

## 과체중, 비만한 여성에서 컴퓨터단층촬영으로 측정된 복부내장지방과 동맥 경직도의 관련성

연세대학교 의과대학 영동세브란스병원 가정의학과, \*울지대학병원 가정의학과, \*\*미즈메디병원 진단검사의학과

이지원 · 이혜리 · 심재용 · 김상환\* · 임지애\*\* · 이덕철†

**연구배경:** 복부 비만은 여러 대사 질환과 동맥경화증을 비롯한 심혈관 질환의 발생과 밀접한 관련이 있다고 알려져 있으며, 최근 몇몇 연구에서는 체성분이 동맥의 경직도를 결정하는 결정인자라고 보고하고 있다. 이에 본 연구에서는 과체중, 비만한 여성에서 이중 에너지 방사선 측정과 컴퓨터 단층 촬영으로 측정된 체구성과 동맥의 경직도와의 관련성을 알아보려고 하였다.

**방법:** 과체중, 비만한 성인 여성 109명의 신체 계측 및 이중 에너지 방사선 측정과 컴퓨터단층촬영을 이용하여 체구성을 측정하였으며 상완-발목 맥파 속도를 측정하였다. 공복 혈당, 혈중 지질 검사, C반응단백, 자유 지방산(free fatty acid)을 검사하였다. 신체계측 및 체구성과 상완-발목 맥파 속도와의 상관성을 피어슨 상관분석과 다중회귀분석으로 분석하였다.

**결과:** 내장지방군과 피하지방군은 나이, 공복혈당, 고밀도 콜레스테롤, 중성지방, HOMA-IR, 컴퓨터단층촬영에서 측정된 내장지방 면적과 복부내장지방/복부피하지방의 비, 복부내장지방/대퇴부 골격근육비, 상완-발목 맥파 속도의 차이가 있었다. 상완-발목 맥파 속도는 나이, 혈압, 중성지방, 허리둘레, 허리엉덩이둘레비, 컴퓨터단층촬영에서 측정된 내장지방 면적, 복부내장지방/복부피하지방의 비, 복부내장지방/대퇴부 근육비와 양의 상관관계가 있었으며, 대퇴부 피하지방과 음의 상관관계가 있었다. 혼란변수를 보정한 후 다중회귀분석 결과 상완-발목 맥파 속도는 컴퓨터단층촬영에서 측정된 내장지방 면적과 독립적으로 유의한 상관관계를 보였다.

**결론:** 과체중, 비만한 여성에서 상완-발목 맥파 속도는 복부내장지방 면적과 연관이 있으며, 이는 체구성과 동맥의 경직도와의 관련성을 의미한다. 향후 이들의 병태생리적 기전을 밝히는 연구가 필요하다.

**중심 단어:** 상완-발목 맥파 속도, 체성분 구성, 내장지방

### 서 론

비만, 특히 복부 지방 축적은 심혈관 질환의 독립적인 위험인자로 알려져 있다.<sup>1)</sup> 심혈관 질환과 비만의 관련성을 더 잘 이해하기 위해서 체성분 구성, 즉 지방과 제지방 그리고 해부학적 지방의 분포 위치와 심혈관계 질환의 관련성에 대한 관심이 증가하고 있다.<sup>2)</sup> 하지만 이들 관계를 나타내는 기전에 대해서는 아직까지 명확하게 밝혀지지 않았으며 체성분 분포가 어떻게 동맥경화의 매개 역할을 하는지에 대해서도 잘 알려져 있지 않다. 비만이 심혈관 질환을 일으키는 하나의 원인으로 증가된 동맥의 경직도를 생각할 수 있다. 경직된 동맥은 동맥

이 수축할 때 압력 조절 능력을 손상시켜 수축기 혈압을 상승시키고, 이완기 혈압은 떨어뜨리며 좌심실을 비대하게 만들고 이완기 때 관상동맥의 관류 저하를 일으킨다.<sup>3)</sup> 또한 동맥의 경직도는 연령의 증가와 함께 증가하며, 고혈압, 내당능장애 등과 연관이 있다.<sup>4,5)</sup>

최근 연구에서는 비만이나 지방의 분포가 동맥의 경직도를 결정하는 결정인자라고 보고하고 있다.<sup>6)</sup> 하지만 복부지방을 측정함에 있어 정확도가 떨어지고 고연령의 사람들에게는 부정확할 수 있는 인체계측만을 이용하거나, 생체 교류저항(bio-impedance)을 이용하여 체성분을 평가한 연구들이 대부분이다.<sup>7,8)</sup> 복부내장지방을 측정하는 가장 좋은 방법은 컴퓨터 단층촬영이나 자기공명영상법을 이용한 측정으로 알려져 있다.<sup>9)</sup>

이에 본 연구자 등은 이중방사선흡수 측정(Dual-energy x-ray absorptiometry), 컴퓨터단층촬영 (fat measured computed tomography)를 시행하여 내장지방군과 피하지방군을 정의한 후 복부내장지방과 동맥의 경직도 상승의 연

접수일: 2006년 1월 31일, 승인일: 2006년 6월 16일

† 교신저자: 이덕철

Tel: 02-2019-3483, Fax: 02-2019-3287

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

관성을 알아보고자 연구를 시행하였다.

## 방 법

### 1. 연구대상

2004년 11월부터 2005년 7월까지 일개 대학병원 가정의학과 비만 클리닉을 내원하여 과체중, 비만으로 진단된 여성 109명을 대상으로 하였으며, 연령은 23세에서 67세였다. 모든 환자들에게 동의를 받았으며, 해당 병원의 의료윤리위원회의 승인을 받았다. 체질량 지수가 23 이상 25 미만인 경우를 과체중으로, 25 이상을 비만으로 정의하였다. 내장지방(visceral obesity)군은 컴퓨터 단층촬영에서 측정된 복부의 내장지방과 피하지방의 비율이 0.4 이상, 피하지방(subcutaneous obesity)군은 복부의 내장지방과 피하지방의 비율이 0.4 미만일 때로 정의하였다.<sup>10)</sup> 연구 제외 대상은 체질량 지수 23 미만인 경우, 병력이나 검사결과에서 비만의 이차적인 원인이 있거나 임신부나 수유부, 급성 감염이나 염증성 질환이 있거나 자료가 불충분한 경우였다.

### 2. 연구방법

1) 문진: 연령, 흡연 유무, 음주 여부, 과거 병력을 확인하였다. 흡연은 현재 시점에서 흡연을 하는 사람으로, 음주는 일주일에 한 번 이상 음주를 하는 군으로 정의하였다.

#### 2) 신체 계측 및 체성분 분석

(1) 신체계측: 신체계측은 가벼운 옷차림을 한 상태에서 신을 벗고, 체중과 키를 킬로그램과 센티미터 단위로 각각 소수점 한 자리까지 측정하였으며, 체질량지수(body mass index)는 체중(kg)/키(m)<sup>2</sup>으로 계산하였다.

허리둘레는 직립자세에서 늑골의 가장 아래 부위와 골반장골능 사이의 가장 가는 부위를 측정하였으며 엉덩이 둘레는 엉덩이의 가장 굵은 부위를 측정하였다. 측정변이를 줄이기 위해 연구 대상 전체를 한 사람이 측정하였다.

(2) 이중방사선흡수측정(dual-energy x-ray absorptiometry, DXA): 10분간 침대에서 안정 후 이중방사선 흡수측정(Hologic QDR 1500; Delphi)을 이용하여 전신의 지방량과 제지방량, 몸통의 지방량과 제지방량, 사지의 지방량과 제지방량을 킬로그램 단위로 측정하였다.

(3) 컴퓨터단층촬영(computed tomography, CT): 복부내장지방과 피하지방 단면적, 대퇴중간부위의 지방과 근육의 단면적을 컴퓨터단층촬영(Tomoscan 350, Philips, Mahway, NJ)을 이용하여 측정하였다. 대상자가 누운 상태에서 4번째 요추 상단을 횡단하는 부위에서 Hounsfield

unit -150에서 -50에 속하는 부위를 측정하여 복부지방 면적(abdominal fat area)을 구하였으며 복막을 경계로 바깥쪽의 피하지방 면적(subcutaneous fat area), 안쪽의 내장지방 면적(visceral fat area)을 구하였으며 복부내장지방/복부피하지방의 비(visceral fat area/ subcutaneous fat area: VSR)을 산출하였다. 골격근의 양을 측정하기 위하여 대퇴 중간부위(mid-portion between upper margin of patella and greater trochanter)를 횡단하는 부위에서 Hounsfield unit 0 에서 +100에 속하는 부위를 대퇴부 골격근육(mid-thigh muscle area)으로 구분하고 이 중 Hounsfield unit 0 에서 +30에 속하는 부위를 측정하여 저밀도골격근 면적(low density muscle area)을 구하였고 Hounsfield unit +30 에서 +100까지를 정상밀도골격근 면적(normal density muscle area)으로 하였다. 복부내장지방/대퇴부 골격근육(visceral fat area/midthigh muscle area: VMR)을 구하였다.

3) 상완-발목 맥파 속도 (brachial-ankle pulse wave velocity, baPWV): 상완-발목 맥파 속도는 용적-체적 변동 기록방식으로(form/ABI, Colin, Co. Ltd., Komaki, Japan) 측정하였다. 대상자가 앙와위 자세로 있는 동안 측정되었으며 측정 띠를 양쪽 상완과 발목에 감았다. 맥파 용적 파형이 반도체 센서를 이용하여 상완과 발목에서 기록되었으며 적어도 5분 이상 휴식을 취한 후 측정하였다. 사지의 혈압은 oscillometric 방법을 사용하여 측정하였으며 이를 통해 ankle-brachial pressure index (ABI)가 자동으로 계산되었다. 우측 상완-발목 맥파속도(rt.baPWV), 좌측 상완-발목 맥파 속도(lt.baPWV)가 측정되었다. 우측 상완-발목 맥파 속도와 좌측 상완-발목 맥파 속도는 의미 있는 양의 상관관계에 있기에( $r=0.91$ ,  $P<0.0001$ )<sup>11)</sup> 우리는 분석에서 평균 rt/lt baPWV를 이용하였다. 이 방법의 타당도는 이미 검증되었고<sup>12)</sup>, 측정자에 따른 변동계수(coefficient variation: CV), 측정자 간 변동계수는 8.4%, 10.0%였다.<sup>12)</sup>

4) 혈액 검사: 8시간 이상 금식한 후 총 콜레스테롤, 중성지방, 고밀도 지단백(HDL) 콜레스테롤, 공복 혈당, 자유지방산(free fatty acid)은 비색법(colorimetry)을 이용한 ADVIA 1650 전자동 임상화학분석기(Bayer, terrytown, NY, USA)를 사용하였고, 저밀도 지단백(LDL)은 [총 콜레스테롤-(고밀도 지단백 콜레스테롤+중성지방/5)]로 계산하였다. C반응단백은 COBAS INTEGRA 700을 이용한 particle enhanced immunoturbidometric method (Roche Diagnostic system, Basel, Switzerland)를 사용하여 측정하였다. 공복 인슐린은 화학발광면역분석(chemiluminescence immunoassay)을 이용한 Elecsys 2010 (Roche, Indianapolis, IN, USA) 장비로 분석하였다. 인슐린 저항은 homeostasis model assessment of insulin resistance (HOMA-IR) 지표(공복 인슐

Table 1. Characteristics of the study population.

	Non-visceral obesity (n=62)	Visceral obesity (n=47)	P-values
Age (yr)	36.0±10.8	42.6±11.3	0.003
Anthropometry			
BMI (kg/m <sup>2</sup> )*	27.4±3.5	28.3±4.1	0.211
Waist circumference (cm)	89.1±8.1	90.6±8.0	0.360
Hip circumference (cm)	102.7±7.5	102.5±6.5	0.883
WHR <sup>†</sup>	0.87±0.05	0.88±0.04	0.221
DXA <sup>‡</sup>			
Total body fat percent (%)	35.9±3.8	34.6±5.3	0.180
Total fat mass (kg)	24.4±4.6	24.3±5.4	0.886
Total lean mass (kg)	41.4±4.4	43.2±7.4	0.146
Trunk fat mass (kg)	11.1±2.5	11.8±3.6	0.228
Trunk lean mass (kg)	20.3±2.2	21.5±3.5	0.052
Peripheral fat mass (kg)	12.3±2.5	12.3±5.4	0.921
Peripheral lean mass (kg)	17.6±2.4	17.9±3.5	0.552
CT <sup>§</sup>			
Total fat areas (cm <sup>2</sup> )	410.4±451.0	358.7±94.1	0.444
Visceral fat areas (cm <sup>2</sup> )	75.3±26.2	139.1±47.1	<0.001
Subcutaneous fat areas (cm <sup>2</sup> )	335.1±447.8	219.7±69.3	0.072
Thigh SFA (cm <sup>2</sup> ) <sup>  </sup>	123.3±34.5	104.0±31.2	0.005
TLDMA (cm <sup>2</sup> ) <sup>¶</sup>	18.7±13.4	20.3±12.8	0.559
TNDMA (cm <sup>2</sup> ) <sup>**</sup>	87.4±14.8	87.2±24.0	0.937
VSR <sup>††</sup>	0.28±0.08	0.70±0.39	<0.001
VMR <sup>‡‡</sup>	0.71±0.24	1.30±0.47	<0.001
Metabolic variables			
SBP (mmHg) <sup>§§</sup>	122.3±12.2	127.8±16.8	0.070
DBP (mmHg) <sup>  </sup>	74.7±10.5	78.4±11.1	0.093
Pulse pressure (mmHg)	47.6±8.0	49.4±9.7	0.314
Total cholesterol (mmol/L)	186.8±42.8	191.2±30.1	0.556
LDL-cholesterol (mmol/L)	112.6±42.1	117.8±27.2	0.496
HDL-cholesterol (mmol/L)	52.9±12.7	47.8±9.7	0.035
Triglyceride (mmol/L)	99.4±56.6	125.8±59.5	0.024
Free fatty acid (mg/Dl)	66.2±253.8	613.3±259.9	0.311
Fasting glucose (mmol/L)	90.6±16.1	97.1±16.5	0.049
Fasting insulin (mmol/L)	8.2±5.6	11.9±11.5	0.052
HOMA-IR <sup>¶¶</sup>	1.95±1.62	3.04±3.12	0.039
Hs-CRP (mg/dL) <sup>***</sup>	1.54±2.00	1.48±1.65	0.881
Mean pulse wave velocity	1,170.5±164.3	1,304.4±200.0	0.001
Life style			
Hypertension	9/62 (14.5%)	13/47 (27.7%)	0.158
Diabetes	10/62 (16.1%)	11/47 (23.4%)	0.479
Smoking <sup>†††</sup>	0/60 (0%)	1/47 (2.2%)	0.427
Alcohol drinking <sup>‡‡‡</sup>	6/62 (9.7%)	3/47 (6.8%)	0.161

P<0.05 by T-test, chi-square test, Fisher's exact test. \*BMI: body mass index, <sup>†</sup>WHR: waist hip ratio, <sup>‡</sup>DXA: dual energy X-ray absorptiometry, <sup>§</sup>CT: computed tomography, <sup>||</sup>Thigh SFA: midhigh subcutaneous fat area (cm<sup>2</sup>), <sup>¶</sup>TLDMA: midhigh low density muscle area (cm<sup>2</sup>), <sup>\*\*</sup>TNDMA: midhigh normal density muscle area (cm<sup>2</sup>), <sup>††</sup>VSR: abdominal visceral fat vs. subcutaneous fat area ratio, <sup>‡‡</sup>VMR: abdominal visceral fat vs. midhigh skeletal muscle area ratio, <sup>§§</sup>SBP: systolic blood pressure, <sup>||</sup>DBP: diastolic blood pressure, <sup>¶¶</sup>HOMA-IR: homeostasis model assessment insulin resistance, <sup>\*\*\*</sup>Hs-CRP: high-sensitivity C-reactive protein, <sup>†††</sup>Smoking: current regular smoking, <sup>‡‡‡</sup>Alcohol drinking: drinking more than one per week.

린 [U/ml]×공복혈당[mmol/L]/22.5)로 계산하였다.

5) 통계분석: 모든 자료는 SAS 9.1통계 패키지(SAS Institute Inc. Cary, NC, USA)를 이용하였고 측정치는 평균± 표준편차로 표시하였다. 내장지방군과 피하지방군의 신체 계측치, 체성분 구성, 혈액 검사, 병력, 흡연, 알코올 섭취의 차이가 있는지 알아보기 위해 T 검정, 카이제곱 검정 및 Fisher의 정확검정을 시행하였다. 상완-발목 맥파 속도(baPWV)와 체성분 구성 및 심혈관 위험인자와의 연관성을 분석하기 위하여 피어슨 상관분석을 실시하였다. baPWV와 체성분 구성의 독립적인 관련성을 파악하기 위해 혼란변수인 나이, 체질량 지수, 수축기 혈압, 공복혈당, 중성지방, 자유 지방산을 포함하여 다중 회귀 분석을 실시하였다. P값이 0.05 미만일 때 통계적 유의성이 있는 것으로 간주하였다.

## 결 과

### 1. 연구 대상자들의 일반적 특성

연구 대상자들은 총 109명으로 표 1은 내장지방군과 피하지방군으로 나누어 연구 대상자들의 일반적 특성을 나타낸 표이다. 내장지방군은 47명, 피하지방군은 62명이었으며, 나이, 공복혈당, 고밀도 지단백 콜레스테롤, 중성지방, HOMA-IR, 컴퓨터 단층촬영에서 측정된 내장 지방 면적과 복부내장지방/복부피하지방의 비, 복부내장지방/대퇴부 골격근육비, 상완-발목 맥파 속도의 유의한 차이가 있었다.

신체계측치나 이중방사선흡수측정을 이용한 체성분의 구성, 혈압 및 맥압, 총 콜레스테롤, 저밀도 콜레스테롤, 자유지방산, 공복인슐린, C 반응단백, 고혈압, 당뇨의 유무 및 흡연, 알코올 섭취량 모두 유의한 차이가 없었다.

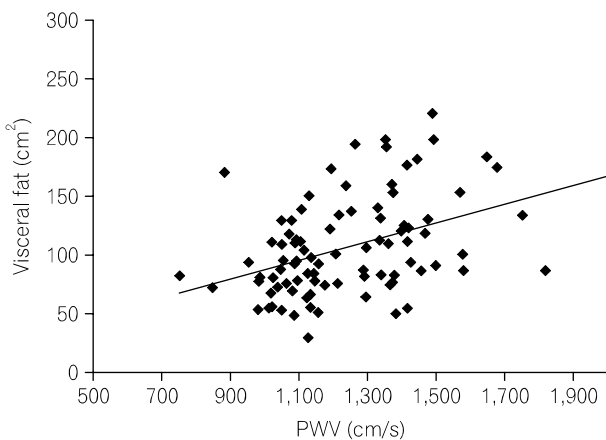
### 2. 상완-발목 맥파 속도(baPWV)와 체성분 구성과의 연관성

상완-발목 맥파 속도(baPWV)은 신체계측치 중 허리둘레(r=0.239; P=0.027), 허리엉덩이 둘레비(r=0.354; P=0.001)와 양의 상관관계를 보였으며, 컴퓨터 단층촬영에서 측정된 내장지방 면적(r=0.456; P<0.001), 복부내장지방/복부피하지방의 비(r=0.370; P=0.001), 복부내장지방/대퇴부 골격근육비(r=0.492; P<0.001)와 양의 상관 관계가 있었다. 하지만 컴퓨터 단층촬영에서 측정된 대퇴부 피하지방과(r=-0.251; P=0.022)는 음의 상관관계가 있었다(표 2)(그림 1).

**Table 2.** Correlation of pulse wave velocity and body composition.

	Pulse wave velocity	
	r	P-values
<b>Anthropometry</b>		
BMI (kg/m <sup>2</sup> )*	0.147	0.179
Waist circumference (cm)	0.239	0.027
Hip circumference (cm)	0.064	0.586
WHR <sup>†</sup>	0.354	0.001
<b>DXA<sup>‡</sup></b>		
Total body fat percent (%)	0.070	0.532
Total fat mass (kg)	-0.021	0.849
Total lean mass (kg)	-0.018	0.872
Trunk fat mass (kg)	0.204	0.068
Trunk lean mass (kg)	0.067	0.553
Peripheral fat mass (kg)	-0.117	0.297
Peripheral lean mass (kg)	-0.120	0.285
<b>CT<sup>§</sup></b>		
Total fat areas (cm <sup>2</sup> )	-0.212	0.849
Visceral fat areas (cm <sup>2</sup> )	0.456	<0.001
Subcutaneous fat areas (cm <sup>2</sup> )	-0.079	0.479
Thigh SFA(cm <sup>2</sup> ) <sup>  </sup>	-0.251	0.022
TLDMA (cm <sup>2</sup> ) <sup>¶</sup>	-0.059	0.599
TNDMA (cm <sup>2</sup> )**	-0.063	0.569
VSR <sup>††</sup>	0.370	0.001
VMR <sup>‡‡</sup>	0.492	<0.001

Coefficients (r) and P-values are calculated by Pearson correlation model. \*BMI: body mass index, <sup>†</sup>WHR: waist hip ratio, <sup>‡</sup>DXA: dual energy X-ray absorptiometry, <sup>§</sup>CT: computed tomography, <sup>||</sup>Thigh SFA: midhigh subcutaneous fat area (cm<sup>2</sup>), <sup>¶</sup>TLDMA: midhigh low density muscle area (cm<sup>2</sup>), <sup>\*\*</sup>TNDMA: midhigh normal density muscle area (cm<sup>2</sup>), <sup>††</sup>VSR: abdominal visceral fat vs. subcutaneous fat area ratio, <sup>‡‡</sup>VMR: abdominal visceral fat vs. midhigh skeletal muscle area ratio.



**Figure 1.** Correlation of abdominal visceral fat area measured by CT and pulse wave velocity (r=0.456; P<0.001).

**Table 3.** Correlation between pulse wave velocity and other cardiovascular risk factors.

	Pulse wave velocity	
	r	P-values
Age (yr)	0.550	<0.001
Systolic blood pressure (mmHg)	0.523	<0.001
Diastolic blood pressure (mmHg)	0.405	<0.001
Heart rate (beat/min)	0.072	0.595
Fasting blood sugar (mg/dL)	0.212	0.052
Fasting insulin (mmol/L)	0.045	0.683
HOMA-IR*	0.080	0.467
Total cholesterol (mg/dL)	0.177	0.108
LDL-cholesterol (mg/dL)	0.093	0.404
HDL cholesterol (mg/dL)	-0.109	0.327
Triglyceride (mg/dL)	0.327	0.003
Free fatty acid (mg/dL)	0.206	0.063
Hs-CRP (mg/dL) <sup>†</sup>	-0.045	0.687

Coefficients (r) and P-values are calculated by Pearson correlation model. \*HOMA-IR: homeostasis model assessment insulin resistance, <sup>†</sup>Hs-CRP: high-sensitivity C-reactive protein.

### 3. 상완-발목 맥파 속도(baPWV)와 심혈관계 위험인자와의 연관성

상완-발목 맥파 속도(baPWV)와 나이, 체질량 지수, 수축기 혈압, 이완기 혈압, 심박동수, 공복 혈당, 공복 인슐린, HOMA-IR, 총 콜레스테롤, 중성지방, 고밀도 지단백 콜레스테롤, 저밀도 지단백 콜레스테롤, 자유지방산, C 반응단백의 연관성을 피어슨 상관분석으로 알아 본 결과, 나이(r=0.550; P<0.001), 수축기 혈압(r=0.523; P<0.001), 이완기 혈압(r=0.405; P<0.001), 중성지방(r=0.327; P=0.003)과 양의 상관관계를 보였으며, 다른 인자들과는 상관관계가 없었다(표 3).

### 4. 상완-발목 맥파 속도(baPWV)와 체성분 구성의 다중회귀분석

상완-발목 맥파 속도(baPWV)와 체성분 구성과의 고유한 관계를 알아보기 위하여 나이, 체질량 지수, 수축기 혈압, 공복 혈당, 중성지방, 자유지방산 및 나머지 체성분 구성요소를 보정하여 다중 회귀 분석을 실시하였다. 상완-발목 맥파 속도는 컴퓨터 단층촬영에서 측정된 내장지방 면적과 독립적으로 유의한 연관성이 있었다(R<sup>2</sup>=0.560, P=0.006)(표 4).

Table 4. Multiple regression analysis of body compositions and pulse wave velocity.

	Pulse wave velocity		
	Parameter estimate	SE	P-values*
<b>Anthropometry</b>			
Waist circumference (cm)	-6.243	10.321	0.547
WHR <sup>†</sup>	2,030.557	1,134.157	0.078
<b>DXA<sup>‡</sup></b>			
Trunk fat mass (kg)	0.298	0.125	0.465
Trunk lean mass (kg)	-0.015	0.018	0.947
Peripheral fat mass (kg)	-0.023	0.021	0.277
Peripheral lean mass (kg)	0.003	0.020	0.885
<b>CT<sup>§</sup></b>			
Visceral fat areas (cm <sup>2</sup> )	0.027	0.010	0.006
Subcutaneous fat areas (cm <sup>2</sup> )	-0.001	0.001	0.528
Thigh SFA (cm <sup>2</sup> ) <sup>  </sup>	-0.008	0.015	0.601
TLDMA (cm <sup>2</sup> ) <sup>¶</sup>	-0.012	0.035	0.726
TNDMA (cm <sup>2</sup> ) <sup>**</sup>	-0.011	0.023	0.649

\*Calculated by multiple regression model using mean pulse wave velocity as the dependent variable. Each model (anthropometry, DXA, CT) is adjusted for age, BMI, systolic blood pressure, fasting blood glucose, triglyceride, free fatty acid and the other body composition variables, <sup>†</sup>WHR: waist hip ratio, <sup>‡</sup>DXA: dual energy X-ray absorptiometry, <sup>§</sup>CT: computed tomography, <sup>||</sup>Thigh SFA: midthigh subcutaneous fat area (cm<sup>2</sup>), <sup>¶</sup>TLDMA: midthigh low density muscle area (cm<sup>2</sup>), <sup>\*\*</sup>TNDMA: midthigh normal density muscle area (cm<sup>2</sup>).

## 고찰

본 연구 결과는 과체중, 비만한 여성에서 체질량 지수가 비슷하더라도 내장지방군이 피하지방군에 비하여 공복혈당, 고밀도 콜레스테롤, 중성지방, 인슐린 저항성, 상완-발목 맥파 속도 등 심혈관 위험인자 계측치가 높으며, 복부내장지방은 동맥의 경직도의 증가와 독립적인 연관이 있음 보여 준다. 이 결과는 어떻게 복부 내장지방이 심혈관 질환을 일으키는지 이해하는 하나의 병태생리학적 기틀을 제공하여 준다.

이전 역학 연구들에서 복부비만과 내장지방은 심혈관 질환의 주요 위험인자로 일반적으로 허리둘레 혹은 허리엉덩이둘레비로 측정되었으며, 반대로 사지의 지방은 심혈관 질환을 예방하는 보호기능이 있는 것으로 알려져 있다.<sup>1,13)</sup> 큰 허리둘레 혹은 허리엉덩이둘레비는 체질량지수나 몸무게에 비하여 심혈관 질환의 사망률과 이

환율을 예측하는 좋은 지표로 나타났다.<sup>14)</sup> 이에 반해 대략적인 체지방의 측정(체질량지수, 몸무게, 전체 지방량)은 장기적인 대동맥의 석회화, 동맥의 경직도에 일관된 관련성을 보여주지 못하였다.<sup>6)</sup> 체질량지수가 높은 것은 지방량뿐 아니라 근육량이 많은 경우도 반영하기에<sup>15)</sup>, 체질량지수와 동맥의 경직도와와의 연관성은 지방과 근육량의 배합에 따라 상반된 결과를 나타낼 수 있다. 이중방사선흡수측정으로 측정된 몸통의 지방량/사지의 지방량의 비는 체질량지수 및 전체지방량과는 독립적으로 죽상경화의 진행과 관련이 있었다.<sup>16)</sup> 따라서 체지방 분포는 지방의 양보다 죽상경화나 심혈관 질환의 위험을 예측하는 좋은 인자임을 알 수 있다. 하지만 이중방사선흡수측정도 내장지방과 피하지방을 구분하지 못하기 때문에, 측정된 몸통의 체지방량은 근육뿐 아니라 내부 장기의 질량도 포함하고 대부분의 경우 이를 구분하는 정확한 검사가 요구된다.<sup>17)</sup>

본 연구에서는 이러한 단점을 보완하여 컴퓨터단층촬영을 이용하여 정확하게 체구성을 측정하였으며 이에 따라 내장지방군과 피하지방군으로 분류하였다.

동맥 맥파 속도(pulse wave velocity: PWV)는 혈관의 탄력성과 유순도가 저하되는 조기의 기능적 변화를 나타내는 동맥의 경직도(arterial stiffness)를 측정할 뿐 아니라<sup>18)</sup> 혈관 손상의 심각도를 반영하는 지표라고 알려져 있는데<sup>19)</sup>, 최근 연구들에 의하면 연령 및 다른 보편적인 죽상경화의 위험 인자와는 독립적으로 심혈관 질환의 강력한 예측인자이며<sup>20)</sup>, 사망률을 예측할 수 있을 것<sup>21)</sup>으로 보고되고 있다. 동맥 맥파 속도의 증가는 동맥의 경직도를 증가시키고, 이는 심실에 부담을 주어 심박출량을 감소시키고 심근의 산소 요구량을 증가시키며 동맥벽에 스트레스를 가하여 죽상경화증을 촉진시킨다.<sup>22)</sup>

아직까지 생리병리학적으로 복부지방과 동맥의 경직도가 어떤 연관성을 가지고 있는지는 잘 알려져 있지 않다. 하지만 널리 받아들여지는 이론은 복부내장지방의 해부학적, 대사적 특성과 죽상경화와의 관련성이다.

내장지방은 지방 분해능이 높아 직접적으로 자유지방산을 간문맥으로 내보내 혈당대사에 이상을 가져온다.<sup>23)</sup> 복부내장지방은 고혈당과 고인슐린혈증을 일으키며, 이는 자유지방산 분비를 증가시킨다.<sup>1)</sup>

증가된 자유지방산은 복부비만과 동맥 맥파속도와와의 관련성을 설명하여 주는데 자유 지방산은 동맥의 경직도에 아드레날린 반응성을 증가시키고, 혈관긴장도를 증가시켜 혈압을 변화시키는 작용을 한다.<sup>24)</sup> 비록 본 연구에서는 자유지방산과 동맥 맥파 속도가 통계적으로 유의한 의미를 가지지는 못하였지만 아마도 이는 적은 대상자 수 때문일 것이다. 인슐린과 혈당은 체성분의 구

성과 동맥의 경직도를 연관짓는 매개체로 작용하여 고 인슐린혈증은 내피세포 기능부전과 산화 스트레스, 혈관의 평활근 증식, 교감신경의 활성화를 가져오고 이들은 모두 동맥의 경직도를 증가시킬 수 있다.<sup>25)</sup>

반면에 엉덩이와 대퇴부위의 피하지방은 보호역할이 있는 데, 이는 지방세포가 지질분해 자극에 덜 민감하기 때문이며, 혈중의 지방산을 좀 더 잘 포획하여 빨리 분비하지 않도록 한다. 이를 지방산 포획이라고 한다.<sup>26)</sup> 따라서 증가된 피하지방 저장은 간, 췌장, 골격근 등의 다른 기관을 과도한 지방산 노출로부터 보호한다.<sup>26)</sup> 본 연구에서도 피하지방군이 내장지방군보다 심혈관 위험인자 계측치가 낮았으며, 컴퓨터 단층촬영에서 측정된 대퇴부 피하지방과 상완-발목 맥파 속도는 음의 상관관계가 있었다.

두 번째는 염증지표가 복부내장지방과 동맥의 경직도 사이의 중간 매개체 역할을 하는 것이다. 염증지표는 비만일 때 증가하고 내피세포기능부전과 연관이 있다.<sup>27)</sup>

마지막으로 비만세포는 여러 단백을 분비하는 내분비적 기능이 있어 leptin, adiponectin, resistin, TNF- $\alpha$ , IL-6 등을 분비하는데<sup>28)</sup>, 체구성에 따라 이들 단백질 물질의 지역적인 분비 차이는 내장비만으로 인한 혈관의 구조변화를 가져올 수 있음을 의미한다.<sup>29)</sup>

복부비만에 비해 전반적으로 비만한 여성이 높은 adiponectin을 보이며 이는 독립적으로 사지의 지방량이 혈중 adiponectin에 미치는 긍정적 영향을 의미한다. 사지의 지방은 죽상경화에 보호 효과가 있는 adiponectin과 같은 물질을 더 많이 분비하여 인슐린 저항성을 낮추고 죽상경화반의 형성을 낮출 것으로 예측된다.<sup>29)</sup>

본 연구의 한계점은 단면 연구이기에 체성분의 구성과 동맥의 경직도를 연관짓는 인과관계를 정확히 알 수 없고 다른 혼란변수를 배제하지 못하였을 가능성이 있다. 앞으로 전향적인 연구가 필요하며, 염증지표나 단백질 물질을 비롯하여 이들의 관계를 명확히 하는 병태생리학적 기전을 밝힐 연구가 필요하다.

결론적으로 본 연구는 복부내장지방만이 동맥의 경직도와 유의한 연관성이 있었으며 비록 이것이 전체적인 지방량과 체성분에 영향을 받을지라도 심혈관 질환을 예방하기 위해서 복부내장지방을 줄이는 임상적인 노력이 요구된다. 운동량의 증가, 금연, 금주 등은 체중 감량뿐 아니라 체지방의 분포도 바꿀 수 있다.<sup>30)</sup> 운동량의 증가는 복부의 내장지방을 줄이고 근육량을 늘림으로 더 좋은 체성분을 유지할 수 있도록 하며, 금연과 금주는 호르몬에 영향을 준다.<sup>30)</sup> 따라서 장기간 생활 습관의 변화로 동맥 경직도가 바뀌어질 수 있으며, 이는 심혈관질환에 좋은 영향을 미칠 것으로 기대된다.<sup>6)</sup>

ABSTRACTS

**Visceral Abdominal Fat as a Determinant of Arterial Stiffness in Overweight and Obese Women**

Ji Weon Lee, M.D., Hye Ree Lee, M.D., Jaeyong Shim, M.D., Sang Hwan Kim, M.D.\*, Jee Ae Im, Ph.D.\*\*\*, Duk Chul Lee, M.D., Ph.D.<sup>†</sup>

Department of Family Medicine, Yonsei University College of Medicine, Yongdong Severance Hospital, \*School of Medicine, Eulji University, \*\*Department of Laboratory Medicine, MizMedi Hospital, Seoul, Korea

**Background:** Increased abdominal obesity is clearly associated with metabolic diseases and associated with increased risk for atherosclerosis and cardiovascular diseases. But the mechanisms underlying these associations are not completely understood. The aim of this study was to correlate the regional body composition with pulse wave velocity in the overweight and obese women.

**Methods:** We investigated 104 overweight and obese participants. Regional body composition was distinguished by anthropometry, dual-energy X-ray absorptiometry, and computed tomography (CT). For estimates of arterial stiffness, we measured brachial ankle pulse wave velocity (baPWV). Fasting blood glucose, lipid parameters, CRP, and free fatty acid were measured. Pearson's correlation analysis and multiple regression analysis were conducted to identify the relationship between baPWV and regional body composition.

**Results:** Average age, fasting blood sugar, HDL-cholesterol, triglyceride, HOMA-IR, abdominal visceral fat area measured by CT, visceral fat area/ subcutaneous fat area (VSR), and visceral fat area/midthigh muscle area (VMR) were all significantly higher in the visceral obesity group than the subcutaneous obesity group. BaPWV was positively correlated with age, blood pressure, triglyceride, waist circumference, waist hip ratio, abdominal visceral fat area measured by CT, and VSR and inversely correlated with thigh subcutaneous fat area. In multiple regression models, after adjustment for confounding factors, baPWV was independently correlated with abdominal visceral fat area measured by CT ( $R^2=0.560$ ,  $P=0.006$ ).

**Conclusion:** Abdominal visceral fat area measured by CT was the only measurement positively associated with

baPWV which explains the relationship of regional body composition and arterial stiffness. (*J Korean Acad Fam Med* 2006;27:815-821)

**Key words:** brachial-ankle pulse wave velocity, regional body composition, visceral obesity

### 참 고 문 헌

1. Bjorntorp P. Body fat distribution, insulin resistance, and metabolic diseases. *Nutrition* 1997;13:795-803.
2. Oppert JM, Charles MA, Thibault N, Guy-Grand B, Eschwege E, Ducimetiere P. Anthropometric estimates of muscle and fat mass in relation to cardiac and cancer mortality in men: the Paris Prospective Study. *Am J Clin Nutr* 2002;75:1107-13.
3. Westerhof N, O'Rourke MF. Haemodynamic basis for the development of left ventricular failure in systolic hypertension and for its logical therapy. *J Hypertens* 1995;13:943-52.
4. 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.
5. Lehmann ED, Riley WA, Clarkson P, Gosling RG. Non-invasive assessment of cardiovascular disease in diabetes mellitus. *Lancet* 1997;350(Suppl 1):S114-9.
6. Mackey RH, Sutton-Tyrrell K, Vaitkevicius PV, Sakkinen PA, Lyles MF, Spurgeon HA, et al. Correlates of aortic stiffness in elderly individuals: a subgroup of the Cardiovascular Health Study. *Am J Hypertens* 2002;15:16-23.
7. Gallagher D, Visser M, Sepulveda D, Pierson RN, Harris T, Heymsfield SB. How useful is body mass index for comparison of body fatness across age, sex, and ethnic groups? *Am J Epidemiol* 1996;143:228-39.
8. Bussolotto M, Cecon A, Sergi G, Giantin V, Beninca P, Enzi G. Assessment of body composition in elderly: accuracy of bioelectrical impedance analysis. *Gerontology* 1999;45:39-43.
9. McNeill G, Fowler PA, Maughan RJ, McGaw BA, Fuller MF, Gvozdanovic D, et al. Body fat in lean and overweight women estimated by six methods. *Br J Nutr* 1991;65(2):95-103.
10. Fujioka S, Matsuzawa Y, Tokunaga K, Tarui S. Contribution of intra-abdominal fat accumulation to the impairment of glucose and lipid metabolism in human obesity. *Metabolism* 1987;36:54-9.
11. Ohnishi H, Saitoh S, Takagi S, Ohata J, Isobe T, Kikuchi Y, et al. Pulse wave velocity as an indicator of atherosclerosis in impaired fasting glucose: the Tanno and Sobetsu study. *Diabetes Care* 2003;26:437-40.
12. Yamashina A, Tomiyama H, Takeda K, Tsuda H, Arai T, Hirose K, et al. Validity, reproducibility, and clinical significance of non-invasive brachial-ankle pulse wave velocity measurement. *Hypertens Res* 2002;25:359-64.
13. Sardinha LB, Teixeira PJ, Guedes DP, Going SB, Lohman TG. Subcutaneous central fat is associated with cardiovascular risk factors in men independently of total fatness and fitness. *Metabolism* 2000;49:1379-85.
14. Rexrode KM, Carey VJ, Hennekens CH, Walters EE, Colditz GA, Stampfer MJ, et al. Abdominal adiposity and coronary heart disease in women. *JAMA* 1998;280:1843-8.
15. Snijder MB, Dekker JM, Visser M, Bouter LM, Stehouwer CD, Yudkin JS, et al. Trunk fat and leg fat have independent and opposite associations with fasting and postload glucose levels. The Hoorn Study. *Diabetes Care* 2004;27:372-7.
16. Ferreira I, Snijder MB, Twisk JW, Van Mechelen W, Kemper HC, Seidell JC, et al. Central fat mass vs peripheral fat and lean mass: opposite (adverse vs favorable) associations with arterial stiffness? The amsterdam growth and health longitudinal study. *J Clin Endocrinol Metab* 2004;89:2632-9.
17. Snijder MB, Henry RM, Visser M, Dekker JM, Seidell JC, Ferreira I, et al. Regional body composition as a determinant of arterial stiffness in the elderly: The Hoorn Study. *J Hypertens* 2004;22:2239-47.
18. Arnett DK, Evans GW, Riley WA. Arterial stiffness: a new cardiovascular risk factor? *Am J Epidemiol* 1994;140:669-82.
19. Van Popele NM, Grobbee DE, Bots ML, Asmar R, Topouchian J, Reneman RS, et al. Association between arterial stiffness and atherosclerosis: the Rotterdam study. *Stroke* 2001;32:454-60.
20. 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 patients. *Hypertension* 2001;37:1236-41.
21. Boutouyrie P, Tropeano AI, Asmar R, Gautier I, Benetos A, Lacolley P, et al. Aortic stiffness is an independent predictor of primary coronary events in hypertensive patients: a longitudinal study. *Hypertension* 2002;39:10-5.
22. London GM, Guerin AP, Marchais SJ, Pannier B, Safar ME, Day M, et al. Cardiac and arterial interactions in end-stage renal disease. *Kidney Int* 1996;50:600-8.
23. Arner P. Insulin resistance in type 2 diabetes: role of fatty acids. *Diabetes Metab Res Rev* 2002;18(Suppl 2):S5-9.
24. Egan BM, Lu G, Greene EL. Vascular effects of nonesterified fatty acids: implications for the cardiovascular risk factor cluster. *Prostaglandins Leukot Essent Fatty Acids* 1999;60:411-20.
25. Eckel RH, Wassef M, Chait A, Sobel B, Barrett E, King G, et al. Prevention Conference VI: Diabetes and Cardiovascular Disease: Writing Group II: pathogenesis of atherosclerosis in diabetes. *Circulation* 2002;105:e138-43.
26. Frayn KN. Adipose tissue as a buffer for daily lipid flux. *Diabetologia* 2002;45:1201-10.
27. Lyon CJ, Law RE, Hsueh WA. Minireview: adiposity, inflammation, and atherogenesis. *Endocrinology* 2003;144:2195-200.
28. Okamoto Y, Arita Y, Nishida M, Muraguchi M, Ouchi N, Takahashi M, et al. An adipocyte-derived plasma protein, adiponectin, adheres to injured vascular walls. *Horm Metab Res* 2000;32:47-50.
29. Arner P. Regional differences in protein production by human adipose tissue. *Biochem Soc Trans* 2001;29:72-5.
30. Han TS, Bijnen FC, Lean ME, Seidell JC. Separate associations of waist and hip circumference with lifestyle factors. *Int J Epidemiol* 1998;27:422-30.