

Difference of The Cardiac Structure and Function Depending on Obesity Level of Healthy Adults

Kyung-A Shin^{1†} and Seung-Bok Hong²

¹Department of Laboratory Medicine Bundang Jesaeng Hospital, Sunghnam-si, Gyeonggi-do 463-774, Korea

²Department of Clinical Laboratory Sciences, Juseong University, Cheongwon 363-794, Korea

The purpose of this study was to find out any difference and correlation between the cardiac structure and its function according to the level of obesity as evaluated by waist measurement and BMI (body mass index) in healthy adults. For research subjects, the study selected a final 519 subjects excluding 198 subjects aged 55 or over out of 717 subjects who received echocardiography through a medical checkup at J General Hospital. For the criteria for obesity, men were defined as being obese in case their waist measurement was over 90 cm, whereas women were defined as being obese in case their waist measurement was over 80 cm. Also, regarding the BMI criteria, in case a person's BMI was 30 kg/m², the subject was classified as belonging to an obese group, and in case a person's BMI was between 25 kg/m² and 30 kg/m², the subject was classified as belonging to an overweight group. Concerning the evaluation of cardiac structure and function, they were evaluated using two-dimensional, M-mode, doppler echocardiography. According to the stage of obesity in accordance with waist measurement and BMI, the cardiac structure showed both eccentric and centripetal changes, and the cardiac function was also discovered to show differences according to the stage of obesity. In addition, also in the overweight group, which is a prior stage to obesity, out of the criteria for obesity classification according to BMI, there were differences in the cardiac structure and function. Also, both the waist measurement and BMI were found to have a correlation with cardiac structure and diastolic function. Consequently, cardiac structure and function are correlated with BMI and waist measurement, which are anthropometrical variables, and obesity is assumed to induce not only structural change but also functional change of the heart.

Key Words: Obesity, Waist circumference, BMI, Cardiac structure, Cardiac function

서 론

최근 우리나라는 운동부족과 식생활의 서구화로 인해 비만 인구가 급격한 증가를 보이고 있으며, 비만은 고혈압, 제 2형 당뇨병, 이상지질혈증 및 심혈관질환을 증가시키는 위험요인으로 알려져 있다 (Massie, 2002; Haslam & James, 2005).

비만과 심혈관질환의 직접적인 관련성에 대해 좌심실 벽두께, 심방크기, 좌심실 질량과 같은 심장구조와 수축기 및 이완기 기능의 비정상성과 관련이 있는 것으로 보

고되고 있다 (Lauer et al., 1991; Peterson et al., 2004b; Wong et al., 2004; Avelar et al., 2007). 또한 좌심실 비대와 같은 심장구조의 변화와 수축기 및 이완기 기능의 변화는 심혈관질환의 독립적인 위험요인으로 알려져 있으며 (Levy et al., 1990), 그 기전으로는 비만에 따른 혈압의 상승, 인슐린 저항성, 심근대사의 변화, 염증성 사이토카인 (inflammatory cytokines), 혈관내피 기능장애 등으로 알려져 있다 (Zhou et al., 2000; Mavri et al., 2001; Aasum et al., 2003; Engeli et al., 2003; Esposito et al., 2003; Peterson et al., 2004a; de las Fuentes et al., 2005; Arkin et al., 2008).

체질량지수 (body mass index, BMI)에 의한 과체중과 비만(의) 기준은 세계적으로 가장 널리 이용되는 비만 지표로서 심혈관질환에 의한 사망률의 예측인자이며 (Flegal et al., 2005; Yan et al., 2006), 심장기능의 비정상성은 전체 비만을 반영하는 체질량지수 및 비만기간과 정의 상관관계가 있다 (de Simone et al., 2005; Krishnan et al., 2005;

*접수일: 2011년 5월 2일 / 수정일: 2011년 5월 31일

채택일: 2011년 6월 10일

†교신저자: 신경아, (우) 463-050 경기도 성남시 분당구 서현동 255-2, 분당제생병원 진단검사의학과

Tel: 010-2759-8672, Fax: 031-779-0257

e-mail: mobitz2@hanmail.net

Domanski et al., 2006; Dorbala et al., 2006). 또한 비만은 만성적 혈액용적의 증가 (chronic volume overload)로 인해 심근증 (cardiomyopathy)을 유발하게 되며 (Di Bello et al., 2006), 체질량지수와 도플러 심초음파를 통한 좌심실 이완기 기능 변화를 알아본 결과 체중 증가에 따라 좌심실 수축기 장애에 선행하여 이완기 기능장애가 나타난다 (Ryu et al., 2008).

그러나 최근에는 비만을 나타내는 지표 중에서 복부지방의 분포가 체질량지수보다 대사성 위험인자를 더 잘 반영하는 것으로 밝혀졌으며, 그 중 허리둘레는 내장지방 뿐 아니라 심혈관질환의 위험과 높은 관련성을 나타내면서 심혈관질환을 예측하는데 체질량지수보다 더 효과적인 것으로 인식되었다 (Jassen et al., 2004). 또한 고혈압 환자를 대상으로 비만도가 좌심실 이완장애에 미치는 영향에 대한 연구에서 체질량지수에 의한 비만기준보다 복부비만이 좌심실 이완장애와 더 밀접한 관련이 있는 것으로 보고되었다 (Kim et al., 2006).

이러한 결과는 체질량지수는 정상이면서 복부비만이 많은 아시아인에게서 지방분포가 심혈관질환을 평가하는 하나의 지표로 고려되어야 함을 의미한다 (Yusuf et al., 2005; Ryu et al., 2008).

이러한 중요성에도 불구하고 국내에서는 복부비만과 심장의 구조 및 기능과의 관련성에 대한 연구가 미흡한 실정이다. 또한 비만을 판정하는 기준에 따라 비만의 분류가 다를 수 있기 때문에 본 연구에서는 합병증이 없는 건강한 성인을 대상으로 허리둘레와 체질량지수로 평가된 비만 정도에 따라 심장구조 및 기능의 차이와 관련성에 대해 조사하였다.

재료 및 방법

대상

이 연구의 대상은 2009년 11월부터 2010년 12월까지 경기지역 J 종합병원에서 건강검진을 통해 심초음파를 실시한 717명을 대상으로 하였으며, 심장기능은 연령과 상관관계가 있으므로 (Ryu et al., 2008), 55세 이상의 피험자 198명을 제외한 519명을 최종 대상으로 하였다.

비만기준 중 허리둘레 기준은 아시아태평양 지역의 비만기준 (Asia-Pacific Criteria: APC)에 따라 남성의 경우는 90 cm 이상, 여성은 80 cm 이상으로 정의하였다 (WHO, 2000). 또한 체질량지수 기준은 30 kg/m² 이상인 경우 비만군, 25 kg/m² 이상 30 kg/m² 미만인 경우 과체중군으로

정의하였다 (WHO, 2000). 뇌, 심혈관 질환자로 지질대사에 영향을 미치는 지질합성 억제제와 같은 약물 복용 또는 경흉부 심초음파 결과 좌심실 구혈율이 55% 이하, 대동맥판막 또는 승모판막질환이 있는 경우, 협심증 증상이 있는 경우는 제외하였다.

이 연구는 J 종합병원의 임상시험 윤리위원회 승인을 받았으며, 연구 대상자들에게 연구목적과 방법에 대해 설명하고 서면 동의서를 받았다.

심장구조 및 기능 평가

심장초음파 검사는 모두 동일한 검사자가 시행하였고, Sonos 5500 (Hewlett-Packard Co., U.S.A) 심초음파 장비를 이용하여 대상자를 검사용 침대에 양위로 눕힌 자세에서 2.5 MHz 탐촉자를 피험자의 좌경 흉부에 대고 흉골 연 장축단면도, 단축단면도, 심첨부 단면도를 시행하였다. 이면성, M-mode, 도플러 심초음파 검사를 시행하였고, 모든 검사 내용은 비디오 테이프에 기록하였다. 이면성, M-mode 심초음파 검사는 미국 심초음파 학회 (American Society of Echocardiography Committee on Standard: ASE,

Table 1. The clinical characteristics of subjects on the basis of waist circumference

Variables	Normal (n=417)	Obese (n=102)
Age (years)	43.2±6.8	45.1±6.7**
Male (%)	268 (64.3)	69 (67.6)
Height (cm)	166.8±10.9	169.1±8.1*
Weight (kg)	64.4±10.5	78.9±12.0***
BMI (kg/m ²)	22.9±2.7	27.4±2.8***
Muscle mass (kg)	45.5±8.5	51.2±9.9***
% body fat (%)	24.1±9.3	29.8±11.1***
Systolic BP (mmHg)	108.5±12.7	117.4±16.3***
Diastolic BP (mmHg)	70.1±10.3	77.5±11.2***
HDL-cholesterol (mg/dL)	56.6±14.0	50.0±10.4***
LDL-cholesterol (mg/dL)	121.0±30.3	131.4±30.6**
Total cholesterol (mg/dL)	196.9±32.9	204.5±33.0*
Triglyceride (mg/dL)	117.6±69.4	154.9±76.5***
Glucose (mg/dL)	91.4±16.7	101.9±26.8***
HbA1c (%)	5.6±0.6	6.0±1.0***
Insulin (μU/mL)	4.6±2.6	6.9±3.3***
hs-CRP (mg/dL)	0.14±0.31	0.23±0.47

Values are Mean ± SD. ***, P<0.001; **, P<0.01; *, P<0.05 (compared with Normal group).

Abbreviation: BMI, body mass index; BP, blood pressure; HDL, high density lipoprotein; LDL, low density lipoprotein; HbA1c, hemoglobin A1c; hs-CRP, high sensitivity C-reactive protein.

1989)에서 제시하는 표준화된 방법으로 측정하였다. 좌심실 질량 (left ventricular mass: LV mass)은 cube formula를 이용한 corrected ASE method로 계산하였고, 이를 체표면적 (body surface area: BSA)으로 나누어 좌심실 질량지수 (LV mass index)를 구하였다. 심장의 이완기능 측정은 pulsed wave Doppler 심초음파를 이용하여 승모판막 소엽의 끝에서 이완기 초기 승모판 혈류속도 (E-velocity), 이완기 후기 승모판 혈류속도 (A-velocity), E/A 비율, 초기 이완기 최대 혈류 감속시간인 E파의 감속시간 (deceleration time: DT)을 측정하였다. Tissue Doppler 심초음파를 이용하여 초기 승모판 혈류속도 (E'-velocity)를 측정하여 E/E' 비율을 구하였다.

신체계측 및 체성분 분석

신장 및 체중은 자동 신장·체중계 (SH-9600A, Sewoo system, Korea)를 사용하였으며, 체질량지수는 체중 (kg)/키 (m)²의 공식으로 구하였다. 허리둘레는 직립자세에서 허리가 완전히 노출되게 한 후 최하위 늑골하부와 골반장골능과의 중간부위를 측정하였다.

혈압은 10분간 안정상태에서 수은 혈압계를 이용하여 측정하였으며, 신체구성 측정은 생체전기저항분석법

(Bio-electrical impedance analysis)을 이용한 Inbody 4.0 (Biospace, Korea)을 사용하여 공복상태로 측정하였다. 대상자는 기계의 전극발판에 맨발을 댄 상태에서 직립자세를 취한 후 전극 손잡이를 몸통에서 30 cm 정도 벌리고 잡았다. 8점 터치식 전극법 (8-point tactile electrode), 다주파수 분석법 (multi-frequency analysis)을 이용해 인체 부위별 전기 저항을 측정하여 근육량 (muscle mass), 체지방량 (body fat mass)을 산출하였다.

혈액검사

혈액측정은 8시간 금식 후 아침에 채혈을 실시하였다. TBA-200FR (Toshiba, Japan)을 이용하여 hs-CRP (high sensitivity C-reactive protein), HDL 콜레스테롤, LDL 콜레스테롤, Total 콜레스테롤, 중성지방, 공복혈당을 측정하였으며, 당화혈색소 (hemoglobin A1c)의 분석은 Variant II (Bio Rad, U.S.A)를 이용하여 HPLC (high performance liquid chromatography) 법으로 측정하였다. 인슐린은 ADVIA centaur (Siemens Healthcare Diagnostics, Los Angeles, CA, U.S.A)로 direct chemiluminescence 법을 이용하여 two-site sandwich 법을 원리로 측정하였다.

Table 2. The clinical characteristics of subjects on the basis of BMI

Variables	Normal (n=322)	Overweight (n=172)	Obese (n=25)	Bonferroni
Age (years)	42.7±7.1	45.1±6.1	44±6.0	A<B**
Male (%)	178 (55.3)	140 (81.4)	19 (76.0)	
Height (cm)	166.0±11.8	170.0±7.2	170.4±8.2	A<B**
Weight (kg)	60.9±8.9	75.7±7.9	90.8±10.3	A<B<C***
Waist circumference (cm)	75.0±7.6	85.9±6.0	96.1±5.5	A<B<C***
Muscle mass (kg)	43.3±7.9	51.1±7.8	57.5±8.9	A<B<C***
% body fat (%)	23.5±10.3	27.5±9.2	31.5±4.7	A<B<C***
Systolic BP (mmHg)	106.7±12.6	114.7±13.5	124.4±15.8	A<B<C***
Diastolic BP (mmHg)	68.9±10.2	75.1±10.2	81.0±11.6	A<B<C***
HDL-cholesterol (mg/dL)	58.7±13.9	50.4±11.8	46.5±6.9	A, B>C***
LDL-cholesterol (mg/dL)	118.2±29.5	131.7±31.1	126.4±29.7	A<B***
Total cholesterol (mg/dL)	194.4±32.5	205.6±33.2	199.5±31.3	A<B**
Triglyceride (mg/dL)	105.5±59.6	153.7±80.2	176.1±76.2	A<B, C***
Glucose (mg/dL)	90.0±16.4	97.9±21.1	107.5±30.2	A<B, C***
HbA1c (%)	5.6±0.6	5.8±0.7	6.4±1.3	A<B<C***
Insulin (μU/mL)	4.0±2.0	6.7±3.1	8.4±3.4	A<B<C***
hs-CRP (mg/dL)	0.13±0.28	0.17±0.31	0.45±0.85	A, B<C***

Values are Mean ± SD. ***, $P<0.001$; **, $P<0.01$.

Abbreviation: BP, blood pressure; HDL, high density lipoprotein; LDL, low density lipoprotein; HbA1c, hemoglobin A1c; hs-CRP, high sensitivity C-reactive protein.

A, Normal; B, Overweight; C, Obesity

자료분석 및 처리

이 연구에서 얻어진 모든 자료는 윈도우용 11.0 SPSS 통계 프로그램을 이용하여 기술 통계치 (Mean ± SD)를 산출하였다. 허리둘레의 정도에 따른 집단 간 차이를 검증하기 위해 independent sample *t*-test를 실시하였으며, 체질량지수 정도에 따른 정상, 과체중, 비만군의 집단 간 차이를 검증하기 위해 일원변량분석 (One-way ANOVA)을 실시하였다. 또한 집단 간 유의한 차이가 있을 경우 Bonferroni 방법을 적용하여 사후 검증을 실시하였다.

복부비만 및 체질량지수와 심장의 구조 및 기능과의 관련성을 알아보기 위해 Pearson의 상관분석을 실시하였으며, 유의수준은 $P<0.05$ 로 하였다.

결 과

대상자의 생리학적 특성

Table 1에서 보는 바와 같이, 허리둘레에 의해 비만을 분류한 결과 체중, 체질량지수, 근육량, 체지방률, 수축기 및 이완기 혈압, LDL 콜레스테롤, 총콜레스테롤, 중성지방, 공복혈당, 당화혈색소, 인슐린은 정상군에 비해 비만군에서 유의하게 높게 나타났으며, HDL 콜레스테롤은 낮게 나타났다. 또한 Table 2에서 보는 바와 같이, 체질량지수에 의해 비만을 분류한 결과 체중, 허리둘레, 근육량, 체지방률, 수축기 및 이완기 혈압, 중성지방, 공복혈당, 당화혈색소, 인슐린, hs-CRP는 정상군에서 과체중군, 비만군으로 진행할수록 점진적으로 유의하게 높게 나타났으며, HDL 콜레스테롤은 점진적으로 낮게 나타났다. 또한 LDL 콜레스테롤과 총콜레스테롤은 정상군에 비해 과체중군에서 유의하게 높게 나타났다.

허리둘레에 따른 심장구조와 기능의 차이

Table 3에서 보는 바와 같이, 허리둘레로 비만을 분류하여 심장구조에 차이를 검증한 결과 정상군에 비해 비만군에서 좌심실 이완기 중격두께 ($P=0.002$)와 수축기 중격두께 ($P<0.001$)가 유의하게 두꺼운 것으로 나타났다. 또한 비만군의 좌심실 이완기말 직경과 좌심실 이완기말 용적 역시 정상군보다 각각 유의하게 두껍고 컸다 ($P=0.008$, $P=0.001$). 좌심실 이완기와 수축기 후벽두께도 비만군이 두꺼웠고 (각각 $P<0.001$, $P<0.001$), 좌심실 질량 역시 비만군이 유의하게 컸다 ($P<0.001$).

허리둘레로 비만을 분류하여 심장기능의 차이를 검증

Table 3. Cardiac structure and function on the basis of waist circumference

	Variables	Normal	Obese
Cardiac structure	IVSd (mm)	8.9±1.2	9.3±1.5**
	IVSs (mm)	13.8±1.9	14.6±2.1***
	LVEDD (mm)	47.0±3.9	48.3±5.4**
	LVESD (mm)	28.5±3.5	29.1±5.0
	LVEDV (mL)	103.1±21.4	111.3±25.0**
	LVESV (mL)	31.7±10.0	34.1±16.6
	LVPWd (mm)	8.6±1.2	9.4±2.3***
	LVPWs (mm)	14.4±2.1	15.2±2.0***
	LV mass (g)	173.3±42.4	197.6±49.7***
	LV mass index (g/m ²)	100.6±26.3	100.6±26.3
Cardiac systolic function	EF (%)	69.8±6.0	70.3±9.1
	FS (%)	39.5±5.1	40.9±6.5
Cardiac diastolic function	DT (m/sec)	195.5±55.2	187.0±58.5
	E (cm/sec)	69.3±15.7	68.6±15.2
	A (cm/sec)	50.4±13.7	57.0±13.9***
	E/A ratio (%)	1.47±0.53	1.26±0.38***
	E' (cm/sec)	13.3±6.7	11.8±2.7***
	E/E' ratio (%)	5.4±1.3	6.0±1.6***

Values are Mean ± SD. ***, $P<0.001$; **, $P<0.01$.

Abbreviation: IVSd, interventricular septal thickness at diastole; IVSs, interventricular septal thickness at systole; LVEDD, left ventricular end diastolic diameter; LVESD, left ventricular end systolic diameter; LVEDV, left ventricular end diastolic volume; LVESV, left ventricular end systolic volume; LVPWd, left ventricular posterior wall diastole thickness; LVPWs, left ventricular posterior wall systole thickness; EF, ejection fraction; FS, fractional shortening; DT, deceleration time; E, mitral peak velocity of early filling; A, mitral peak velocity of late filling; E', early diastolic mitral annular velocity.

한 결과 정상군에 비해 비만군에서 이완기 심장기능을 나타내는 후기 승모판 혈류속도 (A-velocity)가 유의하게 빠른 것으로 나타났으며 ($P<0.001$), E/A 비율은 낮은 것으로 나타났다 ($P<0.001$). 또한 초기 승모판 혈류속도 (E'-velocity)는 비만군이 유의하게 느린 것으로 나타났으며 ($P<0.001$), E/E' 비율은 유의하게 높은 것으로 나타났다 ($P<0.001$).

체질량지수에 따른 심장구조와 기능의 차이

Table 4에서 보는 바와 같이, 체질량지수로 비만을 분류하여 심장구조에 차이를 검증한 결과 좌심실 이완기 중격두께와 수축기 중격두께 모두 정상군과 과체중군에 비해 비만군에서 두꺼운 것으로 나타났다 (각각 $P<0.001$). 또한 좌심실 이완기말 직경과 및 용적은 정상군에 비해

Table 4. Cardiac structure and function on the basis of BMI

	Variables	Mean ± SD	SS	MS	Bonferroni
Cardiac structure	IVSd (mm)	9.0±1.3	119.027	59.513	A, B<C***
	IVSs (mm)	14.0±1.9	289.327	144.664	A, B<C***
	LVEDD (mm)	47.3±4.3	545.550	272.775	A<B<C***
	LVESD (mm)	28.6±3.9	39.996	19.998	NS
	LVEDV (mL)	104.7±22.4	13450.107	6725.053	A<B<C***
	LVESV (mL)	32.2±11.6	413.620	206.810	NS
	LVPWd (mm)	8.7±1.5	92.798	46.399	A, B<C***
	LVPWs (mm)	14.5±2.1	245.814	122.907	A, B<C***
	LV mass (g)	178.1±44.9	182213.6	91106.788	A<B<C***
	LV mass index (g/m ²)	100.9±25.5	5896.030	2948.015	A<B*
Cardiac systolic function	EF (%)	69.9±6.7	289.220	144.610	A<B*
	FS (%)	39.8±5.4	147.574	73.787	NS
Cardiac diastolic function	DT (m/sec)	193.8±55.9	3099.494	1549.747	NS
	E (cm/sec)	69.1±15.6	2072.826	1036.413	A>B*
	A (cm/sec)	51.7±14.0	5307.023	2653.511	A, B<C***
	E/A ratio (%)	1.43±0.51	6.695	3.348	A>B***
	E' (cm/sec)	13.0±2.7	403.434	201.717	A, B>C***
	E/E' ratio (%)	5.5±1.4	50.963	25.482	A<B<C***

***, $P<0.001$; *, $P<0.05$; NS, not significant.

A, Normal; B, Overweight; C, Obesity

과체중군이 두꺼운 것으로 나타났으며 (각각 $P<0.001$, $P<0.001$), 과체중군에 비해 비만군이 두꺼운 것으로 나타났다. 좌심실 이완기와 수축기 후벽두께는 정상군과 과체중군에 비해 비만군에서 두꺼운 것으로 나타났다 (각각 $P<0.001$, $P<0.001$). 좌심실 질량은 정상군에 비해 과체중군이 큰 것으로 나타났으며 ($P<0.001$), 과체중군에 비해 비만군이 큰 것으로 나타났다 ($P<0.001$). 또한 좌심실 질량지수 역시 정상군에 비해 과체중군에서 유의하게 큰 것으로 나타났다.

체질량지수로 비만을 분류하여 심장기능의 차이를 검증한 결과 수축기 심장기능을 나타내는 구혈률은 정상군에 비해 과체중군에서 높게 나타났다. 또한 이완기 심장기능을 나타내는 초기 승모판 혈류속도 (E-velocity)는 정상군에 비해 과체중군에서 의미있게 느렸고 ($P=0.014$), 후기 승모판 혈류속도 (A-velocity)는 정상군과 과체중군에 비해 비만군에서 빨랐다 ($P<0.001$). E/A 비율은 정상군이 과체중군에 비해 높은 것으로 나타났다 ($P<0.001$). 초기 승모판류 속도 (E'-velocity)는 비만군에 비해 정상군과 과체중군이 빨랐다. E/E' 비율은 정상군에 비해 과체중군이 높게 나타났으며, 과체중군에 비해 비만군에서 높게 나타났다 ($P<0.001$).

허리둘레, 체질량지수와 심장구조 및 기능의 관련성

Table 5에서 보는 바와 같이 비만을 평가하는 허리둘레, 체질량지수와 심장구조 및 기능과의 상관성을 검증한 결과 허리둘레와 체질량지수 모두 심장기능과 정의 상관성 (positive correlation)이 있는 것으로 나타났으며, 그 중 좌심실 질량은 허리둘레, 체질량지수와 유의한 정의 상관성을 보였다 ($P<0.05$).

허리둘레, 체질량지수와 수축기 심장기능과의 관련성을 검증한 결과 체질량지수는 구혈률 및 좌심실 내경단축률과 유의한 상관성을 보이는 것으로 나타났으며, 허리둘레는 좌심실 내경단축률과 유의한 정의 상관성을 보였다.

허리둘레, 체질량지수와 이완기 심장기능과의 관련성을 검증한 결과 초기 승모판 혈류속도 (E-velocity), E/A 비율, 초기 승모판류 혈류속도 (E'-velocity)는 유의한 부의 상관성 (negative correlation)을 보이는 반면, 후기 승모판 혈류속도 (A-velocity)와는 유의한 정의 상관성을 보이는 것으로 나타났다. 또한 체질량지수는 E/E' 비율과 유의한 정의 상관성을 보이는 것으로 나타났다.

Table 5. Pearson's correlation coefficients of BMI and waist circumference

Variables	BMI	Waist circumference	
Cardiac structure	IVSd (mm)	.458**	.471**
	IVSs (mm)	.489**	.543**
	LVEDD (mm)	.292**	.305**
	LVESD (mm)	.123**	.168**
	LVEDV (mL)	.287**	.318**
	LVESV (mL)	.119**	.162**
	LVPWd (mm)	.385**	.456**
	LVPWs (mm)	.422**	.447**
	LV mass (g)	.520**	.542**
	LV mass index (g/m ²)	.188**	.190**
Cardiac systolic function	EF (%)	.093*	.054
	FS (%)	.107*	.105*
Cardiac diastolic function	DT (m/sec)	.006	.035
	E (cm/sec)	-.153**	-.261**
	A (cm/sec)	.233**	.143**
	E/A ratio (%)	-.269**	-.301**
	E' (cm/sec)	-.381**	-.372**
	E/E' ratio (%)	.203**	.082

** , $P < 0.01$; * , $P < 0.05$.

고 찰

우리나라에서 과체중과 비만 인구는 서구화된 생활양식으로 인해 급속한 증가를 보이고 있다. 비만은 당뇨병, 고혈압, 이상지질혈증 및 심혈관질환의 발병과 관련성을 보이고 있으며 (Massie, 2002), 죽상경화증의 결과가 아닌 비만 그 자체로도 직접적인 심장구조와 기능에 변화를 초래한다고 보고되고 있다 (Sung & Kim, 2010).

정상인과 비교해 비만인의 경우 좌심실 이완기말 직경, 좌심실 벽두께 및 좌심실 질량이 증가한다 (Alpert et al., 1985; Ryu et al., 2008).

이 연구에서 건강한 성인을 대상으로 허리둘레에 따른 심장구조의 차이를 분석한 결과 정상군에 비해 비만군에서 좌심실 이완기와 수축기 중격두께, 좌심실 이완기와 수축기 후벽두께가 두꺼운 것으로 나타났으며, 좌심실 이완기말 직경, 좌심실 이완기말 용적, 좌심실 질량은 비만군에서 더 큰 것을 확인할 수 있었다.

이와 같이 비만은 좌심실 비대의 독립적인 요인이며, 과도한 지방대사 활성으로 인해 심박출량 및 총혈액용적의 증가와 같은 혈액학적인 변화를 일으킨다 (Sung &

Kim, 2010).

이러한 메카니즘을 통해 비만은 좌심실 비대와 좌심실 벽 스트레스를 증가시키며, 이에 대한 보상작용으로 편심성 좌심실 비대 (eccentric left ventricular hypertrophy)를 초래한다 (Wong et al., 2004; Avelar et al., 2007).

그러나 최근의 연구들에서 구심성 좌심실 비대 (concentric left ventricular hypertrophy)가 비만인에서 우세하게 나타난다고 보고되고 있다 (Iacobellis et al., 2004a; Peterson et al., 2004b).

이 연구에서는 비만군에서 중격과 후벽두께의 증가 뿐 아니라 좌심실 이완기말 직경도 크게 나타나 편심성과 구심성 심장비대가 복합적으로 나타나는 것을 확인할 수 있었다. 그 외에도 비만은 심외막의 지방량과 심근내의 지방침윤 증가를 야기시켜 좌심실 질량을 증가시키며, 비만인에서 교감신경 활성화는 후부하 (afterload) 증가 및 심장수축력 증가로 인한 구심성 좌심실 비대를 유발한다 (Iacobellis et al., 2004b).

허리둘레에 따른 심장기능의 차이를 분석한 결과는 정상군에 비해 비만군에서 심장의 이완기 기능을 나타내는 후기 승모판 혈류속도 (A-velocity)는 빠른 것으로 나타났으며, E/A 비율은 낮은 것으로 나타났다. 또한 초기 승모판혈류속도 (E'-velocity)는 비만군에서 느린 것으로 나타났으며, E/E' 비율은 높은 것으로 나타났다. 그러나 좌심실 수축기 기능은 집단 간 차이가 없는 것으로 나타났다. 이러한 결과는 비만인의 경우 정상인에 비해 E/A 비율은 낮고, 좌심실 충만압을 나타내는 E/E' 비율이 높아진다고 보고한 선행 연구들과 일치하는 결과이며 (Sharpe et al., 2006; Libhaber et al., 2009), 비만인에서 E/A 비율의 감소는 주로 후기 승모판 혈류속도 (A-velocity)의 증가와 상대적으로 변화가 없는 초기 승모판 혈류속도 (E-velocity) 때문이다 (Chadha et al., 2009).

비만에 따른 좌심실 수축기 기능은 정상 또는 증가한다고 보고되고 있다 (Wong et al., 2004; Avelar et al., 2007). 그러나 좌심실 이완기 기능장애는 수축기 기능장애가 나타나기 전에 나타나는데, 그 원인으로는 혈액학적인 변화로 인한 좌심실 비대와 그로 인한 이완기 기능장애가 동반되기 때문이라고 보고되고 있다 (Chakko et al., 1991). 또한 비만과 관련된 호르몬과 사이토카인의 방출, 심근의 콜라겐 축적, 심장대사의 변화, 미토콘드리아의 기능장애, 산화적 스트레스 등이 비만인에서 심장기능이 감소하는 원인으로 알려져 있다 (Sung & Kim, 2010).

이 연구에서는 임상에서 널리 사용되는 체질량지수에

따라 정상군, 과체중군, 비만군의 세군으로 분류하여 심장구조 및 기능의 차이를 분석한 결과 심장의 구조를 나타내는 좌심실 이완기말 직경과 좌심실 이완기말 용적, 좌심실 질량은 비만의 단계에 따라 큰 것으로 나타났다. 심장의 이완기 기능을 나타내는 초기 승모판 혈류속도 (E-velocity)는 정상군에 비해 과체중군에서 느린 것으로 나타났으며, E/A 비율은 정상군이 과체중군에 비해 높은 것으로 나타났다. 또한 E/E' 비율은 비만의 단계에 따라 높게 나타났다. 이와 같은 결과는 비만 단계에 따라 좌심실 재형성, 좌심실 이완기 충만압의 상승과 관련이 있으며, 이완기 기능의 지표들이 정상에서 과체중으로 진행하면서 현저하게 차이를 보이고 있다는 과거의 연구결과와 일치한다 (Powell et al., 2006; Ryu et al., 2008).

앞서 제시한 허리둘레의 결과와 같이 체질량지수에 의한 비만기준 역시 심장구조와 기능에 차이를 보이고 있으며, 비만군으로 진행하기 전단계인 과체중군에서 초기에 심장의 구조적, 기능적 차이를 보이고 있어 과체중 및 비만 환자에서 좌심실 기능의 초기 변화를 보고한 연구와 일치하는 결과이다 (Ryu et al., 2008). 또한 체중저하는 좌심실의 이완기 및 수축기 기능과 좌심실 질량의 향상을 가져온다고 보고하고 있으며 (Alaud-din et al., 1990, Hinderliter et al., 2002; de las Fuentes et al., 2009), 이러한 결과를 통해 비만으로 진행하기 전단계인 과체중군도 비만군으로 간주하여 규칙적 운동을 통한 체중 개선이 이루어져야할 것으로 사료된다.

체질량지수는 좌심실 질량, 좌심실 벽두께, 좌심실 이완기말 직경과 관련이 있으며, 비만은 만성적 혈액 용량 부하에 의한 심장적응의 초기단계인 이완기 기능장애와 관련이 있다 (Ryu et al., 2008).

이 연구에서도 허리둘레, 체질량지수와 심장구조 및 기능의 상관성을 검증한 결과 허리둘레와 체질량지수 모두 심장구조와 이완기 기능 간에 상관성이 있는 것으로 나타났다.

특히 심장구조 중 좌심실 질량과 가장 상관성이 높은 것으로 나타났다. 그러나 비만한 고혈압 환자를 대상으로 체질량지수에 의한 비만보다 복부비만이 좌심실 이완기 기능과 더 밀접한 관련이 있다는 결과 (Kim et al., 2006)와는 다소 차이를 보이고 있으며, 이러한 결과의 차이는 여타 질환이 없는 비만인만을 대상으로 한 본 연구와 대상자가 다르기 때문으로 사료된다.

이 연구의 제한점으로는 체질량지수와 허리둘레에 의한 비만분류 방법이 상관관계에 상호 영향을 미칠 수 있

을 것으로 판단된다. 추후 독립적으로 각각의 비만 요인이 높은 군으로 분류한 연구가 필요할 것으로 생각된다.

결론적으로 심장의 구조와 기능은 인체측정학적 변인인 체질량지수 및 허리둘레와 관련이 있으며, 체질량지수 및 허리둘레 기준에 의한 비만은 심장의 구조적 변화뿐 아니라 기능적인 변화를 유도하는 것으로 나타났다.

REFERENCES

- Aasum E, Hafstad AD, Severson DL, Larsen TS. Age-dependent changes in metabolism, contractile function, and ischemic sensitivity in hearts from db/db mice. *Diabetes* 2003. 52: 434-441.
- Alaud-din A, Meterissian S, Lisbona R, MacLean LD, Forse RA. Assessment of cardiac function in patients who were morbidly obese. *Surgery* 1990. 108: 809-818.
- Alpert MA, Terry BE, Kelly DL. Effect of weight loss on cardiac chamber size, wall thickness and left ventricular function in morbid obesity. *Am J Cardiol*. 1985. 55: 783-786.
- Arkin JM, Alsdorf R, Bigornia S, Palmisano J, Beal R, Istfan N, Hess D, Apovian CM, Gokce N. Relation of cumulative weight burden to vascular endothelial dysfunction in obesity. *Am J Cardiol*. 2008. 101: 98-101.
- Avelar ET, Cloward V, Walker JM, Farney RJ, Strong M, Pendleton RC, Segerson N, Adams TD, Gress RE, Hunt SC, Litwin SE. Left ventricular hypertrophy in severe obesity: interactions among blood pressure, nocturnal hypoxemia, and body mass. *Hypertension* 2007. 49: 34-39.
- Chadha DS, Gupta N, Goel K, Pandey RM, Kondal D, Ganjoo RK, Misra A. Impact of obesity on the left ventricular functions and morphology of healthy Asian Indians. *Metab Syndr Relat Disord*. 2009. 7: 151-158.
- Chakko S, Mayor M, Allison MD, Kessler KM, Materson BJ, Myerburg RJ. Abnormal left ventricular diastolic filling in eccentric left ventricular hypertrophy of obesity. *Am J Cardiol*. 1991. 68: 95-98.
- de las Fuentes LA, Waggoner D, Brown AL, Dávila-Román VG. Plasma triglyceride level is an independent predictor of altered left ventricular relaxation. *J Am Soc Echocardiogr*. 2005. 18: 1285-1291.
- de las Fuentes LA, Waggoner D, Mohammed BS, Stein RI, Miller BV 3rd, Foster GD, Wyatt HR, Klein S, Davila-Roman VG. Effect of moderate diet-induced weight loss and weight regain on cardiovascular structure and function. *J Am Coll*

- Cardiol. 2009. 54: 2376-2381.
- de Simone GR, Devereux B, Maggioni AP, Gorini M, de Divitiis O, Verdecchia P. Different normalizations for body size and population attributable risk of left ventricular hypertrophy: the MAVI study. *Am J Hypertens*. 2005. 18: 1288-1293.
- Di Bello V, Santini F, Di Cori A, Pucci A, Palagi C, Delle Donne MG, Fierabracci P, Marsili A, Talini E, Giannetti M, Biadi O, Balbarini A, Mariani M, Pinchera A. Obesity cardiomyopathy: is it a reality? An ultrasonic tissue characterization study. *J Am Soc Echocardiogr*. 2006. 19: 1063-1071.
- Domanski MJ, Jablonski KA, Rice MM, Fowler SE, Braunwald E. Obesity and cardiovascular events in patients with established coronary disease. *Eur Heart J*. 2006. 27: 1416-1422.
- Dorbala S, Crugnale S, Yang D, Di Carli MF. Effect of body mass index on left ventricular cavity size and ejection fraction. *Am J Cardiol*. 2006. 97: 725-729.
- Engeli S, Böhnke J, Gorzelniak K, Janke J, Schling P, Bader M, Luft FC, Sharma AM. Weight loss and the renin-angiotensin-aldosterone system. *Hypertension* 2003. 43: 356-362.
- Esposito K, Pontillo A, Di Palo C, Giugliano G, Masella M, Marfella M, Giugliano D. Effect of weight loss and lifestyle changes on vascular inflammatory markers in obese women: a randomized trial. *JAMA*. 2003. 289: 1799-1804.
- Flegal KM, Graubard BI, Williamson DF, Gail MH. Excess deaths associated with underweight, overweight, and obesity. *JAMA*. 2005. 293: 1861-1867.
- Haslam D, James W. Obesity. *Lancet* 2005. 366: 1197-1209.
- Hinderliter A, Sherwood A, Gullette EC, Babyak M, Waugh R, Georgiades A, Blumenthal JA. Reduction of left ventricular hypertrophy after exercise and weight loss in overweight patients with mild hypertension. *Arch Intern Med*. 2002. 162: 1333-1339.
- Iacobellis G, Ribaldo MC, Zappaterreno A, Iannucci CV, Di Mario U, Leonetti F. Adapted changes in left ventricular structure and function in severe uncomplicated obesity. *Obes Res*. 2004a. 12: 1616-1621.
- Iacobellis G, Ribaldo MC, Zappaterreno A, Iannucci CV, Leonetti F. Relation between epicardial adipose tissue and left ventricular mass. *Am J Cardiol*. 2004b. 94: 1084-1087.
- Jassen I, Katzmarzyk P, Ross R. Waist circumference and not body mass index explains obesity-related health risk. *Am J Clin Nutr*. 2004. 79: 379-384.
- Kim SH, Choi SI, Shin JH, Lim HK, Lee BH, Kim MK, Choi BY. Arterial Stiffness and Abdominal Obesity are Associated with the Relaxation Abnormality of Left Ventricle in Human Hypertension. *Korean Circ J*. 2006. 36: 221-228.
- Krishnan R, Becker RJ, Beighley LM, Lopez-Candales A. Impact of body mass index on markers of left ventricular thickness and mass calculation: results of a pilot analysis. *Echocardiography* 2005. 22: 203-210.
- Lauer MS, Anderson KM, Kannel WB, Levy D. The impact of obesity on left ventricular mass and geometry. The Framingham Heart Study. *JAMA*. 1991. 266: 231-236.
- Levy D, Garrison RJ, Savage DD, Kannel WB, Castelli WP. Prognostic implications of echocardiographically determined left ventricular mass in the Framingham Heart Study. *N Engl J Med*. 1990. 322: 1561-1566.
- Libhaber CD, Norton GR, Majane OH, Libhaber E, Essop MR, Brooksbank RM, Maseko M, Woodiwiss AJ. Contribution of central and general adiposity to abnormal left ventricular diastolic function in a community sample with a high prevalence of obesity. *Am J Cardiol*. 2009. 104: 1527-1533.
- Massie BM. Obesity and heart failure-risk factor or mechanism? *N Engl J Med*. 2002. 347: 358-359.
- Mavri A, Stegnar M, Sentocnik JT, Videcnik V. Impact of weight reduction on early carotid atherosclerosis in obese premenopausal women. *Obes Res*. 2001. 9: 511-516.
- Peterson LR, Herrero P, Schechtman KB, Racette SB, Waggoner AD, Kisrieva-Ware Z, Dence C, Klein S, Marsala J, Meyer T, Gropler RJ. Effect of obesity and insulin resistance on myocardial substrate metabolism and efficiency in young women. *Circulation* 2004a. 109: 2191-2196.
- Peterson LR, Waggoner AD, Schechtman KB, Meyer T, Gropler RJ, Barzilai B, Dávila-Román VG. Alterations in left ventricular structure and function in young healthy obese women: assessment by echocardiography and tissue Doppler imaging. *J Am Coll Cardiol*. 2004b. 43: 1399-1404.
- Powell BD, Redfield MM, Bybee KA, Freeman WK, Rihal CS. Association of obesity with left ventricular remodeling and diastolic dysfunction in patients without coronary artery disease. *Am J Cardiol*. 2006. 98: 116-120.
- 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: 270-275.
- Sharpe JA, Naylor LH, Jones TW, Davis EA, O'Driscoll G, Ramsay JM, Green DJ. Impact of obesity on diastolic function in subjects < or = 16 years of age. *Am J Cardiol*. 2006. 98: 691-693.
- Sung JK, Kim JY. Obesity and Preclinical Changes of Cardiac

- Geometry and Function. Korean Circ J. 2010. 40: 55-61.
- Wong CY, O'Moore-Sullivan T, Leano R, Byrne N, Beller E, Marwick TH. Alterations of left ventricular myocardial characteristics associated with obesity. *Circulation* 2004. 110: 3081-3087.
- World Health Organization. West Pacific Region. The Asia-pacific Perspective: redefining obesity and its treatment. International Obesity Task Force 2000. 2: 15-21.
- Yan LL, Daviglius ML, Liu K, Stamler J, Wang R, Pirzada A, Garside DB, Dyer AR, Van Horn L, Liao Y, Fries JF, Greenland P. Midlife body mass index and hospitalization and mortality in older age. *JAMA*. 2006. 295: 190-198.
- Yusuf S, Hawken S, Ounpuu S, Bautista L, Franzosi MG, Commerford P, Lang CC, Rumboldt Z, Onen CL, Lisheng L, Tanomsup S, Wangai P, Razak F, Sharma AM, Anand SS. Interheart Study Investigators. Obesity and the risk of myocardial infarction in 27,000 participants from 52 countries: a case-control study. *Lancet* 2005. 366: 1640-1649.
- Zhou YT, Grayburn P, Karim A, Shimabukuro M, Higa M, Baetens D, Orci L, Unger RH. Lipotoxic heart disease in obese rats: implications for human obesity. *Proc Natl Acad Sci*. 2000. 97: 1784-1789.
-