전산화단층영상을 이용한 복부 지방 측정법에서 호흡운동이 비만도 측정에 미치는 영향

성열훈

청주대학교 방사선학과, 360-764 충북 청주시 상당구 대성로 298번지

Obesity Estimation of Abdominal Fat by Using Computed Tomography : Influence of Breathing Motion on The Fat Measurement

Youl-Hun, Seoung

Dept. of Radiology, The Cheongju University, Korea
(Received November 22, 2011. Accepted March 24, 2012)

Abstract: The purpose of this study was to evaluate how much effect to accuracy when measuring abdominal fat by Computed Tomography (CT) under different respiration movements. The study volunteer composed of 66 normal adults (50.4 ± 11.2 years, 33 males, 33 females). We measured their obesity by using Broca index, body mass index (BMI) and CT and have investigated the correlation. The CT scanning for the obesity measurement have done in two ways, one was done in stopping breath after exhaling and the other was holding a breath after inhaling. The results showed no statistically significant difference among the three measuring techniques. And, the error in two ways of inhaling and exhaling was showed 24.2% of volunteers. The two ways of respiration movements made different result in visceral fat area ($P = 0.044$), subcutaneous fat area ($P = 0.636$) and abdominal obesity value ($P = 0.012$). This study demonstrates that the two ways of respiration movements when scanning CT makes change in accuracy in visceral fat area, and in abdominal obesity quantitative measure. Therefore, our study suggests that CT should take twice in two ways while a patient stops breath after exhaling and holds a breath after inhaling when measuring abdominal obesity using CT equipments.

Key words: CT (Computed tomography), Abdominal Obesity, Visceral Fat, Subcutaneous Fat, Breathing Motion

I. 서 론

복부의 내장지방형 비만은 피하지방형 비만에 비해 당뇨병, 고지혈증, 고혈압 등의 생활습관병을 일으키기 쉽고 동맥 경화성 질환에 큰 영향을 주는 것으로 알려져 고위험 비만으로서 의학적 치료 대상이 된다[1]. 전산화단층영상(computed tomography, CT)은 X-선이 360도 회전하면서 조사되기 때문에 단순 X-선 검사와 달리 인체의 단면도를 관찰할 수 있

고 내장지방과 피하지방을 분리하여 측정할 수 있는 장점이 있다[2]. 따라서 복부의 내장지방과 피하지방을 구분할 수 있는 검사법으로 CT를 이용한 비만도 측정법이 황금기준(gold standard)으로 사용되고 있다[3,4]. 그러나 방사선에 피폭되는 단점도 있다. 그래서 방사선에 대한 비침습적인 자기공명영상(magnetic resonance imaging, MRI)을 이용하기도 하지만 고가의 검사 비용과 검사시간이 길어 호흡에 의한 인공물(blurring artifact)과 공기-조직간의 경계면이 지방 조직 감쇄 범위에 들어감으로써 지방 조직으로 측정되는 화학적 이동 인공물(chemical shift artifact)이 발생하는 단점이 있어 CT로 복부지방을 측정하는 것이 다소 우수하다[5,6]. 최근에는 재현성이 높고 비교적 비싸지 않으면서 사용이 간편한 체임퍼던스를 통한 비만 측정법이 등장하였

Corresponding Author : 성열훈
청주대학교 방사선학과, 360-764 충북 청주시 상당구 대성로 298번지
TEL: +82-43-229-7993, FAX: +82-43-229-7988
E-mail: radimage@cju.ac.kr

지만 포괄적인 비만도를 측정하기 때문에 CT처럼 복부의 내장지방 평가에는 부적합하다[7]. Kvist 등은 배꼽부위의 복부 전후직경(axial diameter)이 내장지방량과 높은 상관계수를 갖고 있으며 남성의 복부 부위의 내장지방량은 신체 총지방량에 21%, 여성의 경우 8%로 성별에 따른 체지방 분포의 차이를 보고하였다[8,9]. 또한 백인 여성들의 내장 지방 면적이 흑인 여성에 비해 23% 높게 분포되어 인종 간의 내장 지방 면적 차이가 있다고 한다[10]. 그리고 연령에 따라 서로 다르게 분포되는데 여성은 폐경 이후에 내장 지방 면적이 크게 증가되는 반면 남성은 연령 증가와 비례하여 증가한다[11]. 특히, 내장지방 면적이 여성은 110 cm^2 이상, 남성은 131 cm^2 이상일 경우에 관상동맥 질환 발병 위험이 유의하게 증가한다[12,13]. 그 밖에도 남녀 모두에서 내장지방 면적이 100 cm^2 이상일 때 심혈관 질환 발병 위험이 증가하고, 130 cm^2 이상이면 혈당 및 지질 대사 이상 소견이 두드러진다고 한다[14]. 복강 내 지방 축적 정도의 지표로 내장지방 면적과 피하지방 면적의 비(visceral-subcutaneous fat ratio, V/S ratio)를 이용하는데, 비만환자에서 V/S ratio가 0.4 이상인 내장지방 비만군은 0.4 미만인 피하지방 비만군에 비해 혈당 및 지질대사 이상이 유의하게 높았다는 연구가 있다[1].

이처럼 정확한 복부지방의 내장지방 계측은 의학적 치료의 유무를 판정하기 위한 중요한 지표이다. 이를 위해서 가장 일반적으로 시행하는 CT 검사법은 CT 장치의 성능이나 화질에 의한 기계적인 요인과 피검자들에 의한 요인이 직접적으로 계측치에 오차를 일으키므로 정밀도 관리에 고려해야 한다. 특히 비만도를 측정 할 때, 피검자들의 요인 중 늑골과 횡경막의 상하 운동에 의해 흉강의 부피를 조절하는 호흡운동은 복강의 장기들도 움직이게 할 수 있다. 그러나 일반적으로 시행하는 복부 비만도 CT 검사법은 한 번의 숨 참음으로 시행하고 있다. 따라서 호흡운동을 고려하지 않으면 내장지방 면적 측정에 많은 오류가 있을 수 있지만 이에 대한 연구는 미미한 실정이다. 따라서 본 논문에서는 피검자들이 검사 시 시행하는 호흡운동의 흡기와 호기의 변화가 복부지방에 의한 비만도 측정에 얼마나 많은 영향을 주는지 평가 하고자 한다.

II. 대상 및 방법

1. 대상 및 검사장비

수도권에 위치하고 있는 S대학병원에서 지원자 성인 66명을 대상으로 하였다(표 1). 이들은 현재 질병을 가지고 있지 않은 정상인들로 선발했으며, 본 연구 목적에 대해 동의하고 참가하였다. 계측에 이용한 CT는 16 Channel CT (MX8000, Philips Medical system, Netherlands)을 사용하였다. 검사조건으로는 관전압 120 kVp, 관전류량 50 mAs, 영상의 크기(matrix size)는 픽셀(pixel)당 0.41 mm 인 $512 \times$

표 1. 대상의 인구학적 특성

Table 1. Typical characteristics of subjects

	Male (n = 33)	Female (n = 33)	Total (n = 66)
Age (mean $\pm$ SD)	47.3 $\pm$ 10.0	53.5 $\pm$ 11.6	50.4 $\pm$ 11.2
Height (cm)	171.2 $\pm$ 3.7	158.4 $\pm$ 5.5	164.8 $\pm$ 7.9
Weight (kg)	72.0 $\pm$ 9.5	57.8 $\pm$ 6.6	64.9 $\pm$ 10.8

512로 설정하였다. 이때 1 회 X-선 CT 선량 지수(computed tomography dose index, CTDI)값은 2.9 mGray 이었다. 얻어진 영상자료는 표준의료영상(digital imaging and communications in medicine, DICOM) 파일로 획득하였으며, 의료영상저장전송 시스템(picture archiving and communication system, PACS)인 Impax Enterprise (Agfa, Mortsel, Belgium)을 이용하여 저장과 전송을 하였다. 복부 CT 영상 분석도구는 Rapidia 2.8 Version (Infinit, Korea)라는 소프트웨어 프로그램을 사용하였다.

2. 비만도 측정방법

비만도 측정 방법은 체질량지수(body mass index, BMI, kg/m^2) 측정법과 표준체중을 이용한 Broca 지수법, 그리고 복부 CT 측정법을 사용하였다.

(1) BMI 측정법

BMI 측정법은 식(1)과 같이 구하였다.

$$\text{체질량지수(BMI) 측정법} = \text{체중(Kg)} / \text{키(m)}^2 \quad \text{식(1)}$$

이때 $25 \sim 29.9 \text{ kg/m}^2$ 을 과체중, $30 \sim 39.9 \text{ kg/m}^2$ 을 비만, 40 kg/m^2 이상을 고도비만으로 정의하였다[15].

(2) Broca 지수법

Broca Paul에 의해 제안된 Broca 지수법은 표준체중을 식(2)와 같이 구하였다.

$$\text{표준체중(kg)} = (\text{신장} - 100) \times 0.9 \quad \text{식(2)}$$

(단, 신장이 160 cm 이상일 경우)

이는 해당되는 성별 및 체격에 있어서 가장 사망률이 낮은 체중을 의미한다[16]. 여기서 표준체중을 이용한 비만도는 식(3)과 같이 구해 계산하였다.

$$\text{비만도(\%)} = (\text{현재체중} - \text{표준체중}) / \text{표준체중} \times 100 \quad \text{식(3)}$$

계산된 결과가 비만도 $20 \sim 29\%$ 이면 경도비만, 비만도 $30 \sim 49\%$ 이면 중등도 비만, 비만도 50% 이상이면 고도비만으로 정의하였다.

그림 1. 화소기반기법을 이용한 배꼽 부위 복부 CT 영상 (A) 복부의 전체지방 분포 (B) 내장 지방 분포

Fig. 1. Abdomen of the belly of the CT images using the pixel based method in the entire fat distribution (A) and the fat distribution of visceral (B)

(3) 복부 CT 측정법

CT를 이용한 지방 계측법에서 복부의 전체지방 계측은 배꼽을 지나는 CT 영상의 수직 횡단면을 선택하여 지방에 해당하는 CT값 (-250 ~ -50)을 설정한 후 화소기반기법(pixel based method)에 의해 자동적으로 측정하였다(그림 1). 내장지방 계측은 같은 위치의 영상에서 복강 내 지방과 피하지방을 분리 하기 위해 복막을 경계로 안쪽을 내장지방 면적, 바깥쪽을 피하지방의 면적으로 나누어 각각의 면적(cm^2)을 구하였다. 그 결과 내장지방 면적이 100 cm^2 이하면 정상, $100 \sim 200 \text{ cm}^2$ 이면 경도 내장지방비만, 200 cm^2 이상이면 중증 내장지방 비만으로 정의하였다. 또한 피하지방 면적도 200 cm^2 이하면 정상, $200 \sim 300 \text{ cm}^2$ 이면 경도 피하지방비만, 300 cm^2 이상이면 중증 피하지방 비만으로 정의하였다[14]. 이들을 근거로 비만도를 식(4)과 같이 계산하였다.

$$\text{비만도 (\%)} = (\text{내장 지방 면적/전체 지방 면적}) \times 100 \text{ 식(4)}$$

이때 비만도 30% 이하는 정상, 30~49% 이면 경도 비만 50% 이상이면 중증 비만으로 정의하였다.

3. 피검자 호흡운동에 의한 오류 측정

CT를 이용한 복부 지방 검사 시 시행하는 호흡 조절은 흡기와 호기 후 숨 참음으로 각 2회 시행했으며 검사시작 전에 자동녹음 방송으로 피검자들에게 알려주었다. 영상의 획득법위는 호흡 운동에 의해서 움직이는 배꼽의 위치를 넓게 잡기 위해 요추 3 번에서부터 요추 5 번까지 볼륨 데이터를 획득하였다. 호흡방법은 배꼽부위의 복부 전체지방 면적을 흡기 후 숨 멈춤을 하고 검사하고 동일한 검사조건으로 같은 위치의 부위에서 호기 후 숨 멈춤을 하고 복부 횡단면 영상을 획득하였다. 이때 호흡에 의한 움직임 인공물이 생겼다면 실험

데이터에서 제외하였다. 그리고 흡기 때의 전체지방 면적과 호기 때의 전체지방 면적을 뺀 결과값이 음수가 나오면 피검자의 호흡조절 오류로 판정하였다.

4. 통계적 분석

결과데이터는 SPSS software (SPSS 15.0 for Windows, SPSS, Chicago, IL USA)로 통계학적 분석을 실행하였다. Paired t-test를 통하여 복부 CT의 흡기와 호기 시 복부 전체지방 면적, 내장지방 면적, 피하지방 면적, 비만도를 비교하였다. 또한 호흡운동의 흡기와 호기 위상에 대해 내장지방 및 피하지방 면적과 복부 비만도의 상관성은 pearson 상관 분석을 시행하여 알아보았다. 마지막으로 호흡운동이 복부 CT 비만도 측정과 BMI 그리고 Broca 지수를 비교 분석하기 위해 그룹 간에 일원배치분산분석(analysis of variance, ANOVA)을 실행하였으며 사후검증은 Dunnett T3 검정하였다. 도출된 모든 p 값이 0.05보다 작게 나오면 그룹들 사이에 유의한 차이가 있다고 분석하였다.

III. 실험 결과

1. 호흡운동에 의한 복부 전체지방 면적과 호흡조절의 오류

흡기 때의 전체지방 면적은 전체지방 면적을 계측한 결과값을 뺀 결과, 평균 268.09 cm^2 , 표준편차 93.00 cm^2 이었고 호기 때의 전체지방 면적은 평균 255.36 cm^2 , 표준편차 88.07 cm^2 이었다. 따라서 호흡운동에 의한 복부 전체지방 면적의 차이는 $18.55 \pm 15.51 \text{ cm}^2$ 로 나타났지만 p 값은 0.421로 유의한 차이는 없었다. 그러나 흡기 때의 전체지방 면적과 호기 때의 전체지방 면적을 뺀 결과값이 음수가 나와 피검자의 호흡조절 오류로 판정된 경우는 24.2%로 나타났다.

그림 2. 흡기 숨 참음 후 (A) 복부 지방도와 내장지방 면적간의 pearson 상관관계 (B) 복부 지방도와 피하지방 면적간의 pearson 상관관계
Fig. 2. When holding breathe after inhaling, pearson correlation coefficient the abdominal obesity and visceral fat area (A), the abdominal obesity and subcutaneous fat area (B)

그림 3. 호기 숨 참음 후 (A) 복부 지방도와 내장지방 면적간의 pearson 상관관계 (B) 복부 지방도와 피하지방 면적간의 pearson 상관관계
Fig. 3. When holding breathe after exhaling, pearson correlation coefficient the abdominal obesity between visceral fat area (A), the abdominal obesity and subcutaneous fat area (B)

2. 호흡운동에 의한 내장지방면적과 피하지방면적의 변화

동일 피검 자들에서 CT 검사 시 호흡운동에 의한 피하지방 면적의 변화는 흡기 시에 비해 호기 시에 3.03% 증가했으나 유의한 차이는 없었고($t = -0.47$, $p = 0.636$), 내장지방 면적은 흡기 시에 비해 호기 시에 약 17.35% 감소하여 유의한 차이가 있었다($t = 2.03$, $p = 0.044$).

이처럼 내장지방의 면적이 호흡운동에 의해 많은 영향을 받고 있었는데, 복부 비만도와 Pearson 상관계수 (r)를 살펴보면 흡기 시 복부 비만도와 내장지방 면적간의 r 은 0.729 ($p = 0.001$)인 반면, 복부 비만도와 피하 지방면적 면적간의 r 은 -0.333 ($p = 0.006$)으로 나타나 서로 상반된 선형관계가 있었다(그림 2).

또한 호기 시 복부 비만도와 내장지방 면적간의 r 은 0.768 ($p = 0.001$)인 반면, 복부 비만도와 피하 지방면적간의 r 은 -0.273 ($p = 0.026$)으로 나타나 역시 서로 상반된 선형관계가 있었다(그림 3).

3. 복강 내 지방의 축적 비만도(%)

실험 참가자들의 호흡운동에 의한 흡기위상과 호기위상의 차이에 의한 복부 비만도는 흡기 시 평균 $37.37 \pm 11.80\%$, 호

그림 4. 호흡운동에 의한 복부 비만도 변화

Fig. 4. The change of abdominal obesity with breathing motion

기 시 평균 $32.24 \pm 11.38\%$ 로 나타나 복부 비만도 측정값에 $p = 0.012$ 로 유의한 차이가 있었다(그림 4).

또한 호흡운동의 차이에 의한 복강 내 지방의 축적 비만도는 정상군인 경우 $p = 0.035$ 로 유의한 차이가 있었지만, 경증군과 중증군에서는 각각 $p = 0.889$, $p = 0.729$ 로 나타나 유의한 차이가 없었다(표 2). 하지만 피검자들의 비만도 판정에서

표 2. 호흡운동의 흡기와 호기 차이에 의한 복강 내 지방의 측정 비만도 평가

Table 2. The abdominal obesity (%) and number of its assessments between inhaling and exhaling

Variable		Normal(< 30%)	Excessive(30~49%)	Serious(> 50%)
Inhaling	N(%)	24 (36.4%)	28 (42.4%)	14 (21.2%)
	Abdominal obesity degree (%)	24.55 ± 3.56	40.39 ± 5.89	53.33 ± 2.08
Exhaling	N(%)	31 (47.0%)	33 (50.0%)	2 (3.0%)
	Abdominal obesity degree (%)	22.02 ± 5.12	40.61 ± 6.25	52.62 ± 2.08
p-value		p = 0.035 (t = 2.16)	p = 0.889 (t = -0.14)	p = 0.729 (t = 0.45)

는 호흡운동의 차이에 의해서 호기 시 31명이 정상군은 흡기 시 7명이 경증군이 되었고, 호기 시 33명의 경증군은 흡기 시 12명이 중증군이 되었으며 2명의 중증군은 호흡운동에 변화가 없었다.

한 차이가 있는 것으로 나타났다. 즉, 호기 시 복부 CT와 흡기 시 복부 CT가 가장 크고 다음은 BMI, Broca순으로 나타났다.

IV. 결론 및 토의

4. 복부 비만도(%)와 BMI 그리고 Broca 비교분석

BMI와 Broca를 호기 시 복부 CT와 흡기 시 복부 CT에 의해 측정된 비만도의 평균의 차이를 검정하기 위하여 ANOVA 분석을 실시한 결과 통계적으로 유의한 차이가 있는 것으로 나타났다(표 3,4). 차이가 있는 그룹을 확인하기 위하여 사후 분석을 실시하였다. 분산의 동질성 검정결과 이분산으로 분석되어 Dunnett T3검정을 실시한 결과 세 그룹간 모두 유의

비만(obesity)은 섭취한 열량 중에서 소모되고 남은 부분이 체내에 지방으로 과잉 축적되어 건강에 이상을 초래하는 상태이다[17]. 이러한 비만은 당뇨병, 심혈관계질환, 골관절염, 이상지혈증, 대장암, 유방암, 정립선 암 등의 다양한 질병의 발병률 증가와 관련이 있다[18]. 그 중 복부 비만의 경우 비만 관련 질병 및 합병증 발생 위험이 훨씬 증가하는 것으로 나타났다[19,20]. 복부지방은 피하지방과 내장지방으로 구분하는데 특히, 복부 내장지방의 과다한 축적은 당 대사뿐 아니라 혈중 중성지방치 증가, 고밀도지단백(HDL) 콜레스테롤 저하 등 이상지질혈증을 초래한다[21-23]. 또한 복부 내장지방 과다가 체질량지수 값과 무관하게 심혈관 질환의 위험인자로 관여한다고 한다[24].

비만의 진단은 체질량지수를 가장 일반적으로 이용하였지만 복부 비만 계측은 허리-둔부 둘레비(waist/hip Ratio, WHO)나 허리둘레는 측정이 간편하여 역학 연구 등에 많이 사용되고 있다[25]. 그러나 복부지방의 피하지방과 내장지방을 분별하지 못하는 한계점이 있다. 이를 극복하기 위해 CT나 MRI를 통해 복부 부위의 총 지방 면적을 내장 지방과 피하지방 면적으로 구분하여 측정하는 것이 가능하며 현재 내장 지방 면적을 가장 신뢰할 수 있는 측정 장비로 사용하고 있다[3,4]. 본 연구에 이용한 CT 검사법은 직접적으로 계측치에 오차를 일으킬 수 있는 원인으로 기계적인 요인과 피검자에 의한 요인이 있다. 기계적인 요인들은 CT 장비의 발전으로 큰 문제가 되지 않지만 피검자에 대한 요인은 주로 체격에 의한 영향 (시아 크기, 방사선량), 검사 시 호흡의 영향 (흡기와 호기), 검사하는 위치의 문제 (복강 내 지방 면적과 내장지방 체적의 관계) 등으로 매번 계측할 때 마다 점검을

표 3. 흡기 시 복부 CT, BMI 그리고 Broca 간의 ANOVA 검증 결과
Table 3. The results of ANOVA test among inhaling CT, BMI and Broca

Measured methods	N	Mean	SD	F-value	p-value
Inhaling CT ^a	66	37.37	11.80	124.27	0.001
BMI ^b	66	23.78	2.80		
Broca ^c	66	10.00	12.31		

Post-Hoc Test : a > b > c, Dunnett T3

표 4. 호기 시 복부 CT, BMI 그리고 Broca 간의 ANOVA 검증 결과
Table 4. The results of ANOVA test among exhaling CT, BMI and Broca

Measured methods	N	Mean	SD	F-value	p-value
Exhaling CT ^a	66	32.24	11.38	86.40	0.001
BMI ^b	66	23.78	2.80		
Broca ^c	66	10.00	12.31		

Post-Hoc Test : a > b > c, Dunnett T3

해야 한다. 따라서 촬영 위치를 배꼽부위로 잡는 것에 대해 비만 정도에 따라 그 위치가 변하기 때문에 요추 4~5 번에서 측정해야 한다는 주장도 있다[26]. 이러한 점을 보완하기 위해 본 연구에서는 다중검출기 전산화단층영상(multidetector computed tomography, MDCT) 장치를 이용하여 배꼽의 위치를 중심으로 요추 3 번에서부터 요추 5 번까지 볼륨 데이터를 획득하여 호흡운동에 의해 변할 수 있는 배꼽의 위치를 3차원 프로그램에서 일괄되게 확보하였다. 본 연구 결과에 의하면 피검자의 검사 시 호흡에 대한 주의를 소홀히 하여 4 명 중 1 명 꼴로 호흡조절에 실패하였다. 이는 호흡의 중요성을 인지하지 못한 것으로 판단된다. 그럼에도 불구하고 임상에서는 한 번의 숨 참음으로 복부 비만도를 평가하는 실정이다. 본 연구에서는 호흡운동의 차이로 내장지방 면적의 변화로 인한 복부 비만도의 정량적인 측정값이 변한다는 점을 알 수 있었다. 따라서 혈압의 수축기와 이완기를 동시에 측정하는 것처럼 흡기위상과 호기위상을 같이 계속하여 복부 비만도를 판정하는 것을 제안한다. 또한 본 연구결과에서 일반적으로 비만도를 판정하는 BMI와 Broca 지수, 그리고 복부 비만도는 유의한 차이를 보이고 있었다. 이는 신체 전체에 대한 비만도와 복부 부위만의 비만도는 서로 독립적이라고 해석할 수 있다. 따라서 복부 비만이 증가하는 폐경 이후의 여성과 60 세 이상의 고령에서는 CT로 복부 비만도를 검사함으로써 복부 비만에 의한 합병증을 예방 할 수 있을 것이다.

국민보건의 문제에서도 비만은 국민의료보험 정책과 맞물린 경제적인 문제이면서 삶의 질과도 직결된 사회적인 문제이기 때문에 신뢰할 수 있는 비만도 측정은 매우 절실한 직면 과제이다. 그러므로 나이별, 성별, 인종별 등의 많은 대상에 대해 정확한 복부 비만도 측정법의 개발이 필요하다.

참고문헌

- [1] T. Nakamura, K. Tokunaga, I. Shimomura, and et al., "Contribution of visceral fat accumulation to the development of coronary artery disease in non-obese men," *Atheroscl.*, vol. 107, pp. 239-246, 1994.
- [2] G. Plourde, "The Role of Radiologic Methods in Assessing Body Composition and Related Metabolic Parameters," *Nutr. Rev.*, vol. 55(8), pp. 289-296, 1997.
- [3] K. Tokunaga, and et al., "A novel technique for the determination of body fat by computed tomography," *Int. J. Obes.*, vol. 7, pp. 437-445, 1983.
- [4] T. Yoshizumi, and et al., "Abdominal fat. Standardize-technique for measurement at CT," *Radiol.*, vol. 211, pp. 283-286, 1999.
- [5] L. F. Donnelly, and B. J. Dardzinski, "Using a phantom to compare MR technique for determining the ratio of interabdominal to subcutaneous adipose tissue," *AJR*, vol. 180, pp. 993-998, 2003.
- [6] J.D. Yeo, and B.K. Jeon, "Analysis of CT, MRI, DITI for the Diagnosis of Abdominal Obesity and Clinical Usefulness," *JKCA*, vol. 6, pp. 252-259, 2011.
- [7] E.S. Kim, Y.S. Noh, K.S. Seo, S.B. Park, and H.R. Yoon, "The Novel Method of Segmental Bio-Impedance Measurement Based on Multi-Frequency for a Prediction of risk Factors Life-Style Disease of Obesity," *J. Biomed. Eng. Res.*, vol. 31, pp. 375-384, 2010.
- [8] J.M. Conway, C. Allard, A. Tremblay, J. Talbot, and C. Boucard, "Evidence for a regional component of body fatness in the association with serum lipids in men and women," *Metabol.*, vol. 61, pp. 7652-7771, 1995.
- [9] H. Kvist, B. Chowdhury, U. Grangrad, U. Tylen, and L. Sjostrom, "Total and visceral adipose tissue volumes derived from measurements with computed tomography in adult men and women: predictive equations," *Am. J. Clin. Nutr.*, vol. 48, pp. 1351-1361, 1988.
- [10] J.M. Conway, S.Z. Yanovski, N.A. Avila, and V.S. Hubbard, "Visceral adipose tissue differences in black and white women," *Am. J. Clin. Nutr.*, vol. 61, pp. 765-771, 1995.
- [11] K. Kotani, "Sex difference in age-related changes of fat distribution in the obese," *Int. J. obes.*, vol. 18, pp. 207-212, 1994.
- [12] M.J. Williams, G.R. Hunter, T. Kekes-Szabo, M.S. Treuth, S. Snyder, L. Berland, and et al., "Intra-abdominal adipose tissue cut-points related to elevated cardiovascular risk in women," *Int. J. Obes.*, vol. 20, pp. 613-617, 1996.
- [13] G.R. Hunter, S.W. Snyder, T. Kekes-Szabo, C. Nicholson, and I. Berland, "Intra-abdominal adipose tissue variables associated with risk of possessing elevated blood lipids and blood pressure," *Obes. Res.*, vol. 2, pp. 563-569, 1994.
- [14] J.P. Despres, and B. Lamarche, "Effects of diet and physical activity on adiposity and body fat distribution: implications for the prevention of cardiovascular disease," *Nutr. Res. Rev.*, vol. 6, pp. 137-159, 1993.
- [15] S.W. Oh, S.A. Shin, Y.H. Yun, T. Yoo, and B.Y. Huh, "Cut-off point of BMI and obesity-related comorbidities and mortality in middle-aged Korean," *Obes. Res.*, vol. 12, pp. 2031-2040, 2004.
- [16] B.M. Cho, "A study on the Modified Broca's Index to Estimate Standard Body Weight of Korea Adults," *Korea J. Preventive Medicine.*, vol. 16(1), pp. 35-40, 1983.
- [17] World Health Organization. Reducing Risks-Promoting Healthy Life. World Health Report 2002, Geneva, WHO 2002.
- [18] Expert Panel on Detection, "Evaluation, and Treatment of High Blood Cholesterol in Adults," Executive Summary of the Third Report of the National Cholesterol Education Program (NCEP). *JAMA* vol. 285, pp. 2486-2496, 2001.
- [19] A.R. Folsom, S.A. Kaye, T.A. Sellers, C.P. Hong, J.R. Cerhan, J.D. Potter, and et al., "Body fat distribution and 5-year risk of death in older women," *JAMA*, vol. 269, pp. 483-487, 1993.
- [20] A.H. Kissebah, "Intra-abdominal fat: Is it a major factor in developing diabetes and coronary artery disease?" *Diabetes Res. Clin. Pract.*, vol. 30, pp. 25-30, 1996.
- [21] O. Bosello, M. Zamboni, F. Armellini, and T. Todesco, "Biological and clinical aspects of regional body fat distribution," *Diab. Nutr. Metab.*, vol. 6, pp. 163-171, 1993.
- [22] J.P. Despres, "The insulin resistance dyslipidemic syndrome of visceral obesity: effect on patients risk," *Obes. Res.*, vol. 6, pp. 8S-17S, 1998.
- [23] A. Must, J. Spadano, E.H. Coackley, A.E. Field, G. Colditz, and W.H. Dietz, "The disease burden associated with overweight and obesity," *JAMA*, vol. 282, pp. 1523-1529, 1999.

- [24] B. Laesson, K. Svardsudd, L. Welin, L. Wilhemsen, P. Bjorn-
torp, and G. Tibblin, "Abdominal adipose tissue distribution,
obesity and risk of cardiovascular disease and death: 13 year
follow-up of participants in the study of men born in 1913,"
Br. Med. J. vol. 288, pp. 1401-1404, 1984.
- [25] A.H. Kissebah, N. Vydelingum, R. Murray, and et al., "Rela-
tion of body fat distribution to metabolic complication of obe-
sity," *J. Clin. Endocrinol. Metab.* vol. 54, pp. 254-260, 1982.
- [26] A.C. Perry, E.B. Applegate, M.L. Jackson, S. Deprima, R.B.
Goldberg, R. Ross, and et al., "Racial difference in visceral
adipose tissue but not anthropometric markers of health-
related variables," *J. Appl. Physiol.* vol. 89, pp. 381-387, 2000.