

## 연령 증가에 따른 체지방량 변화의 생체전기저항 측정법과 이중에너지 X선흡수계 측정법의 비교 계측

청구성심병원 내과, 경희대학교 의과대학 내과학교실\*

조연희 · 최성근 · 김덕윤\* · 우정택\* · 김성운\* · 양인명\* · 김진우\* · 김영설\* · 최영길\*

### Age-related Difference in Body Fatness by Bioelectrical Impedance Method and Dual-energy X-ray Absorptiometry

Youn Hui Cho, Sung Kun Choi, Duck Yoon Kim,\* Jung Taek Woo,\* Sung Woo Kim,\*  
In Myung Yang,\* Jin Woo Kim,\* Yong Seol Kim\* and Young Kil Choi\*

*Department of Internal Medicine, Chung Goo Sung Shim Hospital, Seoul, Korea*

*\*Departmatn of Internal Medicine, Kyung Hee University, School of Medicine, Seoul, Korea*

#### ABSTRACT

Age-dependent changes in body fat are often observed in normal population. The recent development of dual-energy X-ray absorptiometry and bioelectrical impedance method made it possible to analyze body fat mass more precisely and easily. To evaluate the age-related changing pattern of body fat mass of the Korean adult population, body fat mass was measured by dual-energy X-ray absorptiometry(DEXA) and bioelectrical impedance method(BIA) in groups of various age groups of healthy volunteers(130 men and 186 women) and patients with NIDDM(25 men and 45 women).

The mean body fat percent of female group of third decade was  $28.67 \pm 7.68\%$  and the percent was increased gradually to the peak value of  $33.62 \pm 7.32\%$  at the age group of sixth decade and tend to decrease in the groups after the age over 60. The mean body fat percent of male was less than that of female and it revealed no significant relationship between age and body fat percent. Multiple regression analysis of fat percent on age, height, and weight in each sex were computed. The correlation between body fat percent and body weight was higher in female group( $r=0.75$ ), but the correlation between body fat percent and height was lower. The body fat percent of patients with diabetes gradually increased with age. The comparison of body fat percent measured by DEXA and BIA showed higher significant correlation between two analytic methods.

---

Key Words: Body fat, DEXA, BIA

## 서 론

신체는 체내 총 골무기질량(total body bone mineral, TBBM), 체지방체중(lean tissue mass, LTM), 지방체중(fat tissue mass, FTM)의 세가지 주요 성분으로 구성된다. 체구성 성분은 연령에 따라 변화하는데, 골무기 질량과 체지방체중은 감소하고 지방체중은 증가한다고 알려져 왔다[1-8]. 이러한 체구성 성분중 특히 지방의 분포는 비만증의 진단 기준으로 이용되며 또한 심혈관 질환과 당뇨병의 예측 지표로 활용되어 왔다[9].

체구성 성분과 지방의 분포를 측정하는데는 많은 방법들이 이용되나[10,11], 측정에 비용이 많이 들거나, 사용이 불편하고, 정확도가 낮거나, 방사선 노출 등의 우려에 의해 임상적 적용에 제한이 되고 있다[12~17]. 최근 골다공증을 평가하기 위해 개발된 이중에너지 X-선 흡수계(dual energy X-ray absorptiometry, DEXA)는 체내 총 골무기 질량뿐 아니라 지방체중, 체지방체중 등의 체성분을 직접 측정할 수 있다. 특히 이러한 방법은 골밀도와 체지방 측정에 정확도와 예민도가 높고, 검사시간이 짧으며 방사선 노출이 적으며, 전신의 체구성 측정과 부분적으로 부위별 체지방의 측정이 가능하다[18~20]. 한편 임상적으로 체지방비의 측정에 비교적 많이 이용되고 있는 생체전기저항 측정법(bioelectrical impedance method, BIA)은 운반이 용이하고, 크기가 작으며, 경제적이며, 작동이 용이한 잇점이 있으나[21~23], 체구성 성분 예측에 대한 초기 회기방정식의 신뢰성과 유효성에 논란의 여지가 있다[24~30]. 더욱이 체지방의 측정에서 여러 측정 방법에 따른 차이에 대해서는 많은 연구가 없다. 이에 저자들은 정상인에서 연령증가에 따른 체지방량의 변화를 DEXA와 BIA를 이용하여 측정하여 양 방법의 차이점과 유효성을 분석하였다.

## 대상 및 방법

### 1. 대상

서울지역에 거주하는 정상 성인에서 문진 및 이학적 소견에 만성 질환, 골 질환, 대사성 질환이 없는 남자

130명과 여자 186명을 대상으로 선정하였다. 대상군에서 일반 혈액검사와 소변검사를 실시하여 이상소견이 발견된 사람은 제외하였으며, 최근 6개월동안 체지방량에 영향을 줄 수 있는 약제를 복용하거나 체중조절을 위한 식이요법을 실시한 경우는 제외하였으며, 표준 체중보다 20%이상의 변화가 있는 경우, 정기적으로 술을 마시는 경우등은 대상에서 제외하였다. 정상인의 성별 및 연령별 분포는 Fig. 1과 같다.

또한 병력과 검사소견으로 인슐린 비의존형 당뇨병으로 진단된 남자 25명과 여자 45명에서 치료전 DEXA와 BIA법으로 체지방량을 측정하였다.

### 2. 방법

체지방량 측정에 사용된 DEXA는 Lunar사(Madison, USA)의 DPX를 이용하였으며, X-선을 에너지원으로 K-edge filter를 사용하여 40과 70 Kev의 이중에너지로 측정하는 장치이다. 환자는 편한 상태로 누워 전신을 스캔하였으며, 측정시간은 15~20분이었고, Version 3.0의 software로 전신의 체지방량을 측정하였다. 동일인에서 반복 측정한 변이계수는 1%이하였다.

생체전기저항 측정법은 Tanta사의 측정기를 이용하였으며, 양말을 벗고 측정기에 서게 되면 양발 사이와 각각의 전후부에서 4개의 종단 교류저항 분석으로 측

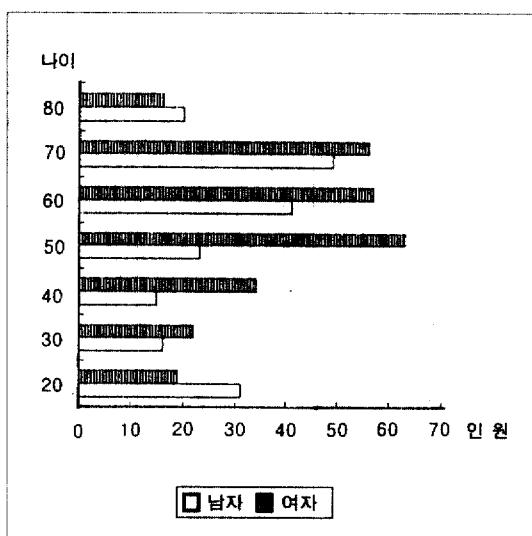


Fig. 1. 연구대상의 성별 및 연령별 분포.

## — 연령 증가에 따른 체지방량 변화의 생체전기저항 측정법과 이중에너지 X선흡수제 —

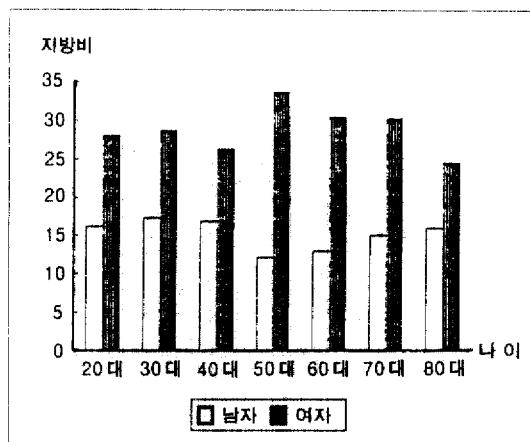


Fig. 2. 연령 증가에 따른 정상인의 총체지방량의 변화.

Table 1. 성별, 연령에 따른 지방비와 체중, 신장과의 상관관계

나이	체중		신장	
	남자	여자	남자	여자
20	0.61	0.67	0.07	-0.73
30	0.38	0.55	-0.27	-0.50
40	0.19	0.32	-0.41	-0.42
50	0.46	0.72	-0.32	0.02
60	0.82	0.79	-0.53	0.02
70	0.72	0.85	-0.06	0.33
80	0.68	0.78	-0.44	0.38

정된다. 남여별로 키(cm) 수치를 입력하고 체중이 측정되면 체지방량이 환산되어 퍼센트로 표시된다.

정상인과 당뇨병 환자에서 측정된 지방비, 신체 부위별 지방비를 남녀별, 연령별로 분석하였고, 남녀별로 나이에 따른 체중과 지방비, 신장과 지방비, 그리고 BIA와 DEXA를 이용한 지방비의 상관관계를 회기분석법으로 분석하였다.

### 성    적

#### 1. 정상인에서 연령 증가에 따른 총체지방량의 변화

연령 증가에 따른 남녀별 총체지방량은 Fig. 2와 같으며, 20대 여성에서 평균 지방비는  $28.67 \pm 7.84\%$  이었으며, 이러한 수치는 연령 증가에 따라 증가하여 50

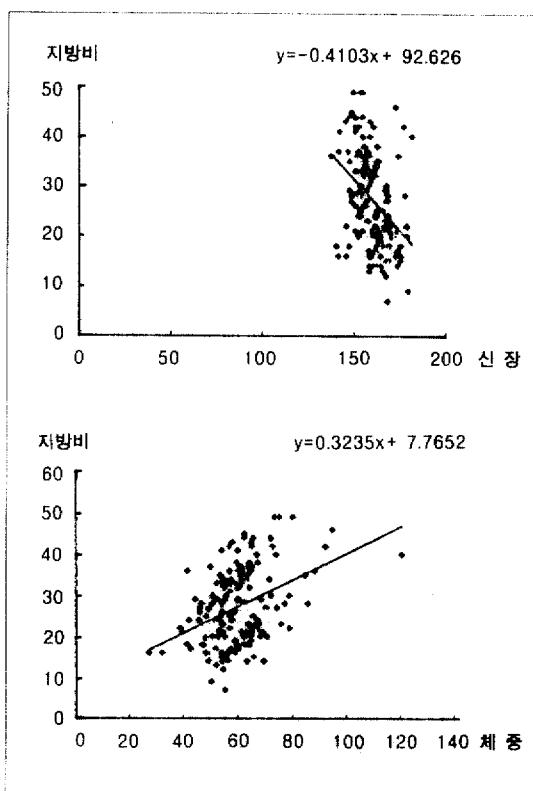


Fig. 3. 지방비와 체중, 신장 증가에 따른 변화.

대 여성에서  $33.62 \pm 7.32\%$ 로 최고치에 도달하였으며, 60세 이후에 감소하는 경향을 보였다. 남성에서 지방비는 여성에 비해 낮으며, 연령 증가에 따라 유의한 증가 경향을 볼 수 없었다.

#### 2. 지방비와 체중, 신장과의 관계

지방비와 체중, 신장과의 상관 관계는(Table 1), 여성에서 지방비가 체중과  $r=0.75$ 로 높은 상관관계를 보였으나, 신장과는  $r=-0.17$ 로 낮은 상관관계를 보였다. 남자에서 지방비는 체중과는  $r=0.71$ 로 높은 상관관계를 보였으나 신장과는  $r=0.10$ 으로 낮은 상관관계를 보였다(Fig. 3).

#### 3. 연령 증가에 따른 부위별 지방비

연령 증가에 의한 부위별 지방비의 변화는(Fig. 4) 남녀 모두 총체지방의 변화와 유사하였다.

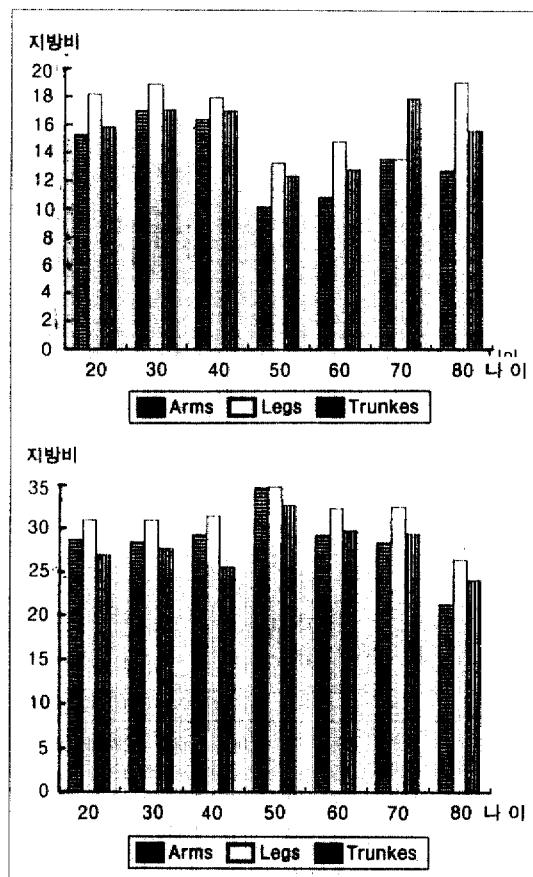


Fig. 4. 연령 증가에 따른 부위별 지방비의 변화.

#### 4. DEXA와 BIA에 의한 총체지방비

연령별로 DEXA 법과 BIA법으로 측정한 총 체지방비를 비교한 결과(Fig. 5)  $r=0.87$ 로 높은 상관관계를 나타내었다.

#### 5. 당뇨병 환자에서 연령에 따른 지방비

당뇨병 환자에서 나이에 따른 지방비는 연령증가에 따라 점차로 증가하여 30대에는 남성 17.59%, 여성 26.96%에서 70대에는 남성 22.08%, 여성 36.84%로 증가되었다(Fig. 6).

비만증 및 그로인한 인슐린 의존성 당뇨병, 지질대사장애, 고혈압, 관상동맥 질환 등의 합병증은 만성 퇴행성 질환으로 오래전부터 서구 사회에서 크게 문제가 되

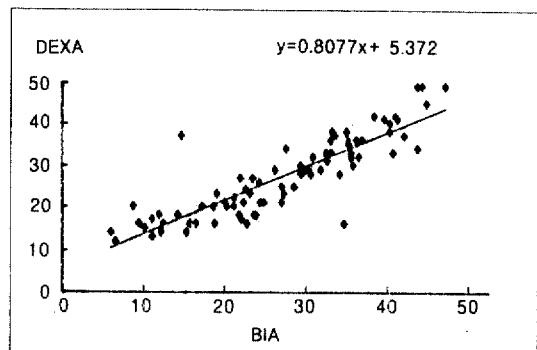


Fig. 5. DEXA와 BIA에 의한 총체지방비의 비교.

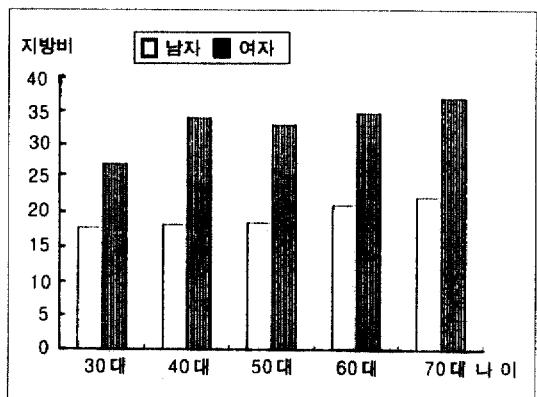


Fig. 6. 당뇨병 환자에서 나이에 따른 지방비의 변화.

## 고찰

어왔으며, 최근 우리나라에서도 급속히 증가하는 추세에 있다. 이러한 질환은 연령이 증가하면서 발생이 증가하는 경향이 있다. 체구성 성분 또한 연령에 따른 변화를 보이는데 이중 지방체중은 나이에 따라 증가하는 것으로 보고되고 있다[2~8].

Hassalger 등[2]은 지방비가 남녀 모두에서 연령에 따라 해마다  $0.19 \pm 0.03\%$ 씩 증가하며, 여성이 남성에 비해 높은 지방비를 가진다고 하였다. 또한 연령, 신장, 체중에 따른 체지방비증과 지방체중의 다중 회기분석에서 남녀 모두 매우 높은 상관관계를 보여, 연령에 따라 체지방비증은 감소하고 지방체중은 증가하는 것으로 생각된다. Svendsen 등[19]은 건강한 성인 여성에서

## – 연령 증가에 따른 체지방량 변화의 생체전기저항 측정법과 이중에너지 X선흡수제 –

연령에 따라 지방체중, 복부 지방비는 증가하고 제지방체중은 감소한다고 하였지만 연령, 폐경 상태, 폐경후 기간을 독립적으로 분석하였을 때 지방체중, 복부 지방비는 연령과 무관하고, 폐경 및 폐경후 기간과 관계가 있었다. 따라서 폐경후의 에스트로겐 결핍은 지방체중의 증가와 제지방체중의 감소에 관여할 것으로 생각된다[31]. Bruce 등[32]은 체내 총 칼륨과 체내 총 수분량으로 체지방을 측정하여, 연령, 신장, 체중에 대한 지방체중화의 상관관계에서 연령, 체중은 남녀 모두에서 유의한 상관을 가지고 있었으나, 신장은 유의한 상관을 나타내고 있지 않다고 보고하였다. Tsunenari 등[4]은 일본인에서 지방비가 중년 남성군에서 청년군에 비해 유의하게 증가되었으며, 여성에서는 청년군, 중년군, 노년군 사이에 유의한 차이를 보이지 않았다고 하였다. 본 연구에서는 여성에 있어서 연령에 따라 평균 지방이 증가하여 50대에 최고치에 이르고 60세 이후 감소하며, 남성에 있어서 지방비는 여성과 달리 연령 증가에 따라 증가하지 않고 있어 문헌에서 보고된 정상 성인의 연령 증가에 따른 지방비 변화와는 차이가 있는 것으로 생각되며 이는 아마도 문화적, 인종적 속성이 관여할 것으로 사료된다.

바람직한 체구성 성분의 유지는 건강과 매우 밀접한 관련이 있는 것으로 알려져 왔다. 특히 체지방의 부위별 분포는 비만, 대사, 건강 사이의 관계에 영향을 끼치는데 많은 대사성 합병증과 관련된 복부 비만은 심혈관 질환의 위험인자로 알려져 왔다[33]. 따라서 정확한 체구성 성분과 지방분포의 측정은 복부 비만과 관련된 대사성 질환에 영향을 끼치는 요소를 알아내는데 중요하다.

1953년 Vague[34]는 체지방 분포 양상에 따라 비만종을 분류하였는데, 상체에 주로 과량의 지방이 분포해 있는 남성형 비만증(android obesity)과 하체, 즉 허벅지와 엉덩이에 지방이 분포해 있는 여성형 비만증(gynecoid obesity)으로 분류하였다. 그리고 이 두 가지 형종 남성형 비만증은 중심성 비만증이라고도 하는데 여성형 비만증, 즉 말초성 비만증 보다 당뇨병, 동맥경화증, 통풍등의 대사성 질환과 높은 연관성을 보인다고 하였다[35]. 우리나라에서도 허 등[36]은 중심성 비만군과 말초성 비만군의 평균 체중은 차이가 없고 체지방

량에도 차이가 없으며 비만증이 심하지 않으면서도 체지방 분포상 서구인과 비슷한 양상을 보여 체중초과의 정도보다는 비만의 형태가 대사장애에 더 중요한 영향을 미치는 요인으로 생각하였다. 중심성 체지방 분포는 연령, 성별, 성호르몬과 관계되며[12~15], Ley 등[9]은 여성에 지방 분포가 폐경기 이후 중심성, 남성형으로 변화한다고 하였다.

DEXA를 이용한 체지방 측정은 비만이나 다른 대사성 질환의 연구에 기초 자료로 이용될 수 있을 것으로 생각되는데, 김 등[37]은 우리나라 당뇨병 환자를 대상으로 총체지방량과 체지방 분포양상을 조사하여 연령, 성별, 신장, 체중이 동일한 정상인과 비교한 바있다. 그 결과 당뇨병 환자와 정상인 간에 총체지방량은 차이가 없으나 중심성 체지방 분포를 보이는 특징이 있음을 보고하였으며, 또한 허 등[36]은 당대사 장애의 정도(glucose tolerance state)에 차이가 없는 정상 체중군과 과다 체중군의 포도당 이용률을 비교하였는데 과다체중군에서 유의하게 낮아 이군에서 인슐린 저항성이 큼을 보여주었다.

DEXA는 체구성 성분을 직접적으로 측정하는 정확하고 재현성이 높은 방법으로, 본 연구에서는 대상군을 통하여 연령증가에 따른 체지방량의 변화를 DEXA와 생체전기저항법으로 측정하고 유의성을 관찰하였다.

많은 연구가 지방체중과 체지방체중의 측정을 위한 판정기준으로서 밀도계와 체내 총 수분량, 체내 총 칼륨 측정을 사용한 두 가지 성분의, 체구성 모델을 이용하여 왔는데 이것은 제지방체중 구성이 개인에 있어서 또한 개인간에 일정하다는 가정을 전제로 한다[39]. 그러나 제지방체중 구성중 특히 체내 총 골무기질량과 총 체수분량은 연령과 질환에 따라 변화하기 때문에[38, 39], 두 가지 구성 모델을 사용하여 지방체중과 제지방체중을 측정하였을 경우 오차를 유발할 수 있다. DEXA는 골조직, 제지방조직, 지방조직이 이중 X-선 에너지를 감쇠시키는 성질을 이용한 것으로 두 가지 구성 모델을 사용하지 않고 직접 지방체중을 측정하며, 대상체의 신장, 체중, 연령, 성별로 인한 지방량의 보정을 필요로 하지 않기에 BIA나 신체계측법에 비하여 지방체중의 예측에 훨씬 더 유용하며, 또한 체지방의 측정에 있어서 표준이나 판정기준으로 많이 사용되어 진다.

BIA는 체내 교류 저항 측정을 위한 방법으로 생물체에 사용된 전류의 전도의 성질을 이용하는 것이고 생물체에서 지속적으로 낮은 교류를 전도시키면 교류 저항을 생성하여 주파수 의존성의 전류를 전파하며, 교류 저항이 전도체 길이, 구조, 단면적, 신호 주파수와 관련 되기에 이를 이용하여 체지방 체중을 측정하는 것이다. 생물체에서 전기 전도도는 생물 전도체의 물과 전해질 분포와 관련된다. 지방 조직의 단백질 기질을 포함한 체지방 체중은 실질적으로 체내에서 모든 물과 전도 전해질을 포함하기 때문에 전도도는 지방체중에서보다 체지방체중에서 더욱 크다[10]. BIA는 저항의 측정을 위한 정밀도 오차가 낮기에 높은 정밀도를 요하는 체구 성 성분 측정을 위해 매우 유용하다[23]. 더욱이 BIA는 훈련되지 않은 관찰자가 정확한 해석을 할 수도 있다 [29]. 이것은 이론적으로 BIA가 인체 계측만으로는 발견할 수없는 생리적인 변화에 무관한 정보를 제공하기 이, 체중 감소 동안 체구성 성분의 변화를 측정하기 위해 유용하리라 생각되어 진다. 그러나 Deurenberg 등 [40~42]은 체중 감소 동안 체내 총 수분량과 체지방체 중은 불균형적으로 변화하며, 따라서 BIA는 밀도계에 의해 측정한 변화와 비교하여 지방체중의 변화는 과대 평가되고 체지방체중의 변화는 과소평가되었다고 한다. 또한 Segal 등[24]은 매우 마른, 보통의, 그리고 비만한 사람들을 대상으로 한 밀도계와 BIA의 비교 연구에 있어서 BIA에 의한 지방은 마른 사람군에서는 과대 평가되었고, 비만한 사람군에서는 과소평가 되었다고 발표하였다. Ellis[45]는 체지방의 측정을 위하여 생체 전기 저항 측정법(BIA), 생체 전기저항 분광경 검사법(BIS), 총 생체 전기 전도법(TOBEC), 이중 에너지 X-선 흡수 법(DEXA)의 네가지 방법을 사용하여 Bland-Atman 비교의 결과 지방체중은 BIA와 DEXA에서  $\pm 13.4\text{kg}$ 의 차이를 보였으며 체지방 평균치와 비교하여 동의한 계치가 높아서 체지방 측정을 위한 네가지 방법간에 서로 교환 가능하지 않음을 보여 주었다. 또한 DEXA에 의한 체지방비에 따른 분류에서 지방비가 25% 미만을 정상군, 지방비가 25%~35%를 과체중군, 지방비가 35% 초과를 비만군으로 나누었을 때 DEXA에서 정상 군으로 분류된 경우 BIA에서 92%가 정상군에 속하였고, DEXA에서 과체중군으로 분류된 경우 BIA에서

50%가 과체중군에 속하였고, DEXA에서 비만군으로 분류된 경우 BIA에서 29%만이 비만군에 속하였다. 이런차이로 인해 서로 다른 방법에 의해 체지방량을 분류 하였을 때 같은군에 속한다고 해서 같은 정도의 체지방량을 가졌다고 하기가 어렵다고 하였다. 그럼에도 BIA 와 DEXA에 의한 체지방량의 비교는 서로 높은 상관을 나타내어 Lukaski 등[22]은  $r=0.92$ , Segal 등[24]은  $r=0.72$ , Khaled 등[17]은  $r=0.93$ , Heitmann 등[43]은  $r=0.95$ , Deurenberg 등[39]은  $r=0.93$ , Svendsen 등[44]은  $r=0.98$ 을 나타내었고 본 연구에서도  $r=0.87$ 을 보여 BIA에 의한 체지방량의 측정이 비교적 일치됨을 보았다. 현재까지 예비단계의 적용에 머무르고 있는 BIA의 임상적 적용에는 더 많은 질환을 대상으로한 연구가 필요할 것으로 생각된다.

## 참 고 문 헌

1. Steen B: *Body composition and aging*. *Nutr Rev* 46:45-51, 1988
2. Hassager C, Gotfredsen A, Jensen J, et al: *Prediction of body composition by age, height, weight and skinfold thickness in normal adults*. *Metabolism* 35:1081-1084, 1986
3. Forbes GB, Reina JC: *Adult lean body mass declines with age: Some longitudinal observation*. *Metabolism* 19:653-663, 1970
4. Tsunenari T, Tsutsumi M, Ohno K: *Age- gender-related changes in body composition in Japanese subjects*. *J Bone Miner Res* 8:397-402, 1993
5. Lindsay R, Cosman F, Herrington BS: *Bone mass and body composition in normal women*. *J Bone Miner Res* 7:55-63, 1992
6. Rico H, Revilla M, Villa LF: *Age-related differences in total and regional bone mass: A cross-sectional study with DXA in 429 normal women*. *Osteoporosis Int* 3:154-159, 1993
7. Compston JE, Bhamhani M, Laskey MA: *Body composition and bone mass in postmenopausal*

– 연령 증가에 따른 체지방량 변화의 생체전기저항 측정법과 이중에너지 X선흡수계 –

- women. *Clin Endocrinol* 37:426-431, 1992
8. Reid IR, Plank LD, Evans MC: *Fat mass is an important determinant of whole body bone density in premenopausal women but not in men.* *J Clin Endocrinol Metab* 75:779-782, 1992
9. Seidell JC, Deurenberg P, Hautvast JGAJ: *Obesity and fat distribution in relation to health-current insights and recommendations.* *World Rev Nutr Diet* 50:57-91, 1987
10. Lukaski HC: *Methods for assessment of human body composition: traditional and new.* *Am J Clin Nutr* 46:537-56, 1987
11. Preuss LE, Bolin FP: *Biophysical methods for estimating in vivo body composition: the determination of the adipose compartment.* *Henry Ford Hosp Med J* 36:92-102, 1988
12. Williams DP, Boyden TW, Pamenter RW: *Relationship of body fat percentage and fat distribution with dehydroepiandrosterone sulfate in premenopausal females.* *J Clin Endocrinol Metab* 77:80-85, 1993
13. Tonkelaar I, Seidell JC, Noord PAH, et al: *Fat distribution in relation to age, degree of obesity, smoking habits, parity and estrogen use: A cross-sectional study in 11825 Dutch women participating in the DOM-project.* *Int J Obes* 14:753-761, 1990
14. Rebuffe-Shrime M, Lonnroth P, Marin P: *Regional adipose tissue metabolism in men and post-menopausal women.* *Int J Obes* 11:347-355, 1987
15. Rebuffe-Shrime M, Eldh J, Hafstrom LO: *Metabolism of mammary, abdominal and femoral adipocytes in women before and after menopause.* *Metabolism* 35:792-797, 1986
16. Svendsen OL, Hassager C, Christiansen C: *Age- and menopause-associated variations in body composition and fat distribution in healthy women as measured by dual-energy x-ray absorptiometry* 44:369-373, 1995
17. Haarbo J, Marslew U, Gotfredsen A: *Postmenopausal hormone replacement therapy prevents central distribution of body fat after menopause.* *Metabolism* 12:1323-1326, 1991
18. Mazess RB, Barden HS, Bidek JP: *Dual energy x-ray absorptiometry for total-body and regional bone-mineral and soft-tissue composition.* *Am J Clin Nutr* 51:1106-1112, 1990
19. Svendsen OL, Haarbo J, Hassager C: *Accuracy of measurement of body composition by dual energy x-ray absorptiometry in vivo.* *Am J Clin Nutr* 57:605-608, 1993
20. Svendsen OL, Hassager C, Bergmann I: *Measurement of abdominal and intra-abdominal fat in postmenopausal women by dual energy x-ray absorptiometry: Comparison with computerized tomography.* *Int J Obes* 17:45-51, 1993
21. Hoffer EC, Meader CK, Simpson DC: *Correlation of whole-body impedance with total body water.* *J Appl Physiol* 27:531-534, 1969
22. Lukaski HC, Bolonchuk WW, Hall CB, Siders WA: *Validation of tetrapolar bioelectrical impedance method to assess human body composition.* *J Appl Physiol* 60:1327-1332, 1986
23. Lukaski HC, Johnson PE, Bolonchuk WW, Lykken GI: *Assessment of fat-free mass using bioelectrical impedance measurements of the human body.* *Am J Clin Nutr* 41:810-817, 1985
24. Segal KR, Gutin B, Presta E, Wang J, van Itallie TB: *Estimation of human body composition by electrical impedance methods: a comparative study.* *J Appl Physiol* 58:1565-1571, 1985
25. Segal KR, Van Loan M, Fitzgerald PI, Hodgdon JA, van Itallie TB: *Lean body mass estimation by bioelectrical impedance analysis: a four-site cross-validation study.* *Am J Clin Nutr* 47:7-14, 1988
26. Khaled MA, Cutcheon MJ, Reddy S, Pearman PL, Hunter GR, Weinsier RL: *Electrical impe-*

- dance in assessing human body composition: The BIA Method. *Am J Clin Nutr* 47:789-92, 1988
27. Kushner RF, Schoeller DA: Estimation of total body water by bioelectrical impedance analysis. *Am J Clin Nutr* 44:417-24, 1986
28. Cohn SH: How valid are bioelectric impedance measurements in body composition studies? *Am J Clin Nutr* 42:889-890, 1985
29. Jackson AS, Pollock ML, Graves JE, Mahar MT: Reliability and validity of bioelectrical impedance in determining body composition. *J Appl Physiol* 64:529-34, 1988
30. Diaz EO, Villar J, Immink M, Gonzales T: Bioimpedance or anthropometry? *Eur J Clin Nutr* 43:129-37, 1989
31. Hassager C, Christiansen C: Estrogen/gestagen therapy changes soft tissue body composition in postmenopausal women. *Metabolism* 38:662-665, 1989
32. Bruce Å, Andersson M, Arvidsson B, Isaksson B: Body composition. Prediction of normal body potassium, body water and body fat in adults on the basis of body height, body weight and age. *Scand J Clin Lab Invest* 40:461-473, 1980
33. Depres JP, Moorjani S, Lupien PJ, Tremblay A, Nadeau A, Bouchard C: Regional distribution of body fat, plasma lipoprotein, and cardiovascular disease. *Arteriosclerosis* 10:497-511, 1990
34. Vague J: La differentiation sexuelle humaine sex incidences en pathologie. p386, Paris, Masson Editeur, 1953
35. Vague J: The degree of masculine differentiation of obesities: A factor determining predisposition to diabetes, atherosclerosis, gout and uric calculous disease. *Am J Clin Nutr* 4:20, 1956
36. 허갑범, 김유리, 안광진, 정윤석, 이은직등: 인슐린 비의존성 당뇨병 환자의 체지방 분포와 인슐린 저항성과의 상관성. *대한내과학회잡지* 44:1-18, 1993
37. 김은경, 이기열, 김유리, 허갑범: 당뇨병환자의 체지방량 및 체지방분포에 관한 연구. *한국영양학회지* 23:257, 1990
38. Deurenberg P, van der Kooij K, Evers P, Hulshof T: Assessment of body composition by bioelectrical impedance in a population aged >60y. *Am J Clin Nutr* 51:3-6, 1990
39. Lohman TG: Research progress in validating of laboratory methods of assessing body composition. *Med Sci Sports Exerc* 16:596-603, 1984
40. Deurenberg P, Weststrate JA, Hautvast JG: Changes in fat-free mass during weight loss measured by bioelectrical impedance and by densitometry. *Am J Clin Nutr* 49:33-36, 1989
41. Deurenberg P, Weststrate JA, Van Der Kooy K: Body composition changes assessed by bioelectrical impedance measurements. *Am J Clin Nutr* 49:401-403, 1989
42. Gray DS: Changes in bioelectrical impedance during fasting. *Am J Clin Nutr* 48:1184-1187, 1988
43. Heitmann BL: Prediction of body water and fat in adult Danes from measurement of electrical impedance. A validation study. *Int J Obes* 14: 789-802, 1990
44. Svendsen OL, Haarbo J, Heitmann BL, et al: Measurement of body fat in elderly subjects by dual-energy x-ray absorptiometry, bioelectrical impedance, and anthropometry. *Am J Clin Nutr* 53:1117-23, 1991
45. Ellis KJ: Measuring body fatness in children and young adults: comparison of bioelectric impedance analysis, total body electrical conductivity, and dual-energy X-ray absorptiometry. *Int J Obes* 20:866-873, 1996
46. Ley CJ, Lees B, Stevenson J: Sex- and menopause-associated changes in body-fat distribution. *Am J Clin Nutr* 55:950-954, 1992