

## 한국남성의 복부 비만과 건강체력이 동맥경화도에 미치는 영향

서울아산병원 스포츠건강의학센터<sup>1</sup>, 울산대학교 의과대학 운동의학과<sup>2</sup>

김용환<sup>1</sup> · 지혜미<sup>2</sup> · 송성일<sup>1</sup> · 김주찬<sup>1</sup> · 고덕한<sup>1</sup> · 진영수<sup>1,2</sup>

### Effects of Abdominal Obesity and Health Related Physical Fitness in Arterial Stiffness of Korean Males

Yong-Hwan Kim<sup>1</sup>, Hae-Mi Jee, MS<sup>2</sup>, Sung-Il Song, MS<sup>1</sup>, Joo-Chan Kim<sup>1</sup>, Duk-Han Ko, MS<sup>1</sup>, Young-Soo Jin, MD<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup>Sports Health Medical Center, Seoul Asan Medical Center,

<sup>2</sup>Department of Exercise Medical, University of Ulsan College of Medicine, Seoul, Korea

The purpose of this study was to find out the relationship between waist circumference, muscular strength, flexibility, and brachial-ankle pulse wave velocity (baPWV). Furthermore, the cut-off values of the physical fitness factors according to the baPWV were also calculated. The study was derived with total of 1,562 males (1,116 middle-aged and 446 old-aged). They were tested participant's baPWV, waist circumference, cardiopulmonary fitness, grip strength and flexibility. The results of this study is that the baPWV of the middle-aged men did not show significant changes in relationship with the waist circumference and physical fitness factors. The old-aged group with normal abdominal fat and high physical fitness level (group 4) showed significant baPWV values in comparison to those with waist circumference and low physical fitness levels (group 1); cardiorespiratory fitness  $p=0.026$ , grip strength  $p=0.000$ , flexibility  $p=0.000$ . The cut-off values of the physical fitness such as cardiorespiratory fitness, grip strength, flexibility according to the baPWV were 31.2 mL/kg/min (area under curve [AUC], 0.692;  $p=0.027$ ), 37.0 kg (AUC, 0.588;  $p=0.014$ ), and 1.0 cm (AUC, 0.589;  $p=0.014$ ), respectively. In conclusion, these results demonstrate that waist circumference, cardiorespiratory fitness as well as muscular strength and flexibility effect inversely on arterial stiffness.

**Key Words:** Arterial stiffness, Waist circumference, Muscular strength, Flexibility, Abdominal obesity

## 서론

동맥은 산소와 영양분이 풍부한 혈액을 신체 조직에 공급하며, 연령이 증가함에 따라 노화, 낮은 신체활동, 흡연, 음주 및 고지방 식이 등 다양한 원인에 의해 혈관벽이 두꺼워지고 탄력성을 잃게 된다. 이러한 현상을 동맥경화(atherosclerosis)라고 한다<sup>1)</sup>. 동맥경화 현상이 관상동맥과 뇌동맥에 발생하게 되면 해당 기관은 기능은 저하되거나 심근경색, 뇌경색, 그리

Received: March 16, 2011 Revised: May 5, 2012

Accepted: May 7, 2012

Correspondence: Young-Soo Jin, MD

Sports Health Medical Center, Seoul Asan Medical Center,  
University of Ulsan College of Medicine, 88 Olympic-ro 43-gil,  
Songpa-gu, Seoul 138-736, Korea

Tel: +82-2-3010-4951, Fax: +82-2-3010-8156

E-mail: ysjin@amc.seoul.kr

고 뇌출혈 등을 유발하게 된다<sup>2)</sup>.

이러한 동맥경화 현상을 조기에 진단하고, 심각한 단계 전에 발견하기 위해 다양한 검사와 지표가 이용되고 있으며, 혈액검사를 통한 지질검사, 염증 수치를 표현하는 C-Reactive protein 측정 그리고 비침습적인 자기공명영상(magnetic resonance imaging, MRI)과 초음파 또는 맥파전파속도(pulse wave velocity, PWV)가 있다. PWV는 동맥의 일정한 거리를 혈류가 지나가는 시간으로 나눈 값으로 동맥의 경직도를 추정하는 방법이다. 이 방법은 비침습적이면서, 경제적이란 장점 때문에 심혈관계 질환을 예측하는데 매우 유용하여 임상적으로 많이 이용되고 있다<sup>3,4)</sup>. 선행 연구들에서 PWV 측정결과와 동맥경화를 유발하는 위험인자들 간에 높은 상관관계를 가지고 있다고 보고되었다<sup>5,6)</sup>. 또한 체력관련 연구에서는 대부분 심폐지구력에 대해 수행되었으며, 단지 몇몇 연구만이 높은 근력, 유연성과 낮은 동맥경화와 관련이 있다고 하였다<sup>7-10)</sup>. 특히, 유연성과 근력은 동맥경화 질환과 역학적 관계가 불분명하지만, 근력과 관련된 선행연구는 높은 근력은 고혈압 유병률을 낮춘다는 연구에 기반을 두어 실시되었으며<sup>10,11)</sup>, 유연성 관련 연구는 평활근의 내적 탄성도와 골격근의 탄성도가 노화와 함께 같이 진행한다는 사실에 기반을 두어 실시되었다<sup>8)</sup>. 따라서 본 연구는 동맥경화도 발병이 높은 남성 중년과 노인을 대상으로 전통적 위험인자인 복부비만과 건강체력이 동맥경화도(PWV)에 미치는 영향을 분석하고, 동맥경화 예방을 위한 건강체력의 최적 임계값을 찾는 데에 목적이 있다.

## 연구 방법

### 1. 연구 대상

본 연구를 위해 2007년 7월부터 2009년 10월까지 서울 A병원에 내원한 종합건강진진 수진자 중 40대부터 70대까지 남자(중년 1,116명, 노년 446명) 1,562명의 데이터를 수집하였다. 중년층과 노년층의 구분은 Quadagno<sup>12)</sup>에 의해 기술된 선행문헌에 따라 40-50대는 중년층, 60대 이상은 노년층으로 설정하였다. 연구 대상자들은 혈액검사 및 복부둘레, 혈압, 그리고 체력검사를 측정하였으며(1,562명 중 심폐지구력은 377명만 측정됨), 그 중 운동부하검사 시 조절되지 않는 부정맥, 심부전증 및 유의한 심전도 변화가 나타나 검사 중간에 종료 데이터와 체력검사 중 특정질환으로 인해 거절을 요청한 대상자의 데이터는 결과 분석에서 제외되었다.

## 2. 연구 절차 및 측정 방법

### 1) 연구 절차

종합검진을 실시한 사람들을 대상으로 건강설문 및 체력측정을 실시하였으며, 심폐지구력 측정은 심장 운동부하검사, 근력 측정은 악력, 유연성 측정은 서서 윗몸 앞으로 굽히기, 그리고 동맥경화도 측정을 위해 brachial-ankle pulse wave velocity (baPWV)를 검사하였다. 검사 전 대상자들은 최소 8시간의 공복상태를 유지하도록 하였으며, 모든 검사에 앞서 설문을 실시하고, 동맥경화도는 검사의 정확성과 검사 간의 상호 영향력을 최대한 배제하기 위해 체력검사와 운동부하검사 전에 실시하였다. 모든 측정 자료는 ‘연구를 위한 자료 사용에 동의하겠는가?’라는 질문에 ‘그렇다’고 동의한 대상자들의 자료만 사용되었다.

연구대상자의 구분은 World Health Organization 권고안<sup>13)</sup>에 따라 허리둘레를 측정하였으며, 둘레의 측정은 양발을 25-30 cm 정도 벌리고 선 후, 마지막 늑골아래와 장골극 상위의 중간지점에서 수평선을 따라 측정하였다. 그룹은 각 연령군 내에서 4개 그룹으로 나누었으며, 복부 비만의 기준인 90 cm를 기준으로 상, 하 그룹 나누었으며<sup>13)</sup>, 각 체력 측정값의 체력의 평균을 기준으로 상, 하 그룹으로 나누었다. 그룹 1은 정상 복부와 높은 체력, 그룹 2는 정상 복부와 낮은 체력, 그룹 3은 복부비만과 높은 체력, 그리고 그룹 4는 복부비만과 낮은 체력으로 구분하였다. PWV에 대한 체력의 임계값을 산출하기 위해 PWV의 질환 유무는 Tso 등<sup>14)</sup>의 연구에 따라 1,400 cm/s를 기준으로 하였다. 본 연구는 횡단적 역학 연구로 실시하였다.

### 2) 심장 운동부하검사 및 심폐지구력

심폐지구력은 최대산소섭취량(maximal oxygen uptake)을 측정하였으며, Vmax229 (Sensormedics Co., Yorba Linda, CA, USA)를 이용하여 트레드밀 Bruce protocol로 실시하였다. 모든 대상자들은 검사 시작 전에 ECG 12 lead (Case8000, GE marquette Co., Fairfield, CT, USA)을 부착하여 실시간 심장의 이상반응, 혈압, 심박수를 확인하였다. 산소섭취량은 20초 간격으로 평균값이 측정되었다. 최대 운동능력검사는 대상자가 더 이상 운동을 지속할 수 없는 시점에서 대상자의 요청이 있을 때, 또는 운동 강도가 증가함에도 불구하고 심박수와 산소섭취량이 변화하지 않는 시점을 최대로 간주하여 중지하였다. 검사 중 심전도 또는 혈압의 유의한 변화가 발생할 경우

에는 검사를 종료하였으며, 이러한 자료는 분석에서 제외되었다.

### 3) 체력검사

대상자들은 상해 예방을 위해 검사 전 스트레칭을 포함한 준비운동을 실시하였고, 검사에 대한 방법 및 주의 사항에 대해 설명한 후 측정에 임하도록 하였다. 악력은 grip strength meter (Takei Co., Tokyo, Japan)를 이용하여 측정하였으며, 대상자들은 두발을 어깨넓이로 벌리고 서고, 바르게 서있는 자세를 취하도록 하였다. 측정하고자 하는 팔에 악력계를 잡도록 하고, 이때 손잡이가 손가락의 중수지관절에 위치하도록 검사자가 악력계를 조정해 주었다. 측정 시 악력계 및 손이 대퇴부에 닿지 않도록 하기 위해 약 10 cm 벌리도록 하였다. ‘시작’이라는 지시어와 함께 최대한 힘을 주도록 하였으며, 이때 주관절이 굴곡 되거나, 검사자에 의해 지시된 바른 자세가 변하지 않도록 사전에 교육하였으며, 최대값을 얻기 위해 약 2초간 최대 힘을 유지하도록 하였다.

유연성은 trunk flexion meter (Takei Co.)를 이용하여 서서 윗몸 앞으로 굽히기 방법으로 측정하였다. 피험자는 신발을 벗고, 양말만 신은 채로 검사대 위에 두발을 모으고 서도록 하였다. 측정은 무릎을 편 자세에서 상체를 천천히 굽히도록 하였고, 양손의 중지로 측정계를 아래로 밀도록 하였으며, 최대한 숙인 후에는 약 2초간 정지하도록 하였다. 윗몸을 앞으로 굽힐 때 양 무릎이 벌어지거나 구부러지지 않도록 하였고, 반동을 주지 않도록 하였다. 총 2회 측정하여 측정결과 중 최대값을 사용하여 기록하였으며, 악력은 kg, 서서 윗몸 앞으로 굽히기는 cm 단위로 기록하였으며, 소수점 한자리까지 측정 기록하였다.

### 4) 동맥경화도(brachial-ankle Pulse Wave Velocity, baPWV)

동맥경화도 검사는 동맥파가 한 지점에서 다른 지점까지 전달되는 속도를 의미하는 맥파속도를 통해 측정되었다. 발목에서 상완까지 두 동맥의 거리를 맥파가 전달되는데 걸리는 시간으로 나누어 계산하였다. 이러한 맥파속도는 동맥의 경직도를 반영하게 되며, 숫자가 높게 나타날수록 빠르게 맥파가 도달되는 것을 의미하며, 이것은 혈관의 경화정도가 높은 것을 의미하게 된다. 측정은 VP-1000 (Colin, Komaki, Japan)을 이용해 누운 자세에서 최소 5분간 안정을 취한 후 자동 맥파 분석기를 사용하여 측정하였다. 맥파센서는 압력센서를 이용하였고, 맥파속도의 결정요소인 소요시간과 측정지점 간의 거리는

모두 자동 맥파 분석기를 이용하여 자동으로 계산되었다.

## 3. 자료처리

SPSS ver. 12.0 (SPSS Inc., Chicago, IL, USA)을 이용하여 연구 대상자 특성은 연령대와 복부비만 유무에 따라 구분하여 independent t-test분석을 실시하였으며, 평균±표준편차로 기록하였다. 복부비만과 체력에 따른 네 개의 그룹 간 PWV를 확인하기 위해 one-way analysis of variance를 실시하였다. baPWV에 대한 체력의 임계값을 산출하기 위해 Medcalc 통계 프로그램을 이용하여 receiver operating characteristic (ROC) curve를 이용하였다. 모든 통계의 유의도는  $p < 0.05$ 로 하였다.

## 결 과

### 1. 연구대상과 임상적 특징

연구대상자들을 연령대와 복부비만 유무를 기준으로 나누어 분석한 결과는 Table 1에 제시된 바와 같다. 중년층의 근력, 그리고 노년층의 심폐지구력이 복부비만군과 정상군 간에 유의한 차이가 나타나지 않았으며, 중년층에서 복부비만 유무에 따른 PWV 값이 유의하지 않았지만, 노년층에서는 그룹 간에 유의한 차이가 나타났다( $p < 0.05$ ).

### 2. 복부비만과 체력에 따른 동맥경화도

중년층의 동맥경화도는 Table 2에 제시된 바와 같이 복부비만 및 건강체력의 높고 낮음에 따라 어느 그룹에서도 유의한 차이를 나타내지 않았다. 노년층의 심폐지구력과 복부비만은 Table 3에 제시된 바와 같이, 복부 비만이 아닌 그룹 내에서 심폐지구력이 높고 낮음에 따라 유의한 차이가 있었고(그룹 1 vs. 그룹 2,  $1,461 \pm 224$  vs.  $1,653 \pm 257$ ,  $p = 0.044$ ), 복부 비만인 그룹 내에서는 심폐지구력이 높고 낮음에 따라 유의한 차이가 없었다(그룹 3 vs. 그룹 4,  $1,498 \pm 130$  vs.  $1,642 \pm 225$ ,  $p = 0.086$ ). 복부비만과 악력은 복부 비만이 아닌 그룹 내에서 악력의 높고 낮음에 따라 유의한 차이가 없었지만(그룹 1 vs. 그룹 2,  $1,532 \pm 221$  vs.  $1,585 \pm 280$ ,  $p = 0.503$ ), 복부 비만인 그룹 내에서는 악력의 정도에 따라 유의한 결과를 나타내었다(그룹 3 vs. 그룹 4,  $1,556 \pm 207$  vs.  $1,714 \pm 278$ ,  $p = 0.000$ ). 유연성에서도 복부 비만이 아닌 그룹 내에서는 유연성에 따라 유의한 차이가 없었지만, 복부 비만인 그룹에서는 유연성의 낮고 높음에 따라 유의한 차이가 있었다(그룹 3 vs. 그룹 4,  $1,562 \pm 195$  vs.  $1,682 \pm 284$ ,  $p = 0.006$ ).

**Table 1.** Characteristics of subjects

	Middle-age (n=1,116)		Old-age (n=446)	
	Non-obesity	Obesity	Non-obesity	Obesity
Age (y)	51.0±4.9	51.3±5.0	64.5±4.0	65.6±4.5
Height (cm)	169.4±5.4	171.3±5.7*	167.1±5.2	169.1±5.7*
Weight (kg)	68.2±6.4	80.2±7.7*	65.2±6.6	75.7±7.0*
BMI (kg/m <sup>2</sup> )	23.7±2.0	27.3±2.2*	23.4±2.1	26.5±2.0*
Waist circumference (cm)	83.2±5.6	94.6±4.9*	83.1±5.2	94.5±4.4*
BaPWV (cm/s)	1,386±177	1,388±167	1,559±254	1,620±250*
VO <sub>2</sub> max (mL/kg/min)	35.5±5.7	32.6±5.6*	29.7±7.1	28.2±5.6
Grip strength (kg)	39.1±5.9	39.6±6.2	34.7±5.6	36.6±6.3*
Trunk forward flexion (cm)	1.9±8.8	-0.6±9.3*	-1.2±9.3	-3.2±8.6*

Values mean±standard deviation.

BMI: body mass index, BaPWV: brachial-ankle pulse wave velocity, VO<sub>2</sub>max: maximal oxygen uptake.

\*p<0.05: non-obesity vs. obesity.

**Table 2.** BaPWV of among groups with fitness in middle-age

			p-value			
			Group 1	Group 2	Group 3	Group 4
VO <sub>2</sub> max	Group 1	1,370±185	-	-	-	-
	Group 2	1,408±199	1.000	-	-	-
	Group 3	1,356±157	1.000	0.599	-	-
	Group 4	1,416±150	0.496	1.000	0.213	-
Grip strength	Group 1	1,377±185	-	-	-	-
	Group 2	1,396±171	0.888	-	-	-
	Group 3	1,384±175	1.000	1.000	-	-
	Group 4	1,393±159	1.000	1.000	1.000	-
Trunk forward flexion	Group 1	1,375±176	-	-	-	-
	Group 2	1,402±179	0.301	-	-	-
	Group 3	1,379±163	1.000	0.861	-	-
	Group 4	1,403±173	0.287	1.000	0.807	-

BaPWV: brachial-ankle pulse wave velocity, Group 1: non-obesity and high fitness, Group 2: non-obesity and low fitness, Group 3: obesity and high fitness, Group 4: obesity and low fitness.

p<0.05.

### 3. 동맥경화도에 대한 체력 임계값(cut-off value) 산출

동맥경화도에 대한 성인 남성의 체력 임계값은 심폐지구력은 31.2 mL/kg/min (area under curve [AUC], 0.692; p=0.027)이었으며, 악력은 37.0 cm (AUC, 0.588; p=0.014), 유연성은 1.0 cm (AUC, 0.589; p=0.014)로서 모두 유의한 값을 나타내었다 (Table 4).

## 고 찰

우리나라의 경우 뇌-심혈관 질환으로 인한 사망률이 각각 2위와 3위에 해당하는데<sup>15)</sup> 이러한 질환은 동맥경화와 깊은

관련이 있기 때문에 이와 관련된 예측인자를 분석하여 동맥경화 예방을 위한 운동, 식이 조절을 포함한 생활 습관을 개선할 수 있도록 하는 것이 필요하다. 따라서 본 연구는 동맥경화증의 위험인자로 알려진 낮은 체력과 복부비만이<sup>16,17)</sup> 연령대에 따라 PWV에 영향을 미치는지 확인하고, PWV에 대한 다양한 체력의 임계값을 산출하여 동맥경화를 예방하기 위한 지침을 얻고자 하였다.

본 연구의 주된 목적은 현재까지 심혈관 위험인자 관리를 위해 유산소 운동 및 심폐지구력과 관련된 연구가 주로 이뤄진 것에 비해, 근력 및 유연성과 심혈관 위험인자와 관련한 연구는 몇몇에 불과하였다. 따라서 본 연구의 주된 결과 중 근력이 동맥경화도에 미치는 영향에 관련해서는 노년층의 복부비만 군에서 높은 악력 그룹(그룹 3)이 낮은 악력 그룹(그룹 4)보다



**Table 3.** BaPWV of among groups with fitness in old-age

		BaPWV (cm/s)	p-value			
			Group 1	Group 2	Group 3	Group 4
VO <sub>2</sub> max	Group 1	1,461±224	–	–	–	–
	Group 2	1,653±257	0.044*	–	–	–
	Group 3	1,498±130	1.000	0.122	–	–
	Group 4	1,642±225	0.029*	1.000	0.086	–
Grip strength	Group 1	1,532±221	–	–	–	–
	Group 2	1,585±280	0.503	–	–	–
	Group 3	1,556±207	1.000	1.000	–	–
	Group 4	1,714±278	0.000*	0.002*	0.000*	–
Trunk forward flexion	Group 1	1,527±241	–	–	–	–
	Group 2	1,597±268	0.170	–	–	–
	Group 3	1,562±195	1.000	1.000	–	–
	Group 4	1,682±284	0.000*	0.089	0.006*	–

BaPWV: brachial-ankle pulse wave velocity, VO<sub>2</sub>max: maximal oxygen uptake, Group 1: non-obesity and high fitness, Group 2: non-obesity and low fitness, Group 3: obesity and high fitness, Group 4: obesity and low fitness.

\*p<0.05.

**Table 4.** Cut-off values of fitness with baPWV

	Cut-Off value	AUC	Sensitivity	Specificity	p-value
VO <sub>2</sub> max (mL/kg/min)	31.2	0.692	54.6	74.3	0.027*
Grip strength (kg)	37.0	0.588	51.2	62.0	0.014*
Flexibility (cm)	1.0	0.589	60.8	55.4	0.014*

AUC: area under curve, baPWV: brachial-ankle pulse wave velocity, VO<sub>2</sub>max: maximal oxygen uptake.

\*p<0.05.

유의하게 낮은 baPWV 값을 나타내었다. 지금까지 실시된 선행연구 중 근력과 PWV에 관해서는 거의 없다. 그 중 Fahs 등<sup>18)</sup>에 의해 이뤄진 연구는 젊은 사람을 대상으로 실시되었으며, 유의하지는 않았지만 근력과 PWV는 역위적 관계에 있다고 결론지었다. 하지만, 여러 선행연구들이 일회성 또는 일정 기간 동안 규칙적인 저항 운동이 낮은 동맥탄성도를 유발한다고 보고하였고<sup>19,20)</sup>, 또는 동맥경화도에 유의한 변화를 유발하지 않는다고 하였다<sup>21)</sup>. 이러한 측면에서 아직까지 근력운동은 PWV 및 동맥탄성도를 설명하기에는 인과 관계가 명확하지 않다. 하지만 대단위적 역학 연구에서는 높은 근력이 고혈압 등 심혈관 위험인자 및 심장병 유병률에는 긍정적 영향을 미치는 것으로 나타나는 점을 고려할 때<sup>11,22)</sup>, 피험자의 수의 한계 또는 단기간이라는 실험 연구의 한계가 근력 및 근력 향상을 위한 저항운동이 혈관의 탄성에 유의하게 긍정적 요소로 작용하지 않는 결과를 나타나게 된 것으로 생각된다. 특히 대단위 종단적 역학 연구일수록 보다 분명한 결과를 나타내는 데, Macera<sup>23)</sup>에 의해 실시된 연구에서도 높은 근력은 낮은 심혈관 사망률을 나타내었다. 본 연구의 결과 역시 실험연구가

아닌 횡단적 역학 연구라는 측면에서는 선행연구들과 비슷한 결과를 나타내었다고 할 수 있겠으며, 근력운동이 동맥경화 관련 혈관 경직도에 긍정적으로 작용할 수도 있을 것으로 생각된다.

현재까지 체력과 심혈관 위험인자 관련 연구 중 가장 적은 연구가 유연성 및 스트레칭 트레이닝의 효과이다. 일반적으로 비활동자보다 활동 및 운동 빈도가 높은 사람들이 더 높은 심폐지구력을 가지고 있을 뿐만 아니라 운동이라는 요소에 일반적 스트레칭을 포함하고 있기 때문에 운동을 자주 하는 사람들에게 더 좋은 유연성을 가지고 있다<sup>24)</sup>. 선행연구에서, 스트레칭을 13주 동안 실시한 그룹에서 carotid pulse pressure가 유의하게 낮아지는 결과를 나타내었다<sup>25)</sup>. 다른 연구에서는 토끼를 대상으로 한 실험연구에서 종축 긴장을 시키는 스트레칭이 동맥에 포함된 탄성섬유 및 콜라겐 섬유의 증가를 유도하였다<sup>26)</sup>. 그리고 높아진 교감신경은 혈압 상승과 동맥경화도를 높이는 반면 낮아진 교감신경은 혈압 하강과 동맥경화를 낮출 수 있다고 했는데, 지속적인 유연성 운동이 교감신경을 낮추게 된다고 주장하였다<sup>27)</sup>. 결국 동맥경화도는 혈압 및 동맥의 탄성

에 의해 결정되는 부분이라면 지속적인 스트레칭 운동도 혈관의 긴장 및 동맥의 탄성에 긍정적인 영향을 주게 될 것으로 생각된다.

본 연구의 주된 다른 목적은 복부비만과 건강체력의 복합요인이 baPWV에 미치는 영향에 관해 알아보려고 하였다. 특히, 복부비만이 아니면서 체력이 낮은 그룹(그룹 2)과 복부비만인 채력이 높은 그룹(그룹 3)을 통하여 어떤 위험인자가 상대적으로 더 많은 영향을 주는지 확인하고자 하였는데, 중년층과 노년층 모두에서 유의한 결과를 나타내지 않았다. 이것은 복부비만과 체력 중 상대적으로 더 주요한 위험인자는 없다는 것을 의미하며, 추후 보다 정밀한 분석 및 로지스틱 회귀분석을 통한 상대위험도를 시행하는 것이 필요하다고 생각된다.

중년층에서는 복부비만 유무 및 심폐지구력을 포함한 체력의 높고 낮음에 따라 유의한 PWV의 유의한 차이가 없는 것으로 나타났다. 대부분의 연구는 심혈관 질환의 위험인자가 심폐지구력에 의해 영향을 받는 것으로 나타났지만<sup>7,17)</sup>, Fahs 등<sup>18)</sup>의 연구에서도 carotid-femoral PWV의 높은 그룹과 낮은 그룹 간에 심폐지구력에서는 유의하지 않은 결과를 나타내었으며, Boreham 등<sup>7)</sup>의 연구에 따르면, 유산소운동은 심폐지구력을 증가시키고 동맥경화도를 낮춘다는 결과를 나타내었지만, 동맥경화에 영향을 미치는 다른 인자들이 함께 고려되지 않는다면, 심폐지구력이 유의한 영향을 주는 독립적 인자로서 보기 어렵다고 하였다. 이번 연구도 동맥경화의 진행이 상대적으로 느린 중년층에서는 건강체력과 비만 이외에 다른 인자들의 영향이 더 크게 작용하여 중년층에서는 유의한 결과를 나타내지 못한 것으로 여겨진다.

본 연구 결과, 노년층에서는 복부비만이라고 하더라도 근력과 유연성이 높을 경우 낮은 PWV를 나타내었으며, 심폐지구력은 유의하지 않았다. 이것은 근력운동이 포함된 유산소-무산소 복합 트레이닝의 효과가 유산소 운동만 실시할 경우보다 당뇨 관련 인자 관리가 상대적으로 뛰어나다는 결과를 볼 때<sup>29)</sup>, 이번 연구에서도 다양한 체력요소에서 높은 수준을 보유한 그룹이 더 좋은 결과를 얻은 것으로 여겨진다. 이런 관점에서, 태극권, 요가, 필라테스, 짐볼, 태보와 같은 운동은 유산소와 무산소 운동의 개념 구분이 불분명하지만, 심혈관 질환 예방운동으로서 충분한 기능을 갖고 있는 것으로 판단된다.

또한 본 연구는 동맥경화도에 따른 임계값을 산출하기 위하여, ROC curve를 이용하였으며, 이와 유사한 선행연구는 국내 외에서 아직 시행되지 않았다. 이것은 질환에 대해 민감도(질환이 있는 사람이 있다고 나올 확률, sensitivity)와 특이도(질환이 없는 사람이 없다고 나올 확률, specificity)가 높아지는 최적

의 값을 찾는 방법으로서 임계값(cut-off value)을 찾는 데 많이 사용되는 방법이다. AUC는 높을수록 좋은 결과로서, 최적의 민감도와 특이도 만나는 지점이 만나는 위치를 의미한다. 동맥경화도는 아직 기타 질환과 같이 어느 정도 이상부터 '질환군'으로 분류되는 명확한 기준이 설정되어 있지 않지만, 본 연구는 Tso 등<sup>14)</sup>의 연구에 따라 1,400 cm/s를 기준으로 하여 질환군을 설정하였다. 동맥경화 예방을 위한 임계값은 세 가지 체력요소에서 유의한 값이 산출되었으며, 1,400 cm/s를 넘지 않기 위해 요구되는 심폐지구력의 수준은 31.2 mL/kg/min이며, 압력은 37.0 kg, 유연성은 1.0 cm이다. 이 값들은 동맥경화도 예방을 위한 지침 수준으로 적용할 수 있을 것으로 생각된다.

본 연구의 제한점은 횡단적으로 실시하였다는 점과 심폐지구력을 포함하여, 근력과 유연성을 포함한 체력요인을 동맥경화와 비교하였지만 체력요소간 상호 작용으로 인해 나타나는 효과는 배제하지 못하였다는 점이다. 또한 상대적으로 심혈관 질환의 빈도수가 높은 남성만을 대상으로 하였다는 것도 본 연구의 제한점으로 생각된다. 추후 연구는 이번 연구에서 유의하지 않았던 중년 남성의 체력과 동맥경화도와 관련하여, 다각적인 분석을 해야 할 것으로 보이며, 종단적 연구와 관련해서 진행되어야 할 것으로 생각되며, 본 연구에서 사용된 방법은 동맥경화도의 사지에서 측정했지만, 대동맥 또는 경동맥과 같은 심부 혈관의 경직도와 체력에 관한 연구가 이뤄져야 할 것으로 보인다.

## 참 고 문 헌

1. Avolio A, Jones D, Tafazzoli-Shadpour M. Quantification of alterations in structure and function of elastin in the arterial media. *Hypertension* 1998;32:170-5.
2. Mattace-Raso FU, van der Cammen TJ, Hofman A, et al. Arterial stiffness and risk of coronary heart disease and stroke: the Rotterdam Study. *Circulation* 2006;113:657-63.
3. 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.
4. 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.
5. Lim HS, Lip GY. Arterial stiffness in diabetes and hypertension. *J Hum Hypertens* 2004;18:467-8.
6. Orr JS, Gentile CL, Davy BM, Davy KP. Large artery stiffening with weight gain in humans: role of visceral fat

- accumulation. *Hypertension* 2008;51:1519-24.
7. Boreham CA, Ferreira I, Twisk JW, Gallagher AM, Savage MJ, Murray LJ. Cardiorespiratory fitness, physical activity, and arterial stiffness: the Northern Ireland Young Hearts Project. *Hypertension* 2004;44:721-6.
8. Yamamoto K, Kawano H, Gando Y, et al. Poor trunk flexibility is associated with arterial stiffening. *Am J Physiol Heart Circ Physiol* 2009;297:H1314-8.
9. Jae SY, Heffernan KS, Fernhall B, et al. Association between cardiorespiratory fitness and arterial stiffness in men with the metabolic syndrome. *Diabetes Res Clin Pract* 2010;90:326-32.
10. Bertovic DA, Waddell TK, Gatzka CD, Cameron JD, Dart AM, Kingwell BA. Muscular strength training is associated with low arterial compliance and high pulse pressure. *Hypertension* 1999;33:1385-91.
11. Maslow AL, Sui X, Colabianchi N, Hussey J, Blair SN. Muscular strength and incident hypertension in normotensive and prehypertensive men. *Med Sci Sports Exerc* 2010;42:288-95.
12. Quadagno J. *Aging and the life course*. Boston: McGraw-Hill College; 2001.
13. World Health Organisation, International Association for the Study of Obesity, International Obesity TaskForce. *The Asia-Pacific Perspective: Redefining obesity and its treatment*. Sydney: Health Communications; 2000.
14. Tso TK, Huang WN, Huang HY, Chang CK. Association of brachial-ankle pulse wave velocity with cardiovascular risk factors in systemic lupus erythematosus. *Lupus* 2005;14:878-83.
15. Korean Ministry of Health and Welfare. *The Third Korea National Health & Nutrition Examination Survey (KNHANES III)*. Seoul: Korea Ministry of Health and Welfare; 2005.
16. Tomiyama H, Yamashina A, Arai 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.
17. Matsushita Y, Nakagawa T, Yamamoto S, et al. Associations of visceral and subcutaneous fat areas with the prevalence of metabolic risk factor clustering in 6,292 Japanese individuals: the Hitachi Health Study. *Diabetes Care* 2010;33:2117-9.
18. Fahs CA, Heffernan KS, Ranadive S, Jae SY, Fernhall B. Muscular strength is inversely associated with aortic stiffness in young men. *Med Sci Sports Exerc* 2010;42:1619-24.
19. Miyachi M, Kawano H, Sugawara J, et al. Unfavorable effects of resistance training on central arterial compliance: a randomized intervention study. *Circulation* 2004;110:2858-63.
20. Williams MA, Stewart KJ. Impact of strength and resistance training on cardiovascular disease risk factors and outcomes in older adults. *Clin Geriatr Med* 2009;25:703-14.
21. Clark BC, Manini TM, Hoffman RL, et al. Relative safety of 4 weeks of blood flow-restricted resistance exercise in young, healthy adults. *Scand J Med Sci Sports* 2011;21:653-62.
22. Silventoinen K, Magnusson PK, Tynelius P, Batty GD, Rasmussen F. Association of body size and muscle strength with incidence of coronary heart disease and cerebrovascular diseases: a population-based cohort study of one million Swedish men. *Int J Epidemiol* 2009;38:110-8.
23. Macera CA. Muscular strength and mortality in men. *Clin J Sport Med* 2009;19:150-1.
24. Harvey L, Herbert R, Crosbie J. Does stretching induce lasting increases in joint ROM? A systematic review. *Physiother Res Int* 2002;7:1-13.
25. Cortez-Cooper MY, Anton MM, Devan AE, Neidre DB, Cook JN, Tanaka H. The effects of strength training on central arterial compliance in middle-aged and older adults. *Eur J Cardiovasc Prev Rehabil* 2008;15:149-55.
26. Jackson ZS, Gotlieb AI, Langille BL. Wall tissue remodeling regulates longitudinal tension in arteries. *Circ Res* 2002;90:918-25.
27. Yamamoto K, Kawada T, Kamiya A, et al. Muscle mechanoreflex induces the pressor response by resetting the arterial baroreflex neural arc. *Am J Physiol Heart Circ Physiol* 2004;286:H1382-8.
28. Colberg SR, Sigal RJ, Fernhall B, et al. Exercise and type 2 diabetes: the American College of Sports Medicine and the American Diabetes Association: joint position statement executive summary. *Diabetes Care* 2010;33:2692-6.