

이중에너지 방사선 흡수계측법(DEXA)을 이용한 성인들의 체구성과 골밀도 분석

하늘스포츠의학 클리닉

이중철, 한상완

연락처 : 016-654-2611(한상완). 이메일: [rpthan@hanmail.net](mailto:rpthan@hanmail.net).

The analysis of body composition and bone mineral density in adult by using dual energy X-ray absorptiometry

Lee, Joong-chul, M.S · Han, Sang-wan, M.P.E., P.T.  
SKY Sports Medicine Clinic

Abstract

This study was to evaluate the body composition and bone mineral density according to aging in adult and investigated the relationship between various parameters such as body mass index(BMI), bone mineral density(BMD), bone mineral content(BMC), lean body mass(LBM), fat mass(FM) and the value obtained from dual energy X-ray absorptiometry(DEXA). The subjects were composed of healthy adult male and female who were 20~73 years old and they were divided three group according to age (A group : 20-39 yrs., B group : 40-59 yrs., C group : more than 60 yrs.).

The conclusion derived from statistical analysis was as follows :

1. Bone mineral content and density were significantly affected by lean body mass(relatedly,  $R=0.85 - 0.63$ ).
2. There was significant difference among age groups in total bone mineral density.
3. There was significant difference among age groups in bone mineral content of male and female.
4. Lean body mass is diminished according to age, but there was not significant difference among age groups.
5. Fat mass of A group in male had the highest mass and followed by C group and B group. In female groups, fat mass of A group had the highest mass and followed by B group and C group. Abdominal fat mass is increased according to age.

This result suggest that aging was closely relation with loss of muscle mass, bone

mineral density and bone mineral content.

## I. 서론

신체를 구성하는 요소는 체내 총 골무기질량(total body bone mineral, TBBM), 체지방체중(lean body mass, LBM), 지방체중(fat mass, FM)의 세 가지 주요 성분으로 구성된다(Rico, Revilla & Villa, 1993). 또한 신체를 구성하는 체지방, 체수분, 무기질, 결합조직, 단백질 등과 같은 다양한 요소는 크게 나누어 체지방과 체지방 요소로 구분되며, 체지방율과 체지방량은 비만을 평가하는 가장 유력한 인자로 보고 되었다(김기진, 등. 1995).

특히 지방의 분포는 여러 질환의 예측지표로 활용되어 왔다(Seidell, Deurenberg & Hautvast, 1987).

이러한 인체구성 성분은 연령에 따라 변하는데, 골무기질량과 체지방체중은 감소하고 지방체중은 증가한다고 알려져 왔다(Reid, Plank & Evans, 1992). 연령증가에 따른 신체 각 부위별 체지방과 근육량 분포의 정상적인 변화를 이해하는 것은 매우 중요하다.

인체구성 요소를 측정하기 위한 방법으로서 사용되는 피부두겹집기법(skinfold thickness method)이나 신체밀도지수(BMI), 인체 둘레측정 방법 등 인체 계측학적 측정방법들과 생체 전기저항측정법(bioelectrical impedance method)은 측정이 비교적 간편하여 다수의 인원을 대상으로 비만이나 과체중 여부를 쉽게 판정할 수 있다는 장점 때문에 널리 이용되고 있다. 그러나 이러한 인체측정법(anthropometry)은 근육량과 지방량을 산출하는데 있어 신뢰성이 낮다고 보고되고 있다(Donald, Buckley, & Kenneth, 1987; Heymsfield 등, 1982).

또한 근육과 지방량을 정확히 측정할 수 없고, 부종의 정도도 구별할 수 없다는 단점이 있어 사용에 한계가 있다(손정민, 2000). 이러한 방법들은 신체 구성을 크게 체지방(body fat)과 체지방(fat free mass)으로 구분하는 두 가지 구성모델(two-componental mode)을 이용한 것으로서 골무기질 함량(bone mineral content : BMC)에 따른 영향을 정확히 판단할 수 없다는 문제점을 갖고 있다(Lohman, 1984).

따라서 인체를 체지방, 체지방, 골무기질 함량으로 구분하여 보다 정확한 체구성 요소를 측정하고 체지방이나 근육량의 인체 분절별 분포양상을 연구할 수 있는 방법으로 이중에너지 x-ray 흡수계측법(dual energy X-ray absorptiometry: DEXA)이 이용되고 있는데, 특히 이 방법은 체내 총 골무기질량 뿐만 아니라 지방체중, 체지방체중 등의 체성분을 직접 측정할 수 있으며 골밀도와 체지방 측정에 정확도와 예민도가 높고, 검사시간이 짧으며 방사선 노출이 적어 전신의 체구성 측정과 부분적으로 부위별 체지방의 측정이 가능하여 현재 임상에서 가장 많이 사용되고 있다(Mazess, Barden & Bidk, 1990; Svendsen, Haarbo & Hassager, 1993; Svendsen, Hassager & Bergmann, 1993).

DEXA는 신체전반의 골밀도 투영은 물론 신체 각 부위의 조직구성을 수의적으로 평가할 수 있다는 장점을 갖고 있으며, 수중체중 측정법(hydrodensitometry)과 상관도가 매우 높고 건강한 사람을 대상으로 변이계수(C.V)가 1% 이하로서 높은 재현성과 신뢰도를 갖고 있다는 것이 여러 연구들을 통해서 입증되었다(Mazess 등. 1990). 여성의 저근육상태는 골무기질 저하의 가장 큰 위험인자로서, 고지방은 적정량의 근육량이 유지될 때에 비로서 골밀도에 보호적인 작용을 한다고 하여, 골밀도에 영향을 미치는 요인들, 특히 신체구성 요소의 영향을 평가하는 연구는 아직까지 주된 연구 과제로 남아있다.

신체구성의 평가는 식이조절과 운동 프로그램, 성장과 발달에 따른 변화를 관찰하여 건강과

질병, 영양학적 상태를 결정하는 중요한 요소이다. 신체구성 분석(body composition analysis)의 주된 목적은 운동과 영양섭취에 따른 체중과 체지방을 조절, 관리하기 위한 것이며, 또한 일반인의 체력관리 및 평가를 통해 건강증진을 위한 유용한 정보를 제공한다. 그러므로 체구성을 정확히 평가하기 위해서는 성장의 정도, 성별, 연령 등 신체구성의 변화를 미치는 요인들을 고려한 기초자료의 제시가 요구된다.

현실적으로 DEXA는 실험실내에서만 할 수 있고 다수의 대상자를 이용한 신체구성 요소의 기초자료를 설정하기 위해서는 비용상의 제한점이 따르기 때문에 한정된 수의 대상자만을 대상으로 하여 운동선수와 일반인, 운동종목간 골밀도의 차이 등을 보고하는 것이 주류를 이루어 왔다. 그런 요인들로 인해서 성인의 신체구성 요소와 골밀도에 대한 기초자료를 설정하는 연구는 아직 크게 미흡한 실정이다.

따라서 본 연구는 연령과 성별에 따른 근육량, 체지방량, 골밀도의 변화를 파악하여 한국 성인의 건강과 특히 여성의 경우 폐경과 더불어 변화되는 골밀도의 변화를 알아보고 기초적인 정보를 제공하는데 그 의의가 있다.

## II. 연구 방법

### 1. 실험대상

모든 피검자들은 서울시에 거주하는 건강한 성인 여성 120명, 연령은 20~69세로 구성되었다. 문진 검사에서 당뇨병, 심혈관질환, 고혈압 등의 질환을 가진 환자들은 본 실험에서 제외되었다. 연령에 따른 골밀도와 체구성의 변화를 고찰하기 위해서 이들을 다시 연령별로 세 집단으로 구분하였다. 우선 성장기 이후부터 결혼 전후의 시기에 해당하는 20-39세 집단(A집단), 인체의 노화가 진행되기 시작하는 40-59세 집단(B집단), 그리고 폐경기를 앞두고 나 시작되는 60-73세 집단(C집단)의 세 집단으로 나누었다. 피검자들의 신체적 특성은 <Table 1, 2>에 제시하였다.

Table 1. Height, Weight & BMI of adult female according to age

	Height(cm)	Weight(kg)	BMI(kg/m <sup>2</sup> )
20-39(n=40)	158.6±4.8	59.08±10.0	23.48±3.84
40-59(n=40)	155.1±5.1	58.76±7.5	24.29±2.77
60-73(n=40)	152.6±4.5	57.06±6.6	24.29±3.18
Total(n=120)	155.5±8.18	58.37±5.37	24.02±3.29

Value are mean±standard deviation

BMI : Body mass index, calculated by weight/height<sup>2</sup>

Table 2. Height, weight & BMI of adults male according to age

Item Age	Height(cm)	Weight(kg)	BMI(kg/m <sup>2</sup> )
20-39(n=40)	174.0±5.7	75.72±13.7	25.77±3.70
40-59(n=40)	167.4±4.4	69.87±8.1	24.50±3.07
60-73(n=40)	166.4±5.6	68.93±9.4	24.86±3.36
Total(n=120)	169.7±6.32	71.98±11.4	25.04±3.40

Value are mean±standard deviation

BMI : Body mass index, calculated by weight/height<sup>2</sup>

## 2. 실험방법

### 1) 신장 및 체중 측정

신장과 체중은 가벼운 옷차림으로 측정하였으며 신장 측정시 맨발로 자연스럽게 직립자세를 취하였고, 신장은 선형 신장계로 0.5cm까지 측정하였으며 체중은 전자체중계(150A, Computer Aids Systems, Seoul, Korea)를 이용하여 0.1kg까지 측정한다.

### 2) 신체 질량지수(Body Mass Index : BMI)에 의한 비만도 측정

연구대상자들의 연령, 신장, 체중 등의 신체적 조건을 측정한 후 Body Mass Index(BMI)=체중(Weight ; kg)/신장<sup>2</sup>(Height ; m<sup>2</sup>)의 공식을 적용하였다. 비만도는 신체질량지수(BMI)로 측정하였으며 BMI는 Quetelet index(kg/m<sup>2</sup>)를 이용하여 25kg/m<sup>2</sup>미만, 25kg/m<sup>2</sup>이상으로 구분 하였다.

### 3) DEXA(dual-energy X-ray absorptiometry)측정

측정기간은 두 달 동안 이루어 졌고 공복상태에서 오전 중에 실시하였다. 전신 골밀도와 신체 각 부위별 체지방율(%fat), 체지방량(FFM), 골무기질함량(BMC)의 측정은 DEXA(dual-energy X-ray absorptiometry : Lunna Radiation corp., Madison, Wisconsin, U. S. A)법이 이용될 것이며 피검자는 가벼운 복장으로 Scanning table에 곧은 자세로 누워서 측정한다. Scan type는 DPX-L, software version 3.1이고 scan에 사용한 photo energy는 66KeV와 40KeV였으며, scan mode는 fast(Speed cominutes)로 하였으며 광선의 시준(collimation)은 1.68mm였다. 각 부위별 측정항목은 좌·우 팔, 다리, 몸통, 전신의 체지방률, 체지방량, LBM, BMC, BMD를 각각 측정한다. 골밀도의 단위는 g/cm<sup>3</sup>이며, LBM, BMC와 체지방량의 단위는 g이다.

## 3. 자료처리 및 분석

자료분석을 위한 통계처리는 IBM/PC SAS Package(For Windows release 6.12)를 이용하고, 구체적인 분석 방법으로 연령별, 각 항목별 평균 및 표준편차를 구하고, DEXA법으로부터 얻은 체구성 요인인 BMD, BMC, 체지방량, 체지방량과의 관련성을 알아보기 위해 Pearson's의 적률 상관분석(correlation analysis)을 실시한다. 유의성 검증은  $\alpha < 0.05$  수준에서 실시하였다.

## III. 연구 결과

본 연구는 이중에너지 방사선 흡수계측법(dual-energy x-ray absorptiometry: DEXA)을 이용하여 연령에 따른 성인의 체구성 요인 차이를 검증하는 것을 목적으로 하였으며 다음과 같은 결과를 얻었다.

### 1. 연령에 따른 성인 남자, 여자 체격 및 체구성

연령에 따른 성인 남자, 여자 체격 및 체구성은 <table 3> <table 4> 과 같다. 골무기질 함량(BMC)은 남자집단의 경우 연령에 따른 변화가 있으며, 여자집단의 경우에도 연령에 따른 변화가 크게 나타나지 않았다. 체지방량(LBM)은 연령이 증가함에 따라 감소하였으며, 남자집단의 경우 연령에 따른 변화가 크게 나타났으나, 여자집단의 경우에는 20~39세, 40~59세 간에 거의 차이가 없었다. 체지방량(FM)은 남자집단의 경우 20~39세에서 가장 높았고, 그 다음으로 60세 이상과 40~59세이었다. 여자집단의 경우 20~39세에서 가장 높게 나타났고, 60세 이상이 가장 낮게 나타났으며, 두 집단 모두 연령증가에 따른 복부지방량이 상대적으로 높게 나타났다.

Table 3. The mean values weight, height, BMD, BMC, Fat, lean mass, %TF and TBC in various body segments of male.

Age Item	20-39	40-59	60이상
BMD(arms)	0.99±0.09	0.97±0.11	0.93±0.11
BMD(legs)	1.36±0.10	1.29±0.13	1.24±0.12
BMD(trunk)	1.01±0.08	0.95±0.09	0.94±0.12
BMD(ribs)	0.77±0.06	0.72±0.06	0.72±0.09
BMD(pelvis)	1.26±0.12	1.18±0.15	1.11±0.17
BMD(spine)	1.20±0.13	1.15±0.14	1.14±0.18
BMD(total)	1.25±0.00	1.20±0.09	1.17±0.11
FM(arms)	2206±1828	1906±953.6	1742±867.8
FM(legs)	4964±2018	4245±1345	4133±1666
FM(trunk)	7627±3319	7820±2252	8650±3469
FM(total)	15911±7307	15070±4358	15623±6020
LBM(arms)	6365±1781	5770±961.6	5151±829.9
LBM(legs)	19559±2670	17242±1828	16221±1998
LBM(trunk)	25538±3439	24207±2589	24464±2658
LBM(total)	55701±7447	51440±5082	49607±5322
BMC(arms)	396.5±70.90	371.5±62.33	353.3±58.01
BMC(legs)	1192±200.1	1038±154.8	1004±143.5
BMC(trunk)	990.2±141.8	850.4±149.7	819.6±174.0
BMC(total)	3172±421.2	2842±389.2	2715±372.8
%TF	21.39 ±6.38	22.31±4.92	22.91±7.17
TBC	1207±160.1	1080±147.8	1032±141.6

① 주. BMD(g/cm<sup>3</sup>) = bone mineral density; BMC(g) = bone mineral content; FM(g) = fat mass; LBM(g) = lean body mass ; %TF = percent tissue fat; TBC(g) = total bone calciume.

Table 4. The mean values weight, height, BMD, BMC, Fat, lean mass, %TF and TBC in various body segments of female.

Item	Age		
	20-39	40-59	60이상
BMD(arms)	0.81±0.08	0.80±0.15	0.69±0.07
BMD(legs)	1.14±0.10	1.14±0.11	0.97±0.10
BMD(trunk)	0.91±0.09	0.90±0.10	0.78±0.08
BMD(ribs)	0.68±0.06	0.68±0.07	0.60±0.05
BMD(pelvis)	1.11±0.13	1.09±0.13	0.92±0.10
BMD(spine)	1.13±0.15	1.12±0.16	0.92±0.13
BMD(total)	1.14±0.08	1.14±0.09	0.98±0.08
FM(arms)	3565±1880	3331±1608	3074±1050
FM(legs)	6593±3569	5752±2148	5297±1368
FM(trunk)	9146±4048	9641±3309	9922±2341
FM(total)	20809±9646	20290±7117	19726±4528
LBM(arms)	3453±1030	3587±763.8	3515±550.3
LBM(legs)	12319±1774	11841±1583	11125±1104
LBM(trunk)	16878±1995	17158±1769	16819±1825
LBM(total)	35656±4451	35649±3693	34316±3061
BMC(arms)	222.6±57.53	228.5±52.11	190.1±34.79
BMC(legs)	785.3±158.6	772.5±146.8	649.7±96.81
BMC(trunk)	694.5±176.0	694.3±160.4	525.6±114.7
BMC(total)	2261±433.5	2266±402.8	1830±271.5
%TF	35.47±9.05	35.46±7.39	36.12±5.60
TBC	859.0±164.7	861.2±153.0	695.4±103.1

② 주. BMD(g/cm<sup>3</sup>) = bone mineral density; BMC(g) = bone mineral content; FM(g) = fat mass; LBM(g) = lean body mass ; %TF = percent tissue fat; TBC(g) = total bone calciume.

## 2. 성인 남자, 여자의 체구성 요인간 상관관계 분석

<Table 5>는 DEXA로부터 얻은 남·여 전신의 골밀도(BMD), 골무질함량(BMC), 지방량(FM), 체지방량(LBM)의 상관관계를 분석한 결과이다. 이 결과에 따르면 BMC, LBM은 BMD와 체구성 요인간에 매우 높은 상관관계( $r=.88 - .63$ )를 나타냈으며, LBM은 BMC과 체구성 요인간에 높은 상관관계( $r=.85$ )를 나타냈다. LBM은 FM과 유의한 상관관계( $r=-.013$ )를 나타냈으나 FM은 다른 체구성 요인과 상관관계가 없는 것으로 나타났다.

Table 5. The correlation coefficients among BMD, BMC, fat mass and lean mass in total body.

	BMD(total)	BMC(total)	FM(total)	LBM(total)
BMD(total)	1			
BMC(total)	0.88***	1		
FM(total)	0.08	-0.08	1	
LBM(total)	0.63***		-0.013*	1
		0.85***		

\* p<0.05, \*\* p<0.01, \*\*\* p<0.001

<Table 6>은 남·여 집단에서 그 대상을 20-39세로 한정지어서 체구성 요인의 상관관계를 분석한 결과이다. 이 결과에 따르면 BMC, LBM과 BMD는 체구성 요인간 매우 높은 상관관계( $r = .84 - .68$ )를 나타냈으며, LBM과 BMC 또한 체구성 요인간 높은 상관관계( $r = .88$ )를 나타냈다. FM은 상관관계가 없는 것으로 나타났다.

Table 6. The correlation coefficients among BMD, BMC, fat mass and lean mass in the from 20 years old to 39 years old

	BMD(total)	BMC(total)	FM(total)	LBM(total)
BMD(total)	1			
BMC(total)	0.84***	1		
FM(total)	0.18	-0.07	1	
LBM(total)	0.68***	0.88***	-0.052	1

\* p<0.05, \*\* p<0.01, \*\*\* p<0.001

<Table 7>은 남·여 집단에서 그 대상을 40-59세로 한정지어서 체구성 요인의 상관관계를 분석한 결과이다. 이 결과에 따르면 BMC, LBM과 BMD는 체구성 요인간 매우 높은 상관관계( $r = .85 - .49$ )를 나타냈으며, LBM과 BMC 또한 체구성 요인간 높은 상관관계( $r = .80$ )를 나타내었다. LBM과 FM에서는 유의한 상관관계가 나타났다.

Table 7. The correlation coefficients among BMD, BMC, fat mass and lean mass in the from 40 years old to 59 years old

	BMD(total)	BMC(total)	FM(total)	LBM(total)
BMD(total)	1			
BMC(total)	0.85***	1		
FM(total)	0.00	-0.19	1	
LBM(total)	0.49***	0.80***	-0.26*	1

\* p<0.05, \*\* p<0.01, \*\*\* p<0.001

<Table 8>은 남·여 집단에서 그 대상을 60세 이상으로 한정지어서 체구성 요인의 상관관계를 분석한 결과이다. 이 결과에 따르면 BMC, LBM과 BMD는 체구성 요인간 매우 높은 상관관계( $r = .95 - .79$ )를 나타냈으며, LBM과 BMC 또한 체구성 요인간 높은 상관관계( $r = .90$ )를 나타냈다. LBM과 FM에서는 상관관계가 없는 것으로 나타났다.

Table 8. The correlation coefficients among BMD, BMC, fat mass and lean mass in the

above 60 years old

	BMD(total)	BMC(total)	FM(total)	LBM(total)
BMD(total)	1			
BMC(total)	0.95***	1		
FM(total)	0.02	-0.02	1	
LBM(total)	0.79***	0.90***	-0.16	1

\* p<0.05, \*\* p<0.01, \*\*\* p<0.001

<Table 9>는 남성으로 그 대상을 한정지어 체구성 요인간 상관관계를 분석한 결과이다. 이 결과에 따르면 BMC, LBM은 BMD과 체구성 요인간 매우 높은 상관관계( $r = .89 - .54$ )를 나타냈으며, LBM은 BMC, FM과 높은 상관관계( $r = .76 - .50$ )를 나타냈다. FM은 상관관계가 없는 것으로 나타났다.

Table 9. The correlation coefficients among BMD, BMC, fat mass and lean mass in the male.

	BMD(total)	BMC(total)	FM(total)	LBM(total)
BMD(total)	1			
BMC(total)	0.89***	1		
FM(total)	0.34	0.41	1	
LBM(total)	0.54***	0.76***	0.50***	1

\* p<0.05, \*\* p<0.01, \*\*\* p<0.001

<Table 10>은 여성으로 그 대상을 한정지어 체구성 요인간 상관관계를 분석한 결과이다. 이 결과에 따르면 BMC, LBM은 BMD과 체구성 요인간 매우 높은 상관관계( $r = .83 - .44$ )를 나타냈으며, LBM은 BMC과 높은 상관관계( $r = .67$ )를 나타냈다. FM은 BMD과 유의한 상관관계( $r = .26$ )를 나타냈으며, FM과 BMC, LBM과 FM은 유의한 상관을 나타내지 않았다.

Table 24. The correlation coefficients among BMD, BMC, fat mass and lean mass in the female.

	BMD(total)	BMC(total)	FM(total)	LBM(total)
BMD(total)	1			
BMC(total)	0.83***	1		
FM(total)	0.26**	0.05	1	
LBM(total)	0.44***	0.67***	0.11	1

\* p<0.05, \*\* p<0.01, \*\*\* p<0.001

#### IV. 논의

DEXA는 체구성과 골밀도를 측정하기 위한 새로운 기술이며, Whole-body DEXA scan는 신체를 뼈(bone), 지방량, 근육량으로 구분한다. 또한 신체를 팔, 다리, 몸통으로 구분하여



부위별 골밀도와 체구성을 평가하며, 이 기술은 신뢰성 있는 기술로 평가되고 있다(Mazess 등, 1990). 본 연구에서는 DEXA 측정법을 이용하여 전신 각 부위의 체구성과 골밀도를 평가하였다.

여성의 경우에도 연령이 증가함에 따라 신체 각 부위의 골밀도 함량이 감소하고 있음을 나타내고 있으며, 체지방의 경우 팔과 다리는 감소한 반면에 오히려 몸통 주변의 체지방은 증가하였다.

김명기(2001)의 연구에 의하면 20-74세의 성인 여성을 대상으로 연령 증가에 따른 신체 각 부위별 체지방 분포가 복부 부위의 둘레와 피하지방량은 연령의 증가와 더불어 증가되었으며, 사지부위의 둘레나 피하지방량은 감소된 것으로 나타났다. 즉 이것은 연령증가에 따른 체지방 분포가 사지와 동체로 이동되었다는 것을 의미하며 이와 같은 결과는 Chumlea 등(1993)과 Borkan & Norris(1977)의 연구와도 일치한다.

연령별로 살펴 본 성인 남·여의 체구성 분포는 다리 부위의 근육량과 골무기질 함량이 대체로 팔부위 보다 높은 수준인 것으로 나타났으며, 체지방량은 복부부위에 가장 많이 분포하고 있었다.

골밀도와 가장 높은 상관을 보인 것은 총 골무기질함량 이었으며( $r = .88$ ), 체지방량과도 높은 상관관계( $r = .68$ )를 나타냈다. 그러나 골밀도와 체지방량 간에는 유의한 차이가 나타나지 않았다. 한편, 총 체지방량은 골무기질 함량과 유의한 상관관계( $r = .85$ )를 나타냈는데, 이는 체지방량과 골무기질 함량간의 관계( $r = .34$ )에 비해서 체지방량이 특정부위의 골무기질 함량에 더 큰 영향을 미치고 있음을 나타낸다.

인체 총 골무기질 함량도 총체지방량 보다 골무기질을 제외한 총체지방량(bone mineral free total LBM)과 더 깊은 상관을 보였다( $r = .80$ ). 이와 같은 결과는 44~50세 폐경기 전후의 성인 여성 334명을 대상으로 엉덩이, 척추, 전신 골밀도(BMD)와 체지방 사이의 상관도가 각각 0.40, 1.44, 0.45로서 지방과 골밀도간의 상관도( $r = 0.16 \sim 0.19$ )보다 현저하게 높았다고 보고한 Salamone 등(1995)의 연구 결과와도 일치한다.

Madsen(1998)은 저체중의 여자 대학선수, 저체중의 좌업적인 여성, 그리고 평균체중을 갖는 좌업적인 여성을 대상으로 골밀도와 체구성 요소와의 관계를 조사한 결과, 선수군이 저체중 좌업군에 비해 모든 부위에서 현저히 높은 골밀도, 골무기질 함량 및 체지방량을 갖고 있었으며, 평균체중의 좌업군에 비해서도 대퇴골경의 골밀도가 높게 나타났다고 보고하여 체지방량과 체중부하 운동이 젊은 성인 여성의 골밀도 증가에 도움을 준다고 하였다.

반면, 미국 흑인 여성 161명을 대상으로 체구성 요소와 골밀도와의 관계를 고찰한 Nelson(1991)은 체지방이 체중이나 체지방량 보다도 골밀도에 더 큰 영향을 미친다고 하는 상반된 결과를 보고하여, 체구성 요소들과 골밀도의 관계에 대해 인종 간 차이가 있을 수 있음을 시사한다.

한편, Douch(1997)은 폐경기 전후의 여성을 대상으로 신체 구성요소와 골밀도간의 상관도를 조사한 결과, 폐경기 전 여성의 경우 총 체지방(LBM)이 요추 골밀도와 총골밀도의 가장 유력한 결정요인이며, 폐경기 이후 여성의 경우에는 총지방량이 요추 골밀도와 가장 깊은 상관을 보였고, 총 체지방은 총골밀도에 가장 큰 영향을 미쳤다고 보고하여 폐경기를 전후하여 신체구성 요인과 골밀도간의 관계에 변화가 있을 수 있음을 시사한다.

본 연구에서는 총 체지방이 총 골밀도에 연령별로 각각 0.68, 0.49, 0.78의 상관도를 보여 골무기질 함량과의 각각 0.84, 0.85, 0.95 다음으로 높은 상관관계를 나타냈다. 그러나 선행 연구결과와는 달리 체지방량과는 유의한 차이가 나타나지 않았다. 또한 총골무기질 함량은

골밀도와 연령별로 각각 20~39세( $r=0.84$ ), 40~59세( $r=0.85$ ), 60세 이상( $r=0.90$ )으로 매우 유의한 상관도를 보였다.

이같은 결과는 단순히 체중보다는 체구성 요소, 특히 근육량이 골밀도에 더 큰 영향을 미친다고 보고한 선행 연구결과(Sowers 등, 1992; Madsen 등, 1998)의 연구결과와도 일치한다. 즉, 이들은 저근육(low muscle)이 낮은 골밀도의 위험인자인 반면, 고지방(high fat)은 적적량의 근육이 있을 때 비로서 골밀도에 대해 보호작용을 한다고 하였다.

한편, Nordstrom 등(1997)은 인체 각부위의 신체 구성요소와 근력, 그리고 BMD의 상관도를 조사한 결과 대퇴부위의 체지방량과 각근력이 총 BMD와 대퇴부 BMD의 유력한 지표가 되었다고 보고한 바 있으며, Avlonitou 등(1997)도 32명의 남녀 수영선수를 대상으로 한 연구에서 어깨의 근력이 그 부위의 체지방량은 물론 골무기질 함량과 유의한 상관도를 보였다고 보고하였다. 이러한 결과들은 연령감소에 따른 골밀도 감소현상을 예방하기 위해서는 근육량과 근력을 유지, 증대하기 위한 중량부하 운동이 필요하다는 것을 말해준다.

이와 관련하여 Pollock(1997)은 평균 나이가 50.5세인 21명의 남자를 대상으로 20년간 중단적 연구를 수행한 결과, 웨이트 트레이닝을 시작했던 대상자들에게서 체지방량과 근력, 그리고 골밀도가 보다 잘 유지되었다고 보고한 바 있으며, Hughes(1995)도 성인 남자의 주관절 최대 신근력과 요골의 골밀도 사이에 유의한 상관도( $r=0.28$ ,  $p<0.05$ )가 나타났다고 보고하였다.

본 연구에서 대상자들을 세 연령집단으로 나누어 각 집단간 인체 부위별 신체 구성요소 및 총 골무기질 함량, 총골밀도의 변화를 비교, 고찰한 결과 골무기질량(BMC), 체지방량(LBM)은 골밀도(BMD)와 체구성 요인간에 매우 높은 상관관계( $r=.88 - .63$ )를 나타냈으며, 체지방량(LBM)은 골무기질량(BMC)과 체구성 요인간에 높은 상관관계( $r=.85$ )를 나타냈다. 또한 체지방량은 A집단(20~39세)이 가장 많았으며, 그 다음으로 B집단(40~59세), C집단(60세 이상)의 순으로 나타났다. 또한 총체지방량과 체지방율(%fat)은 남녀 30대 이후의 시기에 현저하게 감소하는 것으로 나타났지만, 모두 유의한 차이가 없었다. 그러나 남녀 모두 몸통부위의 체지방율(%fat)은 증가하는 것으로 나타났다. 즉 이것은 Chumlea(1993)와 Borkan & Norris(1977)등의 선행연구와 일치하는 것으로 연령증가에 따른 체지방 분포가 사지와 동체로 이동되었다는 것을 의미한다.

인체 부위별 체지방량의 분포양상을 보면, 다리부위의 체지방량은 연령증가에 따라 감소하는 경향을 보였으나 유의한 차는 나타나지 않았다. 그러나 반대로 복부 부위의 지방량은 증가한 것으로 나타났다. 복부 부위의 지방조직은 당뇨병과 같은 대사성 질환과 심혈관계 질환의 유력한 위험인자이기 때문에(Hetland, 1998). 이 시기 이후부터 특히 체지방율을 유지하기 위한 적절한 운동과 식이 조절이 필요하다는 것을 보여 주고 있다.

한편, 세 연령집단의 총 골무기질 함량과 골밀도의 차이를 비교한 결과, 총무기질함량에 있어서 남성은 A집단(20~39세)이 가장 높았으며, 여성의 경우는 A집단(20~39세)과 B집단(40~59세)에서 비슷한 양상을 나타냈다.

무기질함량은 30대 이후에 다소 증가하는 양상을 보이며, 폐경기를 전후한 50대 이후의 시기에 매우 급속하게 감소한다는 여러 선행 연구(김명기, 1998; Bidoli, 1998)들 과는 일치하지는 않았다.

총 골밀도(BMD)는 A집단(20~39세)이 평균  $1.14 \text{ g/cm}^2$ , B집단(40~59세)이  $1.14 \text{ g/cm}^2$ , C집단(60세 이상)이  $0.98 \text{ g/cm}^2$ 으로 나타났는데, 이는 같은 아시아 여성인 20~49세 일본여성의 평균 골밀도가  $1.11 \text{ g/cm}^2$ 이고, 60대 여성은  $1.019 \text{ g/cm}^2$ 이었다는 Ohmura 등(1997)의 보고와

정확하진 않지만 유사하다고 할 수 있다.

이상의 결과에 의하면 한국 성인 여성의 골밀도는 서양 여성에 비해 현저히 낮으며, 특히 폐경기 이후의 시기에 골밀도의 감소폭이 더욱 가속화되는데, 이러한 현상은 근육량, 특히 다리 부위의 근육량 감소와 밀접한 관계를 갖고 있기 때문에, 그 이전의 시기부터 근육량과 골밀도 유지를 위한 정기적인 운동이 필요하다고 생각한다.

## V. 결 론

본 연구는 건강한 성인 남·여 240명(20~66세)을 대상으로 이중에너지 방사선 흡수계측법(DEXA)을 이용하여 인체 각 부위(팔, 다리, 몸통)와 전신의 체지방량, 체지방량 및 골무기질 함량, 그리고 골밀도의 상관도를 조사하여 골밀도에 미치는 체구성 요소의 영향을 평가하고, 이들을 세 연령집단(A집단 : 20~39세, B집단 : 40~59세, C집단 : 60세 이상)으로 나누어 연령에 따른 체지방량, 체지방량과 골무기질함량, 그리고 골밀도의 변화를 고찰한 결과 다음과 같은 결론을 얻었다.

첫째, 인체 부위별 골무기질 함량과 골밀도에 가장 큰 영향을 미치는 체구성 요인은 체지방량 이었다.

둘째, 총 골밀도(BMD)는 연령대별, 성별에 따른 변화가 나타났다.

셋째, 골무기질함량(BMC)은 남자, 여자집단 모두 연령에 따라 감소하였다.

넷째, 체지방량(LBM)은 연령이 증가함에 따라 감소하였다.

다섯째, 체지방량(FM)은 남자집단의 경우 A집단(20~39세)이 가장 높았고, 그 다음으로 C집단(60세 이상)과 B집단(40~59세)이었다. 여자집단의 경우 A집단(20~39세)이 가장 높게 나타났고, C집단(60세 이상)이 가장 낮게 나타났으며, 두 집단 모두 연령증가에 따른 복부지방량이 상대적으로 높게 나타났다.

이상과 같은 결론은 성인들이 연령 증가와 더불어 신체의 근육량 손실, BMD와 BMC의 감소와 밀접한 관련성이 있다. 인체 각 부위의 골밀도에 가장 큰 영향을 미치는 요인은 체지방이 아니라 체지방이며, 연령증가에 따라 본 연구에서는 체지방량이 뚜렷하게 감소하는 반면 복부부위의 체지방량은 오히려 증가하는 것을 보여주었다. 또한 인체의 골무기질 함량(BMC)과 총 골밀도(BMD) 역시 폐경기 전후 시기인 50대에 큰 감소를 보였다. 따라서 저근육형, BMD와 BMC의 감소량을 줄이기 위한 방법으로 충분한 식이 단백질의 공급, 칼슘과 비타민 D의 섭취, 저항 운동을 통하여 예방할 수 있다. 그리고 폐경기 전후 시기의 여성들에 있어서 총 체지방의 감소, 근육량 감소 및 골밀도의 현저한 감소를 예방하기 위한 적절한 식이조절과 지속적인 운동이 필요할 것으로 생각된다.

## 참고문헌

김기진, 선상규, 안희철, 서봉하, 권세정, 변용현, 박종필, 차기철, 조현철(1995). 신체구성 평가의 정확성 및 활용성을 높이기 위한 분석. 한국체육학회 학술발표회 논문집, 33, 437-444.

김명기 (2001). 한국 성인 여성의 연령 증가에 따른 신체 부위별 체지방 분포의 변화. 한국

사회체육학회지, 16, 211-220

- 손정민 (2000). 생체 임피던스 측정 방법을 이용한 한국인의 연령층별 체성분 변화 분석에 관한 연구. 박사학위논문, 서울여자대학교, 서울.
- Avlonitou, E., Georgiou, E., Douskas, G. & A. Louizi (1997). Estimate of body composition in competitive swimmers by means of three difference techniques. *Int. J. Sports Med*, 18(5), 363-368.
- Brokan, G. A., & Norris, A. H. (1977). Fat redistribution and the changing body composition of the adult male. *human Biology*. 49, 495-514.
- Chumlea, W. C., Guo, S. S., Kuczmarski, R. J & Bellas (1993). Bioelectric and Anthropometric assessments and reference data in the elderly. *Journal of Nutrition*. 123, 449-453.
- Donald, C., Buckley, M. D., Kenneth. A. (1987). Anthropometric and computerized tomographic measurements of lower extremity lean body mass. *Journal of American Diet. Association*. 87, 196-199.
- Douchi, T., Oki, T., Nakamura, S., Ijuin, H., Yamamoto, S. & Y. Nagata (1997). The effect of body composition on bone density in pre and postmenopausal women. *Maturitas*, 27(1), 55-60.
- Heymsfield, S. B., McManus, C., Smith, J., Stevens, V., and Nixon, D. W. (1982). Anthropometric measurements of muscle mass: Revised equations for calculating bone-free arm muscle area. *American Journal of Clinical Nutrition*. 36, 680-688.
- Hughes, A. V., Frontera, W. R., Dallal, G. E., Lutz, K. J., Fisher E. C. & W. J. Evans (1990). Muscle strength and body composition association with bone density in older subjects. *Med. Sci. Sports Exerc*. 27(7), 967-974.
- Lohman T. G. (1984). Research progress in validating of laboratory methods of assessing body composition. *Medicine Science & Sports Exercise*. 16, 596-603.
- Madsen, K. L., Adams, W. C. & M. D. Van Loan (1998). Effects of physical activity body weight and composition and muscular strength on bone density in young women. *Med. Sci. Sports Exercise*, 30(1), 114-120.
- Mazess R. B., Barden H. S., Bidek J. P., & Hanson, J. (1990). Dual energy x-ray absorptiometry for total-body and regional bone-mineral and soft-tissue composition. *American Journal of Clinical Nutrition*. 51(6), 1106-1112.
- Nelson, D. A., Feingold, M., Bolin, F. & A. M. Parfit (1991). Principal components analysis of regional bone density in black and white women, relationship to body size and composition. *American Journal of Physiology Antropal*, 86(4), 507-514.
- Nordstrom, P., Nordstrom, G. & R. Lorentzon (1997). Correlation of bone density to strength and physical activity in young men a low or moderate level of physical activity. *Calcified tissue international*. 61(2), 117-122.
- Pollock, M. L., Mengelkoch, L. J., Graves, J. E., Lowenthal, D. T., Limacher, M. C., Foster, C. & J. H. Wilmore (1997). Twenty-year follow-up of aerobic power and body composition of older track athletes. *Journal of applied physiology*, 82(5), 1508-1516.

- Reid I. R., Plank L. D., Evans M. C.(1992). Fat mass is an important determinant of whole body bone density in premenopausal women but not in men. *Journal of Clinical Endocrinol Metabolism*, 75, 779-782.
- Rico H., Revilla M., Villa L. F. (1993). Age-related differences in total and regional bone mass : A cross-sectional study with DEX in 429 normal women. *Osteoporosis International* 3, 154-159.
- Salamone, L. M., Glynn, N., Black, D., Epstein, R. S., Palermo, L., Meilahn, E., Kuller, L. H. & J. A. Cauley (1995). Body composition and bone mineral density in premenopausal and early perimenopausal women. *J. Bone. Miner. Res.* 1762-1768.
- Seidell, J. C., Deurenberg P., Hautvast J. G. A. J. (1987). Obesity and fat distribution in relation to health-current insights and recommendations. *World Rev Nutrition Diet.* 50, 57-91.
- Sowers M. R., Kshirasager A., Crutchfield M. M., Updike S. (1992). Joint influence of fat and lean body composition compartments on femoral bone mineral density in premenopausal women. *American Journal of Epidemiology.*, 136, 257-265.
- Svendsen O. L., Haarbo J., Hassager C. (1993). Accuracy of measurement of body composition by dual energy x-ray absorptiometry in vivo. *American Journal of Clinical Nutrition*, 57, 605-608.