

부분골밀도 측정을 통해 산출되는 체지방률의 임상적 유용성에 대한 평가

서울아산병원

강영은 · 김은혜 · 김호성 · 최종숙 · 최우준

The Clinical Usefulness Measurement of the Whole Body Percent Fat Calculated by the Part Bone Mineral Density Measurement

Young Eun Kang, Eun Hye Kim, Ho Sung Kim, Jong Sook Choi and Woo Jun Choi

Department of Nuclear Medicine, Seoul Asan Medical Center, Seoul, Korea

Purpose: Generally dual energy X-ray absorptiometry has been used for the purpose of evaluation of osteoporosis and treatment. Recently the interest of obesity came to be high and body percent fat test is increasing. Existing measure of body fat have to scan the whole body can be evaluated, but only lumbar spine and hip measurements was assumed to be whole body fat as well as improving the software. It tries to check whether the part measured value not being whole body measurement has the validity or not compared with the value calculated with the method that it is different, it forgives through a correlation with a (BIA) and (BMI).

Materials and Methods: In 2010, the body percent fat was measured among the examinee coming to the Asan Medical Center public health care center from March till August against 90 females more than 40 years old through (DXA) and BIA. BMI utilized the value which wrote an height and weight measured through the body measuring instrument in the examinee information and is automatically calculated. In addition, it classified as the low weight (13-18.5 kg/m²), normal (18.5-25 kg/m²), and corpulence (25-30 kg/m²) based on BMI and so that it could check whether there was the difference according to the weight or not BMI and BIA and correlation between DXA were analyzed in each group. The statistical program for the analysis used SPSS 12.0. **Results:** The comparison of DXA at 3 which it divides into the low weight and normal and corpulence groups and BIA did not show the difference noted statistically in all groups and the between group comparison was exposed to do not have a meaning. The body percent fat measured by the correlation analysis result DXA at the state that it doesn't divide into the group showed the high correlation ($r=0.908$, $p<0.01$) noted statistically compared with BMI and showed the high correlation noted statistically in a comparison with BIA ($r=0.927$, $p<0.01$). **Conclusion:** It confirmed that the whole body percent fat presumed from the part bone density measurement showed the excel correlation compared with BIA and BMI and information is high. There is still no clear standard about the presumed whole body percent fat and it is difficult to evaluate the fat evaluation by the bone mineral density measurement. However, it is determined that the information offering which is more objective through the comparative study with the body percent fat which is very efficient and in that it can obtain till the information about a fat as well as diagnosis of the osteoporosis through the bone density checkup is measured by the afterward telegraph bone density checkup and is clinically useful is possible. (**Korean J Nucl Med Technol 2011;15(1):3-9**)

Key Words : DXA, BMI, BIA, Body fat percent

-
- Received: December 20, 2010. Accepted: March 7, 2011.
 - Corresponding author: **Eun Hae Kim**
Department of Nuclear Medicine, Asan Medical Center, 388-1 Pung
Nap 2-dong, Songpa-gu, Seoul, 138-736, Korea
Tel: +82-2-3010-1926, Fax: +82-2-3010-5429
E-mail: ksilversea@gmail.com

서론

비만을 진단하는데 있어서 체구성 성분을 분석하는 방법에 대한 많은 연구가 이루어지고 있다. 최근 주로 연구되는 방법은 수중밀도법(Underwater Weighing Technique), 생체전기저항측정법(Bioimpedence Analysis, BIA), 이중에너지 방사선 흡수계측법(Dual Energy X-ray Absorptiometry, DXA)등이 있다. 그 중에서도 DXA는 지방과 제지방의 측정 뿐 아니라 뼈의 무기질, 뼈의 밀도, 골량 등의 측정에도 타당도가 입증되어 있으며^{1,2)} 방사선노출이 비교적 적고, 검사시간이 길지 않고, 비침습적이라는 장점이 있다. 일반적으로 DXA는 골밀도를 통한 골다공증의 평가 및 치료목적에 주로 이용되어 왔다. 뼈의 밀도를 측정하는 것은 골다공증으로 인한 골절의 위험을 예측하고자 함이기 때문에 ISCD (The International Society for Clinical Densitometry)의 지침에 따라 골절위험이 높은 요추와 대퇴부의 측정이 권고되고 있다. 최근에는 비만에 대한 관심이 높아지면서 체지방검사 처방이 증가하고 있으며, DXA를 이용하는 기존의 체지방측정은 전신을 검사해야만 평가가 가능했다. 전신측정은 전신의 지방량과 제지방량 무기질, 미네랄, 골밀도 등 다양하고 정확한 정보를 얻을 수 있다는 이점이 있지만 검사비용, 방사선피폭, 검사시간 등의 제약이 있으며, 실제로 가장 손쉽게 널리 사용되고 있는 체구성 분석 방법은 BIA이다. BIA는 인체를 구성하는 지방과 물의 전기적인 전도차를 이용하는데 다른 인종³⁾, 운동선수⁴⁾, 체질량지수^{5,6)}, 환자의 수분상태에 따라 오차가 생길 수 있으나 작동이 간편하고 경제적인 장점이 있어 임상에서 널리 쓰이고 있다. 한상혁 등은 DXA의 전신측정과 BIA로 측정된 체지방과 제지방의 값을 분석해 높은 상관관계를 확인하고 DXA 대신 BIA방법으로 체지방을 분석하는데 문제가 없다고 하였다⁷⁾. 그러나 근래 DXA장비의 소프

트웨어가 향상 되면서 기존의 전신측정 대신 요추와 대퇴부의 골밀도 측정만으로 전신체지방률을 산출 할 수 있게 되었다(Fig. 1). DXA의 전신측정과 비교하여 다른 체구성 분석법을 다룬 연구는 이전부터 시행되어왔지만 요추와 대퇴부의 골밀도 측정으로부터 산출된 체지방률에 대한 연구는 찾기 어렵다. HS Barden 등은⁸⁾ 전신을 측정할 경우의 전신 체지방률 값과 요추와 대퇴부위로부터 추측된 전신 체지방률 값은 높은 상관관계와 일치도(여성: $r = 0.96$, 남성: $r = 0.93$)를 나타내 두 방법은 호환이 가능하다고 하였으나 이는 미국인을 대상으로 한 실험으로, 서양인과는 체구성 비율이나 신체적 특성이 다른 한국 성인에게 일반화하기 어렵다. 따라서 본 연구에서는 한국 성인을 대상으로 하여 전신이 아닌 요추와 대퇴부에서 산출된 전신 체지방률 값의 정확성과 임상적 유용성을 평가하기 위해 임상에서 가장 널리 쓰이는 체구성 분석법인 BIA와의 상관도 분석을 통해 알아보고자 한다.

실험재료 및 방법

1. 연구대상

2010년 3월부터 2010년 8월까지 서울아산병원 건강검진 센터에 내원한 40세 이상 수검자 가운데 DXA검사와 BIA검사를 같은 날 시행한 여성 90명(나이: 54 ± 14 세)을 대상으로 하였다. 동일인이라고 해도 측정일의 몸 상태와 금식여부에 따라 신장, 체중 등이 영향을 받을 수 있기 때문에 두 검사를 같은 날 시행한 수검자들을 대상으로 하였다.

2. 측정방법

1) 신체 계측

G-tech사의 GL-150P 자동신체계측기를 이용하여 측정했으며 신장(cm)과 체중(kg)은 직립자세로 신발을 벗은 상태에서 측정하였다. 신장은 소수 셋째자리까지 측정했으며 체중은 소수 둘째자리 측정 후 반올림하였다.

2) DXA방법에 의한 전신체지방률 측정

GE LUNAR Prodigy Advance (software ver. 11.40)를 이용하였고 측정 시 환자는 편한 상태로 누워 요추와 대퇴부의 골밀도를 측정하였다(Fig. 2). 요추의 골밀도측정을 위해 수검자를 검사대의 중앙에 바르게 눕히고 검사대와 다리가 이루는 각도($60^\circ - 90^\circ$)를 일정하게 유지하였다. 각도를 유지시키기 위해 수검자의 양쪽 다리를 스펀지 블록 위에 올리게 하였다. 이것은 척추의 만곡을 최대한 펴주어 검사 시 오차를

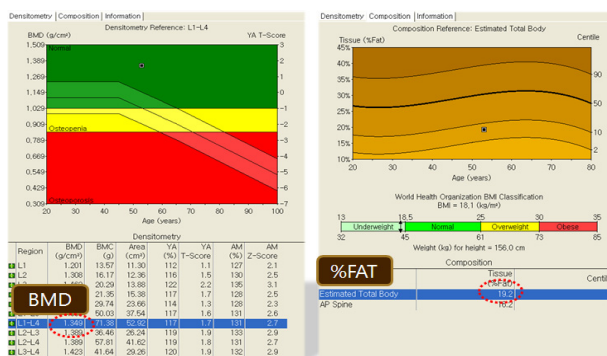


Fig. 1. The bone mineral density checkup result sheet of a lumbar and femur.

줄이기 위함이다. 검사시작 지점은 장골능 2.5cm아래가 되게 하였고 영상에서는 12번째 흉추의 끝과 iliac crest의 상단이 포함되도록 측정하였다(Fig. 3). 대퇴부는 하지의 회전상태가 골밀도에 큰 영향을 줄 수 있는 중요한 변수이기 때문에 position form을 기준으로 무릎 굽힘없이 15-20도 내회전시켰다.⁹⁾ 영상에서는 greater trochanter와 femoral neck, ischium을 포함시켰으며 ischium 아래쪽에는 greater trochanter, 위쪽은 softtissue가 위치하도록 측정하였다(Fig. 4).



Fig. 2. This image is bone mineral density measurement device. GE LUNAR Prodigy Advance using software version 11.40

3) 생체전기저항법에 의한 전신체지방률 측정

Biospace Inbody(software ver. 3.0)을 이용하였고 측정 시에는 순수한 몸무게로 측정하기 위해 가벼운 옷차림으로 장신구 등을 최대한 배제한 상태에서 서서 두 팔을 벌린 자세로 측정하였다(Fig. 5).



Fig. 5. This image is Body composition analysis device. Biospace Inbody using software version 3.0

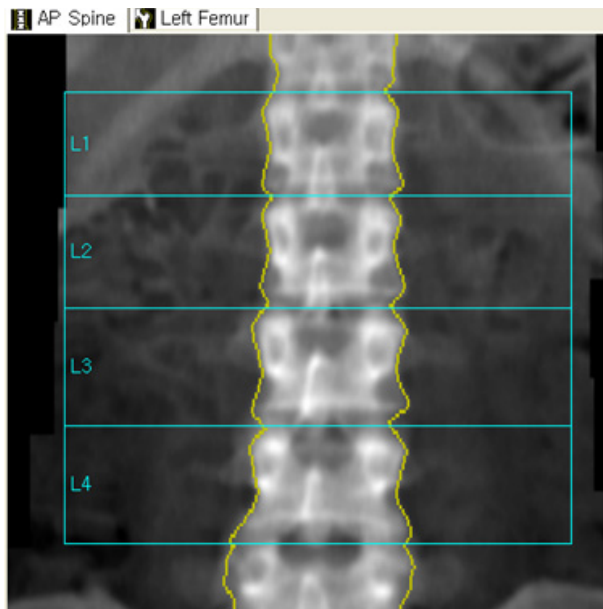


Fig. 3. Spine image of DXA using GE LUNAR Prodigy Advance

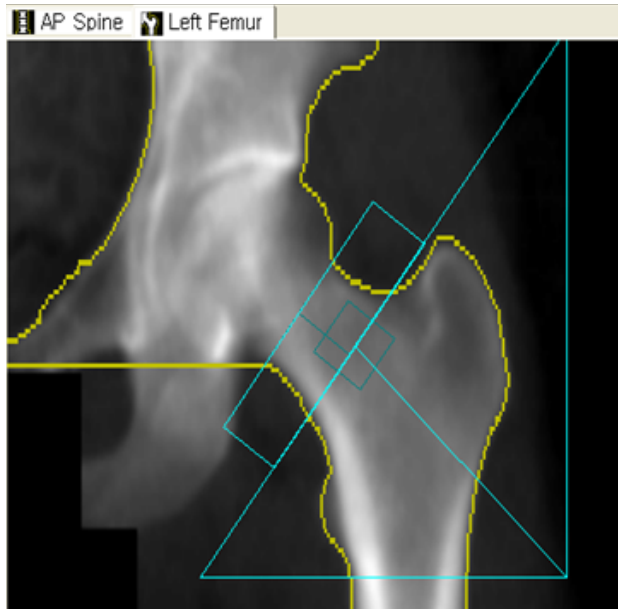


Fig. 4. Femur image of DXA using GE LUNAR Prodigy Advance

분석방법 및 통계

DXA로 측정된 전신 체지방률과 BIA로 측정된 전신 체지방률을 비교하기 위해 두 값을 표준화 시켜 Pearson's correlation을 통해 분석하였으며 선형회귀분석을 통해 회귀방정식을 도출하였다. DXA의 전신측정과 BIA를 비교한 기존의 연구에서 체질량지수가 증가 할수록 DXA와 비교해 BIA가 체지방을 더 많게, 체지방을 더 적게 측정한다는 보고가 있었으나^{5,6)} 한상혁 등은 체질량지수의 크기에 따른 각 군에도 체지방과 체지방의 측정에 있어 DXA와 BIA는 매우 상관도가 높다고 하였다⁷⁾. 본 연구에서도 체질량지수에 따라 DXA의 부분측정으로부터 산출되는 체지방률 값과 BIA로 측정된 체지방률 값의 상관관계에 비만도가 영향을 주는지 알아보기 위해 체질량 지수(Body Mass Index, BMI)를 기준으로 저체중 (13-18.5), 정상(18.5-25), 비만 (25이상)의 세 그룹으로 분류하여 각각의 그룹에서 DXA로 측정된 값과 BIA로 측정된 값을 Pearson's correlation으로 분석하였다. BMI는 DXA 검사 시 자동신장체중계를 이용하여 측정된 수검자의 신장과 체중을 입력하면 자동으로 산출되는 값을 이용하였으며 DXA와 BIA는 비교를 위해 표준화 된 값을 이용하였다.

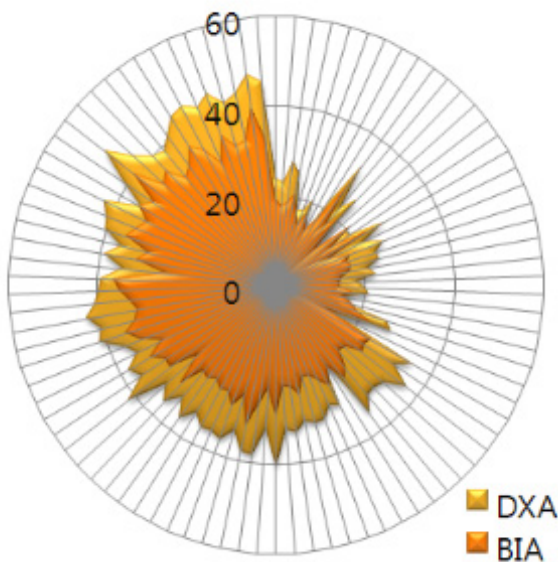


Fig. 6. The chart of the radial form made into figure measured by a DXA and BIA.

Table 1. The value measured by each group by DXA and BIA

Pearson's correlation	저체중	정상	비만
r	.776	.673	.616

상관도분석을 위한 통계프로그램은 SPSS 12.0 for windows를 이용하였으며 p값이 0.05미만일 때 통계적으로 유의한 차이가 있는 것으로 판정하였다.

결 과

동일인을 기준으로 보았을 때 모든 대상자의 DXA로 측정된 체지방률 값이 BIA로 측정된 체지방률 값보다 다소 높게 측정되는 경향을 보였다(Fig. 6). 두 가지 방법으로 측정된 전신 체지방률을 Pearson's correlation을 통해 분석한 결과 r 값 0.927의 강한 양의 상관관계를 보였고 선형 회귀 분석을 통해 $[BIA = 2.17 + 0.72 \times DXA]$ 라는 회귀방정식을 도출하였다(Fig. 7). 예측가능정도인 R제곱 값은 0.86으로 1을 기준으로 보았을 때 예측가능정도가 높았으며 회귀방정식에 따라 BIA로 측정된 수치와 DXA로 측정된 수치 중 한 가지만으로 다른 값을 추측할 수 있을 만큼 두 방법 간 상관관계가 강한 것으로 나타났다.

BMI를 기준으로 분류한 경우 저체중과 정상, 비만 세 그룹에서 DXA로 측정된 값이 BIA로 측정된 값보다 높게 측정되었으며 두 방법 간의 수치차이는 저체중에서 차이의 평균은 4.8, 정상에서 차이의 평균은 8.6, 비만에서 차이의 평균은 11.9로 저체중에서 비만으로 갈수록 그 차이가 커지는 경향을 나타냈다(Fig. 8). 각각의 그룹에서 DXA로 측정된 값과 BIA로 측정된 값을 Pearson's correlation으로 분석한 결과

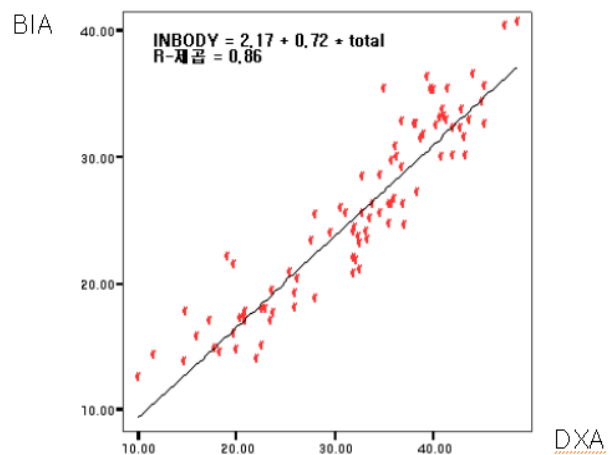


Fig. 7. The linear regression analysis result of a DXA and BIA.

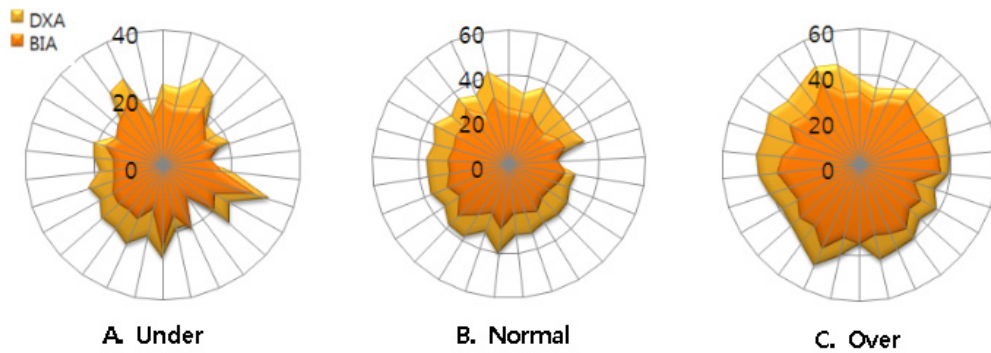


Fig. 8. The radial shape chart showing DXA and BIA value at each group. In the over group, the difference of 2 values is biggest.

저체중 그룹에서의 r값은 0.776, 정상 그룹에서는 0.673, 비만 그룹에서는 0.616으로 수치차이가 가장 작았던 저체중 그룹에서 가장 높은 상관도를 보였으나 통계적으로 유의한 차이를 보이지 않았다(Table. 1).

고 찰

최근 임상에서는 비교적 정확하면서도 검사법이 간단하고 안전하여 손쉽게 사용될 수 있는 BIA를 많이 이용하고 있어 DXA는 체구성 분석 보다는 골밀도를 측정해 골다공증을 평가하는데 주로 이용되고 있다. 연구의 주제나 방법에 따라 다소 차이는 있었으나 대부분의 연구에서 DXA를 이용한 전신검사와 BIA, 두 방법에 의한 체지방 측정은 높은 상관관계와 일치도를 보여 임상에서 체지방률 측정에 BIA를 사용하는 것에 문제가 없다고 보고하고 있다.^{7,10)} 그러나 DXA장비의 소프트웨어가 향상되면서 골밀도 측정만으로 전신체지방률을 산출할 수 있는 기능이 추가되었는데, 본 연구에서는 DXA에 의한 요추와 대퇴부의 측정에서 산출된 전신체지방률을 DXA의 전신검사 대신 BIA검사법과 비교해 상관관계를 분석하고 타당성을 입증하고자 하였다. DXA를 이용한 골밀도 검사 시 산출되는 체지방률과 BIA로 측정된 체지방률을 Pearson's correlation과 선형회귀분석한 결과, DXA와 BIA로 측정된 체지방률은 높은 상관관계를 보여주었으며 (Fig. 7) 기존연구에서 BMI가 증가할수록 DXA의 전신측정과 비교하여 BIA가 체지방을 더 적게 측정한다는 보고와 같이,^{5,6)} 본 연구에서도 BMI가 증가함에 따라 DXA보다 BIA에서의 차이가 적게 측정되는 같은 결과를 나타냈다. BMI를 기준으로 세 그룹에서 상관도를 각각 분석한 결과, 두 방법 간 수치차이가 가장 적었던 저체중그룹에서 상관도가 가장 좋았으나 그룹 간 차이는 통계적으로 유의하지 않아 비만도

가 상관관계에 크게 영향을 주지 않은 것으로 나타났다. 이러한 결과는 DXA의 전신측정과 BIA로부터 측정된 전신체지방률을 비교한 한상혁 등의 연구에서도 같은 결과를 보였다.⁷⁾

본 연구는 다음과 같은 한계점을 가진다. 첫째로 DXA의 경우 두 개의 X-ray에너지가 인체를 통과할 때 약화된 정도를 측정하며, BIA는 인체를 구성하는 지방과 물의 전도 차이를 이용하기 때문에 각각의 검사 방식과 원리가 다르고 적용하는 표준치(Reference)가 달라 직접적인 수치자체의 비교가 어렵다. 둘째, 본 연구는 폐경기 전후의 여성들을 대상으로 하였으며 더 젊은 연령층과 남성에 대한 연구는 이루어지지 않았다. 셋째, 수검자의 상황에 따라 요추나 대퇴부중 한 부위만을 측정하는 경우가 있는데, 한 부위만을 측정하는 경우에는 측정부위에 관한 체지방률은 알 수 있으나 전신 체지방률은 산출되지 않는다. 넷째, 본 연구는 GE LUNAR Prodigy Advance장비만을 가지고 실험했으며 타 회사의 장비로는 확인하지 못했다. 다섯째, 두 검사 방법 간에 높은 상관도를 확인하였으나 아직 한국인을 기준으로 한 표준치(Reference)가 존재하지 않기 때문에 추측된 전신 체지방률을 비만도 평가를 위해 단독으로 사용하기에는 무리가 있다.

결 론

체지방의 측정은 현재, 수중밀도법, 생체전기저항 분석법, 생체전기저항분석법, 체질량지수측정, 컴퓨터단층촬영 및 자기공명영상에 의한 복부내장 지방측정 등을 통해 가능하다. 그 중 DXA는 비교적 정확하게 전체 체지방률을 측정할 수 있어 절대 표준측정 방법으로서 이용되며¹¹⁾ 전신측정 뿐만 아니라 요추와 대퇴부의 측정만으로도 골밀도는 물론 체지방에 대한 정보까지 동시에 얻을 수 있다. 골밀도와 체지방의 경우 이미 여러 논문들에서 상관관계에 대한 연구가 이루어

어저 왔으며^{12,13)} Goulding 등은 폐경여성에서 체지방과 골밀도가 유의한 상관관계가 있다고 보고하였다.¹⁴⁾ 이처럼 요추와 대퇴부의 골밀도 측정만으로 골다공증과 더불어 체지방에 대한 평가를 할 수 있다는 것은 의료정보수준의 향상과 검사의 질 향상 측면에서 의의가 크다. 진료 과에서는 골밀도검사 처방만으로 골밀도와 체지방에 대한 정보를 얻음으로써 골밀도의 변화와 더불어 체지방의 변화 또한 관찰가능하며 골다공증평가의 참고자료로 이용할 수 있다. 수검자의 경우도 같은 비용으로 전신의 피폭 없이 체지방에 관한 정보까지 얻을 수 있게 된다. 그러나 현재, 골밀도 검사를 시행하는 검사자 조차도 요추와 대퇴부의 골밀도 검사를 통해 전신 체지방률까지 산출할 수 있다는 기능을 알지 못하는 경우가 대부분이다. 다양한 연구와 관심을 통해 골밀도 검사를 의뢰한 이들에게 보다 더 유용한 의료정보가 제공되어야 할 것이다. 본 연구에서는 DXA를 이용하여 산출된 전신체지방률을 임상에서 체지방측정에 가장 널리 쓰이는 BIA방법과 비교해 높은 상관관계와 일치도를 확인하였다. 추후 남성과 여러 연령대를 포함한 연구가 필요할 것으로 보이며 표준측정인 DXA의 전신검사와의 비교연구를 통해 더 객관적이고 임상적으로 유용한 정보가 될 것으로 사료된다.

요 약

이중에너지 방사선 흡수계측법(Dual-energy X-ray Absorptiometry, DXA)은 일반적으로 골밀도를 통한 골다공증 평가 및 치료목적으로 이용되어 왔으며 최근 비만에 대한 관심이 높아지면서 체지방검사 처방이 증가하고 있는 추세이다. 기존의 체지방 측정은 전신을 검사해야만 평가가 가능했지만 근래 DXA장비의 소프트웨어가 향상 되면서 요추와 대퇴부의 측정만으로도 전신체지방률을 추측 할 수 있게 되었다. 전신측정이 아닌 부분측정 값이 다른 검사방법으로 산출된 값과 비교하여 타당성을 갖는지 생체전기저항측정법(Bioelectrical Impedance Analysis, BIA)과 체질량 지수(Body Mass Index, BMI)와의 상관도 분석을 통해 알아보하고자 한다. 2010년 3월부터 8월까지 본원 건강검진센터에 내원한 수검자 중 40세 이상의 여성 90명을 대상으로 DXA와 BIA를 통해 체지방률을 측정하였다. BMI는 신체 계측기를 통해 측정된 신장과 체중을 수검자 정보에 기입하여 자동으로 산출되는 값을 활용하였다. 또한 체중에 따른 차이가 있는지 알아보기 위해 BMI를 기준으로 저체중, 정상, 비만의 세 그룹으로 분류하여 각 그룹에서 BMI와 BIA, DXA 간의 상관도를

분석하였다. 저체중과 정상, 비만으로 나눈 세 그룹에서의 DXA와 BIA의 비교는 모든 그룹에서 통계적으로 유의한 차이를 보이지 않았다. 그룹으로 나누지 않은 상태에서의 상관분석결과 DXA로 측정된 체지방률은 BMI와 비교해 통계적으로 유의한 높은 상관관계를 나타냈으며($r=0.908, p<0.01$) BIA와의 비교에서도 통계적으로 유의한 높은 상관관계를 보였다($r=0.927, p<0.01$). 부분 골밀도 측정으로부터 추정된 전신체지방률이 BIA 그리고 BMI와 비교해 뛰어난 상관관계를 보여 정보의 신뢰도가 높다는 것을 확인하였다. 아직 추정된 전신체지방률에 관한 명확한 기준이 없어 골밀도측정만으로 체지방평가를 하기는 어렵다. 그러나 골밀도검사를 통해 골다공증의 진단은 물론 체지방에 관한 정보까지 얻을 수 있다는 점에서 매우 효율적이며 추후 전신골밀도검사로 측정된 체지방률과의 비교연구를 통해 더 객관적이고 임상적으로 유용한 정보 제공이 가능할 것으로 판단된다.

REFERENCES

1. Slosman DO, Casez JP, Pichard C, Rochat T, Fery F, Rizzoli R, et. al. Assessment of whole-body composition with dual-energy x-ray absorptiometry. *Radiology* 1992;185(2):593-8.
2. Mazess R, Collick B, Trempe J, Barden H, Hanson J. Performance evaluation of a dual-energy x-ray bone densitometry. *Calcif Tissue Int.* 1989;44(3):228-32.
3. Jakicic JM, Wing RR, Lang W. Bioelectrical impedance analysis to assess body composition in obese adult women : the effect ethnicity. *Int J Obes Relat Metab Disord.* 1998;22(3):243-49.
4. 김형태, 최봉근, 윤태영, 최중명, 유동준, 박순영. 한국성인과 육상선수간의 체구성에 관한 비교연구. *대한비만학회지* 2000; 9(4):256-65.
5. 김현수, 박혜순. 생체전기저항 신체구성 분석기의 재현성 및 타당도. *대한비만학회지* 2002 Dec; 011(04).
6. 이연지, 유상호, 구소연, 김재만, 유태우. Dual energy X-ray Absorptiometry(DEXA)와 비교한 임피던스법 체성분분석기의 신뢰도와 타당도. *가정의학회지* 2004;24(10):S599.
7. 한상혁, 이선영, 김규남, 유선미. 비만 성인에서 체지방과 체지방 측정을 위한 이중에너지방사선흡수계측법과 생체전기 저항측정법의 비교 - Bland-Altman Plot Analysis를 통해-. *대한비만학회지* 2006 Oct; 015(04): 213-218.
8. HS Barden, WK Wacker, R Nord, GM Kiebzak, C Simonelli, RE Cole, JC Vargas Decamps, KG Faulkner. Assessment Of Total Body Percent Fat From Regional Spine and Femur DXA Measurements. America Society for Bone and Mineral Research Annual Meeting, October 1-5, 2004, Seattle, WA, USA.
9. 이현옥. DXA의 올바른 측정법. *Osteoporps* 2010;8(Suppl.4): 1-180.
10. 조영규, 강재현, 김경아. 비만 여성에서 생체전기저항측정법과 이중에너지방사선흡수계측법의 비교. *대한비만학회지* 2007

- Jun;016(02): 50-57.
11. Schlemmer A, Hassager C, Haarbo J, Christiansen C. Direct measurement of abdominal fat by dual photon absorptiometry. *Int J Obes* 1990;14(7):603-11.
 12. Slemenda C: Body composition and skeletal density: mechanical loading or something more? *J Clin Endocrinol Metab* 80:1761-1763, 1995.
 13. 오한진, 임창훈, 정호연, 한기욱, 장학철, 윤현구, 한인권. 비만이 폐경 여성의 골밀도에 미치는 영향. *The Korean Journal of Obesity* 2000 Jul; 009(02):
 14. Goulding A, Taylor RW: Plasma leptin values in relation to bone mass and density and to dynamic biochemical markers of bone resorption and formation in postmenopausal women. *Calcif Tissue Int* 63:456-458, 1998.