01	0.20	< 0.01	0.22	< 0.01
HDL (mg/dL)	-0.09	0.14	-0.08	0.22	-0.09	0.17
LDL (mg/dL)	0.1	0.11	0.083	0.18	0.09	0.14
SBP (mmHg)	0.6	< 0.01	0.61	< 0.01	0.61	< 0.01
DBP (mmHg)	0.48	< 0.01	0.46	< 0.01	0.47	< 0.01

Table 3. Correlations of measured Regression line function(RLF) and Coefficient of determination(R²; R-Square)

Y: X	RLF	R-Square
PWV(A) : Age(yrs)	y=0.11x+7.54	0.40
PWV(A) : T-chol	y=0.007x+11.62	0.16
PWV(A) : TG	y=0.006x+12.23	0.46
PWV(A) : SBP	y=0.09x+1.71	0.37
PWV(A) : DBP	y=0.1x+4.85	0.22

3. 연령과 혈압을 통제 변수로 한 PWV(A)와 기타 위험 요인들과의 편변량상관관계
PWV와 높은 상관관계를 나타낸, 연령과 혈압을

통제한 편변량상관 분석을 실시한 결과 연령을 통제 변수로 한 상태에서 PWV(A)와 중성 지방 수치, 수축기 혈압 및 이완기 혈압이 모두 p<0.01의 범위에서 통계적으로 유의한 상관성이 나타났다 (Table 4). 혈압을 통제 변수로 제시한 편변량상관 분석에서는 수축기 혈압(SBP)을 통제 변수로 할 경우 PWV(A)와 통계적으로 유의한 변수는 없는 반면에, 이완기 혈압(DBP)을 통제 변수로 한 결과에서는 중성지방이 P<0.05의 범위에서 PWV(A)와 통계적으로 유의한 상관관계가 나타났다(Table 5).

Table 4. Partial Correlation of PWV(A) and TG, BP(SBP, DBP)

		TG	SBP	DBP
PWV(A) (N=261)	Pearson Correlation	0.21	0.49	0.35
	Sig. (2-tailed)	<0.01	<0.01	<0.01

* Correlations is significant at the 0.01 level (2-tailed)
 * γ =partial correlation coefficient adjusted by age.

Table 5. Partial Correlation of PWV(A, N=261) and T-cho, TG, HDL, LDL

		T-Chol	TG	HDL	LDL
PWV(A) (S)	Pearson Correlation	0.032	0.085	-0.087	0.039
	Sig. (2-tailed)	0.607	0.172	0.163	0.528
PWV(A) (D)	Pearson Correlation	0.036	0.131	-0.099	0.028
	Sig. (2-tailed)	0.562	p<0.05	0.113	0.66

* γ =partial correlation coefficient adjusted by Systolic(S) and Diastolic(D) blood pressure

IV. 고찰

동맥은 단순히 혈액을 공급하는 관이 아니라 탄력성을 가지고 있어 간헐적으로 뿜어 나오는 심장의 혈액을 꾸준히 말초 혈관까지 전달하는 역할을 담당하는데, 연령 증가나 고혈압을 비롯한 여러 원인인자에 의해 탄력성이 감소한다고 알려져 있으며, 이는 관상동맥 질환이나 뇌졸중 등의 차후 심혈관 사건의 독립적인 영향인자로도 알려져 있다.^{8,9} 동맥의 탄력성이 저하되는 정도를 경직도로 표현하는데 이를 한방의료기관에서 직접적으로 측정하는 것은 현실적으로 어렵기 때문에 간접적인 특정 방법을 이용하며, 이러한 측정 방법 중 가장 이용하기 용이한 것이 PWV와 동맥의 수축기 및 확장기 직경과 혈압의 변화를 이용한 탄성도 측정의 방법이다. PWV는 동맥의 두 지점을 지나는 맥

파의 속도로서 동맥이 딱딱할수록 그 사이를 지나는 맥파의 속도가 증가하는 원리를 사용하여, 동맥의 경직도 및 손상 정도를 평가하는데, 고혈압이나 당뇨병 환자에 있어서 심혈관 질환의 예후를 나타내는 표지자 일뿐 아니라, 높은 PWV는 심혈관 질환과 뇌혈관 질환의 존재를 반영하고, 죽상동맥경화 정도의 보조 평가 지표로 쓰이기도 한다¹⁰⁻¹⁴. 임상적인 측면에서 PWV의 주된 결정 인자로는 연령과 수축기 혈압이 제시되는데, 중심성 PWV(경동맥-대퇴동맥)는 연령이, 말초 PWV(상완동맥-요골동맥)는 수축기 혈압이 가장 큰 인자로 작용한다고 알려져 있다¹⁵. 본 연구에서도 연령, 혈압과 PWV의 상관관계를 살펴보면, 각각 통계적으로 PWV와 매우 유의한 상관관계가 나타남을 확인할 수 있다(Table 2).

본 연구에서는 추가적으로 PWV에 영향을 가장 많이 준다고 알려진 연령과 혈압을 통제변수로 한 상태에서 PWV와 기타 요인들과의 상관성을 살펴 보았는데, 먼저 연령을 통제변수로 한 분석에서 수축기와 이완기 혈압이 유의한 상관관계가 있었고, 지질 중엔 중성지방이 연령과 상관없이 PWV와 통계적으로 유의한 상관관계가 있었다(Table 4).

혈압을 통제 변수로 한 PWV와의 상관관계는 성인 남녀를 대상으로 혈중 지질농도와 가속도 맥파의 상관성을 연구한 선행연구에서는 평균 혈압을 통제 변수로 한 편변량상관분석에서 가속도 맥파와 혈중 중성지방, 총지질, 고밀도지단백 콜레스테롤 농도와 유의한 상관관계가 나타났지만¹⁶, 본 연구에서는 이완기 혈압을 통제 변수로 한 결과에서는 혈중 중성지방 수치가 PWV(A)와 통계적으로 유의한 상관성이 나타난 반면에, 수축기 혈압을 통제 변수로 한 결과 혈중 지질농도 및 기타변수와 PWV간의 상관성은 통계적으로 유의하지 않았다(Table 5). 이는 PWV¹⁷와 CAVI(Cardio-ankle vascular index)^{18,19}를 이용한 선행 연구에서 연령과 수축기 혈압이 검사 결과에 가장 큰 영향을 준다는 점에서 그 이유를 찾아볼 수 있을 것이라 생각

된다. 그러나, 본 연구에서는 연령 및 이완기 혈압을 통제 변수로 한 상황에서도 중성지방 수치가 PWV 수치와 통계적으로 유의한 상관관계가 있다는 점과 PWV와 가장 선형으로 정의된 모형에 가까운 결정계수가 나타난 점은 주목할 만하다고 판단되며, 추가적으로 PWV와 상관변수와의 관계를 도식화하여, 각각의 변수와 PWV의 수치의 선형적 관계를 파악한 것은 의미있다고 판단된다(Table 3).

韓醫學에서 혈중 지질과 관련된 언급으로는 《靈樞 五癥津液別》에서 우리가 섭취하는 음식의 津液에서 膏가 만들어진다고 생각하였고, 또한 張景岳은 氣血의 병리적 산물인 痰濁이 血脈에 壅滯 不暢하여 血瘀에 이르게 되어 痰과 瘀가 엉켜서 膠着脈道하여 마침내 脈痹가 되면서, 中風 등의 병을 발생할 수 있다고 하였는데, 이러한 언급들을 통해 痰濁, 瘀血 등의 韓醫學의 병태와 動脈硬化와의 관련성을 유추해볼 수 있다^{20,21}. 동맥경화증과 관련해서는 韓醫學으로 주로 虛證, 瘀血, 痰飲 등으로 분류된 辨證과 처방이 연구되고 있는데²²⁻²⁴, 이와 관련된 PWV를 이용한 동맥경화 연구로는 淸肺瀉肝湯을 이용한 중풍환자의 동맥경화도 변화¹⁸와 뇌경색 환자군의 瘀血 병태 모형과의 상관관계²⁵ 등에서, 淸肺瀉肝湯 투여 후 동맥경화도가 감소하는 경향과 瘀血점수와 PWV 값이 양의 상관관계가 있다는 점이 나타났다.

이상의 연구결과를 통해 볼 때, 피험자의 혈중 지질농도 중의 중성지방과 혈청 총 콜레스테롤이 PWV를 통해 평가된 혈관의 경직도와 양의 상관관계를 가지며, 특히 PWV와 혈중 중성지방 농도는 연령과 이완기 혈압에 관계없이 혈관의 경직도 및 노화도와 양의 상관관계가 있는 것으로 나타났다. 또한, 이를 통해 PWV는 韓醫學적으로는 痰濁, 瘀血이 나타내는 병태와 연관 지어 생각해볼 수 있다고 판단된다. PWV검사의 韓醫學적인 응용을 보다 넓게 하기 위해서 각각의 심혈관질환과 관계된 한방 병태 모델과 PWV의 상관성에 대해 규명하여 韓醫學적인 진단과 평가의 표지자로 응용하도록

하여야 할 것이다.

V. 결론

본 연구에서는 한, 양방 진료 및 건강 검진을 목적으로 본원을 방문한 환자들을 대상으로 혈청학적 지질 수치 및 기타 심혈관 위험요인들과 PWV의 상관관계 분석을 통하여 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. 연령, 혈청 중성지방, 총콜레스테롤, 수축기 및 이완기 혈압의 경우 PWV(A)와 뚜렷한 상관관계가 나타났으며, 이들 변수와 PWV(A)의 상관관계의 함수 및 결정계수를 분석한 결과 연령, 중성지방, 수축기 혈압, 이완기 혈압, 혈중 총콜레스테롤 순으로 결정계수가 높게 나타났다. 혈청 고밀도지단백콜레스테롤과 저밀도 지단백콜레스테롤의 경우에는 PWV(A)와 유의한 상관관계가 나타나지 않았다.
2. 연령을 통제변수로 한 편변량 상관분석에서 PWV(A)와 중성지방, 수축기 혈압, 이완기 혈압의 상관관계는 통계적으로 유의한 결과가 나타났으나, 이완기 혈압을 통제 변수로 한 편변량 상관분석에서는 중성지방이 PWV(A)와 유의한 상관관계가 나타났으며, 수축기 혈압을 통제 변수로 한 편변량 상관분석에서는 PWV(A)와 상관관계가 유의한 변수가 나타나지 않았다.

참고문헌

1. 이낙범, 임재중, 박영배, 전영주. 동맥경화 진단을 위한 맥파전달속도 측정 시스템 개발 및 재현성 평가. 대한한의진단학회지. 2005;9(1):112-24.
2. 2007 Annual Report on the cause of Death Statistics. National Statistics office Republic of Korea 2008 ;8-9. Available from: URL: <http://www.nso.go.kr>.

3. 서울대학교 의과대학 내과학교실. 임상내과학. 서울: 고려의학; 2004, p. 773, 1812
4. H.C. Bazett and N.B. Dreyer. Measurements of pulse wave velocity. *Am. J. Physiol.*, 1922;63:94-109
5. 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;32:81-86
6. 김현국, 박종훈, 김성수, 최홍상, 심두선, 윤남식 등. 대동맥 탄성도와 동맥경화증의 혈액학적 인자의 관계. *대한내과학회지*. 2009;77(1):68-75.
7. 전관선, 신석호, 김수현, 고재기, 김인영, 황환식 등. 대사증후군과 맥파 속도의 연관성. *대한내과학회지*. 2007;73(4):384-92.
8. Avolio AP, Chen SG, Wang RP, Zhang CL, Li MF, O'Rourke MF. Effects of aging on changing arterial compliance and left ventricular load in a northern Chinese urban community. *Circulation*. 1983;68:50-8.
9. Ziemann SJ, Melenovsky V, Kass DA. Mechanisms, pathophysiology, and therapy of arterial stiffness. *Arterioscler Thromb Vasc Biol*. 2005;25:932-43.
10. 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 patient. *Hypertension*. 2001;37:1236-41.
11. 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.
12. Fitch RM, Vergona R, Sullivan ME, Wang YX. Nitric oxide synthase inhibition increases aortic stiffness measured by pulse wave velocity in rats. *Cardiovasc Res*. 2001;51(2):351-8.
13. Bots ML, Diik JM, Oren A, Grobbee DE. Carotid intima-media thickness, arterial stiffness and risk of cardiovascular disease: current evidence. *J Hypertension*. 2002;20:2317-25.
14. Meaume S, Rudnichi A, Lynch A, Bussy C, Sebban C, Benets A, et al. Aortic pulse wave velocity as a marker of cardiovascular disease in subjects over 70 years old. *J Hypertension*. 2001;19(5):871-7.
15. Asmar R. Arterial stiffness and pulse wave velocity: clinical applications. Paris:Elsevier;1999:67
16. 남동현, 고희균, 박영배. 중년 성인남녀의 혈중 지질 농도가 가속도 맥파에 미치는 영향. *대한침구학회*. 2002;19(3):126-37.
17. 이재우. 맥압과 수축기 혈압. *대한심장학회*. 2002;32(4):293-8.
18. 박영민, 홍진우, 신원준, 정동원 이준우 등. 청폐사간당이 급성기 중풍환자의 동맥경화도에 미치는 영향. 2005 대한한방내과학회 춘계학술대회. 2005:201-9.
19. 신원준, 박영민, 정동원, 홍진우, 선종주, 이준우 등. 뇌경색 환자의 동맥경화와 한방병증과의 관련성 연구. *대한한방내과학회지*. 2006;27(1):197-207.
20. 전국 한의과대학 심계내과학교실. 심계내과학. 서울: 군자출판사; 200, p. 169.
21. 채우석 한의학개론. 서울: 대성문화사; 1997, p. 219.
22. 신승호, 고성규, 정용수. 대식세포의 oxLDL 생성에 미치는 강활속단당의 영향. *대한한방내과학회지*. 2003;24(2):203-12.
23. 최유경, 고재철, 박은기, 홍의실, 한지완, 박세기 등. 혈부축어당이 대식세포의 oxLDL 생성능에 미치는 영향. *대한한방내과학회지*. 2002;23(3):406-14.

24. 조현경, 임승민, 안정조, 최영, 김용진, 유호룡 등. 도담탕이 뇌손상 및 고혈압에 미치는 영향. 대한한방내과학회지. 2001;22(4):503-12.
25. 이준우, 김태훈, 나병조, 이차로, 박영민 등. 뇌

경색 환자의 어혈병태모형과 PWV간의 상관관계에 관한 임상적 연구. 2004 대한한방내과학회 추계학술대회. 2004;37-44.