

## The Relationship between Sarcopenia and Bone Mineral Density in Community-Dwelling Korean Older Adults

Jeong-Ran Cho\*, Dong Jin Chung\*\*

\*Professor, Department of Health Administration, Kwangju Women's University, Gwangju, Korea

\*\*Professor, Department of Internal Medicine, Chonnam National University Medical School, Gwangju, Korea

### [Abstract]

Sarcopenia is a progressive skeletal muscle disorder associated with poor health outcomes such as falls, fractures, cardiovascular and metabolic disease. In this study, we used nation-wide data from 2008 to 2011 Korea National Health and Nutrition Examination Survey (KNHANES) to analyze the association between bone mineral density (BMD) and sarcopenia in community-dwelling men and women. Subjects with history of medication for osteoporosis or with illness or malignancy affecting bone metabolism were excluded. Sarcopenia was defined using the revised Asian Working Group for Sarcopenia (AWGS) classification with SMI (skeletal muscle index;  $<7.0 \text{ kg/m}^2$  for men and  $<5.4 \text{ kg/m}^2$  for women). We included 2,133 subjects aged 50 years or older men (N=1,246) and postmenopausal women (N=887). Prevalence of sarcopenia was significantly higher in men (28.8%) than women (22.0%). In multiple regression analysis, sarcopenia was significantly associated with low bone mass at the lumbar spine, femur neck and total femur BMD after adjusting confounding factors in men. However, there was no association between sarcopenia and bone mass in women. In conclusion, sarcopenia is significantly related to low bone mass, especially in men aged  $\geq 50$  years in Korea.

▶ **Key words:** KNHANES, sarcopenia, bone mineral density, osteoporosis, fracture

### [요 약]

근감소증은 진행성 골격근 질환으로서 낙상, 골절, 심혈관 및 대사질환 등과 관련이 있다. 본 연구에서는 전국민을 대상으로 한 질병관리본부의 국민건강영양조사 (KNHANES) 2008-2011년 자료를 이용하여 지역사회 거주 남녀를 대상으로 근감소증과 골밀도와의 관련성에 대하여 분석하였다. 골다공증에 대한 약물을 투여받고 있거나 골대사에 영향을 미치는 질환 또는 악성종양이 있는 경우에는 제외하였다. 근감소증은 개정된 AWGS (Asian Working Group for Sarcopenia)의 기준에 따라 SMI (Skeletal Muscle Index) 가 남성에서는  $<7.0 \text{ kg/m}^2$ , 여성에서는  $<5.4 \text{ kg/m}^2$  인 경우로 정의하였다. 50세 이상 성인 남성 1,246명 및 폐경후여성 887명 등, 총 2,133명이 본 연구대상에 포함되었다. 근감소증의 유병율은 남성 (28.8%)에서 여성(22.0%)에 비해 유의하게 높게 나타났다. 연령을 비롯한 다양한 혼란변수들에 대해 보정한 다중회귀분석을 시행한 결과, 남성에서는 근감소증이 요추 및 대퇴골 모두에서 낮은 골밀도와 관련이 있었고 여성에서는 관련이 없었다. 결론적으로 50세 이상의 한국인 남성에서 근감소증은 낮은 골밀도와 관련이 있었다.

▶ **주제어:** 국민건강영양조사, 근감소증, 골다공증, 골밀도, 골절

- First Author: Jeong-Ran Cho, Corresponding Author: Dong Jin Chung
- \*Jeong-Ran Cho (jrcho@kwu.ac.kr), Department of Health Administration, Kwangju Women's University
- \*\*Dong Jin Chung (djchung@chonnam.ac.kr), Department of Internal Medicine, Chonnam National University Medical School
- Received: 2023. 04. 26, Revised: 2023. 06. 07, Accepted: 2023. 06. 07.

## I. Introduction

연령의 증가에 따라 근육의 양이 감소하는 근감소증(sarcopenia)이라는 용어는 그리스어로 'sarx'(flesh)와 'penia'(loss)의 합성어로서[1], 1989년, Rosenberg는 연령 증가에 따른 체지방량(lean body mass, LBM)의 감소를 근감소증으로 정의하였다. 근육량, 근력 및 근육 기능 감소를 특징으로 하는 근감소증은 노인에서 흔히 발생하며 낙상, 골절, 심장 및 대사질환, 삶의 질 저하, 입원, 기능적인 퇴행, 일상생활 수행 능력 감소, 독립성 소실 및 사망 등과 관련이 있다[2]. 근감소증은 연령의 증가에 의한 노화 외에도 신체활동 감소, 만성적인 염증, 질병, 부실한 식사와 같은 영양상태, 만성질환 등과 같이 다른 이차적인 원인에 의해서도 발생할 수 있다.

2016년, 근감소증은 국제질병분류(International Classification of Disease) ICD-10 code (M62.84)를 부여 받아 질병으로 인정을 받았다[3]. 근감소증의 진단과 관련하여 다양한 진단 기준이 제시되고 있으며[4], 대부분의 기준에는 근육량 감소, 근력 감소 및 신체수행능력 감소 등 세가지 항목을 포함하고 있다. 여기에는 European Working Group on Sarcopenia in Older People (EWGSOP2), Foundation for the National Institutes of Health (FNIH), Asian Working Group for Sarcopenia (AWGS), Sarcopenia Definitions and Outcomes Consortium (SDOC), 및 International Working Group on Sarcopenia (IWGS) 가이드라인 등이 있다. 최근에는, 한국인에서 근감소증 선별검사 및 진단에 대한 KWGS (Korean Working Group on Sarcopenia) 가이드라인도 발표된 바 있으며, 본 연구를 포함한 아시아인을 대상으로 한 최근까지의 연구들에서는 대부분 AWGS의 근감소증 진단 기준을 사용하고 있다.

근감소증은 연령 증가에 따라 증가하고 여성에 비해 남성에서 더 흔히 발생하며[5], 체질량지수가 낮은 아시아인에서 근감소증의 위험이 더 증가하는 것으로 알려져 있다. 45세 이상에서 근감소증의 유병율은 근감소증의 정의에 따라 5~39%까지로 다양하게 보고되고 있고[6], 65세 이상 노인에서 근감소증은 더 흔하게 발생하며 10~50%로 보고되고 있다. 전 세계적으로 지역사회 거주 노인들에서 근감소증의 유병율은 8.4~27.6%, 장기간 보호 치료를 받는 거주민에서는 14~33% 정도로 보고되고 있다. 2014년에 아시아 국가들에서 근감소증의 유병율은 남성에서 5.1-21.0%, 여성에서 4.1-16.3%였고, 한국에서는 70-84세의 지역사회 거주 노인들에서 근감소증의 유병율이 남

성에서 21.3%, 여성에서 13.8%로 보고된 바 있다[7].

근감소증은 노화에 따라 끊임없이 진행되는 현상이다. 생리적으로는 연령에 따른 변화들에 (성장호르몬 감소 등) 의해 단백질 합성이 감소하고, 근육량, 근육강도 및 골밀도가 감소한다. 연령 증가에 따라 단백질 합성이 감소하기 시작하면 취약한 노인에서 신경근육기능 장애가 발생하고 이로 인해 낙상 및 골절이 증가하게 되며 신체활동 제한 및 감소에 의해 또다시 근감소증이 악화되는 과정이 반복될 수 있다[8]. 낙상은 노인에서 골절의 직접적인 원인이 되는데 근감소증 환자에서는 근육 기능이 감소하여 균형을 유지하며 서 있을 수 있는 능력이 감소하므로 낙상 및 골절 위험이 증가한다. 연령 증가에 따른 근감소증 및 골다공증은 노인에서 가장 흔한 근골격계 질환이고, 실제, 근감소증은 골절 위험의 예측인자로 간주되기도 한다[9]. 최근의 메타분석에 의하면 근감소증이 있는 노인에서 근감소증이 없는 노인들에 비해 낙상 위험이 더 높은 것으로 나타났다[10]. 근감소증 및 골다공증 모두 여러가지 인자들에 의해 유발되는데, 골다공증을 유발하는 일부 인자들은 근감소증도 일으키게 된다. 특히, 뼈와 근육 조직은 내분비 및 세포주변분비 요인들에 의해 밀접하게 연관되어 있고 서로 영향을 받는다[11]. 연령의 증가, 활동성 감소 및 환경적 요인들은 근육 및 골량 모두에 부정적인 변화를 일으키는 것으로 알려져 있다.

본 연구에서는 전국민을 대상으로 질병관리본부에서 시행한 국민건강영양조사 자료를 이용하여 여러가지 만성질환 및 골다공에 영향을 미치는 약물을 투여받지 않는 지역사회에 거주하는 50세 이상 남녀를 대상으로 근감소증과 골밀도와의 관련성에 대해 규명하고자 하였다.

## II. Subjects and Methods

### 1. Subjects

본 연구는 질병관리본부에서 주관한 국민건강영양조사에서 골밀도 검사를 시행하였던 2008년부터 2011년까지의 원시자료(제4기 및 제5기)를 (KNHANES, Korea National Health and Nutrition Examination Survey, 2008-2011; Korea Centers for Disease Control and Prevention)[14,15] 이용하였고, 당뇨병을 비롯하여 악성종양, 뇌졸중, 만성폐질환 등과 같은 만성질환이 없는 50세 이상의 남성 및 폐경후여성을 대상으로 근감소증과 골밀도와의 관련성에 대해 확인하고자 하였다. 연구대상자들 중 골다공증약제를 투여 받고 있는 사람은 제외하였고 뇌

졸중, 심근경색증, 류마티스성관절염, 골관절염, 결핵, 천식, 만성폐쇄성폐질환, 신부전, 각종 악성종양, 간경변증 등으로 진단 받은 경우에도 연구 대상에서 제외하였다. 당뇨병 환자이거나, 혈액검사 결과 당화혈색소가 6.5% 이상 또는 공복혈당이 126 mg/dL 이상으로 당뇨병에 해당하는 경우에도 연구대상에서 제외하여, 50세 이상의 남성 1,246명 및 50세 이상 폐경후여성 887명 등 총 2,133명을 대상으로 하였다.

## 2. Methods

### 2.1 Characteristics of subjects

연구대상자 특성들 중 성별, 연령, 체질량지수, 월 가구 소득, 1년간 음주빈도, 흡연상태, 1주당 걷기 횟수, 1주간 근력운동 일수, 하루 칼슘 섭취량 등을 조사하였다. 가구 소득은 하, 중하, 중상, 상으로 분류하였으며 음주빈도는 1개월간의 음주 횟수를 기준으로 분류하였고, 흡연상태는 비흡연자, 과거흡연자 및 현재흡연자로 구분하였으며 통계 분석에서는 비흡연자 및 과거흡연자를 한 군으로 하여 현재흡연자와 비교하였다.

### 2.2 Clinical and laboratory examinations

신체계측은 신장은 0.1 cm 단위까지, 체중은 0.1 kg 단위로 측정하였고, 체질량지수는 체중(kg)을 신장(m)의 제곱으로 나눈 값을 사용하였으며, 18.5 kg/m<sup>2</sup> 미만은 저체중, 18.5 이상이면서 25 kg/m<sup>2</sup> 미만은 정상, 25 kg/m<sup>2</sup> 이상은 비만으로 분류하였다. 혈압은 수은혈압계를 사용하여 1차 혈압 측정후 30초간 휴식을 취한 후 2, 3차 혈압을 측정하여 2, 3차 혈압 측정치의 평균값을 사용하였다. 공복상태에서 BUN, creatinine, 비타민 D (25OHD) 등을 측정하였다. 1일 칼슘섭취량은 24시간 기억회상법을 이용하여 조사하였다.

### 2.3 Bone mineral density

골밀도 및 체성분 검사는 이중에너지흡수방사선측정법(DXA; Dual energy X-ray absorptiometry) (Discovery QDR 4500 W, Hologic<sup>®</sup> Inc, Belford, MA, USA)을 이용하였다. 골밀도는 제 1-4 요추 및 대퇴골전체, 대퇴골경부에서 측정된 결과를 이용하였고, WHO의 진단 기준에 따라 골밀도 검사 결과가 T-score ≤ -2.5, -2.5 < T-score ≤ -1.0, T-score > -1.0인 경우에 각각 골다공증, 골감소증, 정상으로 분류하였다[12].

### 2.4 Definition of sarcopenia

사지골격근량 (ASM, Appendicular Skeletal Muscle Mass)은 DXA를 이용하여 측정한 두 팔과 두 다리의 근육량을 합해서 구하였고 (kg), 골격근량지수 (SMI, Skeletal Muscle Mass Index)는 ASM을 키의 제곱으로 나누어 계산하였다 (kg/m<sup>2</sup>). 근감소증은 AWGS (Asian Working Group for Sarcopenia)의 개정된 기준에 따라 남성은 SMI < 7.0 kg/m<sup>2</sup>인 경우, 여성은 SMI < 5.4 kg/m<sup>2</sup>인 경우로 정의하였다.

### 2.5 Statistical Analysis

통계적 분석은 본 연구자가 이전에 보고하였던 내용과 유사하며[13], 자료는 연속변수의 경우 평균 ± 표준오차로 범주형변수에 대해서는 대상의 수(%)로 표시하였다. 골밀도검사는 2008년 7월부터 2011년 5월까지 조사됨에 따라, 도입 첫해인 2008년은 별도의 가중치를 사용하였고, 차년도부터는 검진조사 기본가중치 사용하였으며[14], 2011년 5월 192개중 80개 조사구로 조사 완료되어 2011년도 자료에는 별도의 가중치를 사용하였다[15]. 국민건강영양조사는 층화집락표본추출방법을 사용하여 표본추출한 복합 표본설계 (complex sampling design) 조사자료로서 층화변수, 집락변수, 년도별 해당 가중치를 적용하여 SPSS (version 27, IBM<sup>®</sup> SPSS<sup>®</sup> Statistics, SPSS Inc., Chicago, IL, USA) 프로그램의 복합표본 분석을 이용하였다. 근감소증과 요추, 대퇴골전체, 대퇴골경부 골밀도와 의 관련성을 확인하기 위해 연령, 성별, 체질량지수, 월 가구수입, 1일 칼슘섭취량, 비타민 D 농도, 흡연, 음주, 신체활동 등의 변수들을 포함하는 다중회귀분석을 시행하였고 통계적 유의성은 유의수준 0.05 미만으로 정의하였다.

## III. Results

### 1.1 Demographic, lifestyle, health behavior and laboratory factors

총 2,133명 중, 남성은 총 1,246명이었고 근감소증이 없는 남성이 887명 (71.2%), 근감소증이 있는 남성이 359명 (28.8%)이었으며, 여성은 총 887명이었고 근감소증이 없는 여성은 692명 (78.0%), 근감소증이 있는 여성은 195명 (22.0%)으로 남성에서 근감소증의 유병율이 여성에 비해 유의하게 더 높았다 (p < 0.001).

체질량지수 및 비만도는 남녀 모두에서 근감소증이 있는 경우에 더 낮게 나타났다. 남성의 경우 이완기혈압은

근감소증이 있는 경우에 더 낮게 측정되었고, 고혈압의 빈도도 더 낮았으나 여성에서는 이러한 차이가 없었다. 여성의 경우 고지혈증의 빈도는 근감소증이 있는 경우에 더 낮았고 남성에서는 차이가 없었다.

남성의 경우 월가구수입이 낮을수록 근감소증의 빈도가 증가하였으나 여성에서는 이러한 차이가 없었다. 혈중 비

타민 D 농도는 남녀 모두에서 근감소증이 있는 경우에 더 낮게 나타났고, 칼슘섭취량은 남성의 경우 근감소증이 있는 경우에 더 낮게 나타났으나 여성에서는 차이가 없었다. 1주당 걷기 운동 및 흡연 상태는 남녀 모두 양 군간에 차이가 없었다 (Table 1).

Table 1. Anthropometric, lifestyle, and laboratory characteristics according to the presence of sarcopenia aged 50 years or older in male and postmenopausal women

Variables	Men (N=1,246)		Women (N=887)	
	Sarcopenia (-) (N=887)	Sarcopenia (+) (N=359)	Sarcopenia (-) (N=692)	Sarcopenia (+) (N=195)
Age (years)	58.5±0.2	62.6±0.6***	59.9±0.3	59.9±0.7
Height (cm)	167.9±0.2	166.5±0.3**	154.1±0.2	153.3±0.4
Weight (kg)	69.7±0.3	58.2±0.4***	58.4±0.3	51.3±0.5***
Body mass index (kg/m <sup>2</sup> )	24.6±0.0	20.9±0.1***	24.5±0.1	21.8±0.2***
ASM (kg)	22.2±0.1	17.9±0.1***	14.5±0.0	11.9±0.0***
SMI (kg/m <sup>2</sup> )	7.8±0.0	6.4±0.0***	6.1±0.0	5.0±0.0***
Obesity		<i>p</i> =0.000		<i>p</i> =0.000
Underweight	2(0.1)	38(9.3)	4(0.4)	10(5.5)
Normal	519(57.9)	310(87.9)	403(59.2)	173(89.2)
Obesity	366(42.0)	11(2.8)	285(40.4)	12(5.4)
Systolic BP (mmHg)	125.4±0.7	123.7±1.1	123.7±0.8	123.0±1.5
Diastolic BP (mmHg)	80.1±0.5	76.6±0.6***	76.6±0.5	76.0±0.8
Hypertension		<i>p</i> =0.022		<i>p</i> =0.322
No	476(54.7)	223(63.2)	406(60.9)	130(65.4)
Yes	411(45.3)	136(36.8)	286(39.1)	65(34.6)
Hyperlipidemia		<i>p</i> =0.090		<i>p</i> =0.013
No	413(46.3)	197(52.6)	353(53.0)	127(65.9)
Yes	474(53.7)	162(47.4)	339(47.0)	68(34.1)
Monthly household income level		<i>p</i> =0.005		<i>p</i> =0.468
Low	185(16.9)	120(28.0)	212(28.4)	57(26.0)
Middle low	222(23.1)	92(26.1)	192(28.5)	48(25.5)
Middle high	210(24.8)	79(23.6)	145(21.8)	40(20.9)
High	270(35.2)	68(22.3)	143(21.3)	50(27.5)
Alcohol consumption		<i>p</i> =0.102		<i>p</i> =0.019
<1/month	177(18.0)	89(23.6)	407(56.2)	111(56.0)
1-4/month	300(33.7)	95(28.8)	223(34.7)	56(26.8)
≥2/week	410(48.3)	175(47.6)	62(9.1)	28(17.2)
Smoking status		<i>p</i> =0.708		<i>p</i> =0.365
Current smoker	534(60.4)	211(61.8)	44(7.7)	11(5.4)
Ex-smoke, Non-smoker	353(39.6)	148(38.2)	648(92.3)	184(94.6)
Walking exercise/week		<i>p</i> =0.415		<i>p</i> =0.714
No	111(13.2)	48(15.0)	118(16.7)	32(17.3)
1-2	145(17.5)	45(13.8)	94(13.4)	30(16.1)
≥3	631(69.3)	266(71.2)	480(69.9)	133(66.6)
Strength exercise/week		<i>p</i> =0.011		<i>p</i> =0.715
No	541(58.1)	259(69.7)	573(83.1)	160(81.6)
1-2	123(16.9)	42(13.1)	46(6.5)	15(8.4)
≥3	223(25.0)	58(17.2)	73(10.5)	20(10.0)
Calcium intake (mg/day)	595.2±13.2	513.0±22.5**	456.2±0.1	418.4±21.8
25OHD (ng/mL)	21.4±0.3	20.2±0.5*	18.2±0.3	17.1±0.4*
BUN (mg/dL)	15.8±0.1	15.6±0.2	15.2±0.1	15.0±0.2
Creatinine (mg/dL)	0.95±0.00	0.90±0.00***	0.71±0.00	0.68±0.01*

Values are presented as mean±standard error or numbers (%), N; number of subjects, Sarcopenia (-); subjects without sarcopenia, Sarcopenia (+); subjects with sarcopenia, BP; blood pressure. ASM; appendicular skeletal muscle mass, SMI; skeletal muscle index, 25OHD; 25-hydroxyvitamin D. \**p*<0.05, \*\**p*<0.01, \*\*\**p*<0.001 vs subjects without sarcopenia in each gender.

### 1.2 Comparison of bone mineral density

골밀도 검사 결과 남성에서 요추 골밀도는 근감소증이 있는 경우에  $0.890 \pm 0.008 \text{ g/cm}^2$  로 근감소증이 없는 경우의  $0.965 \pm 0.005 \text{ g/cm}^2$ 에 비해 유의하게 낮았고 여성에서는 차이가 없었다. 대퇴골 경부, 대퇴골 전체 골밀도 및 T-score는 남녀 모두에서 근감소증이 있는 경우에 유의하게 낮았고 이러한 경향은 남성에서 훨씬 두드러지게

나타났으며, 또한 남성에서는 요추골밀도 및 T-score도 근감소증이 있는 경우에 유의하게 낮았다 (Table 2).

### 1.3 Factors associated with bone mineral density according to the presence of sarcopenia

근감소증이 골밀도에 미치는 영향을 확인하기 위해 남녀 각각을 대상으로 연령, 비만도, 고지혈증, 고혈압, 흡연

Table 2. Bone mineral density and T-score according to the presence of sarcopenia aged 50 years or older in male and postmenopausal women

Variables		Men (N=1,246)		Women (N=887)	
		Sarcopenia (-) (N=887)	Sarcopenia (+) (N=359)	Sarcopenia (-) (N=692)	Sarcopenia (+) (N=195)
BMD (g/cm <sup>2</sup> )	L1-4	0.965±0.005	0.890±0.008***	0.823±0.006	0.800±0.014
	Femur neck	0.785±0.004	0.702±0.005***	0.651±0.004	0.624±0.010*
	Total femur	0.972±0.004	0.865±0.006***	0.802±0.004	0.765±0.010**
T-score	L1-4	-0.486±0.048	-1.108±0.070***	-1.583±0.057	-1.789±0.125
	Femur neck	-0.487±0.033	-1.156±0.046***	-1.418±0.044	-1.667±0.097*
	Total femur	0.234±0.031	-0.543±0.046***	-0.418±0.042	-0.746±0.093**

Values are presented as mean±standard error or numbers (%). N; number of subjects, Sarcopenia (-); subjects without sarcopenia, Sarcopenia (+); subjects with sarcopenia, BMD; bone mineral density, L1-4; 1<sup>st</sup> to 4<sup>th</sup> lumbar spines, \* $p < 0.05$ , \*\* $p < 0.01$ , \*\*\* $p < 0.001$  vs non-diabetics in each gender, ### $p < 0.001$  by  $\chi^2$ -analysis in men

Table 3. Clinical, lifestyle, and laboratory factors associated with bone mineral density by multiple regression analysis in men

	L1-4	Total femur	Femur neck
	$\beta \pm SE$	$\beta \pm SE$	$\beta \pm SE$
Age (years)	-0.001±0.001	-0.003±0.001***	-0.003±0.000***
Sarcopenia (ref: no)	-0.033±0.012**	-0.061±0.009***	-0.042±0.008***
Obesity (ref: underweight)			
Normal	0.112±0.030***	0.077±0.015***	0.048±0.017**
Obesity	0.159±0.033***	0.124±0.019***	0.087±0.020***
Hyperlipidemia (ref: no)	0.004±0.009	0.007±0.007	0.006±0.007
Hypertension (ref: no)	0.027±0.010**	0.016±0.007*	0.010±0.007
Smoking status (ref: current smoker)	0.016±0.009	0.002±0.007	0.005±0.007
Alcohol consumption (ref: <1/month)			
1-4/month	-0.006±0.012	0.005±0.010	0.004±0.010
≥2/week	-0.009±0.011	0.000±0.009	-0.005±0.009
Monthly household income level (ref: low)			
Middle low	0.022±0.014	0.019±0.010	0.024±0.010*
Middle high	0.025±0.013	0.002±0.011	0.015±0.010
High	0.050±0.013***	0.034±0.011**	0.033±0.009***
Walking exercise/week (ref: no)			
1-2	0.008±0.018	-0.008±0.013	-0.001±0.012
≥3	0.012±0.013	0.002±0.011	0.008±0.010
Strength exercise/week (ref: no)			
1-2	0.023±0.013	0.018±0.010	0.015±0.010
≥3	-0.014±0.011	-0.013±0.009	-0.011±0.008
Calcium intake (mg/day)	0.000±0.000	0.000±0.000*	0.000±0.000**
25OHD (ng/mL)	0.001±0.001	0.001±0.000*	0.001±0.000**

SE; standard error, ref; reference, L1-4; 1<sup>st</sup> to 4<sup>th</sup> lumbar spines, 25OHD; 25-hydroxyvitamin D. \* $p < 0.05$ , \*\* $p < 0.01$ , \*\*\* $p < 0.001$  vs reference.

상태, 음주상태, 월 가구소득, 1주당 걷기운동 횟수, 1주당 근력운동 횟수, 1일 칼슘섭취량, 혈중 비타민 D 농도 등을 포함하는 다중회귀분석을 시행하였다. 남성의 경우 요추, 대퇴골경부 및 대퇴골전체 골밀도는 연령이 증가할수록 감소하였고, 비만도가 증가할수록, 월가구수입이 증가할수록 골밀도가 증가하였다. 근력강화 운동은 대퇴골전체 골밀도를 증가시키는 경향을 보였고, 고혈압이 있는 경우에 요추 및 대퇴골경부 골밀도가 증가하였고 칼슘섭취량 및 혈중 비타민 D 농도가 높을수록 대퇴골경부 및 대퇴골전체 골밀도가 더 높게 나타났다. 고지혈증 유무, 흡연 및 음주상태, 1주당 걷기운동 횟수 등은 골밀도에 영향을 미치지 않았다. 근감소증이 있는 경우에 이러한 변수들을 모두 조정한 상태에서도 근감소증이 없는 경우에 비해 요추, 대퇴골경부, 대퇴골전체 골밀도가 유의하게 낮았다 (Table 3, Figure 1). 여성의 경우에도 연령의 증가는 요추, 대퇴골경부 및 대퇴골전체 골밀도 감소와 관련이 있었고, 비만도의 증가는 모든 부위에서의 골밀도 증가와 관련이 있었다. 근력강화 운동은 대퇴골경부, 대퇴골전체골밀도 증가

와 관련이 있었다. 남성과 달리 여성에서는 흡연자에서 요추, 대퇴골경부 및 대퇴골골밀도가 더 낮게 나타났고, 월 가구수입, 고지혈증 유무, 고혈압 유무, 음주상태, 1주당 걷기운동 횟수, 칼슘섭취량, 혈중 비타민 D 농도 등은 골밀도에 영향을 미치지 않았다. 근감소증이 있는 경우에 이러한 변수들을 모두 조정한 후에는 근감소증 유무에 따른 요추, 대퇴골경부, 대퇴골전체 골밀도의 차이는 없었다 (Table 4, Figure 1).

#### IV. Discussion

50세 이상을 대상으로 한 본 연구에서 남성 및 여성에서의 근감소증의 유병율은 각각 28.8% 및 22.0%였다. 한국인을 대상으로 한 연구에서, 20세 이상에서 근감소증의 유병율은 남성에서 8.7%, 여성에서 11.2%로[16], 40세 이상에서는 남성에서 18.5%, 여성에서 14.6%로 보고된 바 있고, 65세 이상 한국인을 대상으로 한 연구에서는 남성

Table 4. Clinical, lifestyle, and laboratory factors associated with bone mineral density by multiple regression analysis in women

	L1-4	Total femur	Femur neck
	$\beta \pm SE$	$\beta \pm SE$	$\beta \pm SE$
Age (years)	-0.001 $\pm$ 0.001***	-0.007 $\pm$ 0.000***	-0.007 $\pm$ 0.000***
Sarcopenia (ref: no)	0.003 $\pm$ 0.015	-0.017 $\pm$ 0.009	-0.011 $\pm$ 0.009
Obesity (ref: nderweight)			
Normal	0.132 $\pm$ 0.050**	0.145 $\pm$ 0.042***	0.088 $\pm$ 0.037**
Obesity	0.184 $\pm$ 0.052***	0.187 $\pm$ 0.043***	0.120 $\pm$ 0.038***
Hyperlipidemia (ref: no)	0.008 $\pm$ 0.011	0.004 $\pm$ 0.007	0.000 $\pm$ 0.007
Hypertension (ref: no)	0.012 $\pm$ 0.012	-0.006 $\pm$ 0.007	-0.002 $\pm$ 0.007
Smoking status (ref: current smoker)	0.027 $\pm$ 0.013*	0.031 $\pm$ 0.011**	0.027 $\pm$ 0.011**
Alcohol consumption (ref: <1/month)			
1-4/month	0.004 $\pm$ 0.011	0.002 $\pm$ 0.008	0.004 $\pm$ 0.008
$\geq$ 2/week	0.010 $\pm$ 0.020	0.015 $\pm$ 0.013	0.011 $\pm$ 0.013
Monthly household income level (ref: low)			
Middle low	-0.002 $\pm$ 0.015	-0.001 $\pm$ 0.009	-0.006 $\pm$ 0.008
Middle high	-0.004 $\pm$ 0.016	-0.011 $\pm$ 0.012	-0.009 $\pm$ 0.010
High	0.014 $\pm$ 0.014	0.010 $\pm$ 0.009	0.009 $\pm$ 0.010
Walking exercise/week (ref: no)			
1-2	-0.008 $\pm$ 0.017	-0.003 $\pm$ 0.011	-0.007 $\pm$ 0.011
$\geq$ 3	0.005 $\pm$ 0.014	0.005 $\pm$ 0.009	0.002 $\pm$ 0.008
Strength exercise/week (ref: no)			
1-2	0.010 $\pm$ 0.019	-0.004 $\pm$ 0.015	0.000 $\pm$ 0.015
$\geq$ 3	0.034 $\pm$ 0.016*	0.026 $\pm$ 0.011*	0.036 $\pm$ 0.011***
Calcium intake (mg/day)	0.000 $\pm$ 0.000	0.000 $\pm$ 0.000	0.000 $\pm$ 0.000
25OHD (ng/mL)	0.001 $\pm$ 0.001	0.001 $\pm$ 0.001	0.001 $\pm$ 0.001

SE; standard error, ref; reference, L1-4; 1<sup>st</sup> to 4<sup>th</sup> lumbar spines, 25OHD; 25-hydroxyvitamin D. \* $p$ <0.05, \*\* $p$ <0.01, \*\*\* $p$ <0.001 vs reference.

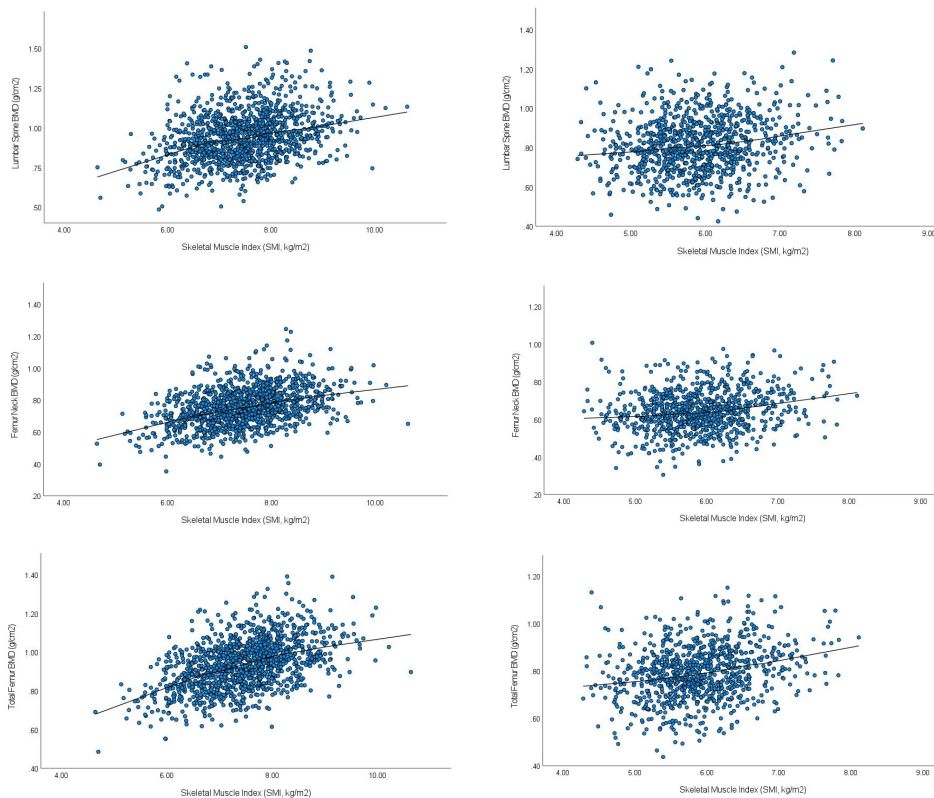


Fig. 1. Bone mineral density (BMD) according to skeletal muscle index (SMI, kg/m<sup>2</sup>) in men (left) and women (right) aged 50 years or older in Korea.

및 여성에서 각각 41.8%, 38.4%로 나타났으며[17], 본 연구 결과와 함께 종합해 보면 연령이 증가할수록 남성에서 근감소증 유병률이 증가하는데 특히 여성에 비해 남성에서 더 급격히 증가함을 알 수 있다[16]. 65세 이상 중국인 631명을 대상으로 한 최근의 연구에서도 AWGS 기준으로 정의하였을 때 나이드 남성에서 여성에 비해 근감소증 유병률이 더 높은 것으로 나타났고[18], 이 결과도 본 연구 결과와 유사하였다.

본 연구결과 근감소증이 있는 50세 이상 남성을 대상으로 다중회귀분석을 이용하여 여러가지 다양한 혼란 변수들에 대해 보정을 한 후에도 요추골밀도 및 대퇴골밀도가 근감소증이 없는 군에 비해 유의하게 낮음을 확인할 수 있었다. 하지만 여성에서는 근감소증 유무에 따른 골밀도 차이를 확인할 수 없었다. 2008-2011 KNHNES 자료를 이용한 65세 이상 노인 3,077명을 대상으로 한 연구에서 본 연구결과와 유사하게 근감소증이 있는 남성에서 근감소증이 없는 남성에 비해 골감소증 및 골다공증 발생 오즈비가 각각 2.068 (95% CI: 1.462-2.924) 및 3.247 (95% CI: 1.953-5.399)로 증가되어 있었으나 여성에서는 그렇지 않은 결과를 보여주었다[17]. KNHANES 자료를 이용해 분석한 다른 연구에서는 근감소증이 있는 경우에 골다

공증 발생 오즈비가 남성 및 여성에서 각각 3.85 및 1.75로 남녀 모두에서 증가하였으나 남성에서 골다공증과 더 관련이 있었다[19].

근감소증은 뼈 건강에 부정적인 영향을 미치는 것으로 알려져 왔고 골절 위험 증가와 관련이 있으며 이러한 연관성은 성별에 따라 차이가 있는 것으로 생각되고 있다[18]. 일반적으로 남성에서 여성에 비해 성호르몬 및 체성분의 차이에 의해 근육량이 더 많고 근력이 더 세지만, 65세 이상 남녀를 대상으로 한 김경민 등[20]의 전향적 연구에 의하면 근감소증이 남성에서 여성에 비해 더 빨리 시작하지만 골밀도에 대한 영향에는 근육양보다는 근력이 더 중요한 영향을 미치며 이러한 경향은 남성에서 더 큰 영향을 미침을 보여주었다. 근감소증은 근육량, 근력 및 신체활동 수행능력 감소 등을 고려하여 정의하는데 본 연구에서의 국민건강영양조사 자료에서는 근력 측정 자료가 없고 근육량 자료만 이용 가능하였으며, 연구 대상 또한 김경민 등[20]의 연구에서는 당뇨병 환자가 약 35% 이상을 차지하였고, 기타 악성종양, 뇌졸중, 만성폐질환 등과 같이 만성질환 환자가 다수 포함되어 있어 당뇨병을 포함한 만성질환을 포함시키지 않은 본 연구 결과와 직접 비교하기는 어려울 것으로 보이며 근감소증의 모든 지표와 골밀도와

의 관련성에 대한 추가적인 연구가 필요할 것으로 보인다.

비만은 뼈 건강 및 골다공증에 있어서 보호 효과를 갖는 것으로 생각되어 왔다[21]. 본 연구에서도 남녀 모두에서 비만도가 높을수록 요추 및 대퇴골 모든 부위에서 골밀도가 더 증가하는 소견을 보였다. 그러나 여러가지 독립변수들에 대해 보정한 후에는 근감소증이 있는 경우에 남성에서만 요추 및 대퇴골 골밀도 감소와 유의한 관련이 있었는데 이러한 결과는 50세 이상 남성에서 골밀도에 대한 근감소증의 부정적인 영향을 비만이 상쇄하지 못함을 의미한다[22]. 이와 같은 결과는 근감소증과 골밀도와의 관련성이 성별에 따라 차이가 있음을 시사한다[22].

신체 활동은 근감소증이 있는 환자에서 상하지의 근력 및 균형 감각을 증가시키는데 효과적이다. 근력운동은 근육 비대를 자극하고 신체수행능력을 개선시킴으로서 근육의 강도와 힘을 증가시킨다. 본 연구에서 걷기 운동은 남녀 모두에서 골밀도에 영향이 없었으나 근력운동은 남성 및 여성에서 골밀도 증가와 관련성을 보여 근력운동이 골밀도 증가와 관련이 있다는 기존의 연구 결과들과 유사하였다[17].

근감소증이 골절 위험을 증가시킨다는 보고들이 많지만 관련성에 대해서는 아직도 다소 논란은 있다. 65세 이상 건강한 913명의 스위스인을 대상으로 한 3년간의 연구에서 근감소증은 FRAX (Fracture Risk Assessment)에 의해 계산한 골절위험도와 무관하게 골절 발생의 예측인자로 작용하였고[23], 8년간의 미국인 남녀 노인을 대상으로 한 연구에서는 근감소증과 골다공증이 동시에 있는 경우에 근감소증만 있는 경우에 비해 골절 위험이 더 증가함을 보여주었다[24]. 한편, 65세 이상 남성 5,995명을 대상으로 12년간 추적 관찰 조사한 MrOS (The Osteoporotic Fractures in Men Study) 연구에서는 골절의 발생과 관련하여 보행속도의 저하가 골절위험 증가와 관련이 있는 것으로 나타났고 근감소증은 관련이 없었다[25]. 본 연구에서는 근력이나 보행속도 측정 자료가 없으므로 이와 관련하여서는 향후 추가적인 연구가 필요할 것으로 보인다.

근감소증과 골다공증과의 관련성에 대해 제시되는 기전들로는, 근육이 수축하면 기계적으로 뼈를 자극하는데 근감소증이 있으면 이러한 기계적인 부하를 감소시켜 골재형성이 감소하고 뼈의 형성 및 재생을 감소시켜 골소실을 일으킬 것으로 생각되고 있다[26]. 또한, 근감소증은 균형 장애 및 낙상위험의 증가 요인이며, 낙상이 발생할 경우 뼈에 대한 충격을 완화하는 보호 기능이 감소하여 골절 위험이 증가할 수 있다. 이와 같이 근육과 뼈가 모두 약해져서 골량도 감소되어 있고 근감소증도 있는 골근감소증 (osteosarcopenia)이 발생하게 되며[27], 이 경우에 남성

이든 여성이든 연령이 증가함에 따라 골절 위험은 매우 크게 증가하게 된다. 그 외에 뼈와 근육을 유지하는 여러가지 인자들의 불균형이 발생할 경우에도 근감소증이 발생할 수 있을 것으로 생각되고 있고, 비타민 D는 골대사 뿐만 아니라 근육 대사에서도 중요한 역할을 하는데[28], 본 연구에서는 근감소증이 있는 남녀 모두에서 근감소증이 없는 군에 비해 비타민 D 농도가 낮았고, 다중회귀 분석에서는 남성에서 비타민 D가 골밀도에 영향을 미치는 것으로 나타났다. 비타민 D는 무기 이온의 항상성 조절에 관여하는 중요한 스테로이드 호르몬으로서 장에서 칼슘의 흡수를 촉진시키고 뼈의 미네랄화 및 재형성을 유지하는데 중요한 역할을 하며, 비타민 D 부족은 골절 위험을 증가시킨다[29]. 한 메타분석에 의하면 비타민 D 투여시 척추골절 위험도가 37%까지 감소하는 것으로 나타났고[30], 다른 메타분석에서도 낙상 위험을 19%, 고관절골절 위험을 18%, 모든 비척추골절 위험을 20% 까지 감소시키는 것으로 보고하고 있다[31]. 낙상 및 골절, 또는 재골절을 예방하기 위해서는 적절한 혈중 비타민 D 농도를 유지해야 하는 것으로 보고되고 있고[31-33], 대한골대사학회에서는 골흡수억제제를 투여하는 경우에 혈중 비타민 D 농도를 30 ng/mL 이상 유지하도록 권고하고 있다[34]. 칼슘섭취량도 근감소증이 있는 남성에서 근감소증이 없는 남성에게 비해 유의하게 낮았고, 다중회귀분석에서도 낮은 골밀도와 관련이 있었다. 본 연구 결과 및 다른 연구 결과들을 고려할 때 향후 뼈와 근육 모두를 치료 목표로 하여 근감소증과 골다공증을 동시에 예방하고 치료하는 방법이 유용할 수 있음을 시사해주고 있다[35].

본 연구의 제한점으로는 설문조사 등의 과정에서 대상자 스스로의 기억에 의존하는 것에 따른 정보 오류의 가능성이 있고, 단면조사 연구이므로 원인-효과 관련성 확인에 어려움이 있는 한계점 등이 있을 수 있으며, 또한, 새로운 2019 AWGS 가이드라인에서는 근감소증을 진단하기 위해 근육양 뿐만 아니라 근육 강도 또는 신체 활동 수행 능력을 같이 측정하도록 제시하고 있으나 KNHANES에서는 측정되지 않았다는 점 등이 있다. 하지만 본 연구 결과의 장점은 한 지역이나 의료기관이 아닌 전국민을 대상으로 한 국가기관인 질병관리본부 주도의 국민건강영양조사 결과 자료라는 점이라고 할 수 있다.

## V. Conclusions

국민건강영양조사 자료를 이용하여 분석한 본 연구 결과 근감소증이 있는 50세 이상 성인에서 골밀도 감소와 관



련이 있었고, 특히 남성에서는 여러가지 독립변수들을 보정한 이후에도 요추 및 대퇴골 골밀도가 근감소증이 없는 군에 비해 유의하게 낮았다. 근력운동을 통한 신체활동 능력 개선 및 칼슘, 비타민 D의 충분한 보충 등을 통한 낙상 및 골절 위험 예방이 중요할 것으로 사료된다.

## REFERENCES

- [1] I. H. Rosenberg, "Sarcopenia: Origins and Clinical Relevance", *Journal of Nutrition*, Vol. 127, No. 5 Suppl. pp. 990S-991S, May 1997. DOI: 10.1093/jn/127.5.990S.
- [2] A. Gandham, J. Mesinovic, P. Jansons, A. Zengin, M. P. Bonham, P. R. Ebeling, D. Scott, "Falls, Fractures, and Areal Bone Mineral Density in Older Adults with Sarcopenic Obesity: A Systematic Review and Meta-Analysis", *Obesity Reviews*, Vol. 22, No. 5. pp. e13187, May 2021. DOI: 10.1111/obr.13187.
- [3] S. D. Anker, J. E. Morley, S. von Haehling, "Welcome to the Icd-10 Code for Sarcopenia", *Journal of Cachexia, Sarcopenia Muscle*, Vol. 7, No. 5. pp. 512-514, Dec. 2016. DOI: 10.1002/jcsm.12147.
- [4] G. Coletta, S. M. Phillips, "An Elusive Consensus Definition of Sarcopenia Impedes Research and Clinical Treatment: A Narrative Review", *Ageing Res Rev*, Vol. 86. pp. 101883, Apr. 2023. DOI: 10.1016/j.arr.2023.101883.
- [5] S. Crosignani, C. Sedini, R. Calvani, E. Marzetti, M. Cesari, "Sarcopenia in Primary Care: Screening, Diagnosis, Management", *The Journal of Frailty & Aging*, Vol. 10, No. 3. pp. 226-232, 2021. DOI: 10.14283/jfa.2020.63.
- [6] A. Zengin, B. Kulkarni, A. V. Khadilkar, N. Kajale, V. Ekbote, N. Tandon, S. K. Bhargava, H. S. Sachdev, S. Sinha, D. Scott, S. Kinra, C. H. D. Fall, P. R. Ebeling, "Prevalence of Sarcopenia and Relationships between Muscle and Bone in Indian Men and Women", *Calcified Tissue International*, Vol. 109, No. 4. pp. 423-433, Oct. 2021. DOI: 10.1007/s00223-021-00860-1.
- [7] M. Kim, C. W. Won, "Sarcopenia in Korean Community-Dwelling Adults Aged 70 Years and Older: Application of Screening and Diagnostic Tools from the Asian Working Group for Sarcopenia 2019 Update", *Journal of the American Medical Directors Association*, Vol. 21, No. 6. pp. 752-758, Jun. 2020. DOI: 10.1016/j.jamda.2020.03.018.
- [8] W. Muhlberg, C. Sieber, "Sarcopenia and Frailty in Geriatric Patients: Implications for Training and Prevention", *Zeitschrift für Gerontologie und Geriatrie*, Vol. 37, No. 1. pp. 2-8, Feb. 2004. DOI: 10.1007/s00391-004-0203-8.
- [9] A. Oliveira, C. Vaz, "The Role of Sarcopenia in the Risk of Osteoporotic Hip Fracture", *Clinical Rheumatology*, Vol. 34, No. 10. pp. 1673-1680, Oct. 2015. DOI: 10.1007/s10067-015-2943-9.
- [10] X. Zhang, P. Huang, Q. Dou, C. Wang, W. Zhang, Y. Yang, J. Wang, X. Xie, J. Zhou, Y. Zeng, "Falls among Older Adults with Sarcopenia Dwelling in Nursing Home or Community: A Meta-Analysis", *Clinical Nutrition*, Vol. 39, No. 1. pp. 33-39, Jan. 2020. DOI: 10.1016/j.clnu.2019.01.002.
- [11] A. Sharir, T. Stern, C. Rot, R. Shahar, E. Zelzer, "Muscle Force Regulates Bone Shaping for Optimal Load-Bearing Capacity During Embryogenesis", *Development*, Vol. 138, No. 15. pp. 3247-3259, Aug. 2011. DOI: 10.1242/dev.063768.
- [12] J. A. Kanis, "Assessment of Fracture Risk and Its Application to Screening for Postmenopausal Osteoporosis: Synopsis of a Who Report. Who Study Group", *Osteoporosis International*, Vol. 4, No. 6. pp. 368-381, Nov. 1994. DOI: 10.1007/BF01622200.
- [13] J.-R. Cho, "The Association between Body Composition and Bone Mineral Density in Subjects Aged 50 Years or Older in Men and Postmenopausal Women in Korea", *Journal of The Korea Society of Computer and Information* Vol. 26, No. 8. pp. 209-220, Aug. 31 2021. DOI: 10.9708/jksci.2021.26.08.209.
- [14] "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.
- [15] "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.
- [16] S. Y. Jang, J. Park, S. Y. Ryu, S. W. Choi, "Low Muscle Mass Is Associated with Osteoporosis: A Nationwide Population-Based Study", *Maturitas*, Vol. 133. pp. 54-59, Mar. 2020. DOI: 10.1016/j.maturitas.2020.01.003.
- [17] D. Y. Lee, S. Shin, "Association of Sarcopenia with Osteopenia and Osteoporosis in Community-Dwelling Older Korean Adults: A Cross-Sectional Study", *Journal of Clinical Medicine*, Vol. 11, No. 1 Dec. 27 2021. DOI: 10.3390/jcm11010129.
- [18] Y. Du, X. Wang, H. Xie, S. Zheng, X. Wu, X. Zhu, X. Zhang, S. Xue, H. Li, W. Hong, W. Tang, M. Chen, Q. Cheng, J. Sun, "Sex Differences in the Prevalence and Adverse Outcomes of Sarcopenia and Sarcopenic Obesity in Community Dwelling Elderly in East China Using the Awgs Criteria", *BMC Endocrine Disorders*, Vol. 19, No. 1. pp. 109, Oct. 25 2019. DOI: 10.1186/s12902-019-0432-x.
- [19] J. H. Chung, H. J. Hwang, H. Y. Shin, C. H. Han, "Association between Sarcopenic Obesity and Bone Mineral Density in Middle-Aged and Elderly Korean", *Annals of Nutrition and Metabolism*, Vol. 68, No. 2. pp. 77-84, 2016. DOI: 10.1159/000442004.
- [20] K. M. Kim, S. Lim, T. J. Oh, J. H. Moon, S. H. Choi, J. Y. Lim, K. W. Kim, K. S. Park, H. C. Jang, "Longitudinal Changes in Muscle Mass and Strength, and Bone Mass in Older Adults: Gender-Specific Associations between Muscle and Bone Losses", *Journals of Gerontology. Series A: Biological Sciences and*

- Medical Sciences, Vol. 73, No. 8. pp. 1062-1069, Jul. 9 2018. DOI: 10.1093/gerona/glx188.
- [21] A. F. Turcotte, S. O'Connor, S. N. Morin, J. C. Gibbs, B. M. Willie, S. Jean, C. Gagnon, "Association between Obesity and Risk of Fracture, Bone Mineral Density and Bone Quality in Adults: A Systematic Review and Meta-Analysis", *PloS One*, Vol. 16, No. 6. pp. e0252487, 2021. DOI: 10.1371/journal.pone.0252487.
- [22] A. Gandham, D. Scott, M. P. Bonham, B. Kulkarni, S. Kinra, P. R. Ebeling, A. Zengin, "Sex Differences in Bone Health among Indian Older Adults with Obesity, Sarcopenia, and Sarcopenic Obesity", *Calcified Tissue International*, Vol. 111, No. 2. pp. 152-161, Aug. 2022. DOI: 10.1007/s00223-022-00981-1.
- [23] M. Hars, E. Biver, T. Chevalley, F. Herrmann, R. Rizzoli, S. Ferrari, A. Trombetti, "Low Lean Mass Predicts Incident Fractures Independently from Frax: A Prospective Cohort Study of Recent Retirees", *Journal of Bone and Mineral Research*, Vol. 31, No. 11. pp. 2048-2056, Nov. 2016. DOI: 10.1002/jbmr.2878.
- [24] D. Chalhoub, P. M. Cawthon, K. E. Ensrud, M. L. Stefanick, D. M. Kado, R. Boudreau, S. Greenspan, A. B. Newman, J. Zmuda, E. S. Orwoll, J. A. Cauley, G. Osteoporotic Fractures in Men Study Research, "Risk of Nonspine Fractures in Older Adults with Sarcopenia, Low Bone Mass, or Both", *Journal of the American Geriatrics Society*, Vol. 63, No. 9. pp. 1733-1740, Sep. 2015. DOI: 10.1111/jgs.13605.
- [25] R. J. Harris, N. Parimi, P. M. Cawthon, E. S. Strotmeyer, R. M. Boudreau, J. S. Brach, C. K. Kwok, J. A. Cauley, "Associations of Components of Sarcopenia with Risk of Fracture in the Osteoporotic Fractures in Men (Mros) Study", *Osteoporosis International*, Vol. 33, No. 8. pp. 1815-1821, Aug. 2022. DOI: 10.1007/s00198-022-06390-2.
- [26] H. He, Y. Liu, Q. Tian, C. J. Papasian, T. Hu, H. W. Deng, "Relationship of Sarcopenia and Body Composition with Osteoporosis", *Osteoporosis International*, Vol. 27, No. 2. pp. 473-482, Feb. 2016. DOI: 10.1007/s00198-015-3241-8.
- [27] H. P. Hirschfeld, R. Kinsella, G. Duque, "Osteosarcopenia: Where Bone, Muscle, and Fat Collide", *Osteoporosis International*, Vol. 28, No. 10. pp. 2781-2790, Oct. 2017. DOI: 10.1007/s00198-017-4151-8.
- [28] R. Uchitomi, M. Oyabu, Y. Kamei, "Vitamin D and Sarcopenia: Potential of Vitamin D Supplementation in Sarcopenia Prevention and Treatment", *Nutrients*, Vol. 12, No. 10 Oct. 19 2020. DOI: 10.3390/nu12103189.
- [29] L. J. Dominguez, M. Farruggia, N. Veronese, M. Barbagallo, "Vitamin D Sources, Metabolism, and Deficiency: Available Compounds and Guidelines for Its Treatment", *Metabolites*, Vol. 11, No. 4 Apr. 20 2021. DOI: 10.3390/metabo11040255.
- [30] E. Papadimitropoulos, G. Wells, B. Shea, W. Gillespie, B. Weaver, N. Zytaruk, A. Cranney, J. Adachi, P. Tugwell, R. Josse, C. Greenwood, G. Guyatt, G. Osteoporosis Methodology, G. The Osteoporosis Research Advisory, "Meta-Analyses of Therapies for Postmenopausal Osteoporosis. Viii: Meta-Analysis of the Efficacy of Vitamin D Treatment in Preventing Osteoporosis in Postmenopausal Women", *Endocrine Reviews*, Vol. 23, No. 4. pp. 560-569, Aug. 2002. DOI: 10.1210/er.2001-8002.
- [31] H. A. Bischoff-Ferrari, "Vitamin D and Fracture Prevention", *Endocrinology and Metabolism Clinics of North America*, Vol. 39, No. 2. pp. 347-353, table of contents, Jun. 2010. DOI: 10.1016/j.ecl.2010.02.009.
- [32] U. S. P. S. T. Force, D. C. Grossman, S. J. Curry, D. K. Owens, M. J. Barry, A. B. Caughey, K. W. Davidson, C. A. Doubeni, J. W. Epling, Jr., A. R. Kemper, A. H. Krist, M. Kubik, S. Landefeld, C. M. Mangione, M. Silverstein, M. A. Simon, C. W. Tseng, "Vitamin D, Calcium, or Combined Supplementation for the Primary Prevention of Fractures in Community-Dwelling Adults: Us Preventive Services Task Force Recommendation Statement", *The Journal of the American Medical Association*, Vol. 319, No. 15. pp. 1592-1599, Apr. 17 2018. DOI: 10.1001/jama.2018.3185.
- [33] C. Roux, H. A. Bischoff-Ferrari, S. E. Papapoulos, A. E. de Papp, J. A. West, R. Bouillon, "New Insights into the Role of Vitamin D and Calcium in Osteoporosis Management: An Expert Roundtable Discussion", *Current Medical Research and Opinion*, Vol. 24, No. 5. pp. 1363-1370, May 2008. DOI: 10.1185/030079908x301857.
- [34] A. Han, Y. Park, Y. K. Lee, S. Y. Park, C. Y. Park, "Position Statement: Vitamin D Intake to Prevent Osteoporosis and Fracture in Adults", *Journal of Bone Metabolism*, Vol. 29, No. 4. pp. 205-215, Nov. 2022. DOI: 10.11005/jbm.2022.29.4.205.
- [35] M. Di Monaco, F. Vallero, R. Di Monaco, R. Tappero, "Prevalence of Sarcopenia and Its Association with Osteoporosis in 313 Older Women Following a Hip Fracture", *Archives of Gerontology and Geriatrics*, Vol. 52, No. 1. pp. 71-74, Jan.-Feb. 2011. DOI: 10.1016/j.archger.2010.02.002.

## Authors



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.



Dong Jin Chung received the B.S. M.S. and M.D. degrees in Chonnam National University Medical School, Korea, in 1988, 1991 and 1998, respectively. Dr. Chung joined the faculty of Chonnam National

University Medical School, Gwangju, Korea, in 1996. He is currently a Professor in the Department of Internal Medicine in Chonnam National University Medical School. He is interested in endocrine diseases including bone metabolism.