체질량지수, 허리둘레와 심초음파로 측정된 좌심실 이완 기능 지표의 관련성

조윤정, 이건호*

대구가톨릭대학교 의과대학 가정의학교실

Relation between Body Mass Index, Waist Circumference, and Echocardiographic Index of Left Ventricular Diastolic Function

Yoon Jeong Cho, Geon Ho Lee*

Department of Family Medicine, Catholic University of Daegu School of Medicine, Daegu, Korea

Background: Obesity is associated with a variety of diseases and increases cardiovascular morbidity and mortality. The purpose of this study is to examine the relationship between the obesity index and diastolic function parameters of the left ventricle. We use body mass index (BMI) and waist circumference (WC) as the obesity index.

Methods: From January 2010 to December 2012, 390 cases (283 men, 109 women) were enrolled in this study. The blood pressure, height, weight, blood test, personal habits questionnaire, and echocardiographic indices were obtained. We analyzed the echocardiographic indices of left ventricular diastolic function with BMI and WC.

Results: The left ventricle (LV) mass index ($P=0.007$), LV dimension ($P<0.01$), A ($P<0.01$), A' ($P=0.030$), and E/E' ($P=0.006$) were higher, and E ($P=0.003$), E' ($P<0.01$), E/A ($P<0.01$) were lower in the overweight and obese groups than in the normal group. On multiple linear regression analysis, E/E' correlated positively with age, gender, BMI and systolic blood pressure. In men, E/E' correlated positively with age and BMI or WC. In women, only age had a positive correlation with E/E'.

Conclusion: In men, increased BMI or waist circumference are associated with an increase in E/E', which surrogates left ventricular diastolic dysfunction. In women, obesity and abdominal obesity have no correlation with E/E'.

Key words: BMI, Waist circumference, Left ventricular diastolic dysfunction

서 론

비만은 다양한 심혈관계 합병증과 밀접하게 관련된 만성 대사성 장애이다.¹ 비만은 지방간, 골관절염, 통풍, 수면무호흡증, 폐성심, 무월경, 불임증, 우울증 등 신체 전반의 다양한 질병과 관련이 있고 동맥경화, 고지혈증, 고혈압, 당뇨병, 협심증, 심근경색, 뇌졸중 등 심혈관계 질환의 이환율과 사망률에 큰 영향을 끼친다.²⁻⁴

국민건강영양조사⁵에서 발표한 지난 10여 년간 우리나라의 비만 유병률 추이를 살펴보면 체질량지수 25 kg/m^2 이상을 비만으로 보았

을 때 2010년 만 19세 이상 성인 남자의 36.3%, 여자의 24.8%가 비만으로 이는 1998년에 비하여 남자는 10.1% 증가, 여자는 0.3% 감소한 수치이다. 우리나라 복부비만 기준인 남자 허리둘레 90 cm 이상, 여자 허리둘레 85 cm 이상을 적용하면 2010년 만 19세 이상 성인 남자의 24.0%, 여자의 20.5%가 복부비만으로 이는 1998년에 비하여 남자는 3.9% 증가, 여자는 2.2% 감소하였다.

비만은 체지방이 과다 축적된 상태를 의미하므로 엄밀한 의미로는 체지방량을 산출해서 비만을 판정해야 하나 실제로 체지방량을 정확히 측정하기 어려우므로 임상에서는 체질량지수, 허리둘레와 같은

간편한 수치들로 비만의 정도를 예측한다.⁶

비만환자에서 전신성 고혈압이나 기질적 심장 질환이 없더라도 과도한 지방 세포 축적에 따라 다양한 심장 구조와 기능의 적응 및 변화가 나타난다는 것은 잘 알려진 사실이다.¹ 지방조직의 증가와 산소 요구량의 증가에 따른 혈류량 증가에 적응하기 위해 심박출량이 증가하여 좌심실이 비후되고 좌심실 질량이 증가한다. 전부하의 증가와 충만압의 증가에 따라 좌심실 확장이 발생하고 좌심실 이완 장애는 좌심방 확장, 좌심방 부피 증가를 초래한다. 늘어난 좌심방은 향후 심방 세동 및 심혈관 질환의 위험인자가 된다.^{7,8}

고도 비만과 좌심실 기능 사이의 상관관계는 Smith 등⁹에 의하여 20세기 중반 처음으로 연구되었다. 그 후에 심초음파, 심도자술, 부검 등을 이용해 병적 비만과 심장의 구조 변화 및 심장 수축기능 사이의 관련성을 보여준 여러 연구들이 있었다.^{10,11} Kasper 등¹²은 고도비만환자에서 분당 심박출량, 폐혈관 저항지수, 수축기 혈압 등이 증가되어 있고, 이는 체질량지수와 양의 상관관계를 가진다고 하였다. Pascual 등¹³은 체질량지수에 상관없이 모든 비만환자들에게 무증상의 좌심실 확장기능의 감소가 관찰되었고 비만의 초기단계에서 심장의 수축기능의 증가가 체질량지수와 관련성을 가진다고 하였다. 우리나라에서도 과체중 및 비만 환자에서 좌심실 기능의 조기 변화에 대하여 티슈 도플러 심초음파를 이용한 연구가 있었고, 이 연구에서는 체중 증가에 따라 좌심실 수축기 장애가 나타나기 전 초기에 확장기 기능이 악화되며, 이러한 확장기 기능의 변화는 과체중의 단계에서 이미 나타났다고 보고한 바 있다.¹⁴ 이에 본 연구에서는 비만의 정도와 심초음파상 좌심실 이완 장애를 나타내는 지표와의 관련성에 대하여 알아보고, 비만 정도의 지표로 체질량지수와 허리둘레를 이용하여 좌심실 이완 장애 지표와의 연관성을 남녀별로 비교해 보고자 하였다.

대상 및 방법

1. 연구대상

2010년 1월 1일부터 2012년 12월 31일까지 일개 대학병원 건강증진센터에서 검진받은 수검자 중 심장초음파를 시행한 855명을 대상으로 조사하였다. 심초음파상 좌심실 수축률(left ventricular ejection fraction, LVEF)이 정상이며(LVEF $\geq$ 55%), 좌심실 확장 소견이 없는(좌심실 확장기말 직경 $\leq$ 55 mm) 경우만 포함하였으며, 심혈관 질환 및 합병증(협심증, 심근경색, 심부전, 뇌졸중), 선천성, 판막성 심질환, 부정맥, 심초음파상 판막 협착증, 2등급 이상의 판막 폐쇄 부전증, 국소적 심실벽 운동장애, 좌심실 확장기 기능이 제한성 양상을 보이는 수검자를 제외하였다. 또한 좌심실 이완 기능에 영향을 끼칠 수 있는 고혈압, 당뇨병, 고지혈증, 빈혈, 갑상선 및 신장 기능 이상 등의 질환을 가진 수검자는 제외하여, 총 390명(남자 283명, 여자 107명)을 최

종 대상으로 하여 후향적 단면 연구를 시행하였다.

2. 연구방법

혈압은 10분 이상 휴식을 취한 후 우측 상완에서 자동 혈압 측정계(Zeus 9.9 Plus, Jawon medical, Kyeongsan, Korea)로 수축기 및 이완기 혈압을 측정하였다. 모든 수검자는 검사 전 8시간 이상 금식한 상태에서 채혈을 실시하여 당화혈색소, 혈당, 중성지방, 총콜레스테롤, 감마-글루타밀전이효소 수치 등을 검사하였다.

생활습관 조사는 흡연, 음주, 운동에 대하여 구조화된 설문지를 이용하였다. 흡연의 경우 과거 흡연을 한 적이 없거나 과거 흡연한 적이 있더라도 현재 중단한 상태인 경우와 현재 흡연을 지속중인 경우로 나누었다. 음주는 과거 술을 마신 적이 있거나 마시다 끊은 경우(0)와 현재도 음주 중인 경우(1)로 분류하였다. 운동은 일주일 동안 4일 미만으로 운동하는 경우와 4일 이상 운동하는 경우로 나누었다.

체중 및 신장은 검진용 가운을 착용하고 신발을 벗은 상태에서 직립 자세로 자동신장측정기(AD-225A)를 사용하여 측정하였다. 이를 바탕으로 체중을 키의 제곱 값으로 나누어 체질량지수(kg/m^2)를 계산하였다. 체질량지수는 WHO 서태평양지역 회의¹⁵에서 정한 기준을 참고하여 18.5-22.9 kg/m^2 를 정상군, 23-24.9 kg/m^2 를 과체중군, 25 kg/m^2 이상을 비만군으로 나누었다. 복부비만 평가를 위해 허리둘레를 사용하였으며 허리둘레는 세계보건기구의 권고에 따라 기립자세에서 늑골 최하단부와 골반 장골능사이의 가장 가는 부위를 0.1 cm까지 측정하였다. 복부 비만의 기준은 대한비만학회에서 정한 대로 남자 90 cm 이상, 여자 85 cm 이상으로 하였다.¹⁶

심초음파 기기는 Vivid 7 Dimension (GE Medical, Horten, Norway)을 사용하였다. 좌심실 흉골연단축 단면도(parasternal short axis views)의 유두근 부위에서 M-mode를 측정하여 좌심방 크기(left atrial dimension, LAD), 좌심실 확장기말 내경(left ventricular end diastolic dimension, LVD diastole) 및 좌심실 수축기말 내경(left ventricular end systolic dimension, LVD systole), 좌심실 수축률(LVEF), 좌심방 부피(left atrial volume, LAV)를 측정하였다. 좌심실 질량은 Devereux에 따른 ASE convention 방식¹⁷을 사용하였으며 좌심실 질량 수치(left ventricular mass index, LVMI)는 질량 값에서 체표면적을 나누어 구하였다. 좌심실 이완 기능 지표는 승모판첨부에서의 초기 이완기 혈류속도(early peak mitral inflow velocity, E)와 후기 이완기 혈류 속도(late peak mitral inflow velocity, A), E/A 비, E의 감속속도(deceleration time, DT)를 측정하였고, 승모판 중격측 고리부위에서 확장기 초기 최고 속도(early diastolic mitral annulus motion velocity, E') 및 후기 최고 속도(late diastolic mitral annulus motion velocity, A')를 측정하였다. 본 연구는 대구가톨릭대학교병원의 임상연구윤리위원회(Institutional Review Board, IRB)의 승인을 받았다.

3. 분석방법

자료 분석 및 통계처리는 SPSS version 19.0 for Window를 이용하였다. 연구 대상자들을 남자, 여자로 구분하여 연령, 체질량지수, 허리둘레 등의 일반적 특성과 혈액검사결과, 심장 기능 지표를 독립표본 *t*-검정을 통해 평균을 비교하였고, 카이제곱 test를 이용하여 흡연, 음주 및 운동의 생활습관을 비교하였다. 체질량지수에 따라 나눈 정상 체중군, 과체중군, 비만군에서의 심장 기능 지표의 변화를 비교하기 위해 일원배치분산분석을 이용하였고 허리둘레에 따라 정상군, 복부 비만군으로 나누어 독립표본 *t*-검정을 사용하였다. 유의한 차이를 보이는 변수들에 대해서는 다중선형회귀분석을 이용하여 연관성을 조사하였다. 통계적 유의성은 *P*값이 0.05 미만으로 정의하였다.

결 과

1. 일반적 특성

대상자는 총 390명으로, 남자는 283명, 여자는 107명이었다. 평균 나이는 남자 46.8±8.5세, 여자 47.3±11.4세였다. 평균 체질량지수는 남자 24.4±2.8 kg/m², 여자 22.7±2.4 kg/m²였고 허리둘레는 각각 남자 85.2±7.6 cm, 여자 74.8±6.6 cm였다. 수축기 혈압은 남자, 여자에서 125.3±13.7 mmHg, 115.7±13.7 mmHg였고, 이완기 혈압은 남자, 여자에서 각각 76.3±9.6, 69.6±9.1로 모두 남자에서 유의하게 높았다 (*P*<0.001). 심장 기능 지표 중 수축기능을 나타내는 4방도 좌심실 수축률과 M형 좌심실 수축률은 모두 여자에서 높았으나 통계적 유의성은 없었다. 좌심실 질량 지표(LVMI)는 남자, 여자에서 각각 118.5±20.7 g/m², 107.5±21.1 g/m² (*P*=0.007)였고, 좌심실 확장기말 직경(LVD diastole)은 남, 여에서 48.5±3.7 mm, 45.9±3.2 mm (*P*<0.001), 좌심실 수축기말 직경(LVD systole)은 남, 여에서 30.7±3.2 mm, 28.7±2.8 mm (*P*<0.001), 좌심방 부피(LAV)는 남녀 각각에서 44.3±11.9 mL, 40.7±14.8 mL (*P*=0.014), 좌심방 직경(LAD)은 남자, 여자에서 37.6±4.4 mm, 35.1±4.9 mm (*P*<0.001), 승모판 중격측 확장기 후기 최고 속도(A')는 남자, 여자 각각 9.4±2.0 cm/sec, 8.8±2.0 cm/sec (*P*=0.003)로 남자에서 유의하게 높았고, E/E'는 남자, 여자에서 각각 7.8±2.1, 8.4±2.2 (*P*=0.016)였고, 승모판첨부에서의 초기 이완기 혈류속도(E)는 66.8±14.0 cm/sec, 78.0±17.1 cm/sec (*P*<0.001), 승모판 중격측 고리부위에서 확장기 초기 최고 속도(E')는 9.0±2.4 cm/sec, 9.8±2.9 cm/sec (*P*=0.007), E/A 비는 남자, 여자에서 1.2±0.4, 1.4±0.5 (*P*=0.002)로 여자에서 유의하게 높았다(Table 1).

2. 체질량지수에 따른 심장 기능 지표 분석

대상자를 체질량지수에 따라 정상 체중, 과체중, 비만군으로 분류하여 각각에서 심장 기능 지표를 분석하였다. 정상 체중군은 141명

Table 1. General characteristics of the subjects according to sex

	Men (N=283)	Women (N=107)	<i>P</i>
Age (yr)	46.8±8.5	47.3±11.4	0.666
BMI (kg/m ²)	24.4±2.8	22.7±2.4	<0.001
WC (cm)	85.2±7.6	74.8±6.6	<0.001
Abdominal obesity (N, %)			<0.001
WC (Men) ≥90 cm or WC (Women) ≥85 cm	214 (75.6)	98 (91.6)	
WC (Men) <90 cm or WC (Women) <85 cm	69 (24.4)	9 (8.4)	
SBP (mmHg)	125.3±13.7	115.7±13.7	<0.001
DBP (mmHg)	76.3±9.6	69.6±9.1	<0.001
Smoking (N, %)			<0.001
None or ex-smoker	171 (60.4)	105 (98.1)	
Smoker	112 (39.6)	2 (1.9)	
Alcohol drinking (N, %)			<0.001
0	60 (21.2)	59 (55.1)	
1	223 (78.8)	48 (44.9)	
Exercise (N, %)			0.681
< 4 days/week	128 (45.2)	45 (42.1)	
≥ 4 days/week	155 (54.8)	62 (57.9)	
LVEF (4 chamber) (%)	63.7±4.2	64.5±4.3	0.102
LVEF (M mode) (%)	66.4±5.1	67.2±5.3	0.151
LVMI (g/m ²)	118.5±20.7	107.5±21.1	<0.001
LVD diastole (mm)	48.5±3.7	45.9±3.2	<0.001
LVD systole (mm)	30.7±3.2	28.7±2.8	<0.001
LAV (mL)	44.3±11.9	40.7±14.8	0.014
E/E'	7.8±2.1	8.4±2.2	0.016
LAD (mm)	37.6±4.4	35.1±4.9	<0.001
E (cm/sec)	66.8±14.0	78.0±17.1	<0.001
A (cm/sec)	57.1±14.6	59.4±15.6	0.165
E/A	1.2±0.4	1.4±0.5	0.002
E' (cm/sec)	9.0±2.4	9.8±2.9	0.007
A' (cm/sec)	9.4±2.0	8.8±2.0	0.003
DT (msec)	197.9±41.7	194.3±41.3	0.440

Values are mean±SD or number (%) and *P* values by Independent *t*-test or Chi-Square test.

BMI, body mass index; WC, waist circumference; SBP, systolic blood pressure; DBP, diastolic blood pressure; LVEF, left ventricular ejection fraction; LVMI, left ventricular mass index; LVD diastole, left ventricular end diastolic dimension; LVD systole, left ventricular end systolic dimension; LAV, left atrial volume; LAD, left atrial dimension; E, early peak mitral inflow velocity; A, late peak mitral inflow velocity; E', early diastolic mitral annulus motion velocity; A', late diastolic mitral annulus motion velocity; DT, decelerating time.

(36.2%), 과체중군은 123명(31.5%), 비만군은 126명(32.3%)이었다. 체중이 증가함에 따라 허리둘레도 유의하게 증가하였다(75.3±6.0 cm, 82.7±5.1 cm, 90.0±7.4 cm, *P*<0.001). 나이는 과체중군에서 48.8±9.1세, 정상 체중군 45.8±9.8세로 높게 나타났다. 좌심실 수축률은 각 군 간에 유의한 차이는 보이지 않았으나, 좌심실 질량 지표, 좌심방 직경은 정상 체중군보다 과체중군이 높고 과체중군보다 비만군이 높았다(*P*=0.007, *P*<0.001).

Table 2. Indices of left ventricular systolic and diastolic function according to category of body mass index

	Normal (N=141)	Overweight (N=123)	Obese (N=126)	P
Sex				<0.001
Male (N, %)	83 (58.9)	91 (74.0)	109 (86.5)	
Female (N, %)	58 (41.1)	32 (26.0)	17 (13.5)	
Age (yr)	45.8±9.8	48.8±9.1	46.4±8.9	0.027
WC (cm)	75.3±6.0	82.7±5.1	90.0±7.4	<0.001
SBP (mmHg)	118.1±14.1	122.2±14.6	128.2±12.5	<0.001
DBP (mmHg)	71.7±9.8	74.1±9.7	77.9±9.0	<0.001
LVEF (4 chamber) (%)	63.6±4.5	64.0±4.1	64.1±4.2	0.599
LVEF (M mode) (%)	65.8±5.6	67.3±5.2	66.8±4.5	0.055
LVMI (g/m ²)	111.2±20.9	116.5±22.3	119.3±20.2	0.007
LVD diastole (mm)	46.9±3.7	47.8±3.6	48.7±3.9	<0.001
LVD systole (mm)	29.9±3.2	29.9±3.3	30.6±3.0	0.116
LAV (mL)	39.2±12.0	43.3±11.4	47.9±13.8	<0.001
E/E'	7.6±1.9	8.0±2.0	8.4±2.4	0.006
LAD (mm)	34.2±4.4	37.0±3.7	39.9±4.1	<0.001
E (cm/sec)	73.4±16.7	68.5±16.0	67.3±13.7	0.003
A (cm/sec)	52.3±13.1	59.8±16.0	61.8±13.9	<0.001
E/A	1.5±0.5	1.2±0.4	1.1±0.3	<0.001
E' (cm/sec)	10.1±2.6	9.0±2.4	8.5±2.4	<0.001
A' (cm/sec)	8.9±2.1	9.4±2.0	9.5±1.9	0.030
DT (msec)	192.5±38.3	201.3±46.2	197.6±40.1	0.225

Values are mean ± SD or number (%). P values by ANOVA test or Chi-Square test.

WC, waist circumference; SBP, systolic blood pressure; DBP, diastolic blood pressure; LVEF, left ventricular ejection fraction; LVMI, left ventricular mass index; LVD diastole, left ventricular end diastolic dimension; LVD systole, left ventricular end systolic dimension; LAV, left atrial volume; LAD, left atrial dimension; E, early peak mitral inflow velocity; A, late peak mitral inflow velocity; E', early diastolic mitral annulus motion velocity; A', late diastolic mitral annulus motion velocity; DT, deceleration time.

좌심실 확장 기능의 여러 가지 지표를 비교하였다. 확장기 승모판 유입 혈류 속도를 분석한 결과 초기 혈류의 최고 속도(E)는 정상 체중 군에 비해 과체중군 및 비만군으로 갈수록 낮아졌다. 후기 최고 속도(A)는 체중군에 따라 높아졌다. 승모판 고리부위의 확장기 초기 속도(E')는 정상 체중군에 비해서 과체중, 비만군에서 현저히 감소하였으며, 후기 속도(A)는 현저히 증가하였다. E/E'은 비만 단계에 따라 유의한 수준에서 증가하였다(Table 2).

3. 남녀별 체질량지수에 따른 심장 기능 지표 분석

대상자를 남, 여로 구분하여 각각 체질량지수에 따라 심장 기능 지표를 분석하였다. 여자의 경우 체질량지수에 따라 나이가 44.0±11.2세, 50.4±10.3세, 53.1±10.8세로 유의하게 증가되는 양상을 보였고(P=0.002), 좌심실 이완기능을 반영하는 대표적 지표인 E/E'은 남, 여 모두 정상체중, 과체중, 비만 그룹에 따라 7.3±1.8, 7.7±2.1, 8.3±2.3과 7.9±2.0, 8.7±1.8, 9.4±2.7로 유의하게 증가되는 양상을 보였다(P=0.009, P=0.028) (Table 3).

4. 체질량지수 및 허리둘레와 E/E'의 상관관계

체질량지수와 E/E'의 상관관계를 보기위해 연령, 성별, 수축기혈압을 보정한 후 다중선형회귀분석을 시행하였다. 연령($\beta=0.092$), 성별($\beta=0.948$), 체질량지수($\beta=0.162$) 및 수축기혈압($\beta=0.016$)은 E/E'과 유의한 양의 상관관계를 보였다($P<0.001$, $P<0.001$, $P<0.001$, $P=0.031$, $r^2=0.236$). 허리둘레의 경우 체질량지수는 보정변수에서 제외하고 연령, 성별, 수축기 혈압만을 보정 후 다중선형회귀분석을 시행한 결과 연령($\beta=0.089$), 성별($\beta=1.069$), 허리둘레($\beta=0.034$), 수축기혈압($\beta=0.019$)은 E/E'과 유의한 양의 상관관계를 보였다($P<0.001$, $P<0.001$, $P=0.013$, $P=0.010$) (Table 4).

5. 성별에 따른 체질량지수 및 허리둘레와 E/E'의 상관관계

성별에 따라 남자와 여자로 나누고, 체질량지수와 허리둘레를 각각 독립변수로 따로 분류하여 다중선형회귀분석을 각각 시행하였다. 남자에서는 나이($\beta=0.102$), 체질량지수($\beta=0.202$)가 E/E'과 유의한 양의 상관관계를 보였다($P<0.001$). 허리둘레를 독립변수로 두고 분석한 결과에서는 나이($\beta=0.096$), 허리둘레($\beta=0.042$), 수축기혈압($\beta=0.019$)이 E/E'과 유의한 양의 상관관계를 보였다($P<0.001$, $P=0.007$, $P=0.029$). 그러나 여자에서는 나이($\beta=0.096$)만 유의한 상관관계를 보였으며($P<0.001$, $r^2=0.256$), 여자에서 E/E'에 영향을 주는 독립변수는 나이($\beta=0.096$)뿐이었다(Table 5).

고 찰

약 70%의 미국인이 과체중 또는 비만에 속하고 이 수치는 지난 30년 동안 약 2배 가까이 증가하였다.¹⁸ 비만의 정도가 늘어날수록 심혈관 질환의 발생 비율 또한 급격히 증가한다.⁸ 그리고 비만은 그로 인한 임상적인 결과가 나타나기 전부터 심장의 구조와 기능의 변화를 가져 온다.¹⁴ 우리나라에서는 서구와 달리 체질량지수 30 kg/m² 이상인 고도 비만은 1-2% 정도로 적은 반면 과체중 단계의 비율이 많긴 하지만⁹, 이는 우리나라에서 고도 비만의 비율이 적다는 사실로 향후 심혈관 합병증의 위협에서 안심할 수 없다는 것을 의미한다. 좌심실질량이 증가하는 것이 이완기 기능 장애의 대표적인 원인이지만, 지방 조직의 축적이 다른 대사적, 신경호르몬적 경로로 염분 조절 장애, 신경내분비계의 활성화, 레닌-안지오텐신-알도스테론계의 이상을 야기하여 심근 산화 스트레스를 증가시켜 좌심실 이완 기능 장애를 초래할 수도 있다고 설명되고 있다.

이에 본 연구는 체질량지수와 허리둘레에 따라 좌심실 이완 장애에 끼치는 영향에 대하여 연구하였고 좌심실 이완 장애를 대변하는 여러 단독 지표 중 E/E'을 선정하였다.

좌심실 이완 기능을 반영하는 여러 지표들이 있다. 앞에서 언급하

Table 3. Indices of left ventricular systolic and diastolic function according to body mass index on men and women

	Men (N=283)				Women (N=107)			
	Normal (N=83)	Overweight (N=91)	Obese (N=109)	P	Normal (N=58)	Overweight (N=32)	Obese (N=17)	P
Age (yr)	47.1±8.6	48.2±8.6	45.4±8.1	0.052	44.0±11.2	50.4±10.3	53.1±10.8	0.002
WC (cm)	78.2±5.0	84.6±3.8	91.0±6.9	<0.001	71.1±4.6	77.2±4.2	83.2±6.3	<0.001
SBP (mmHg)	121.9±14.1	123.9±14.2	129.1±12.1	0.001	112.7±12.3	117.6±14.7	122.4±14.2	0.022
DBP (mmHg)	74.2±10.0	75.2±9.4	78.7±8.8	0.002	68.1±8.4	70.8±10.1	72.8±8.8	0.120
LVEF (4 chamber) (%)	63.3±4.6	63.7±4.0	64.0±4.1	0.497	64.1±4.4	65.0±4.1	64.8±4.8	0.600
LVEF (M mode) (%)	65.5±5.7	66.9±5.1	66.6±4.5	0.177	66.2±5.3	68.3±5.4	68.6±4.7	0.096
LVMI (g/m ²)	117.7±19.0	117.4±22.8	120.0±20.3	0.628	101.9±20.3	113.8±20.8	114.8±19.7	0.010
LVD diastole (mm)	48.2±3.6	48.1±3.7	49.1±3.8	0.085	45.1±3.1	47.1±3.3	46.1±3.0	0.014
LVD systole (mm)	30.7±3.2	30.2±3.4	31.0±2.8	0.264	28.6±2.8	29.1±2.9	28.4±2.9	0.687
LAV (mL)	40.7±10.3	43.6±12.0	47.7±12.3	<0.001	37.2±13.9	42.7±9.5	49.1±21.6	0.008
LAD (mm)	34.9±3.8	37.2±3.9	40.1±4.0	<0.001	33.2±4.9	36.4±3.3	38.7±5.0	<0.001
E (cm/sec)	68.2±15.2	65.7±14.0	66.7±13.1	0.507	80.9±16.0	76.5±18.6	71.2±16.9	0.100
A (cm/sec)	51.1±12.1	58.4±16.3	60.5±13.3	<0.001	53.9±14.2	63.7±14.6	70.3±14.8	<0.001
E/A	1.4±0.4	1.2±0.4	1.2±0.3	<0.001	1.6±0.5	1.3±0.4	1.1±0.4	<0.001
E' (cm/sec)	9.7±2.3	9.0±2.4	8.6±2.4	0.006	10.7±2.8	9.1±2.5	8.1±2.7	0.001
A' (cm/sec)	9.2±2.1	9.5±2.0	9.5±1.8	0.556	8.4±2.1	8.8±1.6	9.8±2.1	0.042
E/E'	7.3±1.8	7.7±2.1	8.3±2.3	0.009	7.9±2.0	8.7±1.8	9.4±2.7	0.028
DT (msec)	194.2±39.7	203.4±45.6	196.2±39.7	0.300	190.1±36.4	195.2±48.2	206.8±42.9	0.339

Values are mean ± SD. P values by ANOVA test.

WC, waist circumference; SBP, systolic blood pressure; DBP, diastolic blood pressure; LVEF, left ventricular ejection fraction; LVMI, left ventricular mass index; LVD diastole, left ventricular end diastolic dimension; LVD systole, left ventricular end systolic dimension; LAV, left atrial volume; LAD, left atrial dimension; E, early peak mitral inflow velocity; A, late peak mitral inflow velocity; E', early diastolic mitral annulus motion velocity; A', late diastolic mitral annulus motion velocity; DT, deceleration time.

Table 4. Multiple linear regression analysis of the factors influencing E/E'

Model 1	β	SE	t	P
Age	0.092	0.010	8.936	<0.001
Sex	0.948	0.231	4.107	<0.001
SBP	0.016	0.007	2.159	0.031
BMI	0.162	0.037	4.350	<0.001
Model 2	β	SE	t	P
Age	0.089	0.011	8.420	<0.001
Sex	1.069	0.263	4.064	<0.001
SBP	0.019	0.007	2.603	0.010
WC	0.034	0.014	2.505	0.013

Multiple linear regression analysis, Model 1, Adjusted $r^2=0.236$; Model 2, Adjusted $r^2=0.211$; Dependent variable, E/E'.

SBP, systolic blood pressure; BMI, body mass index; WC, waist circumference.

Table 5. Multiple linear regression analysis of the factors influencing E/E' on men and women

		β	SE	t	P
Men	Model 1	Age	0.102	0.013	7.594
		BMI	0.202	0.042	4.766
		SBP	0.014	0.008	1.638
	Model 2	Age	0.096	0.014	6.969
Women	Model 1	WC	0.042	0.016	2.728
		SBP	0.019	0.009	2.201
		Age	0.096	0.016	6.095
	Model 2	Age	0.096	0.016	6.095

Multiple linear regression analysis, Adjusted $r^2=0.225$ (men), 0.256 (women). Dependent variable, E/E'; Model 1 independent variable, BMI; Model 2 independent variable, WC.

BMI, body mass index; SBP, systolic blood pressure; WC, waist circumference.

였던 E와 A, E/A 비, DT, E' 및 A'과 같은 것들이 좌심실 이완 기능과 관련이 있다. 승모판의 확장 초기 속도 및 혈류는 좌심실과 심방 사이의 압력 차이에 영향을 받지만, 이것 외에 좌심실의 이완에 의해서도 영향을 받는다. 좌심실 이완과 좌심실 충만압이 정상인 경우엔 승모판을 통한 혈류는 주로 확장 초기에 발생하게 되고 심방 수축 동안에 생기는 혈류는 상대적으로 적어진다. 반대로 좌심실 이완장애가 있는 경우엔 확장 초기에 좌심실로 유입되는 혈류량은 감소하게 된다. 이러한 경우에 좌심방 용적은 커지게 되고 확장 후기 속도(A)는 E 속도보

다 빨라진다. 좌심실 이완장애가 있는 환자에서 심박출량을 유지하기 위해 높은 좌심방압이 요구되어진다면 좌심방에서 좌심실 내로의 승모판 혈류는 중요한 변화를 보이게 된다. 이러한 시기에 심초음파 검사를 하게 되면 E 속도의 증가와 E/A 비율의 상승 및 DT의 감소로 마치 정상 승모판 유입로 혈류와 같이 모양을 보이게 된다. 이러한 단계에서 좌심방압이 더 상승하게 되면 E 속도는 더 빨라지고 DT는 더 짧아지게 된다. 이 중에서 E/E'은 폐모세혈관쇄기압을 가장 잘 반영해주는 수치로서 검사자의 수기로 달라지는 값이 아니라, 속도를 측정해

서 나오는 객관적인 수치이다.²⁰⁻²³ E/E'은 좌심실 수축기능이 정상인 환자에서 심부전을 진단하는 데 유용한 좌심실 이완기 압력(left ventricular diastolic pressure)을 대변하는 수치이자²⁴ 고혈압 환자에서 향후 심혈관질환 발생의 강력한 예측 인자로 대두되는 지표이다.²⁵

체질량지수에 따라 심장 기능 지표를 비교해 본 결과 LVMI, LVD diastole, LAV, LVD 등 심장 이완 장애의 구조적 지표뿐만 아니라 E/E', A, A' 등 기능적 지표들도 정상 체중군, 과체중군 및 비만군에서 유의한 차이가 있었다. E, E', E/A는 정상 체중군에 비해 과체중군, 비만군에서 평균치가 유의하게 작았고 이는 기존의 연구들과 일치하는 결과를 보이는 것이었다.^{14,19,26}

좌심실의 이완 장애가 나이와 깊은 연관관계가 있다는 것은 잘 알려진 사실이며 여러 연구에서 보고된 바 있다.^{26,27} 고혈압 환자에 있어서도 구심성 좌심실 비후에 동반되는 이완기 장애소견을 보인다고 하였다.²⁸ 본 연구에서도 나이, 성별, 체질량지수와 수축기혈압이 좌심실 이완 장애를 나타내는 E/E'과 유의한 양의 상관관계를 나타내어 이전 연구결과와 일치하는 것을 보여준다.

선행 연구들 중에는 좌심실 이완 장애의 오즈비가 남자에서 더 높게 나온 것으로 보고한 연구도 있었으나^{4,19}, 또 다른 많은 연구들에서 좌심실 이완 장애의 유병률이 남자보다 여자에서 더 높은 결과를 보여주었다.²⁹⁻³¹ 이전의 선행 연구들에서는 여성에 있어 내부의 호르몬의 작용과 변화가 심장 간질 콜라겐의 축적 및 심근 비대를 초래하고, 좌심실 이완기능 장애를 더욱 야기시킨다고 설명하고 있다.³²

본 연구에서도 성별과 좌심실 이완 장애가 유의한 양의 상관관계를 보였다. 이에 연구대상자를 남녀로 구분하여 하위집단분석을 시행하였다. 체질량지수와 허리둘레는 서로 상호연관성을 가지는 변수로서, 체질량지수 및 허리둘레와 E/E'에 대하여 각각 다중 회귀분석을 시행하였다. 그 결과 남자에서는 나이와 체질량지수가 E/E'와 양의 상관관계를 보였고, 허리둘레와 E/E'도 의미 있는 양의 상관관계를 보여주었다. 그러나 여자에서는 나이만이 유의한 양의 상관관계를 보였을 뿐 체질량지수나 허리둘레는 E/E'과 의미 있는 연관성을 보이지 않았다. 이는 여자 그룹의 경우 비만 그룹의 비율이 낮아서 좌심실 이완 기능 이상에 대한 체질량지수나 허리둘레 같은 비만에 의한 효과는 잘 반영되지 못했을 것으로 생각된다. 여자의 경우는 폐경시기를 근처로 나이에 따라 비만뿐만 아니라 다른 대사인자들의 이상도 현저하게 변화가 생긴다. 특히 본 연구 결과에서 여자 평균 나이가 체질량지수에 따라 유의하게 차이가 나는 것으로 봐서, 이 나이의 영향이 다른 요소들에 비하여 매우 컸을 것이고, 단순한 비만의 효과를 관찰하기 어려웠을 것으로 생각되며, 이 부분은 추후 추가적인 전향적 연구가 이루어져야 할 것이다.

본 연구는 몇 가지 제한점을 가지고 있는데 첫째, 단면적 연구로서 비만 및 복부비만과 좌심실 이완 장애의 인과관계를 설명하는 데 제

한점이 있다. 둘째, 일개 대학병원의 건강 검진자를 대상으로 하여 본 연구 결과를 일반화하는 데 어려움이 있다. 하지만, 본 연구는 건강한 사람을 대상으로 하여 비만이 좌심실 이완 장애에 영향을 주는 것을 확인하였고, 연령이나 성별에 따라 좌심실 이완 장애의 발생을 밝힌 데에 의의가 있다 하겠다.

요 약

배경: 비만은 다양한 질병과 관련이 있고 심혈관계 질환의 이환율과 사망률을 높인다. 본 연구는 체질량지수와 허리둘레를 이용하여 비만의 정도와 심초음파상 좌심실 이완 장애를 나타내는 지표와의 관련성에 대하여 살펴보고자 하였다.

방법: 2010년 1월 1일부터 2012년 12월 31일까지 일개 대학병원 건강 증진센터를 방문하여 심장초음파를 시행한 855명을 대상으로 조사하여 심장 기능에 영향을 줄 만한 다른 요인을 가진 수검자를 제외하고 총 380명을 대상으로 혈압, 신체계측, 혈액검사, 생활습관 설문, 심장초음파를 시행하였다. 환자를 체질량지수, 허리둘레에 따라 구분하여 심장 기능 지표를 비교분석하였다.

결과: 정상 체중군에 비해 과체중군 및 비만군에서 좌심실 질량 지표($P=0.007$), 좌심방 직경($P<0.01$), A ($P<0.01$), A' ($P=0.030$), E/E' ($P=0.006$)이 증가하였으며 E ($P=0.003$), E' ($P<0.01$), E/A ($P<0.01$)는 감소하는 양상을 보였다. 좌심실 이완 장애를 대변하는 지표인 E/E'과 관련된 여러 가지 인자들을 분석하기 위해 다중선형회귀 분석을 시행한 결과 성별, 나이, 체질량지수, 수축기 혈압이 E/E'과 양의 상관관계를 보였다. 남자에서는 나이, 체질량지수가 E/E'과 양의 상관관계를, 허리둘레 역시 독립변수로 양의 상관관계를 보였으며, 여자에서는 나이만이 E/E'과 양의 상관관계를 보였다.

결론: 남자에서 비만할수록, 복부비만일수록 좌심실 이완 기능이 떨어지는 결과를 보였다.

중심단어: 체질량지수, 허리둘레, 좌심실 이완 기능 장애

Conflicts of Interest

There are no conflicts of interest to declare.

References

1. Poirier P, Giles TD, Bray GA, Hong Y, Stern JS, Pi-Sunyer FX, et al. Obesity and cardiovascular disease: pathophysiology, evaluation, and effect of weight loss: an update of the 1997 American Heart Association Scientific Statement on Obesity and Heart Dis-

- ease from the Obesity Committee of the Council on Nutrition, Physical Activity, and Metabolism. *Circulation* 2006;113:898-918.
2. Hubert HB, Feinleib M, McNamara PM, Castelli WP. Obesity as an independent risk factor for cardiovascular disease: a 26-year follow-up of participants in the Framingham Heart Study. *Circulation* 1983;67:968-77.
 3. Kannel WB, Cupples LA, Ramaswami R, Stokes J 3rd, Kreger BE, Higgins M. Regional obesity and risk of cardiovascular disease; the Framingham Study. *J Clin Epidemiol* 1991;44:183-90.
 4. Byun JS, Kim MJ, Hwang YW, Kim MJ, Kim SY, Hwang IH. The usefulness of waist/height ratio as an obesity index. *Korean J Fam Med* 2004;25:307-13.
 5. Korea Centers for Disease Control and Prevention. Korea Health Statistics 2010: Korea National Health and National Health and Nutrition Examination Survey (KNHANES V). Available from: URL: <https://knhanes.cdc.go.kr/knhanes/>
 6. Park HS, Cho HJ, Kim YS, Kim CJ. The diseases associated with obesity in Korean adults. *J Korean Acad Fam Med* 1992;13:344-53.
 7. de Divitiis O, Fazio S, Petitto M, Maddalena G, Contaldo F, Mancini M. Obesity and cardiac function. *Circulation* 1981;64:477-82.
 8. Sung JK, Kim JY. Obesity and preclinical changes of cardiac geometry and function. *Korean Circ J* 2010;40:55-61.
 9. Smith HL, Willius FA. Adiposity of the heart. *Arch Intern Med* 1933;52:911-31.
 10. Alexander JK. Obesity and the heart. *Heart Dis Stroke* 1993;2:317-21.
 11. Pascual Díaz M, Tébar Massó FJ, Hernández Martínez AM, Pomares Gómez F, Vicente Vera T, Soria Arcos F, et al. Effect of obesity on the morphology of the left ventricle. *Med Clin* 1999; 113:721-5.
 12. Kasper EK, Hruban RH, Baughman KL. Cardiomyopathy of obesity: a clinicopathologic evaluation of 43 obese patients with heart failure. *Am J Cardiol* 1992;70:921-4.
 13. Pascual M, Pascual DA, Soria F, Vicente T, Hernández AM, Tébar FJ, et al. Effects of isolated obesity on systolic and diastolic left ventricular function. *Heart* 2003;89:1152-6.
 14. Ryu SK, Choi JW, Cho YB. The early change of left ventricular function in overweight and obese patients: analysis with tissue Doppler echocardiography. *Korean Circ J* 2008;38:270-5.
 15. World Health Organization Western Pacific Region; International Association for the Study of Obesity; International Obesity Task Force. The Asia-Pacific perspective: redefining obesity and its treatment. Sydney: Health Communications Australia Pty Limited; 2000.
 16. Lee SY, Park HS, Kim SM, Kwon HS, Kim DY, Kim DJ, et al. Cut-off points of waist circumference for defining abdominal obesity in the Korean population. *Korean J Obes* 2006;15:1-9.
 17. Devereux RB, Reichek N. Echocardiographic determination of left ventricular mass in men: anatomic validation of the method. *Circulation* 1977;55:613-8.
 18. Litwin SE. Cardiac remodeling in obesity: time for a new paradigm. *JACC Cardiovasc Imaging* 2010;3:275-7.
 19. Kim SH, Choi SI, Shin J, Lim HK, Lee BH, Kim MK, et al. Arterial stiffness and abdominal obesity are associated with the relaxation abnormality of left ventricle in human hypertension. *Korean Circ J* 2006;36:221-8.
 20. Ha JW, Oh JK. The pathophysiology and diagnostic approaches for diastolic left ventricular dysfunction: a clinical perspective. *Korean Circ J* 2005;35:865-76.
 21. Ommen SR, Nishimura RA, Appleton CP, Miller FA, Oh JK, Redfield MM, et al. Clinical utility of Doppler echocardiography and tissue Doppler imaging in the estimation of left ventricular filling pressures: a comparative simultaneous Doppler-catheterization study. *Circulation* 2000;102:1788-94.
 22. Sohn DW, Chai IH, Lee DJ, Kim HC, Kim HS, Oh BH, et al. Assessment of mitral annulus velocity by Doppler tissue imaging in the evaluation of left ventricular diastolic function. *J Am Coll Cardiol* 1997;30:474-80.
 23. Dokainish H, Zoghbi WA, Lakkis NM, Al-Bakshy F, Dhir M, Quinones MA, et al. Optimal noninvasive assessment of left ventricular filling pressures: a comparison of tissue Doppler echocardiography and B-type natriuretic peptide in patients with pulmonary artery catheters. *Circulation* 2004;109:2432-9.
 24. Arques S, Roux E, Luccioni R. Current clinical applications of spectral tissue Doppler echocardiography (E/E' ratio) as a noninvasive surrogate for left ventricular diastolic pressures in the diagnosis of heart failure with preserved left ventricular systolic function. *Cardiovasc Ultrasound* 2007;5:16.
 25. Sharp AS, Tapp RJ, Thom SA, Francis DP, Hughes AD, Stanton AV, et al. Tissue Doppler E/E' ratio is a powerful predictor of primary cardiac events in a hypertensive population: an ASCOT substudy. *Eur Heart J* 2010;31:747-52.

26. Spirito P, Maron BJ. Influence of aging on Doppler echocardiographic indices of left ventricular diastolic function. *Br Heart J* 1988;59:672-9.
27. Iskandrian AS, Hakki AH. Age-related changes in left ventricular diastolic performance. *Am Heart J* 1986;112:75-8.
28. Cho KI, Kim DS, Lee YT, Kim JY, Cho YW, Jung EU, et al. Influence of obesity on left ventricular filling patterns in hypertensives. *Korean J Med* 2005;68:392-9.
29. De Sutter J, De Backer J, Van de Veire N, Velghe A, De Buyzere M, Gillebert TC. Effects of age, gender, and left ventricular mass on septal mitral annulus velocity (E') and the ratio of transmitral early peak velocity to E' (E/E'). *Am J Cardiol* 2005;95:1020-3.
30. Schirmer H, Lunde P, Rasmussen K. Mitral flow derived Doppler indices of left ventricular diastolic function in a general population: the Tromso study. *Eur Heart J* 2000;21:1376-86.
31. Redfield MM, Jacobsen SJ, Borlaug BA, Rodeheffer RJ, Kass DA. Age- and gender-related ventricular-vascular stiffening: a community-based study. *Circulation* 2005;112:2254-62.
32. Zhao Z, Wang H, Jessup JA, Lindsey SH, Chappell MC, Groban L. Role of estrogen in diastolic dysfunction. *Am J Physiol Heart Circ Physiol* 2014;306:H628-40.