

제2형 당뇨병환자에서 초음파로 측정된 내장지방 길이와 컴퓨터 단층촬영으로 측정된 내장지방 면적과의 상관관계

대구가톨릭대학교 의과대학 내과학교실, 영상의학과교실¹

정의달 · 정덕수¹ · 이지현

The Correlation Between Visceral Fat Distance Measured by Ultrasonography and Visceral Fat Amount by Computed Tomography in Type 2 Diabetes

Eui Dal Jung, Duck Soo Chung¹, Jihyun Lee

Department of Internal Medicine and Radiology¹, School of Medicine, Catholic University of Daegu

Abstract

Background: Visceral adipose tissue accumulation highly correlates with metabolic abnormalities and cardiovascular disease. Computed tomography (CT) is considered to be the standard method for visceral fat evaluation, but it is not used as a routine procedure. Ultrasonography (US) is a safe method, fairly inexpensive and widely available modality for measuring abdominal fat thickness. The aim of this study was to investigate the correlation between the intra-abdominal fat distance by US measurement and the visceral fat amount by CT and cardiovascular risk factors and to evaluate whether the intra-abdominal fat distance is better correlate with visceral fat amount by CT than other anthropometric parameters and to assess the cut-off value of intra-abdominal fat distance for visceral obesity in type 2 diabetic patients.

Methods: We obtained abdominal subcutaneous and intra-abdominal fat distance by using a high-resolution US (HDI 5000, ATL, Phillips, USA) at 1 cm above umbilical level in one hundred twenty-eight type 2 diabetic patients. CT scan (Light Speed plus, GE, USA) for the measurement of subcutaneous and intra-abdominal visceral fat area was also performed in the supine position at the L4-5 level. Lean body mass and % body fat were measured in a bioimpedance using DSM (Direct Segmental Measurement by 8-point electrode) method (InBody 3.0, Biospace, Seoul, Korea). We measured patient's height, weight, BMI (Body mass index), waist circumference, WHR (Waist-hip ratio) and blood pressure and also measured fasting blood glucose, HbA1c and lipid profiles.

Results: Abdominal subcutaneous and visceral fat distance measured by US is 2.05 ± 0.52 cm, 4.43 ± 1.54 cm, respectively. In pearson's correlations, visceral fat distance were correlated with BMI ($r = 0.681$, $P < 0.001$), waist circumference ($r = 0.661$, $P < 0.001$), WHR ($r = 0.571$, $P < 0.001$), triglyceride ($r = 0.316$, $P < 0.001$), HDL-cholesterol ($r = -0.207$, $P < 0.004$). US-determined visceral fat distance was also correlated with visceral fat amount by CT ($r = 0.674$, $P < 0.001$) and BMI ($r = 0.610$, $P < 0.001$), waist circumference ($r = 0.626$, $P < 0.001$), WHR ($r = 0.557$, $P < 0.001$). When we used waist circumference (men: 90 cm, women: 85 cm) as parameters for visceral obesity, the cutoff value of visceral fat distance, obtained by the receiver operating

characteristic curve analysis, were 4.670 cm in men, 3.695 cm in women diabetic patients.

Conclusion: Intra-abdominal fat distance measured by US reveals strongly correlated with visceral fat area, which is determined by CT and also well correlated with anthropometric parameters and lipid profiles. We suggest that US provided a better index compared to anthropometry for the prediction of visceral obesity and could be an alternative method for CT for visceral fat determination in diabetic patients. (KOREAN DIABETES J 32:418-427, 2008)

Key Words: Computed tomography, Ultrasonography, Visceral obesity

서 론

중심성 비만, 특히 내장비만은 제2형 당뇨병 및 인슐린 저항성 발생의 주된 원인인자로 알려져 있으며 대사증후군 및 심혈관질환의 발생과도 관련이 많다¹⁻⁶⁾. 그러므로 내장지방을 정확하게 측정하여 내장비만의 유무와 정도를 조사하고 내장비만을 조절하여 심혈관질환 발생을 예방하는 것이 중요하다. 내장지방을 가장 정확하게 측정하는 방법은 복부에서 컴퓨터 단층촬영을 통한 내장지방 면적 측정이지만, 이러한 방법은 고가의 장비가 필요하며 X-선 노출의 위험 등의 검사방법 및 시설 등에 한계로 인하여 실제 임상 적용에 있어서는 어려움이 많다⁷⁻⁹⁾. 이에 대한 현재까지의 대체 방법으로 체질량지수, 허리둘레, 요둔위 비율 등이 사용되고 있으며, 간단하게 측정할 수 있다는 장점이 있지만, 직접적으로 지방량을 측정하는 방법이 아니고 피하지방과 내장지방을 구별하지 못하는 단점으로 인하여 정확도가 문제가 된다¹⁰⁻¹³⁾. 한편 초음파를 이용하여 내장지방을 측정하는 방법은 비교적 간단하게 실시할 수 있는 좋은 방법으로 알려져 있다^{7,9,14-17)}.

이에 본 연구자는 제2형 당뇨병환자를 대상으로 초음파 방법을 통한 내장지방 측정의 유용성을 알아보고자 컴퓨터 단층촬영으로 측정된 내장지방 면적과 초음파로 측정된 내장지방과의 상관관계를 알아보고, 내장지방과 대혈관 합병증 발생 위험인자들과의 관련성을 조사하고, 허리둘레를 내장비만의 기준으로 했을 때 초음파로 측정된 내장지방의 적합한 길이를 알아보고자 하였다.

대상 및 방법

1. 연구대상

2004년 1월부터 2006년 12월까지 대구가톨릭대학병원 내분비내과에 입원 치료한 환자 중에서 당뇨병을 30세 이후

에 진단받았고 과거력에서 당뇨병성 케톤산혈증의 병력이 없으면서 진단 후 1년 이상 인슐린을 맞지 않았으며 현재 인슐린 치료를 받는 경우에는 공복 C-펩타이드 수치가 0.3 nmol/L 이상인 임상적으로 제2형 당뇨병의 양상을 보이는 128명을 대상으로 하였다. 갑상선질환을 포함한 내분비질환이 있거나 과거병력에서 악성종양질환, 근골격계 질환이 있는 환자를 제외하였고, 체중감량을 위해 약물을 복용중이거나 부신피질호르몬 등 복부 지방량에 영향을 줄 수 있는 약제를 복용하고 있는 환자는 연구대상에서 제외하였다. 또한 만성 간장질환이 있거나 복수가 있거나 측정 부위에 수술 등의 이상 소견이 있는 환자들도 연구 대상에서 제외하였다. 환자들의 신장과 체중을 측정하여 체질량지수를 계산하였고, 허리둘레는 마지막 늑골과 요추장곡 사이의 중간부분에서 측정하는 WHO 기준을 따랐고, 엉덩이둘레는 엉덩이 부분에서 가장 넓은 부분에서 측정하여 요둔위 비율을 측정하였다.

2. 연구 방법

1) 혈액검사

10시간 이상 공복을 유지한 상태에서 혈당 및 당화혈색소를 측정하였다. 동시에 Hitachi 747 (Hitachi High-technologies Co., Tokyo, Japan) 기계와 로슈진단회사(Roche Diagnostics GmbH, Mannheim, Germany)의 상용화된 키트를 이용하여 혈청 총 콜레스테롤은 역학적 비색법으로, 중성지방은 글리세롤키나아제-글리세롤 인산옥시다제 (GK-GPO)법으로, 고밀도지단백 콜레스테롤은 CHOP/ PAP 법으로 측정하였다. 저밀도지단백 콜레스테롤은 Friedewald 방법으로 계산하였다.

2) 체지방률 측정

체지방률 측정은 바이오스페이스 회사의 인바디 3.0 기계 (In Body 3.0) (서울, 한국)를 이용하여 여덟 개의 전극을

이용한 직접 분절 측정법을 이용하는 바이오 임피던스 방법으로 체지방률을 측정하였다. 환자는 최대한 가벼운 옷차림으로 맨발로 기계 위에 올라서서 양발과 양 엄지손가락이 전극부위에 위치하도록 하면서 검사를 시행했다.

3) 복부 초음파 및 컴퓨터 단층촬영

고해상도 B-모드 초음파기계 (HDI 5000, ATL, Phillips)를 이용하여 피하지방 및 내장지방 길이를 측정하였다. 동일한 검사자가 환자를 편한 자세로 누운 상태에서 3.5 MHz 탐침으로 호기말에 배꼽 상방 1 cm 부위에서 피하지방 길이와

내장지방 길이를 측정하였다. 피하지방 길이는 피부표면에서 복부 기립근의 바깥쪽 사이의 길이로 정하였으며, 내장지방 길이는 같은 부위에서 복부 기립근의 안쪽 면에서부터 대동맥의 전벽까지의 길이로 정하였다¹⁶⁾ (Fig. 1).

컴퓨터 단층촬영 (Light Speed plus, GE)을 실시하여 피하지방 면적과 내장지방 면적을 측정하였다. 요추 4~5 수준에서 Hounsfield 지수 -150에서 -50에 속하는 부위를 측정하여 총 복부지방 면적을 측정하였고 복부와 배부의 복막을 경계로 안쪽을 내장지방 면적으로 면적을 구하였으며 총 복부지방 면적에서 내장지방 면적을 제외한 면적을 피하지방 면적으로 하였다 (Fig. 2).

4) 통계분석

모든 측정치는 평균 \pm 표준편차로 표시하였다. 남자 당뇨병환자와 여자 당뇨병환자 두 군 간의 임상적, 생화학적 인자들의 비교는 독립 t-test (two sample t-test) 방법으로 분석하였다. 전체 당뇨병환자에서 초음파로 측정한 내장지방 길이와 컴퓨터 단층촬영으로 측정한 내장지방 면적, 비만 인자들과의 상관관계는 피어슨 상관관계 (Pearson's correlation) 방법으로 분석하였다. 초음파로 측정한 내장지방 길이의 내장비만 cut-off value는 허리둘레를 기준으로 하여 ROC 곡선을 이용하여 구하였다. 통계 프로그램은 SPSS Win Ver.12.0을 이용하였고, P 값이 0.05 미만일 경우 통계학적으로 유의하다고 정의하였다.

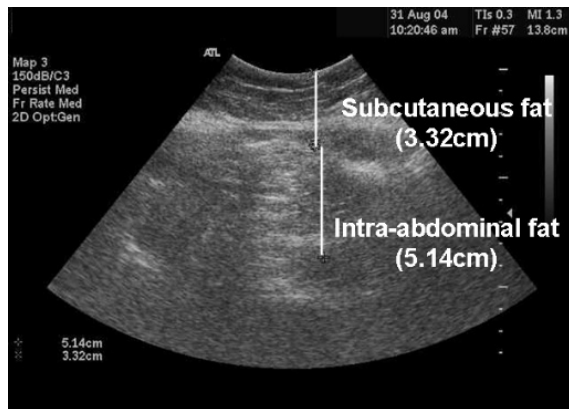


Fig. 1. Abdominal subcutaneous and intra-abdominal fat distance by using a high-resolution US (HDI 5000, ATL, Phillips) at 1 cm above umbilical level.

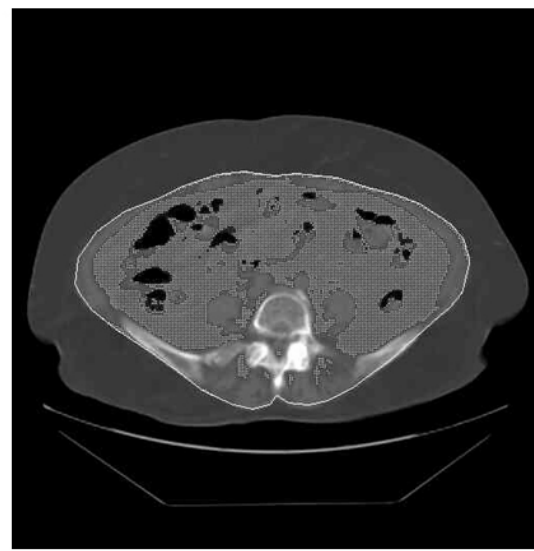
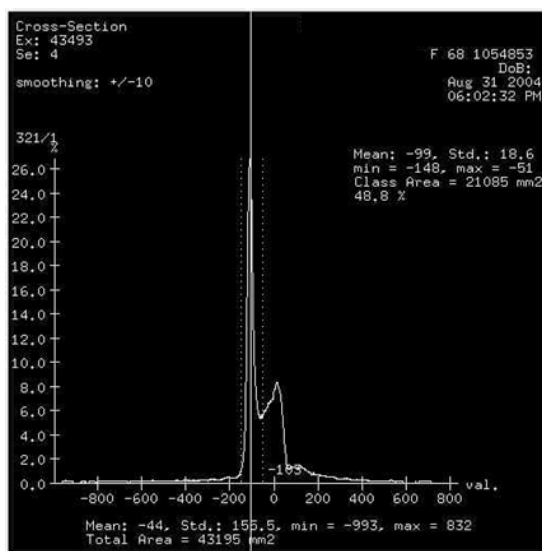


Fig. 2. CT scanning (Light Speed plus, GE) for measuring subcutaneous and intra-abdominal visceral fat area was performed with subjects in the supine position, at the L4-5 level.

결 과

1. 당뇨병환자의 임상적, 생화학적 특징 (Table 1)

전체 128명의 당뇨병환자에서 남자 환자가 44명, 여자 환자가 84명이었다. 전체 당뇨병환자의 나이는 61 ± 10 세이었으며 남자 환자는 57 ± 10 세이었으며 여자 환자는 63 ± 10 세로 여자 환자가 나이가 많았다. 당뇨병 유병기간은 11 ± 9 년 이었다. 체질량지수는 $24.8 \pm 3.2 \text{ kg/m}^2$ 로 남녀 두 군 간 차이가 없었지만 허리둘레는 남자 환자는 $85 \pm 8 \text{ cm}$, 여자 환자는 $89 \pm 9 \text{ cm}$, 요둔위 비율은 남자 환자에서 0.88 ± 0.05 , 여자 환자는 0.92 ± 0.05 , 체지방률은 남자 환자는 $21 \pm 5\%$, 여자 환자는 $29 \pm 7\%$ 로 여자 환자가 남자 환자보다 중심성 비만의 소견을 보였다. 공복혈당은 $11.2 \pm 3.4 \text{ mmol/L}$, 당화혈색소는 $9.8 \pm 2.3\%$ 이었으며 수축기 혈압은 $122 \pm 19 \text{ mmHg}$, 이완기 혈압은 $76 \pm 10 \text{ mmHg}$ 로 남녀 환자에서 차이가 없었다. 혈청 총 콜레스테롤은 $5.04 \pm 1.2 \text{ mmol/L}$, 중성지방은 $1.87 \pm 1.0 \text{ mmol/L}$, 저밀도지단백 콜레스테롤은 $2.90 \pm 0.9 \text{ mmol/L}$ 로 남녀 환자에서 차이가 없었지만, 고밀도지단백 콜레스테롤은 여자 환자에서 $1.29 \pm 0.3 \text{ mmol/L}$ 로 남자 환자 $1.08 \pm 0.3 \text{ mmol/L}$ 보다 높았다.

2. 초음파와 컴퓨터 단층촬영으로 측정된 내장지방과 피하지방의 상관관계 (Table 2)

초음파로 측정된 피하지방 길이는 전체 환자에서 $2.05 \pm$

0.52 cm , 남자 환자에서 $1.97 \pm 0.45 \text{ cm}$, 여자 환자에서 $2.09 \pm 0.55 \text{ cm}$ 이었고 내장지방 길이는 전체 환자에서 $4.43 \pm 1.54 \text{ cm}$, 남자 환자에서 $4.62 \pm 1.54 \text{ cm}$, 여자 환자에서 $4.33 \pm 1.55 \text{ cm}$ 로 남녀 환자 사이에 차이는 없었다. 컴퓨터 단층촬영으로 측정된 피하지방 면적은 전체 환자에서 $159 \pm 75 \text{ cm}^2$, 남자 환자에서 $122 \pm 57 \text{ cm}^2$, 여자 환자에서 $176 \pm 76 \text{ cm}^2$ 로 여자 환자에서 남자 환자보다 피하지방 면적이 많았다. 내장지방 면적은 전체 환자에서 $127 \pm 61 \text{ cm}^2$, 남자 환자에서 $106 \pm 42 \text{ cm}^2$, 여자 환자에서 $136 \pm 67 \text{ cm}^2$ 로 여자 환자에서 많은 경향을 보였으나 통계학적으로 유의하지 않았다.

3. 초음파로 측정된 내장지방 길이와 심혈관계질환 위험인자들과의 상관관계 (Table 3)

전체 환자에서 초음파로 측정된 내장지방 길이는 체질량지수 ($r = 0.681, P < 0.001$), 허리둘레 ($r = 0.661, P < 0.001$) 요둔위 비율 ($r = 0.571, P < 0.001$), 중성지방 ($r = 0.316, P < 0.001$)과 양의 상관관계를 보였고 고밀도지단백 콜레스테롤 ($r = -0.207, P < 0.004$)과는 음의 상관관계를 보였다. 남자 환자의 경우에는 체질량지수 ($r = 0.685, P < 0.001$), 허리둘레 ($r = 0.655, P < 0.001$) 요둔위 비율 ($r = 0.612, P < 0.001$)과 양의 상관관계를 보였고, 공복 혈당 ($r = -0.384, P < 0.010$), 당화혈색소 ($r = -0.470, P < 0.002$), 고밀도지단백 콜레스테롤 ($r = -0.437, P < 0.003$)과는 음의

Table 1. Anthropometric and biochemical data of the subjects

	Total	Men (n = 44)	Women (n = 84)		Total	Men (n = 44)	Women (n = 84)
Age (yrs)	61 ± 10	57 ± 10	$63 \pm 10^*$	Duration (yrs)	11.4 ± 8.5	10.6 ± 7.0	11.9 ± 9.2
BMI (kg/m^2)	24.8 ± 3.2	24.4 ± 2.7	25.0 ± 3.4	WC (cm)	87 ± 9	85 ± 8	$89 \pm 9^*$
WHR	0.91 ± 0.05	0.88 ± 0.05	$0.92 \pm 0.05^*$	% Body fat	26 ± 8	21 ± 5	$29 \pm 7^*$
FBS (mmol/L)	11.2 ± 3.4	11.7 ± 3.4	11.0 ± 3.4	HbA1c (%)	9.8 ± 2.3	10.3 ± 2.4	9.5 ± 2.3
S-BP (mmHg)	122 ± 19	120 ± 21	123 ± 19	D-BP (mmHg)	76 ± 10	74 ± 11	77 ± 10
T-Chol (mmol/L)	5.04 ± 1.2	4.97 ± 1.1	5.09 ± 1.2	TG (mmol/L)	1.87 ± 1.0	1.96 ± 0.9	1.84 ± 1.1
HDL (mmol/L)	1.22 ± 0.3	1.08 ± 0.3	$1.29 \pm 0.3^*$	LDL (mmol/L)	2.90 ± 0.9	2.97 ± 1.0	2.84 ± 0.9

* $P < 0.05$. BMI, body mass index; BP, blood pressure; FBS, fasting blood sugar; HDL, high density lipoprotein cholesterol; LDL, low density lipoprotein cholesterol; T-Chol, total-cholesterol; TG, triglyceride; WC, waist circumference; WHR, waist hip ratio.

Table 2. Body fat measurements by US and CT of the subjects

	Total	Men (n = 44)	Women (n = 84)
Subcutaneous distance by US (cm)	2.05 ± 0.52	1.97 ± 0.45	2.09 ± 0.55
Intra-abdominal distance by US (cm)	4.43 ± 1.54	4.62 ± 1.54	4.33 ± 1.55
Subcutaneous fat amount by CT (cm^2)	159 ± 75	122 ± 57	$176 \pm 76^*$
Visceral fat amount by CT (cm^2)	127 ± 61	106 ± 42	136 ± 67

* $P < 0.05$.

Table 3. Correlation between intra-abdominal fat distance by US and cardiovascular risk factors

	Total		Men		Women	
	r	P value	r	P value	r	P value
Age	-0.111	0.210	-0.250	0.102	-0.006	0.954
SBP	0.054	0.545	-0.031	0.840	0.114	0.302
Body mass index	0.681	0.001	0.685	0.001	0.704	0.001
Waist circumference	0.661	0.001	0.655	0.001	0.714	0.001
WHR	0.571	0.001	0.612	0.001	0.657	0.001
FBS	-0.110	0.216	-0.384	0.010	0.020	0.858
HbA1c	-0.167	0.063	-0.470	0.002	-0.029	0.795
Total cholesterol	0.145	0.104	-0.132	0.395	0.284	0.009
Triglyceride	0.316	0.001	0.229	0.135	0.350	0.001
LDL-Cholesterol	0.081	0.373	-0.122	0.430	0.200	0.079
HDL-Cholesterol	-0.207	0.004	-0.437	0.003	-0.157	0.168

FBS, fasting blood sugar; HDL, high density lipoprotein; LDL, low density lipoprotein; SBP, systolic blood pressure; TG, triglyceride; WHR, waist hip ratio.

Table 4. Correlation between visceral fat amounts by CT and cardiovascular risk factors

	Total		Men		Women	
	r	P value	r	P value	r	P value
Age	0.103	0.456	0.076	0.772	0.090	0.591
SBP	0.110	0.422	0.219	0.399	0.072	0.669
Body mass index	0.610	0.001	0.523	0.031	0.631	0.001
Waist circumference	0.626	0.001	0.516	0.041	0.646	0.001
WHR	0.557	0.001	0.370	0.158	0.577	0.001
FBS	0.130	0.343	-0.057	0.827	0.188	0.258
HbA1c	0.068	0.679	-0.559	0.024	0.223	0.184
Total cholesterol	0.322	0.017	-0.210	0.419	0.474	0.003
Triglyceride	0.371	0.006	0.082	0.755	0.650	0.001
LDL-Cholesterol	0.306	0.026	-0.164	0.528	0.482	0.003
HDL-Cholesterol	0.017	0.904	-0.481	0.050	0.044	0.797

FBS, fasting blood sugar; HDL, high density lipoprotein; LDL, low density lipoprotein; SBP, systolic blood pressure; TG, triglyceride; WHR, waist hip ratio.

상관관계를 보였다. 여자 환자의 경우에는 체질량지수 ($r = 0.704$, $P < 0.001$), 허리둘레 ($r = 0.714$, $P < 0.001$) 요둔위 비율 ($r = 0.657$, $P < 0.001$), 총 콜레스테롤 ($r = 0.284$, $P < 0.009$), 중성지방 ($r = 0.350$, $P < 0.001$)과 양의 상관관계를 보였다.

4. 컴퓨터 단층촬영으로 측정한 내장지방 면적과 심혈관계질환 위험 인자들과의 상관관계 (Table 4)

전체 환자에서 컴퓨터 단층촬영으로 측정한 내장지방 면적은 체질량지수 ($r = 0.610$, $P < 0.001$), 허리둘레 ($r = 0.626$, $P < 0.001$) 요둔위 비율 ($r = 0.557$, $P < 0.001$), 총 콜레스테롤 ($r = 0.322$, $P < 0.017$), 저밀도지단백 콜레스테롤 ($r = 0.306$, $P < 0.026$), 중성지방 ($r = 0.371$, $P < 0.006$)과 양의 상관관계를 보였다. 남자 환자의 경우에는 체질량

지수 ($r = 0.523$, $P < 0.031$), 허리둘레 ($r = 0.516$, $P < 0.041$)와 양의 상관관계를 보였고, 당화혈색소 ($r = -0.559$, $P < 0.024$), 고밀도지단백 콜레스테롤 ($r = -0.481$, $P < 0.050$)과는 음의 상관관계를 보였다. 여자 환자의 경우에는 체질량지수 ($r = 0.631$, $P < 0.001$), 허리둘레 ($r = 0.646$, $P < 0.001$) 요둔위 비율 ($r = 0.557$, $P < 0.001$), 총 콜레스테롤 ($r = 0.474$, $P < 0.003$), 저밀도지단백 콜레스테롤 ($r = 0.482$, $P < 0.003$), 중성지방 ($r = 0.650$, $P < 0.001$)과 양의 상관관계를 보였다.

5. 컴퓨터 단층촬영으로 측정한 내장지방 면적과 초음파로 측정한 내장지방 길이와 비만인자들과의 상관관계 (Table 5)

컴퓨터 단층촬영으로 측정한 내장지방 면적은 초음파로

Table 5. Pearson's correlation coefficients between visceral fat amounts by CT and intra-abdominal fat distance by US and central obesity parameters

	Visceral fat amount by CT
Intra-abdominal fat distance by US	0.674*
Waist circumference	0.626*
Body mass index	0.610*
Waist hip ratio	0.557*

* $P < 0.05$.

Table 6. Area under curve (AUC) and cut-off value and sensitivity and specificity of visceral fat distance as a predictor of the visceral obesity

	Men	Women
WC Cut-off value	4.760	3.695
Area under curve	0.873	0.893
Sensitivity	0.800	0.837
Specificity	0.719	0.800

WC, Waist Circumference.

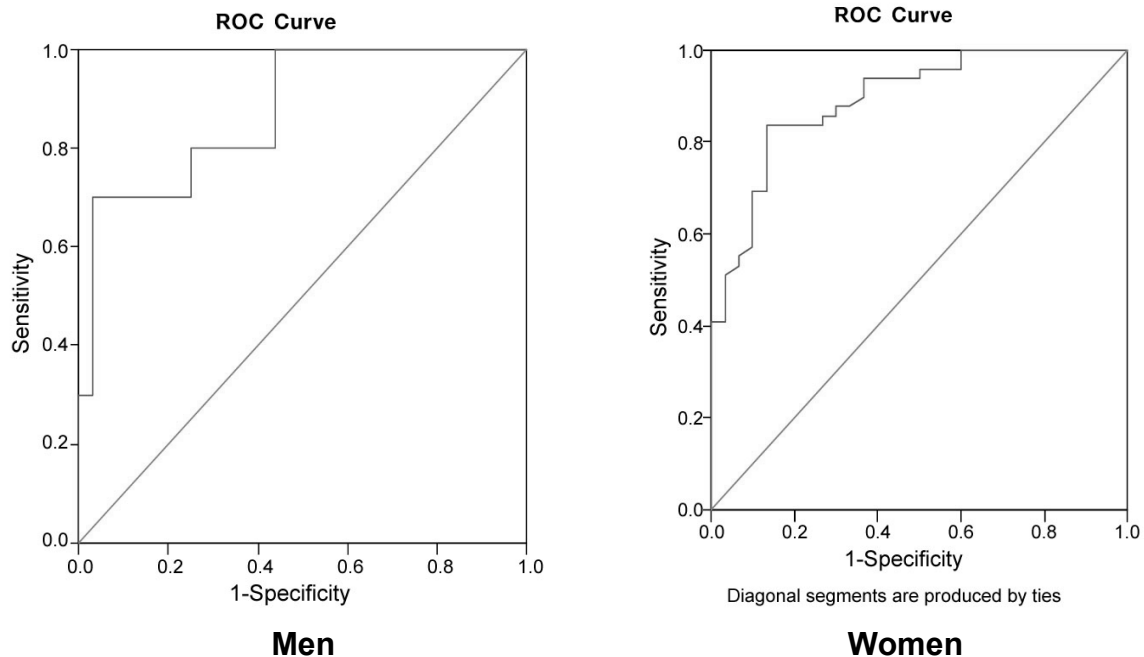


Fig. 3. Receiver operating characteristic (ROC) analysis of visceral fat distance as a predictor of the visceral obesity.

측정한 내장지방 길이 ($r = 0.674$, $P < 0.05$), 체질량지수 ($r = 0.610$, $P < 0.05$), 허리둘레 ($r = 0.626$, $P < 0.05$), 요둔 위 비율 ($r = 0.557$, $P < 0.05$) 등의 비만인자들과 높은 양의 상관관계를 보였고, 특히 내장지방 길이는 다른 비만 인자들보다 컴퓨터 단층촬영으로 측정된 내장지방 면적과 상관관계가 더 좋았다.

6. 허리둘레를 기준으로 했을 때 초음파로 측정된 내장지방의 적합한 길이 (Table 6, Fig. 3)

허리둘레가 체질량지수나 요둔위 비율에 비하여 컴퓨터 단층촬영으로 측정된 내장지방 면적과의 상관관계가 더 좋았기 때문에, 허리둘레를 내장비만의 기준으로 하여 초음파로 측정된 내장지방의 적합한 길이를 알아보았다. 허리둘레

가 남자 90 cm 이상, 여자 85 cm 이상일 경우 내장비만의 기준으로 했을 때 ROC 곡선에서 보여 지는 적절한 내장지방 길이는 남녀에서 각각 4.760 cm, 3.695 cm이었으며 각각의 민감도와 특이도는 남자 환자의 경우 0.800, 0.719이었으며 여자 환자의 경우 0.837, 0.800이었다.

고 찰

내장비만을 가장 정확하게 알아보는 방법은 컴퓨터 단층촬영을 통한 내장지방 면적 측정이지만 1990년 Armellini 등¹⁸⁾이 초음파를 사용하여 내장지방 길이를 측정하는 방법을 제안한 이래로, 초음파 방법은 내장지방 면적을 평가하는데 있어 비침습적인 방법이면서 비교적 가격이 저렴하고 쉽게 이용할 수 있다는 장점으로 인하여 최근 임상에서 많이 사용되고 있다^{2,7,9,14,17)}. 특히 초음파로 측정된 복부지방 두께는 일반인과 대사증후군 환자에서 컴퓨터 단층촬영으로 측정한 내장지방 면적과 좋은 상관관계를 보여주는 연구결과들은 초음파로 측정하는 내장지방 두께가 내장비만을 진단하는데 도움이 된다는 것을 의미한다^{5,9,14,17)}. 내장지방을 초음파로 측정하는 방법의 또 다른 특징은 단기간의 작은 지방량의 변화를 잘 알아낼 수 있다는 것이다⁹⁾.

내장비만이 당뇨병환자에서 심혈관질환 발생과 연관이 있다는 정 등²⁰⁾의 연구 결과는 당뇨병과 같은 심혈관질환 발생의 고위험군에서 내장비만을 관리하는 것이 중요하며, 내장지방 면적을 정확하고도 실제적으로 검사할 수 있는 측정 방법이 필요하다는 것을 의미한다.

내장지방이 임상적으로 중요한 이유는 지방조직의 분포 부위에 따라 대사적 특징이 다르게 나타나기 때문이다. 즉, 내장지방 세포는 피하지방 세포에 비하여 대사적으로 더 활동적이어서 기초 지방 분해율이 더 높으며, 인슐린의 지방분해 억제작용에 덜 민감하고 카테콜아민의 지질분해 효과에 더 민감하여 유리지방산을 더 많이 분비 하고 이로 인하여 잉여 지방이 간장과 근육에 축적되어 말초조직에서 인슐린 저항성을 유발하게 되고 더불어 당뇨병 및 대사증후군 발생의 병태생리에 중요한 역할을 하는 것으로 알려져 있다^{21,22)}. 또한 내장지방의 지방세포는 인터루킨-6, TNF- α , 안지오텐신-II, PAI-1 등의 많은 사이토카인과 혈관수축물질을 분비하여 혈관에 직접적인 영향을 주고 심혈관질환의 위험도를 증가시킨다²³⁾.

본 연구에서 초음파로 측정된 피하지방 길이는 남자 환자 1.97 cm, 여자 환자 2.09 cm이었으며 내장지방 길이는 남자 환자 4.62 cm, 여자 환자 4.33 cm으로 남녀간의 차이

는 없었다. 한편 제2형 당뇨병환자를 대상으로 한 김 등²⁾의 연구에서는 초음파로 측정된 내장지방 길이는 남녀에서 각각 5.17 cm, 3.71 cm이었으며 피하지방 길이는 남녀에서 각각 2.24 cm, 3.01 cm로 본 연구결과와 비교하여 남자에서는 비슷한 결과를 보였지만 여자에서는 다른 결과를 보였다. 이러한 결과는 본 연구의 여자 환자의 평균 나이가 63세로 김 등의 연구의 여자 평균 나이인 46세 보다 15세 이상 나이가 많으며 폐경에 따른 복부지방의 분포의 차이로 생각되어 진다.

내장지방 길이와 심혈관질환 위험인자와의 상관관계를 남녀 구분해서 살펴보면, 남자 당뇨병환자에서의 내장지방 길이는 체질량지수, 허리둘레, 요둔위 비율과 같은 비만인자들과 높은 상관관계를 보였으며, 공복혈당과 당화혈색소, 고밀도지단백 콜레스테롤과는 음의 상관관계가 있었다. 여자 당뇨병환자에서의 내장지방 길이는 남자 환자와 유사하게 체질량지수, 허리둘레, 요둔위 비율과 같은 비만인자들과 높은 상관관계가 있었다. 한편 총 콜레스테롤과 중성지방과는 양의 상관관계를 보였지만 혈당조절 상태와는 상관관계가 없어 남녀간에 내장지방과 심혈관질환 위험인자와의 관련성이 다를 수 있다. 한국인 제2형 당뇨병환자를 대상으로 한 김 등의 연구에서는 체질량지수, 요둔위 비율, 허리둘레는 남녀 모두에서 내장지방 길이와 상관관계가 좋았으며, 남자 환자에서는 심혈관질환 위험인자인 중성지방, 고밀도지단백 콜레스테롤, 유리지방산 및 경동맥 내막중량 두께와 상관관계가 좋았다고 하였다. 여자 환자에서는 수축기 혈압, 이완기 혈압, 공복 인슐린 농도, 그리고 HOMR-IR에서 상관관계가 좋다고 보고하여 남녀간의 차이가 있다고 하였다^{2,8)}. 또 다른 한국인 제2형 당뇨병환자를 대상으로 한 연구에서는 내장지방 길이가 공복 인슐린 농도, HOMA-IR 과 유의한 양의 상관관계를 보이고 고밀도 지단백 콜레스테롤과는 음의 상관관계를 보여 내장지방 길이가 심혈관질환 위험인자와 상관관계가 있음을 알 수 있었다²⁰⁾.

본 연구에서 컴퓨터 단층촬영으로 측정한 내장지방 면적은 여자 환자에서는 135.8 cm² 로서 남자 환자 105.9 cm² 보다 높은 경향을 보였지만 통계학적으로는 차이가 없었다. 그러나 피하지방 면적은 여자 환자에서 176.2 cm²로 남자 환자 121.7cm² 보다 통계학적으로 증가되어 있었다. 김 등²⁾의 연구에 의하면 남자 환자에서 컴퓨터 단층촬영으로 측정한 내장지방 면적은 95.4 cm², 피하지방 면적은 129.7 cm² 이었다. 또한 여자환자의 경우에는 내장지방 면적은 82.5 cm², 피하지방 면적은 175.9 cm²이었다.

컴퓨터 단층촬영으로 측정한 내장지방 면적과 심혈관질환

한 위험인자들과의 상관관계를 살펴보면 남녀 모두에서 체질량지수, 허리둘레, 요단위 비율 등과 같은 비만인자들과 높은 상관관계를 보였으며, 총 콜레스테롤, 중성지방, 저밀도 지단백 콜레스테롤, 고밀도 지단백 콜레스테롤과 같은 지질대사와도 높은 상관관계를 보였다. 초음파로 측정된 내장지방 길이의 상관관계와 비교하면 비만인자들과는 낮은 상관관계를 지질대사와는 높은 상관관계를 보였는데 이전의 Ribeiro-Filho 등의 결과와 유사하였다¹⁴⁾.

초음파로 측정된 복부지방 길이와 컴퓨터 단층촬영으로 측정된 내장지방 면적과의 상관관계에 대한 연구들을 살펴보면 이탈리아에서 120명의 여자를 대상으로 한 연구에서는 컴퓨터 단층촬영으로 측정된 내장지방 면적을 세군으로 나누어 비교했을 때 요단위 비율로 구분한 경우에는 차이가 없었지만 초음파로 측정된 복부지방 길이에서는 세 군 간 차이를 보였으며, 복부지방량을 예견할 수 있는 가장 좋은 인자는 초음파로 측정된 복부지방 길이이었다고 하였다⁷⁾. 여러 인종을 대상으로 한 연구에서도 초음파로 측정된 복부지방 길이가 허리둘레, 요단위 비율과 같은 다른 비만 인자보다도 컴퓨터 단층촬영으로 측정된 내장지방 면적과의 상관관계가 더 좋았다고 하였다^{9,14,15)}. 본 연구에서도 컴퓨터 단층촬영으로 측정된 내장지방 면적은 초음파로 측정된 내장지방 길이와의 상관관계는 0.674로 다른 비만 인자들보다 더 높은 상관관계를 보여 주었다. 한편 여러 비만인자들과도 좋은 상관관계를 보였는데 허리둘레가 0.626으로 가장 높은 상관관계를 보여 주었다. 한국인을 대상으로 한 다른 김 등⁸⁾의 연구에서도 초음파로 측정된 내장지방 길이와 컴퓨터로 측정된 내장지방 면적은 상관관계가 0.76 정도로 좋았다고 보고하였다.

비만인자들 중에서 허리둘레가 내장비만 진단의 표준 방법인 컴퓨터 단층촬영으로 측정된 내장지방 면적과 상관관계가 가장 높았으므로 허리둘레를 기준으로 하여 이에 합당한 초음파로 측정된 내장지방 길이를 구하였다. 비만의 허리둘레 기준은 한국인을 대상으로 한 최근의 여러 연구결과들을 기준으로 남자 90 cm, 여자 85 cm 으로 하였다²⁴⁻²⁷⁾. 내장비만의 예견인자로 내장지방 길이는 남자의 경우 ROC 곡선량은 0.873, 민감도 0.800, 특이도 0.719이었으며, 여자의 경우 ROC 곡선량은 0.893, 민감도 0.837, 특이도 0.800이었으며, 남자 환자의 cut-off 값은 4.670 cm이었고 여자 환자는 3.695 cm이었다.

김 등²⁾은 제2형 당뇨병환자에서 남자와 여자에서 내장지방 길이가 각각 4.76 cm, 3.55 cm일 때 심혈관질환의 존재와 여러 대사질환을 예견할 수 있다고 하였다. 한편 정 등²⁰⁾

의 연구에 의하면 ROC 곡선을 통한 분석을 이용하여 초음파로 측정된 내장지방 길이 4.45 cm를 비만군의 기준으로 하였다. 이러한 비만군에서 중성지방, HOMA-IR 등의 수치가 유의하게 높았으며, 이상지혈증 위험도가 2.45배, 대사증후군 위험도가 2.66배 증가하여 대사증후군뿐만 아니라 심혈관질환 발생을 예측하고 또한 위험인자로 이용할 수 있다고 하였다.

본 연구의 제한점으로는 한국인을 대상으로 하는 내장비만 진단에 있어 컴퓨터 단층촬영의 내장지방 면적의 기준이 없기 때문에 초음파로 측정하는 내장지방 길이를 결정하는데 있어 내장비만의 기준을 허리둘레를 이용하였다는 점이다. 한편 일본의 경우에는 컴퓨터 단층촬영으로 측정된 내장지방 면적이 100 cm² 이상인 경우에 내장비만의 기준으로 하는 연구결과가 있다²⁸⁾. 또 다른 제한점은 국내의 당뇨병환자를 대상으로 한 여러 연구에서 초음파 측정 내장지방 길이가 서로 다른 결과를 보고하고 있는데 측정방법의 표준화가 필요하다는 것을 의미하며 향후 더 많은 환자를 대상으로 공동된 검사 방법을 이용하여 내장지방 길이 측정방법의 표준화 및 기준의 제시가 필요하다고 생각한다.

이상의 결과에서 한국인 제2형 당뇨병환자를 대상으로 초음파로 측정된 내장지방 길이는 컴퓨터 단층촬영으로 측정된 내장지방 면적과 높은 상관관계를 보였으며 다른 비만인자 및 지질대사와도 좋은 상관관계가 있었다. 그러므로 초음파를 이용한 지방조직 길이 측정은 비침습적인 방법으로서 내장지방을 평가하는 좋은 방법이 될 수 있으며 이러한 측정 방법은 컴퓨터 단층촬영을 대체할 수 있을 것으로 생각된다.

요 약

연구배경: 중심성비만 특히 내장비만은 여러 대사질환 및 심혈관질환 발생과 관련이 높다. 컴퓨터 단층촬영 방법이 내장지방 면적을 측정하는 가장 좋은 방법이지만 보편적으로 사용하기에는 쉽지 않다. 초음파는 복부 지방량을 측정하는데 있어 안전하며 비교적 가격이 저렴하여 폭넓게 사용되고 있다. 본 연구의 목적은 제2형 당뇨병환자에서 초음파로 측정된 내장지방 길이와 컴퓨터 단층촬영으로 측정된 내장지방 면적 및 다른 심혈관질환의 위험인자와의 상관관계를 알아보고, 이러한 내장지방 길이가 다른 비만 인자와 비교하여 컴퓨터 단층촬영으로 측정된 내장지방 면적과 더 높은 상관관계를 보이는지 조사하고, 내장지방 길이로 결정되는 내장 비만의 cut-off 값을 구하고자 하였다.

방법: 128명의 제2형 당뇨병환자를 대상으로 복부 피하지방 길이와 내장지방 길이를 고해상도의 초음파를 이용하여 제대 1 cm 상방에서 측정하였다. 컴퓨터 단층촬영을 이용하여 척추 4~5부위에서 피하지방 면적과 내장지방 면적을 측정하였다. 제지방량과 체지방률은 바이오 스페이스 회사의 인바디 3.0 기계를 사용하여, 여덟 개의 전극을 이용한 직접 분절 측정 방법을 이용하는 바이오 임피던스 방법으로 측정하였다. 환자들의 신장과 체중, 허리둘레, 요둔위 비율, 혈압을 측정하였으며 공복혈당, 당화혈색소, 그리고 지질대사를 검사하였다.

결과: 초음파로 측정한 복부 피하지방 길이와 내장지방 길이는 각각 2.05 ± 0.52 cm, 4.43 ± 1.54 cm 이었다. 피어슨 상관분석에서는 내장지방 길이는 체지방률($r = 0.681$, $P < 0.001$), 허리둘레($r = 0.661$, $P < 0.001$), 요둔위 비율($r = 0.571$, $P < 0.001$), 중성지방($r = 0.316$, $P < 0.001$)과 양의 상관관계를 보였고, 고밀도지단백 콜레스테롤($r = -0.207$, $P < 0.004$)과는 음의 상관관계를 보였다. 초음파로 측정한 내장지방 길이는 컴퓨터 단층촬영으로 측정한 내장지방 면적과 높은 상관관계를 보였으며($r = 0.674$, $P < 0.001$) 다른 비만 인자 및 지질대사와 비교하여 더 좋은 상관관계를 보였다. 허리둘레(남자: 90 cm, 여자: 85 cm)를 내장비만의 기준으로 하여 ROC 방법을 이용하여 초음파로 측정한 적합한 내장지방 길이는 남자에서는 4.670 cm이었고 여자에게는 3.695 cm이었다.

결론: 초음파로 측정한 내장지방 길이는 컴퓨터 단층촬영으로 측정한 내장지방 면적과 높은 상관관계를 보였으며 다른 비만 인자 및 지질대사와도 좋은 상관관계를 보였다. 초음파 기계를 이용한 내장지방 길이 측정은 당뇨병환자에서 내장비만을 예측하는데 기존의 다른 방법보다 더 좋은 방법이 될 수 있을 것이다.

참 고 문 헌

1. Fujioka S, Matsuzawa Y, Tokunaga K, Tauri S: Contribution of intraabdominal fat accumulation to the impairment of glucose and lipid metabolism in human obesity. *Metabolism* 36:54-9, 1987
2. Kim SK, Kim HJ, Hur KY, Choi SH, Ahn CW, Lim SK, Kim KR, Lee HC, Huh KB, Cha BS: Visceral fat thickness measured by ultrasonography can estimate not only visceral obesity but also risks of cardiovascular and metabolic disease. *Am J Clin Nutr* 79:593-9, 2004
3. Bjorntorp P: Portal adipose tissue as a generator of risk factors for cardiovascular disease and diabetes. *Arteriosclerosis* 10:493-6, 1990
4. Guldiken S, Tuncbilek N, Okten OO, Arikan E, Tugrul A: Visceral fat thickness determined using ultrasonography is associated with anthropometric and clinical parameters of metabolic syndrome. *Int J Clin Pract* 60:1576-81, 2006
5. Leite CC, Wajchenberg BL, Radominski R, Matsuda D, Cerri GG, Halpern A: Intra-abdominal thickness by ultrasonography to predict risk factors for cardiovascular disease and its correlation with anthropometric measurements. *Metabolism* 51:1034-40, 2002
6. Zamboni M, Armellini F, Sheiban F, De Marchi M, Todesco T, Bergamo Andreis IA, Cominacini L, Bosello O: Relation of body fat distribution in men and degree of coronary narrowings in coronary artery disease. *Am J Cardiol* 70:1135-8, 1992
7. Armellini F, Zamboni M, Robbi R, Todesco T, Rigo L, Bergami-Andreis IA, Bosello O: Total and intra-abdominal fat measurements by ultrasound and computerized tomography. *Int J Obes Relat Metab Disord* 17:209-14, 1993
8. 김수경, 김세화, 이유미, 최성희, 조유리, 안철우, 차봉수, 임승길, 김경래, 이현철, 허갑범: 컴퓨터단층촬영으로 측정한 복강내 지방조직 길이와 내장지방 면적, 내장지방/피하지방 면적비 및 내장지방/골격근 면적비와의 비교 대한내과학회지 64:49-59, 2003
9. Hirooka M, Kumagi T, Kurose K, Nakanishi S, Michitaka K, Matsuura B, Horike N, Onji M: A technique for the measurement of visceral fat by ultrasonography: Comparison of measurements by ultrasonography and computed tomography. *Internal Medicine* 44:794-9, 2005
10. Depres JP, Prud'Homme D, Pouliot MC, Tremblay A, Bouchard C: Estimation of deep abdominal adipose-tissue accumulation from simple anthropometric measurements in men. *Am J Clin Nutr* 54:471-7, 1991
11. Seidell JC, Cigolini M, Charzewska J, Ellisinger BM, Deslypere JP, Cruz A: Fat distribution in European

- men: a comparison of anthropometric measurements in relation to cardiovascular risk factors. *Int J Obes Metab Disord* 16:17-22, 1992
12. Ross R, Rissanen J, Hudson R: Sensitivity associated with the identification of visceral adipose tissue levels using waist circumference in men and women: Effects of weight loss. *Int J Obes Relat Metab Disord* 20:533-8, 1996
 13. Seidell JC, Andres R, Sorkin JD, Muller DC: The sagittal waist diameter and mortality in men: The Baltimore Longitudinal Study on aging. *Int J Obes Relat Metab Disord* 18:61-7, 1994
 14. Ribeiro-Filho FF, Faria AN, Kohlmann Jr O, Ajzen S, Ribeiro AB, Zanella MT, Ferreira SRG: Ultrasonography for the evaluation of visceral fat and cardiovascular risk. *Hypertension* 38:713-7, 2001
 15. Tomaghi G, Raiteri R, Pozzato C, Rispoli A, Bramani M, Cipolat M, Craveri A: Anthropometric or ultrasonic measurements in assessment of visceral fat?: a comparative study. *Int J Obes Relat Metab Disord* 18:771-5, 1994
 16. Ribeiro-Filho FF, Faria AN, Azjen S, Zanella MT, Ferreira SRG: Methods of estimation of visceral fat: Advantages of ultrasonography. *Obes Res* 11:1488-94, 2003
 17. Liu KH, Chan YL, Chan WB, Kong WL, Kong MO, Chan JCN: Sonographic measurement of mesenteric fat thickness is a good correlate with cardiovascular risk factors: comparison with subcutaneous and preperitoneal fat thickness, magnetic resonance imaging and anthropometric indexes. *Int J Obe* 27:1267-73, 2003
 18. Armellini F, Zamboni M, Rigo L, Todesco T, Bergamo-Andris IA, Procacci C, Bosello O: The contribution of sonography to the measurement of intra-abdominal fat. *J Clin Ultrasound* 18:563-7, 1990
 19. Armellini F, Zamboni M, Rigo L, Bergamo-Andreis IA, Robbi R, De Marchi M, Bosello O: Sonography detection of small intra-abdominal fat variations. *Int J Obe* 15:847-52, 1991
 20. 정귀홍, 김성균, 정진욱, 조동혁, 정동진, 정민영: 제2형 당뇨병 환자에서 초음파 측정 내장지방 지표와 심혈관계 위험인자와의 관계. *대한내과학회지* 73:618-30, 2007
 21. Rebuffe-Scrive M, Anderson B, Olbe L, Bjorntorp P: Metabolism of adipose tissue in intra abdominal depots of non obese men and women. *Metabolism* 38:453-8, 1989
 22. Bjorntorp P: Portal adipose tissue as a generator of risk factors for cardiovascular disease and diabetes. *Arteriosclerosis* 10:493-6, 1990
 23. Ahima RS, Jeffery SF: Adipose tissue as an endocrine organ. *Trends Endocrinol Metab* 11:327-32, 2000
 24. 최성희, 김대중, 이광은, 김유미, 송영득, 김하동, 안철우, 차봉수, 허갑범, 이현철: 한국 성인 대사증후군 환자에서 허리둘레의 기준치수에 관한 연구. *대한비만학회* 13:53-60, 2004
 25. Kim JA, Choi CJ, Yum KS: Cut-off values of visceral fat area and waist circumference: Diagnostic criteria for abdominal obesity in a Korean population. *J Korean Med Sci* 21:1048-53, 2006
 26. 이해정, 권혁상, 박용문, 전한나, 최윤희, 고승현, 이정민, 윤건호, 차봉연, 이원철, 이광우, 손호영, 강성구, 안명숙, 강진모, 김동석: 한국인 40세 이상의 성인에서 대사증후군의 위험인자로서의 허리둘레: 5가지 진단기준으로부터의 고찰. *당뇨병* 29:48-56, 2005
 27. 이상엽, 박혜순, 김선미, 권혁상, 김대영, 김대중, 조금주, 한지혜, 김성래, 박철영, 오승준, 이창범, 김경수, 오상우, 김용성, 최웅환, 유형준: 한국인의 복부비만 기준을 위한 허리둘레 분별점. *대한비만학회* 15:1-9, 2006
 28. The Examination Committee of Criteria for "Obesity Disease" in Japan, Japan Society for the Study of Obesity. New criteria for "obesity disease" in Japan. *Cir J* 66:987-92, 2002