

내장지방 및 피하지방 면적과 인슐린 민감성 지표들과의 상관관계

김지현¹, 문지현¹, 김현주^{1,2}, 공미희^{1,2}

¹제주대학교병원 가정의학과, ²제주대학교 의학전문대학원 가정의학교실

(Received November 13, 2014; Revised November 20, 2014; Accepted November 27, 2014)

Abstract

Relation between visceral & subcutaneous abdominal fat area and insulin sensitivity indices

Ji Hyon Kim¹, Ji Hyeon Moon¹, Hyeon Ju Kim^{1,2}, Mi Hee Kong^{1,2}

¹Department of Family Medicine, Jeju National University Hospital

²Department of Family Medicine, Jeju National University School of Medicine, Jeju, Korea

Obesity is associated with complications such as hyperlipidemia, hyperinsulinemia, hypertension and cardiovascular diseases. We studied the relation of visceral & subcutaneous abdominal fat area and insulin sensitivity indices in non-diabetics Korean adults. This is a cross-sectional study by 204 patients who visited a Health Promotion Center of one hospital. We analyzed the association of anthropometry(waist circumference, BMI), visceral & subcutaneous fat by abdominal fat CT, insulin sensitivity or resistance indices(HOMA-IR, QUICKI, 1/insulin, Glucose/insulin), and plasma concentrations of lipid profiles. We found that in men, VFA and VSR have a negative correlation with Insulin sensitivity indices(QUICKI, 1/fasting insulin, G/I ratio) and a positive correlation with cholesterol and HOMA-IR. In women, we found that VFA and VSR have a negative correlation with HDL-cholesterol and QUICKI and positive correlation with triglyceride and HOMA-IR. After adjusted for age, BMI and waist circumference, we found that only in men, VFA and VSR have a negative correlation with Insulin sensitivity index(QUICKI, 1/fasting insulin, G/I ratio). As shown above, in men, Visceral fat & visceral fat/subcutaneous fat ratio are related strongly to Insulin resistance and sensitivity index. (*J Med Life Sci* 2014;11(2):173-177)

Key Words : Visceral fat, Subcutaneous fat, Metabolic Syndrome, Insulin Resistance

서론

당뇨병의 폭발적인 증가는 세계 어디서나 주요 문제가 되고 있다. 2005년 우리나라의 국민건강영양조사 자료에 의하면, 연령, 성별을 보정한 한국인에서의 당뇨병 유병률은 20세 이상 성인에서 7.3%로 보고되었고, 이제 우리나라에서도 당뇨병은 큰 사회적 문제로 대두되고 있다¹. 당뇨병의 증가는 사회적인 비용의 증가를 야기하므로 당뇨병의 예방과 치료를 위한 사회적인 해결책이 필요한 시점이다. 이에 따라 당뇨병의 발생을 지연시키고 위험인자를 사전에 감소시키고자 예방에 관한 여러 연구가 진행되고 있다^{2,3}. 이러한 맥락에서 당뇨병의 원인이 되는 인슐린 저항성과 인슐린 저항성의 위험인자로서 복부 비만의 관련성에 대

한 연구가 많이 이루어지고 있으며, 복부 지방과 인슐린 저항성의 높은 상관관계가 여러 연구들에 의해 밝혀지고 있다⁴.

당뇨병은 인슐린 분비를 감소시키는 베타세포 기능 부전과 인슐린 저항성이라는 두 가지 기전으로 발병한다고 알려져 있다⁵. 인슐린 저항성을 측정하는 방법에는 여러 가지 지표들이 소개되고 있다. 그 중, homeostasis model assessment (HOMA) model은 1985년에 처음 소개되었으며 혈장 공복혈당과 기저 인슐린 농도를 측정하여 베타세포 기능 (HOMA β -cell)과 인슐린저항성 (HOMA-IR)을 평가하는 방법이며, 2000년도에 새로이 개발된 평가법인 QUICKI(quantitative insulin sensitivity check index)는 HOMA-IR법과 마찬가지로 매우 간단하나 정상혈당 고인슐린형 클립프법으로 측정된 인슐린 저항성과는 HOMA-IR 법에 비해 상관관계의 정도가 더 높으며 더 좋은 선형관계를 보이는 것으로 평가되고 있다.

복부지방을 평가하는 방법에는 허리둘레 측정, 시상복부직경 (sagittal abdominal diameter) 측정 등이 비교적 간단한 방법이 있으며 정확하게 내장지방과 피하지방의 양을 측정하는 방법으

Correspondence to : Mi Hee Kong
Department of Family Medicine, Jeju National University School of Medicine, Aran 13gil 15, Jeju-si, Jeju Special Self-governing Province, Republic of Korea, 690-767
E-mail : mdoc@nate.com

로는 복부 컴퓨터 단층촬영이 있다. 허리둘레 측정법은 단순히 선 자세에서 배꼽주위의 둘레를 측정하는 것이고, 시상복부직경 측정법은 누운 자세에서 골반 장골능 위치로부터 복부까지의 높이를 측면에서 측정하는 방법이다. 그러나 이러한 방법들은 내장지방과 피하지방의 양을 정확하게 측정하지 못하는 한계점이 있다. 또한, 여러 연구들을 통해 복부지방 중에서도 피하지방보다는 내장지방이 여러 대사 위험 요인(metabolic risk factor)과 더욱 큰 상관 관계가 있다고 알려진 것을 감안해 볼 때, 내장지방이 피하지방 보다는 인슐린 민감성 지표들과의 더 큰 상관관계가 있을 것으로 예상할 수 있다. 따라서 복부 컴퓨터 단층촬영을 통해 내장지방과 피하지방의 양을 정량적으로 측정하여 이와 인슐린 민감성 지표들과의 상관관계를 알아보려고 하였다.

대상 및 방법

1. 연구 대상

2009년 5월부터 2011년 7월까지 일개 대학병원 건강검진센터에서 복부 컴퓨터단층촬영(abdominal fat CT)을 촬영한 사람을 대상으로 이미 당뇨병을 진단받고 약물치료중인 경우를 제외하여 최종 대상으로 204명을 선정하였다.

2. 측정 방법

연구 대상자에게 문진을 통해 현 병력, 과거 병력, 음주와 흡연, 운동의 유무 등의 생활습관을 조사하였으며 신체검사는 가벼운 검진가운만 착용한 상태에서 체중 및 신장을 측정하였고, 허리둘레는 선 자세에서 배꼽위에서 측정하였으며, 체질량 지수(Body Mass Index, BMI)는 체중(kg)을 신장(m)의 제곱으로 나누어 계산하였다. 수축기 및 이완기 혈압은 자동혈압측정계(FT-700R(JAWON MEDICAL Co.Ltd., Seoul, Korea)로 측정하였고, 혈액검사는 8시간 이상 공복상태로 정맥혈을 채혈하여 혈액검사를 시행하였다.

3. 복부 지방 측정

복부 컴퓨터단층촬영(abdominal fat CT, single slice CT scan(Siemens/SOMATOM Definition, USA)를 사용하여, 누운 상태로 제4~5 요추 간을 기준으로 하여 5mm 간격으로 촬영하였다. -140~-40 Hounsfield unit을 지방조직으로 기준하고, 이를 통해 내장지방면적(visceral fat area, VFA)과 피하지방면적(subcutaneous fat area, SFA)을 측정하여 내장지방/피하지방면적 비(visceral fat/subcutaneous fat area ratio, VSR)를 계산하였다.

4. 인슐린 민감성 지표

8시간 이상 공복 후 채혈한 혈액으로 공복혈당과 공복인슐린을 측정하여 인슐린민감성 지표로 1/공복인슐린(1/fasting insulin), 공복혈당/공복인슐린 비율 (Glucose/Insulin ratio, G/I ratio)을 산출하였으며, HOMA-IR(Homeostasis model assessment of insulin resistance)은 [fasting plasma insulin (μ

U/mL) \times fasting plasma glucose (mg/dL)]/(22.5 \times 18.182)⁶⁾을 이용하였으며, QUICKI(Quantitative insulin sensitivity check index)는 1/[log fasting plasma insulin (μ U/mL)+log fasting plasma glucose(mg/dL)]을 이용하여 산출하였다.

5. 통계 분석

연구 대상자의 일반적 특성 및 생화학적 특성 중 연속 변수는 성별에 따라 독립 표본 T검정으로 비교하였고 범주 변수는 교차분석(카이제곱 검정)으로 비교하였다. 내장지방면적(visceral fat area, VFA), 피하지방면적(subcutaneous fat area, SFA), 내장지방/피하지방 면적 비(visceral fat/subcutaneous fat area ratio, VSR)와 인슐린 민감성 지표들(1/fasting insulin, G/I ratio, HOMA-IR, QUICKI)과의 관계를 알아보기 위하여 Pearson 상관분석을 사용하였다. 모든 통계학적 유의성은 P<0.05로 정하였고, 자료 분석에 사용된 프로그램은 SPSS for windows(Version 18.0)이다.

결 과

1. 일반적 특성(Table 1)

전체 대상자 204명 중 남성은 108명, 여성은 96명이었다. 남녀 두 군의 평균 연령에는 차이가 없었다. 또한, 공복혈당, 당화혈색소, 총 콜레스테롤 및 LDL 콜레스테롤 농도에도 성별의 차이가 없었다. 그러나, 체질량지수(Body mass index, BMI), 허리둘레(Waist circumference, WC), 수축기 혈압(Systolic blood pressure, SBP), 이완기 혈압(Diastolic blood pressure, DBP), 중성지방(Triglyceride, TG)은 남성이 여성보다 높았으며, HDL 콜레스테롤 농도는 여성이 남성보다 높았다. 생활습관에 대해서는 현재 음주를 하고 있는지, 현재 흡연을 하고 있는지, 또 현재 규칙적인 운동을 하고 있는지의 여부를 묻는 설문조사를 통해 생활습관에 대한 조사를 하였고, 그 결과 남성이 여성보다 음주자, 흡연자, 운동하는 사람의 비율이 더 높았다.

복부 CT로 분석한 내장과 피하지방면적에 대한 성별비교에서는 남성이 여성보다 내장지방면적(visceral fat area, VFA)이 더 넓고, 내장지방/피하지방 면적비(visceral fat/subcutaneous fat area ratio, VSR)가 더 컸으며, 상대적으로 피하지방면적(subcutaneous fat area, SFA)은 여성이 남성보다 더 넓은 것으로 나타났다. 한편, 전체 대상자들에서 네 가지 인슐린민감성 지표들(1/fasting insulin, G/I ratio, HOMA-IR, QUICKI)의 남녀 성별의 차이는 없었다.

2. 내장지방 및 피하지방 면적과 일반적 특징들과의 상관성

전체 대상자 중, 남성의 경우 연령의 따른 내장지방면적(visceral fat area, VFA), 피하지방면적(subcutaneous fat area, SFA), 내장지방/피하지방 면적비(visceral fat/subcutaneous fat area ratio, VSR)의 차이는 나타나지 않았다. 신체계측과의 비교에서는 체질량지수가 증가할수록 VFA가 넓어지는 양의 상관관계($r=0.645$, $P<0.001$)를 보였고, SFA 또한 같은 결과를 보였다

Table 1. Baseline characteristics of study subjects by gender*

	Men (n=108)	Women (n=96)	P-values †
Age (yr)	52.6±10.7	52.4±9.7	0.891
BMI (kg/m ²)	25.9±2.9	24.4±3.1	<0.001
Waist circumference (cm)	90.6±7.6	83.9±8.1	<0.001
VFA(cm ²)	155.7±56.1	95.4±43.5	<0.001
SFA(cm ²)	156.8±57.6	190.6±57.3	<0.001
VSR	1.06±0.40	0.52±0.24	<0.001
SBP (mmHg)	125.9±12.4	121.0±13.8	0.007
DBP (mmHg)	77.1±9.4	71.8±8.5	<0.001
FPG, (mg/dL)	98.9±20.6	88.8±12.8	0.091
HbA1C(%)	5.8±1.0	5.6±0.7	0.187
Total cholesterol(mg/dL)	201.1±35.8	200.8±34.3	0.894
Triglycerides(mg/dL)	133.1±77.0	89.5±47.9	<0.001
HDL cholesterol(mg/dL)	49.1±11.5	58.9±12.3	<0.001
LDL cholesterol(mg/dL)	132.3±35.1	128.2±32.1	0.392
HOMA-IR	1.41±0.82	1.27±0.81	0.235
QUICKI	0.38±0.040	0.39±0.05	0.140
1/Insulin	.22±0.14	0.25±0.25	0.226
G/I ratio	19.76±11.61	21.28±16.24	0.438
Current alcohol drinker	89(43.60%)	31(12.70%)	<0.001
Current smoker	87(42.70%)	6(2.90%)	<0.001
Regular exerciser	45(22.10%)	26(12.70%)	0.029

Abbreviations: BMI, body mass index; VFA, visceral fat area; SFA, subcutaneous fat area; VSR, visceral fat area/subcutaneous fat area; SBP, systolic blood pressure, DBP, diastolic blood pressure; FPG, fasting plasma glucose; HOMA-IR, insulin resistance by homeostasis model assessment; QUICKI, quantitative insulin sensitivity check index; G/I ratio, glucose/Insulin ratio

* The data is shown as means ± SD or number(%)

† P-values by T-test for the continuous variables and by chi-square test for categorical variables

($r=0.783$, $P<0.001$). 허리둘레의 경우도 허리둘레가 증가할수록 VFA($r=0.659$, $P<0.001$)와 SFA($r=0.831$, $P<0.001$)가 증가하였다. VFA와 VSR이 증가할수록 혈중 중성지방의 농도가 증가하였으나($r=0.254$, $P=0.008$; $r=0.292$, $P=0.002$), SFA와 중성지방 농도와는 상관관계가 없었다($r=-0.028$, $P=0.776$). 또한 혈압은 VFA, SFA, VSR과 모두 상관관계가 없었다.

여성의 경우, 연령이 증가할수록 VSR이 증가하는 것으로 나타났다($r=0.207$, $P=0.003$). 신체계측 지표인 체질량지수와 허리둘레가 증가할수록 VFA, SFA, VSR 모두 양의 상관관계로 증가하였다($P<0.001$). 혈중 지질농도와 비교에서는 VFA와 VSR이 증가할수록 중성지방과 LDL 콜레스테롤 농도는 높았으며, HDL 콜레스테롤 농도는 낮아지는 상관관계를 보였다($P<0.001$). 한편, 남

성에서와는 달리 여성에서는 VFA와 VSR이 증가할수록 수축기 및 이완기 혈압이 높아지는 양의 상관관계를 보였다(수축기 혈압과 VFA; $r=0.271$, $P<0.001$, 이완기 혈압과 VFA; $r=0.334$, $P<0.001$, 수축기 혈압과 VSR; $r=0.195$, $P=0.005$, 이완기 혈압과 VSR; $r=0.290$, $P<0.001$).

3. 내장지방 및 피하지방면적과 인슐린 민감성 지표들간의 상관성(Table 2)

남성에서 VFA가 넓어질수록 HOMA-IR이 증가하고, QUICKI와 1/fasting insulin, G/I ratio가 감소하였고, VSR이 증가할수록 HOMA-IR이 증가하고, QUICKI와 1/fasting insulin은 감소하였다. 한편, 여성의 경우에는 VFA가 넓어질수록 HOMA-IR이 증가하고, QUICKI가 감소하는 것으로 나타났다.

연령, 체질량지수, 허리둘레에 대한 영향을 보정한 이후에는, 여성의 경우, VFA, SFA, VSR과 인슐린 민감성 지표들(1/fasting insulin, G/I ratio, HOMA-IR, QUICKI) 사이의 유의한 상관성이 없어졌지만, 남성의 경우에는 VFA가 넓어질수록, VSR이 증가할수록 QUICKI, 1/fasting insulin, G/I ratio가 감소하는 상관관계가 통계적으로 유의성을 유지하였다. 즉, 연령, 체질량지수, 허리둘레를 보정해도 내장지방의 면적이 증가할수록, 복부지방에서 내장지방의 비율이 증가할수록 인슐린 민감도는 감소하는 것을 알 수 있었다.

Table 2. Correlation coefficients between Index of Insulin sensitivity and Fat area

	VSR		VFA		SFA	
	A	B	A	B	A	B
Men						
HOMA-IR	0.259*	0.318 †	0.516 †	0.280*	0.319*	-0.137
QUICKI	-0.279*	-0.383 †	-0.594 †	-0.366 †	-0.378 †	0.136
1/Insulin	-0.197*-	-0.310*	-0.560 †	-0.332 †	-0.419 †	0.082
G/I ratio	0.107	-0.219*	-0.507 †	-0.281*	-0.443 †	0.023
Women						
HOMA-IR	0.107	0.063	0.276*	-0.026	0.313*	-0.118
QUICKI	-0.152	-0.085	-0.245*	0.009	-0.179	0.184
1/Insulin	-0.110	-0.029	0.143	0.044	-0.063	0.172
G/I ratio	-0.096	-0.023	-0.142	0.051	-0.075	0.181

Abbreviations: VFA, visceral fat area; SFA, subcutaneous fat area; VSR, visceral fat area/subcutaneous fat area; HOMA-IR, insulin resistance by homeostasis model assessment; QUICKI, quantitative insulin sensitivity check index; G/I ratio, glucose/Insulin ratio

A, Pearson's correlation coefficient; B, partially correlation coefficient adjusted age, WC, BMI. * $P<0.05$ † $P<0.001$

고찰

본 연구는 복부 컴퓨터단층촬영(abdominal fat CT)을 통하여 내장지방면적 및 피하지방면적을 구하고, 혈액검사를 통하여 알 수 있는 인슐린 민감성을 반영하는 지표들과의 어떠한 상관관계가 있는지를 알아보려고 하는 단면연구로, 그 결과 남성의 경우, 내장지방면적(visceral fat area, VFA)과 내장지방/피하지방 면적비(visceral fat/subcutaneous fat area ratio, VSR)가 증가할수록 HOMA-IR은 증가하고 QUICKI, 1/fasting insulin, G/I ratio는 감소하는 것으로 내장지방면적 및 피하지방대비 상대적 내장지방비율의 증가가 인슐린 저항성을 증가, 즉 인슐린 민감도를 감소시킨다는 것을 알 수 있었다. 특히 이러한 상관관계는 연령, 체질량지수, 허리둘레를 보정한 이후에도 그 유의성이 유지되어 단순한 복부지방이 아닌 내장지방이 인슐린 민감도와 밀접한 상관관계가 있다는 것을 알 수 있었다.

인슐린 저항성(insulin resistance)이란 혈중 인슐린에 대한 표적장기의 반응이 정상보다 감소되어 있는 상태를 말하며 인슐린의 여러 작용 중 보통 포도당 대사에 국한해서 정의한다. 1936년 Himsworth가 일부 당뇨병 환자들은 혈당을 떨어뜨리기 위해 다른 환자들보다 훨씬 많은 양의 인슐린을 필요로 하는 것을 관찰하여 이들 환자들에서는 인슐린 부족보다는 인슐린에 대한 저항성 증가 및 민감성 감소가 주된 이상일 것이라는 개념을 처음으로 제시하였다⁷⁾. 이후 인슐린 저항성이 제2형 당뇨병의 발생에 중요한 역할을 할 뿐 아니라 비만, 고혈압, 고중성지방혈증, 저 HDL콜레스테롤혈증, 관상동맥질환 등 다른 많은 질환 또는 상태들과 관련이 있는 것이 알려지게 되었다⁸⁾. 현재, 인슐린 저항성과 민감성을 나타내는 지표로 잘 사용되고 있는 지표는 homeostasis model assessment (HOMA) model과 QUICKI(quantitative insulin sensitivity check index)이며, 이를 이용하여 많은 연구들이 진행되고 있다.

이전의 역학 연구들에서 복부 비만 및 내장지방은 심혈관 질환, 당뇨병 등의 만성 질환의 위험인자로 알려져 있으며⁹⁻¹²⁾ 일반적으로 이때 복부비만 및 내장지방을 반영하는 신체체중지표로 허리둘레 혹은 허리-엉덩이 둘레비, 시상복부직경 등이 사용되었다¹³⁻¹⁵⁾.

한편, 이러한 인슐린 저항성과 내장비만과의 인과관계에 대한 근거 및 연관성을 연구한 가설에 따르면¹⁶⁾, 내장지방에서 유리되는 유리지방산양은 피하지방이나 근육 내 지방보다 많은데, 이렇게 과다하게 유리된 지방산이 근육의 인슐린을 통한 포도당 흡수를 감소시키고, 췌장 베타 세포의 인슐린 분비 기능에 직접 영향을 끼쳐 당불내성(insulin intolerance)을 일으킬 수 있다고 하였다. 또, 지방조절호르몬인 렙틴이 내장지방 조직보다 피하지방 조직에서 더 많이 생성되고 분비되기 때문에 내장지방이 복부 비만의 경우에는 렙틴의 반응을 적절하게 하지 못하여 인슐린 저항성을 증가시키는데 더욱 기여할 수 있다고 하였다.

따라서 이러한 내장지방을 보다 정확히 측정하는 데 관심이 증가하였으며, 일반적인 허리둘레로 측정하거나 시상복부직경 측정으로 산출되는 측정치는 내장지방과 피하지방의 양을 구분할

수 없는 단점이 있어 이를 보완하기 위해 보다 정확한 측정 방법인 복부 컴퓨터단층촬영(abdominal fat CT)를 사용하게 되었다. 최근까지 이러한 복부 컴퓨터단층촬영(abdominal fat CT)을 사용하여 내장 비만과 여러가지 질환에 대한 연구가 이루어지고 있으며 내장지방과 인슐린 저항성에 관련된 연구들도 발표되었다. Nomura K et al.에 의하면, 평균 연령 75세 전후의 남녀 218명을 대상으로 복부 CT를 통해 측정된 내장지방과 대사 위험 지표들과의 상관성을 연구한 결과에서 남녀 모두에서 내장지방면적과 대사 위험 지표들간의 강한 상관관계가 있다고 하였으며, HOMA-IR 값과도 강한 양의 상관성을 가지고 있다고 발표하였다. 또, Yang L. et al.은 18명의 비당뇨비만인을 대상으로 시행한 연구에서 복부 CT로 측정된 내장지방면적이 증가할수록 HOMA-IR 값이 증가함을 보여주어, 본 연구에서와 같이 내장비만도가 증가할수록 인슐린 저항성이 증가한다고 하였다^{17,18)}.

이렇듯 본 연구가 기존의 연구와 같이 내장지방면적의 증가가 인슐린 저항성과 관련이 있다는 같은 결과를 보이고 있다. 특히 본 연구는 이전의 연구들과 비교하여 여러가지 인슐린 민감성 지표들(1/fasting insulin, G/I ratio, HOMA-IR, QUICKI)을 서로 비교하였고, 연령, 체질량지수, 허리둘레에 대한 영향을 보정한 후에는 여성에서 그 상관성이 사라지고 남성에서만 그 연관성이 유지되었다는 점은 기존의 결과와는 다르다고 할 수 있다.

본 연구에서 연령, 체질량지수, 허리둘레를 보정하자, 여성에서는 내장 비만도와 인슐린 민감성 지표와의 상관관계가 없는 것으로 나타났으며, 체질량지수나 허리둘레 자체는 인슐린 민감도와 관련이 있는 것으로 나왔으나 내장비만면적과 인슐린 민감성 지표와의 관련성이 남성에서보다는 떨어지는 것으로 나타났다.

여성의 경우, 폐경 이후 estrogen의 감소는 근육량을 감소시키고 복부지방이 늘어나 남성형 체형으로의 변화 및 인슐린 저항성의 증가를 유발한다고 하였다¹⁹⁻²¹⁾. 이렇듯 여성호르몬이 인슐린 저항성에 영향을 미치므로, 본 연구처럼 대상자 중 여성이 폐경여부로 나누어 있지 않으면 그로 인해 여성호르몬에 대한 영향을 보정시키지 못하여 결과판정에 다소 한계점이 나타날 수 있다고 할 수 있다.

또한 그 외에 본 연구의 제한점으로는, 단면 연구이기 때문에 내장 비만도와 인슐린 민감성 지표와의 인과관계를 정확히 알 수 없다는 것과 일개 한 병원에서 시행한 결과를 바탕으로 하였기 때문에 대표성이 적은 것, 그리고 식습관에 대한 조사가 되지 못했다는 점 등을 들 수 있다.

결론적으로, 본 연구 결과 내장지방이 많거나 내장지방/피하지방 면적 비율이 증가할수록 인슐린 민감도는 감소하였고, 특히 이러한 결과가 남성에서는 연령, 체질량지수, 허리둘레를 보정한 이후에도 그 유의성이 유지되었다. 따라서, 추후에는 앞서 언급한 한계점을 보완하는 추가 연구가 필요할 것이다.

참고문헌

1) Yoon KH, Lee JH, Kim JW, Cho JH, Choi YH, Ko SH, et al. Epidemic obesity and type 2 diabetes in Asia. Lancet

- 2006;368:1681-8
- 2) Fonseca VA. Identification and treatment of prediabetes to prevent progression to type 2 diabetes. *Clinical cornerstone* 2007;8:10-20
 - 3) Albright A. What is public health practice telling us about diabetes. *J Am Diet Assoc* 2008;108:S12-8
 - 4) Riserus U, Arnlov J, Brismar K, Zethelius B, Berglund L, Vessby B. Sagittal abdominal diameter is a strong anthropometric marker of insulin resistance and hyperproinsulinemia in obese men. *Diabetes Care* 2004;27:2041-6.
 - 5) Kahn SE. The relative contributions of insulin resistance and beta-cell dysfunction to the pathophysiology of type 2 diabetes. *Diabetologia* 2003;46:3-19
 - 6) Valsamakis G, Chetty R, Anwar A, Banerjee AK, Barnett A, Kumar S. Association of simple anthropometric measures of obesity with visceral fat and the metabolic syndrome in male Caucasian and Indo-Asian subjects. *Diabet Med* 2004;21:1339-45.
 - 7) Himsworth HP. Diabetes mellitus: its differentiation into insulin sensitive and insulin insensitive types. 1936. *Int J Epidemiol* 2013;42(6):1594-8.
 - 8) Reaven GM. Banting lecture 1988. Role of insulin resistance in human disease. *Diabetes* 1988;37:1595-607.
 - 9) 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.
 - 10) 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.
 - 11) Baik I, Ascherio A, Rimm EB, Giovannucci E, Spiegelman D, Stampfer MJ, et al. Adiposity and mortality in men. *Am J Epidemiol* 2000;152:264-71.
 - 12) McFarlane SI, Banerji M, Sowers JR. Insulin resistance and cardiovascular disease. *J Clin Endocrinol Metab* 2001;86:713-8.
 - 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) Valsamakis G, Chetty R, Anwar A, Banerjee AK, Barnett A, Kumar S. Association of simple anthropometric measures of obesity with visceral fat and the metabolic syndrome in male Caucasian and Indo-Asian subjects. *Diabet Med* 2004;21:1339-45.
 - 15) Yu-Hyeon Yi, Dong-Wook Jung et al. Usefulness of sagittal abdominal diameter for evaluation of metabolic syndrome and insulin resistance. *Korean J Fam Med*. 2011;32:46-55
 - 16) Hyung Joon Yoo, MD. Visceral obesity. *J Korean Med Assoc* 2007;50(8):725-728
 - 17) Nomura K, Eto M, Kojima T, Ogawa S, Iijima K, Nakamura T, Araki A, Akishita M, Ouchi Y. Visceral fat accumulation and metabolic risk factor clustering in older adults. *J Am Geriatr Soc*. 2010;58(9):1658-63.
 - 18) Yang L, Samarasinghe YP, Kane P, Amiel SA, Aylwin SJ. Visceral adiposity is closely correlated with neck circumference and represents a significant indicator of insulin resistance in WHO grade III obesity. *Clin Endocrinol (Oxf)*. 2010;73(2):197-200.
 - 19) Carr MC. The emergence of the metabolic syndrome with menopause. *J Clin Endocrinol Metab* 2003;88:2404-2411.
 - 20) Meyer MR, Cleqq DJ, P Rossnitz ER, Barton M. Obesity, insulin resistance and diabetes: sex differences and role of oestrogen receptors. *Acta Physiol(Oxf)*. 2011;203(1):259-69.
 - 21) Hong Sang Mo, Woong Hwan Choi, Kim Jung-Mi, Moon Ji Yong, Chang Beom Lee, Yong Soo Park, Dong Sun Kim, You Hern Ahn, Tae Hwa Kim. Correlation of Serum Total Testosterone with Obesity and Metabolic Syndrome in Premenopausal and Postmenopausal Women. *The Korean Journal of Obesity* 2004; 013(04): 300-307.