

The association between body composition and bone mineral density in subjects aged 50 years or older in men and postmenopausal women in Korea

Jeong-Ran Cho*

*Professor, Dept. of Health Administration, Kwangju Women's University, Gwangju, Korea

[Abstract]

The effect of body composition such as lean mass and fat mass on bone mineral density (BMD) is complex and still controversial. In this study, we investigated the relationship between body composition and bone mineral density using nation-wide data from 2008 to 2011 Korea National Health and Nutrition Examination Survey (KNHANES) in 2,139 men and 2,193 postmenopausal women aged 50 years or older. Subjects with history of medication for osteoporosis or with diseases or malignancy affecting bone metabolism were excluded. Data of anthropometric measurements and demographic characteristics were collected by trained examiner. Fasting blood sample was obtained for blood chemistry analysis. BMD of the lumbar spine, total femur, and femoral neck, and body composition such as total lean mass (TLM), total fat mass (TFM), truncal fat mass (TrFM) were measured using dual-energy X-ray absorptiometry (DXA). There were significant positive correlations between body composition indices such as lean mass and fat mass with BMD. In multiple regression analysis, TLM was positively associated with BMD after adjusting age, body mass index, monthly house income, education level, physical activity, daily calcium intake and vitamin D concentration in both men and postmenopausal women. BMD at lumbar spine and femur in lowest quartile of TLM was significantly lower than other quartiles after adjusting those confounding factors in both gender. TrFM was negatively associated with total femur BMD in male and femur neck BMD in postmenopausal women after adjusting confounding factors. In conclusion, TLM is very important factor in maintaining BMD in subjects aged 50 years or older in men and postmenopausal women.

▶ **Key words:** KNHANES, body composition, bone mineral density, lean mass, fat mass

-
- First Author: Jeong-Ran Cho, Corresponding Author: Jeong-Ran Cho
 - *Jeong-Ran Cho (jrcho@kwu.ac.kr), Dept. of Health Administration, Kwangju Women's University
 - Received: 2021. 08. 02, Revised: 2021. 08. 13, Accepted: 2021. 08. 13.
 - This study used the data from The Fourth and Fifth Korea National Health and Nutrition Examination Survey(KNHANES IV-V), 2008-2011, Korea Centers for Disease Control and Prevention

[요 약]

지방제외체질량(lean mass) 및 지방량(fat mass)과 같은 체성분이 골밀도에 미치는 영향은 매우 복잡하고 다양하게 나타나는 것으로 알려져 있다. 본 연구에서는 전국민을 대상으로 한 표본조사로부터 얻은 질병관리본부의 국민건강영양조사 2008-2011년 자료를 이용하여 50세 이상 남성(N=2,139) 및 폐경후여성(N=2,193)에서 체성분과 골밀도와의 관련성에 대해 조사하고자 하였다. 골다공증약물을 사용한 경우 및 골밀도에 영향을 미치는 질환 및 악성질환 등이 있는 대상은 제외하였다. 신체계측, 설문조사, 혈액검사 등과 함께 이중에너지흡수방사선을 이용하여 요추 및 대퇴골에서 골밀도를 측정하였고, 총지방제외체질량(TLM; total lean mass), 총지방량(TFM; total fat mass), 몸통지방량(TrFM; truncal fat mass) 등을 측정하였다. 체성분 지표들과 요추 및 대퇴골 골밀도는 유의한 양의 상관관계를 보였다. 연령, 체질량지수, 월 가구수입, 교육수준, 신체활동, 1일 칼슘섭취량, 혈중 비타민 D 농도를 포함하는 다중회귀분석을 시행한 결과 남녀 모두에서 TLM이 증가할수록 요추 및 대퇴골 골밀도가 유의하게 증가하였다. TLM의 가장 낮은 사분위수에 해당하는 군에서 요추 및 대퇴골 골밀도는 남녀 모두에서 다른 사분위수에 해당하는 군에 비해 유의하게 낮았다. TrFM은 위의 교란요인들을 보정한 이후 남성에서는 대퇴골전체 골밀도와 여성에서는 대퇴골경부 골밀도와 음의 상관관계를 보였다. 결론적으로 TLM은 50세 이상 남성 및 폐경후여성에서 골밀도를 유지하는데 매우 중요한 인자임을 확인할 수 있었다.

▶ **주제어:** 국민건강영양조사, 체성분, 골밀도, 지방제외체질량, 지방량

I. Introduction

골다공증은 낮은 골량 및 골 미세구조의 약화를 특징으로 하는 전신 골격계 질환으로[1], 연령이 증가함에 따라 유병율은 크게 증가하며 50세 이상 폐경후여성의 30% 이상이 골다공증에 해당된다고 한다[2]. 국내에서도 2008년 7월부터 2011년 5월까지 이중에너지방사선측정법(Dual-Energy X-ray Absorpti-ometry, DXA)으로 측정된 골밀도(BMD; bone mineral density)를 분석한 결과, 50세 이상 골다공증 유병률은 22.4% (남성 7.5%, 여성 37.3%)로 나타났다[3].

골밀도는 노인에서 이환율과 사망률을 증가시키는 골절 위험의 중요한 결정인자이다[4]. 골밀도와 밀접한 관련이 있는 요인들로는 유전적 요인, 균형잡힌 식사, 규칙적인 신체활동, 체중 등이 있다[5,6]. 이 중에서 특히 체중은 골밀도와 양의 상관관계를 갖는 강력한 예측인자로서[7], 뼈에 대해 물리적, 기계적 부하를 증가시켜서 골형성 및 BMD를 증가시키고[8,9], 체중이 감소하면 골소실이 발생하게 되며[10,11], 낮은 체질량지수(BMI; body mass index)는 골다공증 골절을 예측할 수 있는 Fracture Risk Assessment Tool (FRAX) 에서 골절의 중요한 예측인자이다[12,13].

그러나, 체중의 두 가지 중요한 요소인 지방량(FM; fat mass)과 지방제외체질량(LM; lean mass)이 BMD에 미

치는 영향에 대해서는 아직 논란이 많다[14-16]. 대부분의 역학연구에 의하면 LM과 BMD는 남녀 모두에서 양의 상관관계가 있는 것으로 보고되고 있다[17-21]. 하지만 FM과 BMD와의 관계에 대해서는 아직도 논란이 많고 [17,18,22,23], 한국인을 대상으로 한 FM과 BMD간의 관련성에 대한 연구결과도 역시 일정하지 않다[14,24,25]. FM과 BMD의 연관성이 일정하지 않은 것은 FM이 BMD에 미치는 영향이 다소 복잡하기 때문일 것으로 생각된다. 통계적 분석 과정에서의 문제점[26,27] 및 연구대상자들의 성별 및 연령대의 차이 등도 관련이 있을 것으로 생각되고 있다[17,18]. 일반적으로, FM과 LM 모두 BMD에 중요한 영향을 주는 것으로 생각되고 있으나 성인에서는 LM이 더 중요한 것으로 보고되고 있다[15].

LM의 주요 요소인 근육의 경우 근육 수축에 의해 뼈에 직접적인 부하를 가함으로써 BMD를 증가시키고[28], 기타 성호르몬, myokines[29] 등 여러가지 물질들이 근육과 뼈와의 상호작용에 관여를 하는 것으로 생각되고 있다. FM은 BMD에 직접적 및 간접적 영향을 미치는데, 신체적으로 기계적인 체중부하를 증가시킴으로써 BMD를 증가시키는 효과가 있고, 기계적부하 없이 간접적으로 골량의 감소에 기여할 수도 있는데[21], 특히 내장지방에 해당하는 FM은 염증촉진 사이토카인 등과 같은 지방세

포-유래 인자들이 파골세포에 의한 골흡수를 증가시키고 조골세포에 의한 골형성을 억제하는 것으로 생각되고 있다[30]. 여성에서 지방조직의 분포에 따른 BMD에 대한 영향을 보고한 논문들에서 내장지방과 BMD간에 역상관 관계가 있다는 보고들도 있다[31].

연령이 증가하면 골다공증, 비만, 및 근감소증이 노인에서의 중요한 임상적 특징이 된다. 노인에서는 골량 및 근육량은 감소하는 반면에 체중은 그대로 유지되거나 증가하는 경향이 있고, 노화는 LM의 감소 및 FM의 증가를 초래하게 된다. 본 연구에서는 50세 이상의 남성 및 폐경 후여성을 대상으로 연령 증가에 따른 이와 같은 체성분의 변화가 골밀도에 어떻게 영향을 미치는지 확인하고자 한국의 일반 인구를 대표할 수 있는 전국민 표본을 대상으로 질병관리본부에서 시행한 국민건강영양조사 자료를 이용하여 본 연구를 시행하였다.

II. Subjects and Methods

1. Subjects

본 연구는 질병관리본부에서 주관한 국민건강영양조사에서 골밀도 검사 및 체성분검사를 같이 시행하였던 2008년부터 2011년까지의 원시자료(제4기 및 제5기)를 이용하여 (KNHANES, Korea National Health and Nutrition Examination Survey, 2008-2011; Korea Centers for Disease Control and Prevention)[32,33], 50세 이상의 남성 및 폐경 후 여성을 대상으로 체성분과 골밀도간에 연관성에 대해 조사하고자 하였다. 제4기(2007-2009) 조사는「2005년 인구주택총조사(통계청)」추출틀에 근거하여 조사대상을 선정하였으며, 표본추출은 3단계 층화집락표본추출방법을 사용하였고, 1차 추출단위는 동읍면, 2차 추출단위는 조사구, 3차 추출단위는 가구로 하여 연간 200개 표본조사구를 추출하여 4,600가구를 대상으로 조사하였다[32]. 제5기(2010-2012)에는 매년 192개 표본조사구를 추출하여 3,840가구를 대상으로 실시하였고, 일반주택 표본조사구는 2009년 주민등록인구의 통반리조사구에서, 아파트 표본조사구는 아파트시세조사 자료의 아파트단지조사구에서 추출하였다. 시도별로 1차 층화하고, 일반지역은 26개 층, 아파트지역은 24개 층으로 2차 층화한 후 표본조사구를 추출하였다[33]. 건강설문조사와 검진조사는 이동검진센터에서 실시하였고, 건강설문조사의 전체 항목은 면접방법으로 조사하였으며, 건강설문조사 항목 중 흡연, 음주 등 건강행태

영역은 자기기입식으로 조사하였다. 검진조사는 직접 계측, 관찰, 검체 분석 등의 방법으로 수행하였다.

골다공증약제를 투여받고 있는 사람은 제외하였고 당뇨병, 뇌졸중, 심근경색증, 류마티스성 관절염, 골관절염, 결핵, 천식, 만성폐쇄성폐질환, 신부전, 각종 악성종양, 간경변증 등으로 진단 받은 경우 등 골밀도에 영향을 미치는 질환이 없는 50세 이상의 남성 2,139명 및 폐경 후 여성 2,193명 등 총 4,332명을 대상으로 하였다.

2. Methods

2.1 Anthropometric measurements and lifestyle factors

연구대상자 특성들 중 성별, 연령, 체질량지수, 허리둘레, 비만도, 교육수준, 월 가구소득, 1년간 음주빈도, 흡연 상태, 1주당 걷기 횟수, 1주간 근력운동 일수, 하루 칼슘 섭취량 등을 조사하였다. 교육수준은 초졸이하, 중졸, 고졸, 대졸이상으로 분류하였고 가구소득은 하, 중하, 중상, 상으로 분류하였으며 음주빈도는 1개월간의 음주 횟수를 기준으로 분류하였고, 흡연상태는 비흡연자, 과거흡연자, 현재흡연자로 구분하였다. 신체계측은 신장은 0.1 cm 단위까지, 체중은 0.1 kg, 허리둘레는 0.1 cm 단위까지 측정하였고, 체질량지수는 체중(kg)을 신장(m)의 제곱으로 나눈 값을 사용하였으며, 18.5 kg/m²미만은 저체중, 18.5 이상이면서 25 kg/m²미만은 정상, 25 kg/m²이상은 비만으로 분류하였다. 혈압은 수은혈압계를 사용하여 1차 혈압 측정 후 30초간 휴식을 취한 후 2, 3차 혈압을 측정하여 2, 3차 혈압 측정치의 평균값을 사용하였다.

2.2 Laboratory examinations

공복상태에서 공복혈당, 당화혈색소 (HbA_{1c}), 총콜레스테롤, 고밀도지단백콜레스테롤, 저밀도지단백콜레스테롤, 중성지방, BUN, creatinine, 비타민 D (25OHD), ALP (alkaline phosphatase), PTH (parathyroid hormone) 등을 측정하였다. 1일 칼슘섭취량은 24시간 기억회상법을 이용하여 조사하였다.

2.3 DXA measurements for BMD and body composition analysis

골밀도 및 체성분은 이중에너지흡수방사선측정법 (DXA: Dual energy X-ray absorptiometry) (Hologic[®], QDR4500A, Hologic Inc., Waltham, USA)을 이용하여 측정하였다. 골밀도는 제 1-4 요추 및 대퇴골전체, 대퇴골경부에서 측정하였다. 총지방량 (TFM: total fat mass), 몸통지방량 (TrFM: truncal fat mass), 그리고

Table 1. Clinical and lifestyle characteristics according to gender aged 50 years or older in male and postmenopausal women

	Men (N=2,139)	Women (N=2,193)	Total (N=4,332)
Age (years)	60.1±0.2	61.9±0.2***	60.9±0.1
Height (cm)	167.4±0.1	153.7±0.1***	161.0±0.1
Weight (kg)	66.4±0.2	56.2±0.1***	61.7±0.1
Body mass index (kg/m ²)	23.6±0.0	23.7±0.0	23.7±0.0
Obesity		<i>p</i> =0.316	
Underweight	80(3.2)	62(2.5)	145(2.7)
Normal	1413(65.1)	1448(67.1)	3018(65.7)
Obesity	643(31.7)	682(30.5)	1429(31.6)
Waist circumference (cm)	84.7±0.2	81.0±0.2***	83.0±0.1
Systolic BP (mmHg)	125.1±0.5	125.3±0.5	125.2±0.4
Diastolic BP (mmHg)	79.0±0.3	76.5±0.3***	77.8±0.2
Hypertension		<i>p</i> =0.031	
No	1049(50.5)	1140(54.7)	2373(53.6)
Yes	1061(49.5)	1010(45.3)	2148(46.4)
Dyslipidemia		<i>p</i> =0.220	
No	1001(49.7)	1022(52.1)	2198(51.7)
Yes	996(50.3)	983(47.9)	2057(48.3)
Monthly household income level		<i>p</i> =0.000	
Low	549(21.6)	700(29.8)	1279(24.7)
Middle low	545(25.4)	577(27.4)	1182(26.2)
Middle high	487(23.9)	440(21.1)	992(22.7)
High	532(29.1)	439(21.8)	1075(26.5)
Education level		<i>p</i> =0.000	
≤Elementary school	682(29.3)	1263(56.1)	2015(40.9)
Middle school	440(21.8)	352(18.7)	853(20.6)
High school	581(28.4)	399(19.2)	1076(24.8)
≥College	405(20.5)	129(6.0)	567(13.7)
Walking exercise/week		<i>p</i> =0.017	
No	308(15.0)	406(18.6)	751(16.6)
1-2	327(16.1)	311(14.3)	676(15.3)
≥3	1474(68.9)	1431(67.1)	3089(68.2)
Strength exercise/week		<i>p</i> =0.000	
No	1394(64.2)	1806(84.0)	3402(73.5)
1-2	262(14.2)	140(6.9)	428(10.9)
≥3	453(21.6)	201(9.2)	685(15.7)
Smoking status		<i>p</i> =0.000	
Current smoker	1133(54.9)	121(6.6)	1265(30.9)
Ex-smoke	575(27.1)	30(1.7)	609(14.6)
Non-smoker	405(18.0)	2002(91.7)	2652(54.5)
Alcohol consumption		<i>p</i> =0.000	
<1/month	431(20.7)	840(57.8)	2340(48.0)
1-4/month	587(30.4)	419(31.5)	1103(25.5)
≥2/week	909(48.9)	140(10.7)	1072(26.5)
Calcium intake (mg/day)	568.5±10.4	424.5±7.5***	499.4±6.5

Values are presented as mean±standard error or numbers (%), N: number of subjects, YSM: years since menopause, BP: blood pressure. **p*<0.05, ****p*<0.001 vs men.

골량을 제외한 총지방제외체질량 (TLM: total lean mass)을 측정하였고, 사지지방량 (appendicular fat mass)에 해당하는 몸통제외지방량 (nTrFM: non-truncal fat mass)은 머리를 제외한 총지방량에서 몸통지방량을 뺀 값을 이용하였고 fat percentage(%)는 총지방량을 체중으로 나눈 값을 이용하였다.

2.4 Statistical Analysis

골밀도검사 및 체지방검사는 2008년 7월 신규도입 되었으므로, 도입 첫해인 2008년은 별도의 가중치를 사용하지였고, 차년도부터는 검진조사 기본가중치를 사용하였다[32]. 그러나 체지방검사는 2009년에 200개중 199개 조사구가 조사완료되어 별도의 체지방검사 가중치를 사용하지였고, 2011년 5월에 192개중 80개 조사구로 조사완

Table 2. Laboratory characteristics according to gender aged 50 years or older in male and postmenopausal women

	Men (N=2,139)	Women (N=2,193)	Total (N=4,332)
Fasting blood glucose (mg/dL)	97.4±0.3	94.8±0.3***	96.2±0.2
HbA _{1c} (%)	5.8±0.0	5.7±0.0	5.7±0.0
Total-cholesterol (mg/dL)	191.2±0.9	203.4±0.9***	196.5±0.6
HDL-cholesterol (mg/dL)	46.2±0.3	49.3±0.3***	47.6±0.2
LDL-cholesterol (mg/dL)	115.0±1.6	126.7±1.5***	119.5±1.1
Triglyceride (mg/dL)	163.3±3.9	133.7±2.3***	149.8±2.5
BUN (mg/dL)	15.7±0.1	15.0±0.1***	15.4±0.0
Creatinine (mg/dL)	0.94±0.00	0.71±0.00***	0.83±0.00
AST (U/L)	25.9±0.4	22.5±0.2***	24.4±0.2
ALT (U/L)	24.1±0.3	19.6±0.3***	22.1±0.2
25OHD (ng/mL)	20.3±0.2	17.7±0.2***	19.0±0.2
Alkaline phosphatase (U/L)	239.3±2.2	256.6±2.0***	247.1±1.4
Parathyroid hormone (pg/mL)	66.5±0.8	68.6±0.9	67.5±0.7

Values are presented as mean±standard error, N: number of subjects, ***p<0.001 vs men, 25OHD; 25-hydroxyvitamin D.

료되어 2011년도에는 별도의 가중치를 사용하여 통합분석하였다[33]. 국민건강영양조사는 층화집락표본추출방법을 사용하여 표본추출한 복합표본설계(complex sampling design) 조사자료로서 층화변수, 집락변수, 년도별 해당 가중치를 적용하여 SPSS (version 27, IBM® SPSS® Statistics, SPSS Inc., Chicago, IL, USA) 프로그램의 복합표본 분석을 이용하였다. 자료는 연속변수의 경우 평균±표준오차로 범주형변수에 대해서는 대상의 수(%)로 표시하였다. 체성분과 골밀도, 연령, 신장, 체중, 체질량지수, 허리둘레, 1일 칼슘섭취량, 비타민 D 농도, ALP 등과의 pearson 상관관계 분석을 시행하였고, 체성분과 요추, 대퇴골전체, 대퇴골경부 골밀도와와의 관련성을 확인하기 위해 연령, 체질량지수, 교육수준, 월 가구수입, 1일 칼슘섭취량, 비타민 D 농도, 신체활동 등의 변수들을 포함하는 다중회귀분석을 시행하였으며 통계적 유의성은 유의수준 0.05 미만으로 정의하였다.

III. Results

1.1 Demographic factors of study population

남성 2,139명 및 여성 2,193명 각각의 평균 연령은 각각 60.1±0.2세 및 61.9±0.2세로 여성에서 약간 더 나이가 많았고, 신장 및 체중은 남성에서 더 높았으나 체질량지수는 양 군간에 차이가 없었고 비만도에서도 남녀간에 차이는 없었다. 허리둘레는 남성에서 더 높게 나타났고 고혈압의 유병율은 여성에서 약간 더 높게 나타났으며 이상지질혈증은 남녀간에 차이가 없었다 (Table 1).

1.2 Lifestyle, health behavior and laboratory factors

월 가구소득은 여성에서 더 낮게 나타났고 교육수준도 여성에서 더 낮게 나타났다. 1주당 걷기운동 및 1주당 근력운동 횟수는 남성에서 더 높게 나타났고 음주 및 흡연율도 남성에서 더 높게 나타났다. 1일 칼슘섭취량은 여성에서 유의하게 더 낮은 것으로 나타났다 (Table 1).

공복혈당은 남성 및 여성에서 각각 97.4±0.3 mg/dL 및 94.8±0.3 mg/dL로 여성에서 더 낮았으나 정상 범위였고, 당화혈색소도 각각 5.8% 및 5.7%로 차이가 없었다. 총-콜레스테롤, 고밀도-콜레스테롤 및 저밀도-콜레스테롤은 여성에서 더 높았고 중성지방은 여성에서 더 낮았다. 혈중 비타민 D 농도는 여성에서 17.7±0.2 ng/mL로 남성의 20.3±2.2 ng/mL에 비해 유의하게 낮았고, ALP는 여성에서 256.6±2.0 U/L로 남성의 239.3±2.2 U/L에 비해 유의하게 높았으며, PTH는 양 군간에 차이가 없었다 (Table 2).

1.3 Comparison of bone mineral density, lean mass, and fat mass

골밀도 검사 결과 남성에서 요추, 대퇴골경부, 대퇴골전체 골밀도는 각각 0.939±0.003 g/cm², 0.756±0.002 g/cm², 0.932±0.003 g/cm²으로 여성에서의 0.806±0.003 g/cm², 0.627±0.002 g/cm², 0.776±0.003 g/cm²에 비해 모든 부위에서 유의하게 높았고 각 부위의 T-score 역시 유사한 결과를 보였다 (Table 3).

체성분지표 검사 결과 total lean mass (TLM)는 남성에서 48.6±0.1kg로 여성에서의 34.7±0.1kg에 비해 유의하게 높았고, total fat mass (TFM), truncal fat mass (TrFM), non-truncal fat mass (nTrFM), fat percent

Table 3. Bone mineral density, T-score, and body composition indices according to gender aged 50 years or older in male and postmenopausal women

		Men (N=2,139)	Women (N=2,193)	Total (N=4,332)
BMD (g/cm ²)	L1-4	0.939±0.003	0.806±0.003***	0.878±0.003
	Femur neck	0.756±0.002	0.627±0.002***	0.696±0.002
	Total femur	0.932±0.003	0.776±0.003***	0.859±0.002
T-score	L1-4	-0.70±0.03	-1.73±0.03***	-1.17±0.02
	Femur neck	-0.72±0.02	-1.63±0.02***	-1.14±0.01
	Total femur	-0.05±0.02	-0.64±0.02***	-0.33±0.01
Body composition (kg)	Total lean mass	48.6±0.1	34.7±0.1***	42.1±0.1
	Total fat mass	14.7±0.1	19.2±0.1***	16.8±0.1
	Truncal fat mass	8.3±0.0	10.3±0.0***	9.2±0.0
	Non-truncal fat mass	5.4±0.0	8.1±0.0***	6.7±0.0
	Fat percent	22.0±0.1	34.1±0.1***	27.7±0.1

Values are presented as mean±standard error or numbers (%). N: number of subjects, BMD; bone mineral density, L1-4; 1st to 4th lumbar spines, *** $p < 0.001$ vs men, ### $p < 0.001$ by χ^2 -analysis.

Table 4. Correlation coefficients between bone mineral density and clinical parameters in men and women

	Men (N=2,139)			Women (N=2,193)		
	L1-4	Total femur	Femur neck	L1-4	Total femur	Femur neck
Age (years)	-.109**	-.333**	-.361**	-.449**	-.581**	-.598**
Height (cm)	.194**	.224**	.263**	.372**	.374**	.426**
Weight (kg)	.399**	.498**	.464**	.425**	.474**	.456**
Body mass index (kg/m ²)	.363**	.466**	.403**	.276**	.331**	.279**
Waist circumference (cm)	.311**	.341**	.298**	.181**	.199**	.171**
Calcium intake (mg/day)	.124**	.186**	.205**	.143**	.167**	.191**
25OHD	.017	.047*	.043	-.024	.017	.008
Alkaline phosphatase	-.170**	-.224**	-.213**	-.215**	-.183**	-.169**
TLM (kg)	.359**	.502**	.482**	.388**	.457**	.446**
TFM (kg)	.277**	.285**	.245**	.317**	.340**	.320**
TrFM (kg)	.281**	.290**	.246**	.276**	.287**	.255**
nTrFM (kg)	.242**	.239**	.210**	.328**	.364**	.364**
Fat percentage	.158**	.109**	.071**	.171**	.172**	.151**

N: number of subjects, L1-4; 1st to 4th lumbar spines, 25OHD; 25-hydroxyvitamin D, TLM; whole body total lean mass, TFM; total fat mass, TrFM; truncal fat mass, nTrFM; non-truncal fat mass.

등은 남성에서 각각 14.7±0.1kg, 8.3±0.0kg, 5.4±0.0kg, 22.0±0.1%로, 여성에서의 19.2±0.1kg, 10.3±0.0kg, 8.1±0.0kg 및 34.1±0.1%에 비해 모두 유의하게 낮았다 (Table 3). 상관관계를 분석한 결과 요추 및 대퇴골 골밀도는 연령 및 ALP와 음의 상관관계를 보였고 신장, 체중, 체질량지수, 허리둘레, 1일 칼슘섭취량 등과 양의 상관관계를 보였으며, TLM, TFM, TrFM, nTrFM, Fat percentage 등과도 양의 상관관계를 보였다 (Table 4).

1.4 Comparison of bone mineral density, lean mass, and fat mass

체성분지표가 골밀도에 미치는 영향을 확인하기 위해 남녀 각각에서 연령, 체질량지수, 월 가구소득, 교육수준, 1주당 걷기운동 횟수, 1주당 근력운동 횟수, 1일 칼슘섭취량, 혈중 비타민 D 농도 등을 포함하는 다중회귀분석을

시행한 결과, 남성에서 연령 증가는 대퇴골골밀도 감소와 관련이 있었고 체질량지수는 골밀도 증가와 관련이 있었으며 월 가구소득이 낮을수록 대퇴골 골밀도 감소와 관련이 있었다. 1주당 걷기 운동 횟수가 적을수록 대퇴골전체 골밀도가 감소하였고, 칼슘섭취량 및 혈중 비타민 D 농도 증가는 대퇴골경부 골밀도 증가와 관련이 있었다. TLM이 증가할수록 요추 및 대퇴골전체, 대퇴골경부 골밀도가 유의하게 증가하였고, 상관관계 분석에서 골밀도와 양의 상관관계를 나타냈던 TrFM가 대퇴골전체 골밀도와 음의 상관관계를 보였다 (Table 5). 여성의 경우 연령이 증가할수록 골밀도가 낮았고 체질량지수가 증가할수록 골밀도가 증가하였다. 남성에서와 달리 월 가구소득은 골밀도와 관련이 없었으나 교육수준이 낮을수록 요추 및 대퇴골 모두에서 골밀도가 감소하였고 1주간 근력운동 횟수가 적을수록 대퇴골경부 골밀도가 감소하였다. 비타민 D혈중 농도 증가는 대퇴골 골밀도 증가와 관련이 있었다. 남

Table 5. Clinical and lifestyle factors associated with bone mineral density by multiple regression analysis in male subjects

	L1-4		Total femur		Femur neck	
	$\beta \pm SE$	<i>p</i> -value	$\beta \pm SE$	<i>p</i> -value	$\beta \pm SE$	<i>p</i> -value
Age (years)	0.001±0.001	0.279	-0.002±0.000	0.000	-0.002±0.000	0.000
Body mass index (kg/m ²)	0.012±0.003	0.000	0.018±0.002	0.000	0.011±0.002	0.000
Monthly household income level (ref: High)		0.086		0.008		0.042
Low	-0.027±0.012	0.027	-0.031±0.010	0.001	-0.025±0.009	0.006
Middle low	-0.024±0.011	0.026	-0.014±0.008	0.085	-0.007±0.008	0.408
Middle high	-0.014±0.011	0.198	-0.023±0.008	0.006	-0.010±0.008	0.197
Education level (ref: ≥College)		0.354		0.319		0.395
≤Elementary school	-0.023±0.013	0.073	-0.014±0.010	0.145	-0.011±0.009	0.217
Middle school	-0.012±0.013	0.367	-0.002±0.010	0.826	-0.006±0.009	0.513
High school	-0.011±0.012	0.330	-0.011±0.009	0.222	-0.013±0.008	0.105
Walking exercise/week (ref: ≥3)		0.333		0.043		0.213
No	-0.011±0.012	0.350	-0.012±0.008	0.171	-0.011±0.009	0.186
1-2	-0.011±0.010	0.275	-0.018±0.008	0.024	-0.011±0.008	0.174
Strength exercise/week (ref: ≥3)		0.013		0.161		0.285
No	0.007±0.009	0.431	0.007±0.007	0.347	0.006±0.007	0.369
1-2	0.035±0.012	0.004	0.018±0.009	0.056	0.014±0.009	0.117
Calcium intake (mg/day)	0.000±0.000	0.059	0.000±0.000	0.064	0.000±0.000	0.004
25OHD (ng/mL)	0.001±0.001	0.227	0.001±0.000	0.006	0.001±0.000	0.002
Whole body total lean mass (kg)	0.004±0.001	0.000	0.003±0.001	0.001	0.003±0.001	0.000
Truncal fat mass (kg)	0.000±0.003	0.955	-0.004±0.002	0.031	-0.003±0.002	0.104

SE; standard error, L1-4; 1st to 4th lumbar spines, 25OHD; 25-hydroxyvitamin D.

Table 6. Clinical and lifestyle factors associated with bone mineral density by multiple regression analysis in female subjects

	L1-4		Total femur		Femur neck	
	$\beta \pm SE$	<i>p</i> -value	$\beta \pm SE$	<i>p</i> -value	$\beta \pm SE$	<i>p</i> -value
Age (years)	-0.005±0.001	0.000	-0.006±0.000	0.000	-0.006±0.000	0.000
Body mass index (kg/m ²)	0.005±0.003	0.084	0.009±0.002	0.000	0.004±0.001	0.009
Monthly household income level (ref: High)		0.843		0.645		0.560
Low	0.008±0.012	0.466	0.000±0.008	0.979	0.003±0.007	0.648
Middle low	0.001±0.011	0.936	-0.007±0.007	0.335	-0.005±0.007	0.503
Middle high	0.000±0.012	0.986	-0.004±0.008	0.647	-0.001±0.008	0.886
Education level (ref: ≥College)		0.000		0.052		0.005
≤Elementary school	-0.083±0.017	0.000	-0.033±0.014	0.015	-0.042±0.014	0.002
Middle school	-0.060±0.017	0.001	-0.029±0.014	0.039	-0.044±0.014	0.002
High school	-0.046±0.017	0.007	-0.016±0.013	0.204	-0.025±0.013	0.056
Walking exercise/week (ref: ≥3)		0.824		0.530		0.886
No	0.000±0.009	0.973	-0.005±0.006	0.399	0.001±0.006	0.867
1-2	0.006±0.010	0.538	0.003±0.007	0.636	-0.003±0.007	0.679
Strength exercise/week (ref: ≥3)		0.179		0.163		0.043
No	-0.022±0.012	0.063	-0.015±0.008	0.080	-0.018±0.008	0.025
1-2	-0.019±0.018	0.298	-0.020±0.012	0.115	-0.025±0.011	0.032
Calcium intake (mg/day)	0.000±0.000	0.300	0.000±0.000	0.399	0.000±0.000	0.065
25OHD (ng/mL)	0.001±0.000	0.260	0.001±0.000	0.009	0.001±0.000	0.022
Whole body total lean mass (kg)	0.006±0.002	0.005	0.006±0.001	0.000	0.007±0.001	0.000
Truncal fat mass (kg)	0.002±0.004	0.606	-0.005±0.003	0.091	-0.006±0.002	0.015

SE; standard error, L1-4; 1st to 4th lumbar spines, 25OHD; 25-hydroxyvitamin D.

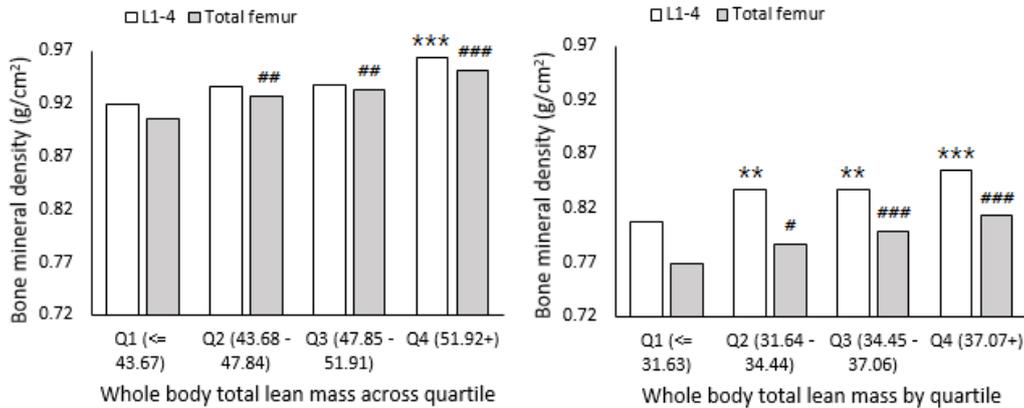


Fig. 1. Bone mineral density across quartiles of whole body total lean mass (TLM) adjusted for age, body mass index, household income, education level, walking exercise, strength exercise, calcium intake, and vitamin D concentration by multiple regression analysis in men (left) and women (right). L1-4; 1st to 4th lumbar spines, ** $p < 0.01$, *** $p < 0.001$ vs Q1, # $p < 0.05$, ## $p < 0.01$, ### $p < 0.001$ vs Q1.

성에서와 마찬가지로 TLM은 요추 및 대퇴골전체, 대퇴골경부 골밀도 증가와 유의한 관련성이 있었고 상관분석에서 골밀도와 양의 상관관계를 보였던 TrFM는 대퇴골경부 골밀도와 음의 상관관계를 보였다 (Table 6). 관련 변수들을 보정한 이후 TLM 사분위수에 따른 골밀도의 차이를 확인한 결과 남성 및 여성 모두에서 TLM 사분위수가 높을수록 요추 및 대퇴골 골밀도가 유의하게 높게 나타났다 (Figure 1).

IV. Discussion

체중은 골량 증가의 가장 강력한 예측인자이고[7], 체성분과 BMD의 관계에 대한 연구들에서 LM은 남녀 모두에서 BMD의 가장 강력한 결정인자로 알려져 있다 [17,19,21,34]. 지방조직과 골량의 상호작용에 대해서는 오랫동안 이어져 온 관심사로서, FM과 BMD와의 관련성에 대해서는 복잡하고 아직도 논란이 많다.

KNHANES 자료를 이용한 Ahn 등의 10-95세 한국인을 대상으로 한 연구에서는 TFM, PFM (percentage fat mass), 및 TrFM은 BMD와 역상관관계를 보였고 TLM은 교란요인 보정후에도 양의 상관관계를 보였으며, BMD에 대한 이러한 LM의 양의 상관관계 및 FM의 음의 상관관계가 여성보다는 남성에서 더 유의하게 강하게 나타났다[21]. 이러한 관련성은 성장기의 남성에서 가장 강하게 나타났고, 남성에서 BMD에 대한 영향은 FM이 LM에 비해 더 크게 나타나, BMD에 대한 FM 및 LM의 영향은 성별 및 연령에 따라 다르게 나타남을 보고하였다[21]. 폐경전여성을 대상으로 한 다른 국내 연구에서도 TLM이

BMD에 보호작용을 하는 것과는 달리 TFM 및 TrFM이 높을수록 BMD가 낮게 나타남을 확인하여 FM은 BMD에 부정적인 영향을 미치는 것으로 보고하였다[14]. Zhu 등은 중년 여성에서 BMI에 비해 체지방이 증가할수록 골밀도가 감소함을 보여주었고 이는 LM의 증가 없이 FM만 증가하는 것은 뼈에 부정적인 영향을 끼친다는 것을 시사하였다[35]. Sotunde 등은 LM의 증가가 골밀도 증가 및 골절 위험 감소와 관련이 있고 FM 보다는 LM의 증가가 뼈의 건강을 위해서는 더 중요하고 하였고[36], Leslie 등은 TLM의 소실이 골다공증 골절 위험의 증가와 관련이 있고 FM의 소실은 골절 위험과 무관하다고 하였다[37]. Taaffe 등은 나이든 남성에서 LM이 BMD의 중요한 기여인자인 반면에, FM은 나이든 여성에서 중요한 기여인자라고 하였고[17], Makovey 등은 남녀 모두에서 LM이 FM에 비해 BMD에 보다 강력한 영향을 미치며, 다만 50세 이하 여성에서만 FM이 대퇴골 BMD에 더 강한 영향을 미친다고 하였다[18].

청소년을 대상으로 한 국내 연구결과들을 보면, 남성 청소년을 대상으로 한 연구에서 FM이 증가할수록 BMD가 감소하였으나 여성 청소년에서는 차이가 없었다. 이러한 결과는 FM이 BMD와 음의 상관관계를 보인다는 다른 연구들과 일치하는 결과이고[38,39], 일본에서의 연구에서도 비만한 여성 청소년에서 FM 및 BMD가 음의 상관관계를 보임으로서 청소년기의 과체중 및 비만은 BMD를 감소시키는 것으로 보고하고 있다[26,40,41]. 국내에서 12-18세의 남녀 청소년을 대상으로 한 연구에서도 LM이 FM에 비해 BMD에 더 큰 긍정적인 영향을 주는 것으로 나타났다[42], 12-19세의 청소년을 대상으로 한 다른 국내 연구에서는 과체중/비만이 BMD에 긍정적인 효과를 준

다고 하였고 LM은 남녀 모두에서 골밀도 증가와 관련이 있다고 하였다[6]. 이와 같이 연구대상의 특성에 따라 FM과 BMD와의 관련성에 대해서는 연구자마다 그 결과가 다소 다르게 나타남을 확인할 수 있다.

50세 이상을 대상으로 한 본 연구에서 TLM은 연령, 체질량지수를 비롯한 여러가지 변수를 보정하고도 요추 및 대퇴골 BMD와 남녀 모두에서 유의한 양의 상관관계를 보여주었다. 본 연구에서도 FM은 BMD에 부정적인 영향을 미칠 가능성이 있을 것으로 보였다. TrFM은 연령, 체질량지수 등의 인자를 보정하기 전에는 BMD와 양의 상관관계를 보였으나 이러한 인자들을 보정한 후에는 대퇴골에서 음의 상관관계를 보여 한국인을 대상으로 한 기존의 다른 연구들과 유사한 결과를 보였다[21,24,43]. 그러나 본 연구에서 TrFM의 경우에는 요추골밀도와는 관련이 없었고 대퇴골에서도 남성에서는 대퇴골전체와 여성에서는 대퇴골경부 골밀도와만 음의 상관관계를 보였으며 다른 FM 인자들에서는 뚜렷한 연관성을 보이지 않아 향후 추가적인 연구가 필요할 것으로 생각된다.

LM과 FM은 체중의 대부분을 차지하기 때문에 골격에 대한 부하 효과를 통해서 골량을 유지하는데 함께 작용을 하는 것으로 생각되고 있으며, 체중에 대한 통계적분석 과정에서 LM과 FM은 체중의 대부분을 차지하면서 상관관계가 매우 높기 때문에 공선성이 발생하는 문제 때문에 기존의 연구 결과들이 일정하지 않게 나오는 원인의 하나로도 생각되고 있다[15,44]. 자료 분석에 있어서 체중의 영향을 포함시키거나 제외하는 것에 따라 결과에 차이가 날 수 있고, 일례로 체중에 대한 보정 이전에는 FM이 BMD와 양의 상관관계를 보여주지만 보정 이후에는 음의 상관관계를 보여준다는 점으로서[26,27], 이러한 결과는 지방조직 자체가 신체적인 부하효과를 제외하면 뼈에는 부정적인 작용을 할 가능성을 시사한다[21]. 또 다른 원인으로서는 연구대상자들의 성별 및 연령대의 차이가 영향을 미쳤을 가능성이 있다[17,18].

이와 같이, LM과 비교하여 FM은 체중을 보정하지 않은 상태에서 BMD에 대한 영향이 LM에 비해 더 적고 체중에 대해 보정을 한 경우에는 음의 상관관계를 보여주는 경우가 많아 통계적분석과 관련한 논란과는 별도로 FM 자체가 체중에 대한 효과와 무관하게 독립적으로 BMD에 부정적인 영향을 미칠 수 있을 것으로 생각하고 있다. BMD에 대한 FM의 부정적인 영향은 FM의 몇가지 복잡한 기전과 지방조직의 형태에 기인하는 것으로 일련의 연구들에 의하면 특히 내장 지방 조직이 BMD에 부정적인 영향을 주는 것으로 보인다[31,45]. 지방조직과 뼈는 다

양한 경로를 통해 서로 연결되어 있으며, adiponectin, insulin, amylin, leptin 및 adipocytic estrogens 등이 이와 관련되어 있을 가능성이 생각되고 있다[44].

본 연구의 제한점으로는, 첫째, 설문조사 등의 과정에서 대상자 스스로의 기억에 의존하는 것에 따른 정보 오류의 가능성, 둘째, 단면조사 연구의 한계점, 셋째, 알려지지 않은 교란 요인 등이 있을 수 있다. 하지만 본 연구 결과의 장점은 한 지역이나 의료기관이 아닌 전국민을 대상으로 한 국가기관인 질병관리본부 주도의 국민건강영양조사 결과 자료를 통해 분석했다는 점이다.

V. Conclusions

국민건강영양조사 자료를 이용하여 분석한 본 연구 결과 50세 이상의 남성 및 폐경후여성에서 TLM은 연령, 체질량지수 등 많은 교란요인들을 보정한 이후에도 남녀 모두에서 요추 및 대퇴골 골밀도와 유의한 양의 상관관계를 보여주었다. TrFM의 경우 이와 같은 교란요인들을 보정한 이후 남성에서는 대퇴골 골밀도와 여성에서는 대퇴골 경부 골밀도와 유의한 음의 상관관계를 보여주었고 전체적으로 TLM이 TrFM에 비해 더 강한 영향을 미침을 보여주었다. 50세 이상의 연령에서 골다공증의 예방을 위해서는 TLM의 유지가 매우 중요함을 시사하였다.

REFERENCES

- [1] R. Rizzoli, J. P. Bonjour, S. L. Ferrari. "Osteoporosis, genetics and hormones", *J Mol Endocrinol*, Vol. 26, No. 2. pp. 79-94, Apr 2001. DOI: 10.1677/jme.0.0260079.
- [2] "Assessment of fracture risk and its application to screening for postmenopausal osteoporosis. Report of a WHO Study Group", *World Health Organ Tech Rep Ser*, Vol. 843. pp. 1-129, 1994.
- [3] Y. H. Kim. "Osteoporosis or low bone mass in adults aged 50 years old and above in Republic of Korea, 2008-2011", *Public Health Weekly Report, KCDC*, Vol. 7, No. 42. pp. 939-942, 2014.
- [4] O. Johnell, J. A. Kanis. "An estimate of the worldwide prevalence and disability associated with osteoporotic fractures", *Osteoporos Int*, Vol. 17, No. 12. pp. 1726-1733, Dec 2006. DOI: 10.1007/s00198-006-0172-4.
- [5] R. L. Duckham, A. D. Baxter-Jones, J. D. Johnston, H. Vatanparast, D. Cooper, S. Kontulainen. "Does physical activity in adolescence have site-specific and sex-specific benefits on

- young adult bone size, content, and estimated strength?", *J Bone Miner Res*, Vol. 29, No. 2. pp. 479-486, Feb 2014. DOI: 10.1002/jbmr.2055.
- [6] H. Y. Kim, H. W. Jung, H. Hong, J. H. Kim, C. H. Shin, S. W. Yang, Y. A. Lee. "The Role of Overweight and Obesity on Bone Health in Korean Adolescents with a Focus on Lean and Fat Mass", *J Korean Med Sci*, Vol. 32, No. 10. pp. 1633-1641, Oct 2017. DOI: 10.3346/jkms.2017.32.10.1633.
- [7] D. T. Felson, Y. Zhang, M. T. Hannan, J. J. Anderson. "Effects of weight and body mass index on bone mineral density in men and women: the Framingham study", *J Bone Miner Res*, Vol. 8, No. 5. pp. 567-573, May 1993. DOI: 10.1002/jbmr.5650080507.
- [8] R. P. Heaney, S. Abrams, B. Dawson-Hughes, A. Looker, R. Marcus, V. Matkovic, C. Weaver. "Peak bone mass", *Osteoporos Int*, Vol. 11, No. 12. pp. 985-1009, 2000. DOI: 10.1007/s001980070020.
- [9] I. R. Reid. "Relationships among body mass, its components, and bone", *Bone*, Vol. 31, No. 5. pp. 547-555, Nov 2002. DOI: 10.1016/s8756-3282(02)00864-5.
- [10] S. Sharma, V. R. Tandon, S. Mahajan, V. Mahajan, A. Mahajan. "Obesity: Friend or foe for osteoporosis", *J Midlife Health*, Vol. 5, No. 1. pp. 6-9, Jan 2014. DOI: 10.4103/0976-7800.127782.
- [11] E. Guney, G. Kisakol, G. Ozgen, C. Yilmaz, R. Yilmaz, T. Kabalak. "Effect of weight loss on bone metabolism: comparison of vertical banded gastroplasty and medical intervention", *Obes Surg*, Vol. 13, No. 3. pp. 383-388, Jun 2003. DOI: 10.1381/096089203765887705.
- [12] C. De Laet, J. A. Kanis, A. Oden, H. Johanson, O. Johnell, P. Delmas, J. A. Eisman, H. Kroger, S. Fujiwara, P. Garnero, E. V. McCloskey, D. Mellstrom, L. J. Melton, 3rd, P. J. Meunier, H. A. Pols, J. Reeve, A. Silman, A. Tenenhouse. "Body mass index as a predictor of fracture risk: a meta-analysis", *Osteoporos Int*, Vol. 16, No. 11. pp. 1330-1338, Nov 2005. DOI: 10.1007/s00198-005-1863-y.
- [13] J. A. Kanis, D. Hans, C. Cooper, S. Baim, J. P. Bilezikian, N. Binkley, J. A. Cauley, J. E. Compston, B. Dawson-Hughes, G. El-Hajj Fuleihan, H. Johansson, W. D. Leslie, E. M. Lewiecki, M. Luckey, A. Oden, S. E. Papapoulos, C. Poiana, R. Rizzoli, D. A. Wahl, E. V. McCloskey, F. I. Task Force of the. "Interpretation and use of FRAX in clinical practice", *Osteoporos Int*, Vol. 22, No. 9. pp. 2395-2411, Sep 2011. DOI: 10.1007/s00198-011-1713-z.
- [14] J. Kim, H. Kwon, B. K. Heo, H. K. Joh, C. M. Lee, S. S. Hwang, D. Park, J. H. Park. "The Association between Fat Mass, Lean Mass and Bone Mineral Density in Premenopausal Women in Korea: A Cross-Sectional Study", *Korean J Fam Med*, Vol. 39, No. 2. pp. 74-84, Mar 2018. DOI: 10.4082/kjfm.2018.39.2.74.
- [15] L. T. Ho-Pham, U. D. Nguyen, T. V. Nguyen. "Association between lean mass, fat mass, and bone mineral density: a meta-analysis", *J Clin Endocrinol Metab*, Vol. 99, No. 1. pp. 30-38, Jan 2014. DOI: 10.1210/jc.2013-319010.1210/jc.2014-v99i12-30A.
- [16] P. Dimitri, N. Bishop, J. S. Walsh, R. Eastell. "Obesity is a risk factor for fracture in children but is protective against fracture in adults: a paradox", *Bone*, Vol. 50, No. 2. pp. 457-466, Feb 2012. DOI: 10.1016/j.bone.2011.05.011.
- [17] D. R. Taaffe, J. A. Cauley, M. Danielson, M. C. Nevitt, T. F. Lang, D. C. Bauer, T. B. Harris. "Race and sex effects on the association between muscle strength, soft tissue, and bone mineral density in healthy elders: the Health, Aging, and Body Composition Study", *J Bone Miner Res*, Vol. 16, No. 7. pp. 1343-1352, Jul 2001. DOI: 10.1359/jbmr.2001.16.7.1343.
- [18] J. Makovey, V. Naganathan, P. Sambrook. "Gender differences in relationships between body composition components, their distribution and bone mineral density: a cross-sectional opposite sex twin study", *Osteoporos Int*, Vol. 16, No. 12. pp. 1495-1505, Dec 2005. DOI: 10.1007/s00198-005-1841-4.
- [19] M. C. Wang, L. K. Bachrach, M. Van Loan, M. Hudes, K. M. Flegal, P. B. Crawford. "The relative contributions of lean tissue mass and fat mass to bone density in young women", *Bone*, Vol. 37, No. 4. pp. 474-481, Oct 2005. DOI: 10.1016/j.bone.2005.04.038.
- [20] S. Gnudi, E. Sitta, N. Fiumi. "Relationship between body composition and bone mineral density in women with and without osteoporosis: relative contribution of lean and fat mass", *J Bone Miner Metab*, Vol. 25, No. 5. pp. 326-332, 2007. DOI: 10.1007/s00774-007-0758-8.
- [21] S. H. Ahn, S. H. Lee, H. Kim, B. J. Kim, J. M. Koh. "Different relationships between body compositions and bone mineral density according to gender and age in Korean populations (KNHANES 2008-2010)", *J Clin Endocrinol Metab*, Vol. 99, No. 10. pp. 3811-3820, Oct 2014. DOI: 10.1210/jc.2014-1564.
- [22] I. R. Reid, L. D. Plank, M. C. Evans. "Fat mass is an important determinant of whole body bone density in premenopausal women but not in men", *J Clin Endocrinol Metab*, Vol. 75, No. 3. pp. 779-782, Sep 1992. DOI: 10.1210/jcem.75.3.1517366.
- [23] L. J. Zhao, Y. J. Liu, P. Y. Liu, J. Hamilton, R. R. Recker, H. W. Deng. "Relationship of obesity with osteoporosis", *J Clin Endocrinol Metab*, Vol. 92, No. 5. pp. 1640-1646, May 2007. DOI: 10.1210/jc.2006-0572.
- [24] J. H. Kim, H. J. Choi, M. J. Kim, C. S. Shin, N. H. Cho. "Fat mass is negatively associated with bone mineral content in Koreans", *Osteoporos Int*, Vol. 23, No. 7. pp. 2009-2016, Jul 2012. DOI: 10.1007/s00198-011-1808-6.
- [25] C. J. Kim, K. W. Oh, E. J. Rhee, K. H. Kim, S. K. Jo, C. H. Jung, J. C. Won, C. Y. Park, W. Y. Lee, S. W. Park, S.

- W. Kim. "Relationship between body composition and bone mineral density (BMD) in perimenopausal Korean women", *Clin Endocrinol (Oxf)*, Vol. 71, No. 1. pp. 18-26, Jul 2009. DOI: 10.1111/j.1365-2265.2008.03452.x.
- [26] L. J. Zhao, H. Jiang, C. J. Papasian, D. Maulik, B. Drees, J. Hamilton, H. W. Deng. "Correlation of obesity and osteoporosis: effect of fat mass on the determination of osteoporosis", *J Bone Miner Res*, Vol. 23, No. 1. pp. 17-29, Jan 2008. DOI: 10.1359/jbmr.070813.
- [27] Y. H. Hsu, S. A. Venners, H. A. Terwedow, Y. Feng, T. Niu, Z. Li, N. Laird, J. D. Brain, S. R. Cummings, M. L. Bouxsein, C. J. Rosen, X. Xu. "Relation of body composition, fat mass, and serum lipids to osteoporotic fractures and bone mineral density in Chinese men and women", *Am J Clin Nutr*, Vol. 83, No. 1. pp. 146-154, Jan 2006. DOI: 10.1093/ajcn/83.1.146.
- [28] V. A. Hughes, W. R. Frontera, G. E. Dallal, K. J. Lutz, E. C. Fisher, W. J. Evans. "Muscle strength and body composition: associations with bone density in older subjects", *Med Sci Sports Exerc*, Vol. 27, No. 7. pp. 967-974, Jul 1995. DOI: 10.1249/00005768-199507000-00004.
- [29] M. W. Hamrick. "A role for myokines in muscle-bone interactions", *Exerc Sport Sci Rev*, Vol. 39, No. 1. pp. 43-47, Jan 2011. DOI: 10.1097/JES.0b013e318201f601.
- [30] J. Pfeilschifter, R. Koditz, M. Pfohl, H. Schatz. "Changes in proinflammatory cytokine activity after menopause", *Endocr Rev*, Vol. 23, No. 1. pp. 90-119, Feb 2002. DOI: 10.1210/er.23.1.0456.
- [31] M. A. Bredella, M. Torriani, R. H. Ghomi, B. J. Thomas, D. J. Brick, A. V. Gerweck, L. M. Harrington, A. Breggia, C. J. Rosen, K. K. Miller. "Determinants of bone mineral density in obese premenopausal women", *Bone*, Vol. 48, No. 4. pp. 748-754, Apr 1 2011. DOI: 10.1016/j.bone.2010.12.011.
- [32] "The guideline of 4th (2007-2009) Korea National Health and Nutrition Survey (KNHANES IV)", Korea Centers for Disease Control and Prevention. pp. 1-227, 2008.
- [33] "The guideline of 5th (2010-2012) Korea National Health and Nutrition Survey (KNHANES V)", Korea Centers for Disease Control and Prevention. pp. 1-291, 2012.
- [34] S. M. Pluijm, M. Visser, J. H. Smit, C. Popp-Snijders, J. C. Roos, P. Lips. "Determinants of bone mineral density in older men and women: body composition as mediator", *J Bone Miner Res*, Vol. 16, No. 11. pp. 2142-2151, Nov 2001. DOI: 10.1359/jbmr.2001.16.11.2142.
- [35] K. Zhu, M. Hunter, A. James, E. M. Lim, B. R. Cooke, J. P. Walsh. "Discordance between fat mass index and body mass index is associated with reduced bone mineral density in women but not in men: the Busselton Healthy Ageing Study", *Osteoporos Int*, Vol. 28, No. 1. pp. 259-268, Jan 2017. DOI: 10.1007/s00198-016-3710-8.
- [36] O. F. Sotunde, H. S. Kruger, H. H. Wright, L. Havemann-Nel, I. M. Kruger, E. Wentzel-Viljoen, A. Kruger, M. Tieland. "Lean Mass Appears to Be More Strongly Associated with Bone Health than Fat Mass in Urban Black South African Women", *J Nutr Health Aging*, Vol. 19, No. 6. pp. 628-636, Jun 2015. DOI: 10.1007/s12603-015-0492-1.
- [37] W. D. Leslie, J. T. Schousboe, S. N. Morin, P. Martineau, L. M. Lix, H. Johansson, E. V. McCloskey, N. C. Harvey, J. A. Kanis. "Loss in DXA-estimated total body lean mass but not fat mass predicts incident major osteoporotic fracture and hip fracture independently from FRAX: a registry-based cohort study", *Arch Osteoporos*, Vol. 15, No. 1. pp. 96, Jun 25 2020. DOI: 10.1007/s11657-020-00773-w.
- [38] H. A. Weiler, L. Janzen, K. Green, J. Grabowski, M. M. Seshia, K. C. Yuen. "Percent body fat and bone mass in healthy Canadian females 10 to 19 years of age", *Bone*, Vol. 27, No. 2. pp. 203-207, Aug 2000. DOI: 10.1016/s8756-3282(00)00314-8.
- [39] E. Lazcano-Ponce, J. Tamayo, A. Cruz-Valdez, R. Diaz, B. Hernandez, R. Del Cueto, M. Hernandez-Avila. "Peak bone mineral area density and determinants among females aged 9 to 24 years in Mexico", *Osteoporos Int*, Vol. 14, No. 7. pp. 539-547, Jul 2003. DOI: 10.1007/s00198-002-1363-2.
- [40] K. J. Ellis, R. J. Shypailo, W. W. Wong, S. A. Abrams. "Bone mineral mass in overweight and obese children: diminished or enhanced?", *Acta Diabetol*, Vol. 40 Suppl 1. pp. S274-277, Oct 2003. DOI: 10.1007/s00592-003-0085-z.
- [41] M. B. Leonard, J. Shults, B. A. Wilson, A. M. Tershakovec, B. S. Zemel. "Obesity during childhood and adolescence augments bone mass and bone dimensions", *Am J Clin Nutr*, Vol. 80, No. 2. pp. 514-523, Aug 2004. DOI: 10.1093/ajcn/80.2.514.
- [42] A. Kim, S. Baek, S. Park, J. Shin. "Bone Mineral Density of Femur and Lumbar and the Relation between Fat Mass and Lean Mass of Adolescents: Based on Korea National Health and Nutrition Examination Survey (KNHNES) from 2008 to 2011", *Int J Environ Res Public Health*, Vol. 17, No. 12 Jun 22 2020. DOI: 10.3390/ijerph17124471.
- [43] Y. M. Kim, S. H. Kim, S. Kim, J. S. Yoo, E. Y. Choe, Y. J. Won. "Variations in fat mass contribution to bone mineral density by gender, age, and body mass index: the Korea National Health and Nutrition Examination Survey (KNHANES) 2008-2011", *Osteoporos Int*, Vol. 27, No. 8. pp. 2543-2554, Aug 2016. DOI: 10.1007/s00198-016-3566-y.
- [44] I. R. Reid. "Fat and bone", *Arch Biochem Biophys*, Vol. 503, No. 1. pp. 20-27, Nov 1 2010. DOI: 10.1016/j.abb.2010.06.027.
- [45] X. Fu, X. Ma, H. Lu, W. He, Z. Wang, S. Zhu. "Associations of fat mass and fat distribution with bone mineral density in pre- and postmenopausal Chinese women", *Osteoporos Int*, Vol.

22, No. 1. pp. 113-119, Jan 2011. DOI: 10.1007/s00198-010-1210-9.

Author



Jeong-Ran Cho received the B.S., M.S. and Ph.D. degrees in Computer Science from Chonnam National University, Korea, in 1987, 1989 and 1999, respectively. Dr. Cho joined the faculty of Kwangju Women's

University, Gwangju, Korea, in 1994. She is currently a Professor in the Department of Health Administration at Kwangju Women's University. She is interested in database, parallel computing, internet and mobile computing, and multimedia contents service.