

# 2009–2011 국민건강영양조사를 이용한 비타민 D와 골근감소증 사이의 관련성

박민선<sup>1</sup>, 박 종<sup>2</sup>, 류소연<sup>2</sup>, 최성우<sup>2</sup>

<sup>1</sup>조선대학교 보건대학원 보건학과 석사과정, <sup>2</sup>조선대학교 의과대학 예방의학교실 교수

## 25-Hydroxyvitamin D is Associated with Osteosarcopenia: the 2009-2011 Korea National Health and Nutrition Examination Survey

Min-Sun Park<sup>1</sup>, Jong Park<sup>2</sup>, So-Yeon Ryu<sup>2</sup>, Seong-Woo Choi<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Graduate Student, Department of Public Health, Graduate School of Health Science, Chosun University, Gwangju; <sup>2</sup>Professor, Department of Preventive Medicine, Chosun University Medical School, Gwangju, Korea

**Objectives:** This study was conducted to identify the association among vitamin D and osteoporosis, sarcopenia, osteosarcopenia in adults  $\geq 50$  years old using the 2009-2011 Korea National Health and Nutrition Survey. **Methods:** This study involved 6,635 (2,908 males and 3,727 females) participants in the 2009-2011 KNHANES aged 50 years or older. Bone mineral density and appendicular skeletal muscle mass (ASM) was measured by dual X-ray absorptiometry. Sarcopenia was defined as an ASM divided by body mass index (BMI) (ASM [kg] $\div$ BMI [kg/m<sup>2</sup>]) value of  $< 0.789$  in males and  $< 0.512$  in females and osteoporosis was defined as T-score  $< -2.5$  at lumbar or femur neck. Osteosarcopenia was defined as having osteoporosis and sarcopenia. **Results:** After adjusting for covariates and parathyroid hormone, the level of vitamin D was negatively associated with osteoporosis at femur neck (odds ratio [OR] 1.68, 95% confidence interval [CI] 1.02-2.77 for  $< 10.0$  vs.  $\geq 30.0$ , OR 1.45, 95% CI 1.02-2.06 for 10.0-19.9 vs.  $\geq 30.0$ ) sarcopenia (OR 1.92, 95% CI 1.11-3.34 for  $< 10.0$  vs.  $\geq 30.0$ ) and osteosarcopenia (OR 2.28, 95% CI 1.06-4.90 for  $< 10.0$  vs.  $\geq 30.0$ ). **Conclusions:** There were significant associations of vitamin D with osteoporosis, sarcopenia and osteosarcopenia independent of PTH in Korean adults 50 years old and over.

**Key words:** Osteoporosis, Sarcopenia, Osteosarcopenia, Vitamin D, 25(OH)D

## 서론

골다공증은 낮은 골밀도로 인해 골조직이 약화되어 뼈가 부서지기 쉬운 상태이다[1]. 미국 2005-2006년 미국 National Health and Nutrition Examination Survey (NHANES) 분석결과 50세 이상 남성 2%, 여성 10%가 골다공증이었다[2]. 2012년 우리나라 질병관리본부 보고에 의하면 50세 이상 남성 7.8%와 여성 34.9%가 골다공증인 것으로 나타나 미국보다 3배나 높았다[3].

근감소증은 나이가 들어감에 따라 발생하는 근육량 및 근력의 감소를 말한다[4]. 미국 60세 이상 노인들의 근감소증 유병률은 남성 7%, 여성 10%이었고[5], 우리나라에서는 65세 이상 남성 31.2%, 여성 8.8%가 근감소증이였다[6]. 근감소증으로 인해 낙상의 위험은 3배 증가하고 [7], 낙상으로 인한 골절의 위험성도 높아지게 된다[6]. 또한 근육량이 1 kg/m<sup>2</sup> 감소할 때마다 사망 위험이 2배 증가하는 것으로 나타나 특히 노인에서 중요한 건강 문제로 인식되고 있다[8].

그동안 근감소증과 골다공증 각각에 대해서는 많은 연구가 진행되

**Corresponding author:** Seong-Woo Choi

309 Pilmun-daero, Dong-gu, Gwangju 61452, Korea  
Tel: +82-62-230-6344, E-mail: jcsww74@hanmail.net

Received: February 7, 2020 Revised: April 8, 2020 Accepted: April 10, 2020

\*This article is a condensed form of the first author's master thesis from Chosun University.

• This study was supported by research fund from Chosun University, 2019.

No potential conflict of interest relevant to this article was reported.

**How to cite this article:**

Park MS, Park J, Ryu SY, Choi SW. 25-Hydroxyvitamin D is associated with osteosarcopenia: the 2009-2011 Korea National Health and Nutrition Examination Survey. J Health Info Stat 2020;45(2):139-146. Doi: <https://doi.org/10.21032/jhis.2020.45.2.139>

© It is identical to the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (<https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0>) which permit unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

© 2020 Journal of Health Informatics and Statistics

었지만, 근감소증과 골다공증이 각각 다른 두 개의 질환인지, 연령 증가에 따라 동일하게 나타나는 하나의 질환인지 아직 명확하지 않다 [9]. 최근 골다공증과 근감소증이 동시에 있는 경우 낙상률이 높고 입원율 및 골절 발생률이 높다고 알려져있지만, 아직 이를 골근감소증(osteosarcopenia) 혹은 근골감소증(sarco-osteopenia)이라고 할지 용어도 명확하게 정립되지 않은 상태이다[10]. 중국의 지역사회에 거주하는 65세 이상 노인들 중 골다공증과 근감소증을 모두 갖고 있는 사람들은 남성 10.4%, 여성 15.1%이었고[11], 이 경우 낙상률, 입원율 및 골절발생률이 높았다[11,12].

비타민 D는 체내 골과 칼슘대사에 중요한 역할을 하는 호르몬으로 [13] 대부분 피부가 태양광선에 노출될 때 생성된다[14]. 이러한 비타민 D의 부족은 암[15], 고혈압[16], 당뇨병[17], 심뇌혈관질환[18] 등 여러 가지 건강문제와 관련이 있다. 특히 비타민 D는 근골격계에도 영향을 미치는데, 비타민 D 결핍은 골밀도 감소를 초래하여 골다공증을 유발할 수 있는 가장 흔한 원인 중의 하나이며[19], 근육량과 근력 감소를 유발하여 근감소증 발생요인 중 하나이다[20].

이처럼 비타민 D와 골다공증이나 근감소증 각각의 관련성에 대한 연구는 많이 이루어졌으나 골다공증과 근감소증이 함께 있는 골근감소증과 비타민 D 사이의 연관성을 파악하는 연구는 거의 없었다. 또한 비타민 D와 근골격계 사이의 관계를 주로 비타민 D 결핍에 따른 부갑상샘 호르몬(Parathyroid hormone, PTH) 증가 때문으로 평가하여[21] 비타민 D 결핍의 독립적인 효과에 대한 연구도 부족하다. 따라서 본 연구는 2009-2011년 국민건강영양조사 자료를 사용하여 50세 이상 한국 성인을 대상으로 PTH를 보정하여 골근감소증과 비타민 D의 독립적인 관련성을 파악하고자 하였다.

## 연구 방법

### 연구대상

본 연구는 국민건강영양조사 제4기 3차년도인 2009년에서 제5기 1차년도인 2011년도의 원시자료를 통합하여 분석하였다. 국민건강영양조사는 건강설문조사, 검진조사, 영양조사를 통해 국민의 건강수준, 건강행태, 식품 및 영양섭취 실태에 대한 국가 및 시도 단위의 대표성과 신뢰성을 갖춘 통계를 산출하고, 이를 통해 국민건강증진종합계획의 목표 설정 및 평가, 건강증진 프로그램 개발 등 보건정책의 기초자료로 이용하고 있다[22]. 대한민국에 거주하는 모든 가구와 국민을 목표모집단으로 하였으며, 표본추출은 순환표본조사 방법을 이용하였다. 국민건강영양조사는 2009년 10,533명, 2010년 8,958명, 2011년 8,518명으로 총 27,999명 실시하였고, 이 중 50세 이상 성인은 10,372명이었다. 골밀도검사를 측정하지 않은 사람 3,296명, 비타민 D 또는 PTH 검

사를 하지 않은 사람 441명을 제외한 6,635명을 최종 연구대상으로 선정하였다.

### 연구도구

#### 대상자 특성

연구대상자의 일반적 특성 중 나이는 '50-64세', '65-74세', '75세 이상'으로 구분하였다. 가구소득은 표본가구 소득 4분위수 기준금액을 기초로 하여 '상', '중상', '중하', '하'로 구분하였고, 교육수준은 '초졸 이하', '중졸', '고졸', '대졸 이상'으로 구분하였다. 결혼 상태는 '기혼'과 '미혼/이혼/사별'로 분류하였다. 흡연 여부는 '현재 담배를 피우십니까?'라는 물음에 매일 피움, 가끔 피움으로 응답한 경우 '현재흡연자'로 구분하였고, 월간음주는 최근 1개월간 음주를 한 경우를 '음주군'으로 분류하였다. 신체활동은 격렬한 운동의 경우 한 번에 20분 이상, 주 3회 이상 했을 경우, 중등도 운동의 경우 한 번에 30분 이상, 주 5회 이상을 했을 경우, 걷기의 경우 한 번에 30분 이상, 주 5회 이상 했을 경우로 구분하여 이 셋 중에 하나라도 실천한 경우를 '신체활동 실천자'로 구분하였다. 1주일에 하루 이상 근력운동을 시행한 사람을 '근력운동 실천자'로 구분하였다. 동반질환 개수는 고혈압, 당뇨병, 뇌졸중, 관절염, 이상지질혈증, 암, 간경병증, 신부전에서 의사진단을 받은 질환의 개수를 합하여 '0개', '1개', '2개', '3개 이상'으로 분류하였다.

#### 골다공증, 근감소증, 골근감소증

골밀도는 X선 골밀도 측정기를 사용하여 이중에너지 방사선 흡수법(Dual-energy X-ray absorptiometry, DXA)으로 요추와 대퇴골 경부 골밀도를 측정하였다. 골밀도 검사에 따른 골다공증 기준은 최대골밀도 자료를 이용하여 산출된 T-score를 기준으로 하여 요추와 대퇴골 경부 중 하나라도 -2.5 이하인 경우를 골다공증으로 정의하였다.

사지근육량(appendicular skeletal muscle, ASM)도 골밀도와 동일하게 DXA로 측정하였다. ASM을 체질량지수(body mass index, BMI)로 보정(ASM [kg]/BMI [kg/m<sup>2</sup>])한 후 Sarcopenia Project에서 제시한 근감소증의 진단기준(남성 <0.789, 여성 SI <0.521)을 따라 근감소증을 정의하였다[23]. 본 연구에서는 선행연구[10]를 따라 골다공증과 근감소증이 동시에 있는 경우를 골근감소증으로 정의하였다.

#### 비타민 D와 PTH

혈중 비타민 D와 PTH는 8시간 공복 후 채혈한 혈액을 동결하여 24시간 이내에 검사하였다. 혈중 비타민 D는 25-hydroxyvitamin D 검사결과를 사용하였으며, 검사방법은 방사면역측정법(radioimmunoassay)을 이용하여 감마카운터(1470 WIZARD gamma-Counter, PerkinElmer, Finland) 장비와 25-Hydroxyvitamin D 125I RIA Kit (DiaSorin,

USA) 시약을 사용하였다. 비타민 D 수준은 <10.0 ng/mL인 경우 ‘결핍’, 10.0-19.9 ng/mL인 경우 ‘불충분’, 20.0-29.9 ng/mL인 경우 ‘충분’, ≥30 ng/mL인 경우 ‘매우 충분’으로 구분하였다[24]. PTH는 LIAISON (Diasorin, USA)을 이용하여 화학발광면역분석법(chemiluminescent immunoassay, CLIA)으로 측정되었다.

### 자료분석

자료분석은 SPSS 18.0 (SPSS Inc., Chicago, IL, USA) 프로그램을 사용하였으며, 복합표본 설계를 적용하여 분석하였다. 복합표본 설계 분석을 위해 층변수, 집락변수, 가중치를 이용하였고 가중치는 2009-2011년 자료의 결합분석을 위해 기존 가중치를 연도별 조사구수 비율로 조정하여 통합자료에 새로운 가중치를 산출하였다. 연구 대상자의 일반적 특성 중 범주형 변수는 가중되지 않은 수와 추정 퍼센트, 연속변수는 평균과 표준편차로 제시하였다. 비타민 D 수준에 따른 특성은 연속변수인 경우 분산분석을 사용하였고, 범주형 변수인 경우 Fisher의 정확도 검정법을 사용하여 분석하였다. 비타민 D와 골근감소증 사이의 관련성을 파악하기 위해 다중 로지스틱 회귀분석을 실시하였다. Model 1은 성별, 연령, 가구소득, 교육수준, 결혼상태를 보정하였고, Model 2는 Model 1의 변수와 현재흡연, 월간음주, 신체활동, 근력운동, 동반질환 개수를 보정하였으며, Model 3은 Model 2의 변수와 PTH를 보정하였다. 통계적 유의수준은 0.05 미만으로 하였다.

## 연구 결과

### 연구 대상자의 일반적 특성

연구 대상자의 일반적 특성은 Table 1과 같다. 남성은 47.4%, 여성은 52.6%이었다. 나이는 ‘50-64세’ 66.4%, ‘65-74세’ 23.3%, ‘75세 이상’ 10.3% 순이었다. 가구소득은 ‘하’가 27.9%로 가장 많았고, ‘중하’ 24.9%, ‘상’ 24.9%, ‘중상’ 22.3% 순이었고, 교육수준은 ‘초졸 이하’가 45.7%로 가장 많았고, ‘고졸’ 22.9%, ‘중졸’ 19.4%, ‘대졸 이상’ 12.1% 순이었다. 현재 흡연자는 27.9%이었고, 월간 음주자는 48.1%이었다. 신체활동을 실천한 사람은 54.4%이었고, 1주일간 근력운동을 한 사람은 25.0%이었다. 골다공증은 19.9%, 근감소증은 18.8%, 골근감소증은 5.3%이었다. 비타민 D는 결핍군 6.3%, 불충분군 53.4%, 충분군 32.3%, 매우 충분군 8.1%이었고, PTH값은 68.49 ± 0.69 pg/mL이었다.

### 비타민 D 수준에 따른 일반적 특성

비타민 D 수준에 따른 일반적 특성은 Table 2와 같다. 비타민 D 수준에 따라 일반적 특성을 비교하면, 남성의 비율은 결핍군 30.0%, 불충분군 42.5%, 충분군 55.5%, 매우 충분군 60.7%로 통계적으로 유의한

**Table 1.** General characteristics

Variables	n	Values
Number	6,635	100.0
Sex		
Male	2,908	47.4 (0.6)
Female	3,727	52.6 (0.6)
Age (y)		63.0 ± 8.8
50-64	3,827	66.4 (0.9)
65-74	2,040	23.3 (0.7)
≥ 75	768	10.3 (0.5)
Monthly household income		
Lowest	2,105	27.9 (1.0)
Medium-lowest	1,665	24.9 (0.9)
Medium-highest	1,361	22.3 (0.8)
Highest	1,429	24.9 (1.1)
Education level		
≤ Elementary school	3,259	45.7 (1.1)
Middle school	1,194	19.4 (0.6)
High school	1,400	22.9 (0.7)
≥ College	723	12.1 (0.9)
Marital status		
Single/divorce/widow	1,327	19.2 (0.7)
Married	5,297	80.8 (0.7)
Current smoking	2,105	27.9 (1.0)
Monthly drinking	2,900	48.1 (0.8)
Physical activities <sup>1</sup>	3,525	54.4 (0.9)
Muscular strength exercise (per wk)	1,511	25.0 (0.8)
Number of comorbidity <sup>2</sup>		
0	2,278	36.7 (0.7)
1	1,575	24.0 (0.7)
2	1,260	18.2 (0.5)
≥ 3	1,522	21.1 (0.6)
Osteoporosis	1,516	19.9 (0.6)
Sarcopenia	1,316	18.8 (0.8)
Osteosarcopenia	390	5.3 (0.4)
25-Hydroxyvitamin D (ng/mL)		
Deficient (< 10.0)	416	6.3 (0.5)
Insufficient (10.0-19.9)	3,586	53.4 (1.2)
Sufficient (20.0-29.9)	2,102	32.3 (1.0)
Optimal (≥ 30.0)	531	8.1 (0.7)
PTH (pg/mL)		68.49 ± 0.69

PTH, parathyroid hormone.

All values are given as number and estimated percentage (standard error) or mean ± standard deviation.

<sup>1</sup>Physical activities were indicated as ‘yes’ when the participant performed moderate or strenuous exercise or walk on a regular basis (for more than 20 min at a time and more than three times per week in the case of strenuous exercise; for more than 30 min at a time and more than five times per week in the case of moderate exercise; for more than 30 min at a time and more than five times per week in the case of walk).

<sup>2</sup>Comorbidity included hypertension, diabetes mellitus, dyslipidemia, cerebral vascular disease, arthritis, cancer, liver cirrhosis, renal insufficiency.

차이를 보였고( $p < 0.001$ ), 현재 흡연은 결핍군 16.3%, 불충분군 19.2%, 충분군 20.4%, 매우 충분군 26.6%로 유의한 차이를 보였고( $p = 0.013$ ),

**Table 2.** General characteristics of study subjects by the vitamin D levels

Variables	25-Hydroxyvitamin D (ng/mL)				p-value
	<10.0 Deficient	10.0-19.9 Insufficient	20.0-29.9 Sufficient	≥30.0 Optimal	
Male (%)	30.0 (2.7)	42.5 (1.0)	55.5 (1.4)	60.7 (2.2)	<0.001
Age (y)					0.529
50-64	64.7 (2.8)	67.2 (1.1)	66.6 (1.4)	61.7 (2.3)	
65-74	24.4 (2.3)	22.6 (0.9)	23.3 (1.2)	26.9 (2.1)	
≥75	10.9 (2.1)	10.2 (0.6)	10.1 (0.9)	11.4 (1.5)	
Monthly household income					0.114
Lowest	28.6 (2.9)	27.6 (1.1)	27.8 (1.5)	30.4 (2.4)	
Medium-lowest	23.4 (2.9)	25.1 (1.0)	24.3 (1.4)	26.9 (2.4)	
Medium-highest	26.2 (2.8)	23.1 (1.0)	20.1 (1.2)	21.9 (2.1)	
Highest	21.7 (3.4)	24.2 (1.3)	27.8 (1.5)	20.8 (2.4)	
Education level					0.225
≤Elementary school	45.7 (3.1)	44.7 (1.3)	46.0 (1.8)	50.9 (2.8)	
Middle school	19.0 (2.3)	19.9 (0.9)	18.0 (1.0)	21.3 (2.1)	
High school	24.2 (2.8)	23.3 (0.9)	22.7 (1.3)	19.5 (2.4)	
≥College	11.0 (2.3)	12.1 (0.9)	13.2 (1.2)	8.3 (1.6)	
Marital status					0.002
Single/divorce/widow	23.0 (2.1)	20.7 (0.9)	16.5 (1.1)	17.1 (2.0)	
Married	77.0 (2.1)	79.3 (0.9)	83.5 (1.1)	82.9 (2.0)	
Current smoking	16.3 (2.5)	19.2 (0.9)	20.4 (1.2)	26.6 (2.5)	0.013
Monthly drinking	35.3 (3.0)	45.3 (1.1)	53.4 (1.4)	55.0 (2.7)	<0.001
Physical activities <sup>1</sup>	51.0 (2.8)	52.7 (1.3)	56.4 (1.4)	60.4 (2.6)	0.010
Muscular strength exercise (per wk)	23.5 (2.6)	24.3 (1.0)	26.3 (1.4)	25.8 (2.6)	0.572
Number of comorbidity <sup>2</sup>					0.466
0	32.9 (2.7)	35.8 (1.1)	38.6 (1.4)	38.0 (2.4)	
1	27.8 (2.8)	23.6 (0.9)	23.5 (1.2)	25.5 (2.5)	
2	19.4 (2.3)	18.7 (0.8)	17.9 (1.0)	15.7 (2.2)	
≥3	20.0 (2.5)	21.9 (0.8)	19.9 (1.1)	20.8 (2.1)	
Osteoporosis	15.0 (2.1)	11.7 (0.6)	8.9 (0.8)	9.0 (1.3)	0.002
Sarcopenia	26.8 (3.5)	19.4 (0.9)	16.7 (1.2)	16.3 (2.4)	0.005
Osteosarcopenia	9.3 (1.9)	5.7 (0.5)	4.2 (0.6)	3.9 (1.0)	0.004
PTH (pg/mL)	81.6±2.6	70.9±0.8	63.7±0.8	61.4±1.8	<0.001

PTH, parathyroid hormone.

All values are given as number and estimated percentage (standard error) or mean ± standard deviation.

<sup>1</sup>Physical activities were indicated as 'yes' when the participant performed moderate or strenuous exercise or walk on a regular basis (for more than 20 min at a time and more than three times per week in the case of strenuous exercise; for more than 30 min at a time and more than five times per week in the case of moderate exercise; for more than 30 min at a time and more than five times per week in the case of walk).

<sup>2</sup>Comorbidity included hypertension, diabetes mellitus, dyslipidemia, cerebral vascular disease, arthritis, cancer, liver cirrhosis, renal insufficiency.

월간 음주는 결핍군 35.3%, 불충분군 45.3%, 충분군 53.4%, 매우 충분군 55.0%로 유의한 차이를 보였다( $p < 0.001$ ). 골다공증은 결핍군 15.0%, 불충분군 11.7%, 충분군 8.9%, 매우 충분군 9.0%로 유의한 차이를 보였고( $p = 0.002$ ), 근감소증은 결핍군 26.8%, 불충분군 19.4%, 충분군 16.7%, 매우 충분군 16.3%로 유의한 차이를 보였다( $p = 0.005$ ). 골근감소증은 결핍군 9.3%, 불충분군 5.7%, 충분군 4.2%, 매우 충분군 3.9%로 유의한 차이를 보였고( $p = 0.004$ ), PTH값은 결핍군 81.6±2.6 pg/mL, 불충분군 70.9±0.8 pg/mL, 충분군 63.7±0.8 pg/mL, 매우 충분군 61.4±1.8 pg/mL로 유의한 차이를 보였다( $p < 0.001$ ).

### 비타민 D 수준에 따른 골근감소증 관련성

비타민 D와 골근감소증의 관련성은 Table 3과 같다. 비타민 D와 요추 골다공증 사이의 관련성은 성별, 나이, 가구소득, 교육수준, 결혼상태를 보정하였을 때(Model 1), 통계적으로 유의하였으나(odds ratio, OR=1.57, 95% confidence interval, 95% CI=1.01-2.43 for <10.0 vs. ≥30.0) 추가적으로 현재흡연, 월간음주, 신체활동, 근력운동, 동반질환 개수, PTH를 보정하였을 때(Model 3), 통계적으로 유의하지 않았다. 비타민 D와 대퇴부 경부 골다공증 사이의 관련성은 Model 3에서도 유의하였고(OR=1.68, 95% CI=1.02-2.77 for <10.0 vs. ≥30.0, OR=1.45, 95% CI=

**Table 3.** The ORs for osteoporosis, sarcopenia, and osteosarcopenia by the vitamin D level

Variables	Vitamin D level (ng/mL)	Model 1 <sup>1</sup>	Model 2 <sup>2</sup>	Model 3 <sup>3</sup>
		Mean (SE)	Mean (SE)	Mean (SE)
Osteoporosis at lumbar	< 10.0	1.57 (1.01-2.43)	1.56 (1.00-2.44)	1.44 (0.92-2.27)
	10.0-19.9	1.26 (0.91-1.76)	1.30 (0.92-1.84)	1.25 (0.88-1.78)
	20.0-29.9	0.87 (0.63-1.21)	0.90 (0.63-1.27)	0.89 (0.63-1.25)
	≥ 30.0	ref.	ref.	ref.
Osteoporosis at femur neck	< 10.0	2.10 (1.31-3.37)	1.98 (1.22-3.22)	1.68 (1.02-2.77)
	10.0-19.9	1.55 (1.10-2.19)	1.56 (1.10-2.22)	1.45 (1.02-2.06)
	20.0-29.9	1.11 (0.76-1.62)	1.16 (0.79-1.72)	1.15 (0.78-1.69)
	≥ 30.0	ref.	ref.	ref.
Sarcopenia	< 10.0	2.08 (1.22-3.56)	2.06 (1.19-3.57)	1.92 (1.11-3.34)
	10.0-19.9	1.34 (0.91-1.99)	1.31 (0.88-1.94)	1.27 (0.86-1.87)
	20.0-29.9	1.09 (0.75-1.59)	1.06 (0.73-1.54)	1.05 (0.73-1.53)
	≥ 30.0	ref.	ref.	ref.
Osteosarcopenia	< 10.0	2.32 (1.12-4.80)	2.39 (1.13-5.08)	2.28 (1.06-4.90)
	10.0-19.9	1.49 (0.85-2.61)	1.55 (0.88-2.75)	1.53 (0.86-2.70)
	20.0-29.9	1.15 (0.64-2.06)	1.15 (0.64-2.09)	1.15 (0.64-2.08)
	≥ 30.0	ref.	ref.	ref.

SE, standard error; ref., reference.

<sup>1</sup>Adjusted by sex, age, monthly household income, education level, and marital status.

<sup>2</sup>Adjusted by Model 1 variables plus current smoking, monthly drinking, physical activity, muscular strength exercise (per week), and number of comorbidity.

<sup>3</sup>Adjusted by Model 2 variables plus PTH (parathyroid hormone).

1.02-2.06 for 10.0-19.9 vs. ≥ 30.0), 비타민 D와 근감소증 사이의 관련성도 Model 3에서 유의하였다(OR=1.92, 95% CI=1.11-3.34 for <10.0 vs. ≥ 30.0). 비타민 D와 골근감소증 사이의 관련성도 Model 3에서 유의하였다(OR=2.28, 95% CI=1.06-4.90 for <10.0 vs. ≥ 30.0).

## 고찰 및 결론

본 연구는 2009-2011년 국민건강영양조사 자료를 사용하여 50세 이상 한국 성인을 대상으로 골근감소증과 비타민 D와의 관계를 알아보았다. 연구결과 관련변수들을 보정한 후에도, 비타민 D 수준이 낮을수록 골감소증, 근감소증, 골근감소증 모두 증가하였고, 골근감소증인 경우 비타민 D와의 관련성 정도가 골감소증과 근감소증보다 높았다.

본 연구결과 50세 이상 우리나라 성인의 골근감소증 유병률은 5.3%이었다. 중국 지역사회에 거주하는 주민들을 대상으로 시행한 연구에서 65세 이상 노인 316명 중 골근감소증 유병률은 남성 10.4%, 여성 15.1%이었다[11]. 호주에서 낙상을 경험한 노인 680명을 조사한 결과 골근감소증 유병률은 38%이었다[12]. 하지만, 직접적으로 선행연구들과 골근감소증 유병률을 비교하기는 어렵다. 먼저 연구자마다 골근감소증을 골다공증+근감소증으로 정의하거나[12,25] 혹은 골감소증+근감소증으로 정의하는[11] 등 골근감소증 정의가 통일되지 않고 있다. 또한 근감소증 역시 다양한 방법으로 측정되고 있다. 어떤 연구에서는

사지 근육량을 신장의 제곱으로 보정(ASM/Height<sup>2</sup>) 하거나[20] 혹은 이를 몸무게로 보정(ASM/Weight)하고[5], 또는 체질량지수로 보정(ASM/BMI)한 후[23] 젊은 기준집단의 평균값보다 -2 SD 또는 -1 SD 미만인 경우로 정의하였다. 최근에는 단순히 근육량뿐 아니라 근육의 기능과 근력을 평가하여 근감소증 진단기준으로 사용하고 있다[26,27].

본 연구결과 모든 관련 변수들을 보정한 후, 비타민 D의 수준이 낮을수록 골다공증은 통계적으로 유의하게 증가하였다. 비타민 D와 골밀도 사이의 관련성은 많은 연구가 진행되었다. 미국 Framingham 코호트 연구에서 비타민 D 수준이 증가할수록 골밀도가 증가하였다[28]. 우리나라에서도 지역사회에 거주하는 50세 이상 주민 8,857명을 대상으로 시행된 연구결과 비타민 D가 증가할수록 골밀도 값이 증가하여 본 연구결과와 일치하였다[29].

비타민 D와 골다공증 사이의 관련성이 명확한 것과는 달리 비타민 D와 근감소증 사이의 관련성은 아직 분명하지 않다. 본 연구에서는 모든 관련 변수들을 보정한 후, 비타민 D 수준이 낮을수록 근감소증은 통계적으로 유의하게 증가하였다. 하지만, 미국 미네소타 주 667명의 지역주민을 대상으로 실시된 연구 결과 키와 몸무게를 보정했을 때 비타민 D와 근감소증은 관련성이 없었다[30]. 2009년도 국민건강영양조사 자료를 활용하여 50세 이상 성인들을 분석한 연구에서는 비타민 D 수준이 높은 군은 비타민 D 수준이 낮은 군에 비해 근감소증 발생 교차비가 0.47이었다[31]. 이렇게 비타민 D와 근감소증 사이의 관련성이

다른 가장 큰 이유는 앞에서 설명하였던 것처럼 근감소증의 정의가 선행연구마다 다르기 때문일 것으로 사료된다. 미국 미네소타 연구[30]는 사지근육량을 그대로 사용하여 평가하였고, 2009년도 국민건강영양조사 자료를 활용한 연구[31]에서는 사지근육량을 몸무게로 보정하였고, 본 연구에서는 사지근육량을 BMI로 보정하였다.

비타민 D가 어떻게 근감소증과 관련이 있는지 몇가지 설명가능한 기전이 있다. 첫째, 비타민 D PTH 경로가 근육량 감소와 관련이 있다. PTH는 혈청 칼슘 수치를 증가시키는데, 비타민 D가 부족하면 PTH의 분비가 증가하여 근세포의 칼슘 농도가 증가하고 이에 따라 사이토카인(cytokine)의 합성이 촉진되고 근육 단백질의 합성이 감소하고 분해가 증가하여 결국 근감소증이 증가한다[32,33]. 둘째, 비타민 D는 근육세포 내 비타민 D의 수용체와 결합하여 단백질 합성을 촉진시키고 근육세포를 성장시킨다[34]. 따라서 비타민 D가 결핍될 경우 근위부 근력 약화되고, type II 근 섬유에서 주로 위축 소견이 관찰된다[35]. 셋째, 염증이 근감소증 발병의 위험요인으로 알려져 있는데[36], 비타민 D는 염증수치를 낮추어 근육의 기능 약화를 예방한다[37].

본 연구결과와 비타민 D수준이 낮을수록 골근감소증은 통계적으로 유의하게 증가하였다. 비타민 D와 골근감소증 사이의 관련성을 조사한 연구는 거의 없었다. 2008-2010년 국민건강영양조사 자료를 이용한 연구에서 연구자들은 본 연구와 조금 다르게 골근감소증과 비만이 함께 있는 경우를 ‘골근감소증 비만(Osteosarcopenic obesity)’이라고 정의하여 비타민 D와 골근감소증 비만과의 관련성을 평가하였다[38]. 연구결과와 비타민 D 수준이 낮을수록 골근감소증 비만이 증가하였다. 호주에서 400명의 낙상환자들을 대상으로 실시한 연구 결과와 비타민 D는 골근감소증과 관련이 없었고, PTH가 증가할수록 골근감소증이 유의하게 증가하여[39] 본 연구결과와 달랐다. 이런 차이를 보인 이유는 대상자들이 본 연구와는 다르게 낙상환자만으로 구성된 점과 골근감소증이 골감소증+근감소증으로 정의되어 본 연구와 달랐던 점 등이 영향을 주었을 것으로 사료된다.

본 연구의 제한점은 다음과 같다. 첫째, 단면 연구의 특성상 비타민 D와 골다공증, 근감소증, 골근감소증 사이의 관련성을 선후관계로 확정할 수 없다. 둘째, 유럽과 아시아 근감소증 연구그룹은 근감소증 진단에 근육량뿐 아니라 근육의 기능과 근력을 평가하도록 가이드라인을 제정하였는데, 국민건강영양조사에서는 근육의 기능이나 근력을 측정하지 않아 본 연구에 사용할 수 없었다. 그럼에도 본 연구는 우리나라를 대표할 수 있는 국민건강영양조사 자료를 사용하여 50세 이상 성인에서 비타민 D와 골다공증, 근감소증뿐 아니라 골근감소증까지 관련성을 파악하였으므로 의미가 있다고 사료된다.

결론적으로 우리나라 50세 이상 성인에서 비타민 D가 감소함에 따라 골다공증, 근감소증, 골근감소증은 통계적으로 유의하게 증가하였

고, 골근감소증인 경우 비타민 D와의 관련성 정도가 골감소증과 근감소증보다 높았다.

## ORCID

So-Yeon Ryu <https://orcid.org/0000-0001-5006-1192>  
Jong Park <https://orcid.org/0000-0003-3353-3543>  
Seong-Woo Choi <https://orcid.org/0000-0002-6150-3934>

## REFERENCES

1. World Health Organization. Prevention and management of osteoporosis. Geneva: World Health Organization; 2003.
2. Looker AC, Melton LJ 3rd, Harris TB, Borrud LG, Shepherd JA. Prevalence and trends in low femur bone density among older US adults: NHANES 2005-2006 compared with NHANES III. *J Bone Miner Res* 2010;25(1):64-71. DOI: 10.1359/jbmr.090706
3. Lee K. Evidence-based management for osteoporosis. *J Korean Med Assoc* 2011;54(3):294-302 (Korean).
4. Rosenberg IH. Sarcopenia: origins and clinical relevance. *J Nutr* 1997; 127(5 Suppl):990S-991S. DOI: 10.1093/jn/127.5.990S
5. Janssen I, Heymsfield SB, Ross R. Low relative skeletal muscle mass (sarcopenia) in older persons is associated with functional impairment and physical disability. *J Am Geriatr Soc* 2002;50(5):889-896. DOI: 10.1046/j.1532-5415.2002.50216.x
6. Hong S, Choi WH. Clinical and physiopathological mechanism of sarcopenia. *Korean J Med* 2012;83(4):444-454 (Korean). DOI: 10.3904/kjm.2012.83.4.444
7. Visser M, Schaap LA. Consequences of sarcopenia. *Clin Geriatr Med* 2011;27(3):387-399. DOI: 10.1016/j.cger.2011.03.006
8. Roubenoff R, Parise H, Payette HA, Abad LW, D'Agostino R, Jacques PF, et al. Cytokines, insulin-like growth factor I, sarcopenia, and mortality in very old community-dwelling men and women: the Framingham Heart Study. *Am J Med* 2003;115(6):429-435. DOI: 10.1016/j.amjmed.2003.05.001
9. Reginster JY, Beaudart C, Buckinx F, Bruyère O. Osteoporosis and sarcopenia: two diseases or one?. *Curr Opin Clin Nutr Metab Care* 2016; 19(1):31-36. DOI: 10.1097/MCO.0000000000000230
10. Binkley N, Buehring B. Beyond FRAX: it's time to consider "sarcosteopenia". *J Clin Densitom* 2009;12(4):413-416. DOI: 10.1016/j.

- jocd.2009.06.004
11. Wang YJ, Wang Y, Zhan JK, Tang ZY, He JY, Tan P, et al. Sarco-Osteoporosis: prevalence and association with frailty in Chinese community-dwelling older adults. *Int J Endocrinol* 2015;2015:482940. DOI: 10.1155/2015/482940
  12. Huo YR, Suriyaarachchi P, Gomez F, Curcio CL, Boersma D, Muir SW, et al. Phenotype of osteosarcopenia in older individuals with a history of falling. *J Am Med Dir Assoc* 2015;16(4):290-295. DOI: 10.1016/j.jamda.2014.10.018
  13. Kasper DL, Braunwald E, Hauser S, Longo D, Jameson JL. Harrison's principles of internal Medicine. 16th ed. New York: McGraw-Hill Professional; 2004.
  14. Holick MF. Cancer, sunlight and vitamin D. *J Clin Transl Endocrinol* 2014;1(4):179-186. DOI: 10.1016/j.jcte.2014.10.001
  15. Gandini S, Boniol M, Haukka J, Byrnes G, Cox B, Sneyd MJ, et al. Meta-analysis of observational studies of serum 25-hydroxyvitamin D levels and colorectal, breast and prostate cancer and colorectal adenoma. *Int J Cancer* 2011;128(6):1414-1424. DOI: 10.1002/ijc.25439
  16. Naghshtabrizi B, Borzouei S, Bigvand P, Seifrabiei MA. Evaluation of the relationship between serum 25-hydroxy vitamin D and hypertension in Hamadan, Iran-A Case Control Study. *J Clin Diagn Res* 2017; 11(7):LC01-LC03. DOI: 10.7860/JCDR/2017/25522.10187
  17. Lips P, Eekhoff M, van Schoor N, Oosterwerff M, de Jongh R, Krul-Poel Y, et al. Vitamin D and type 2 diabetes. *J Steroid Biochem Mol Biol* 2017;173:280-285. DOI: 10.1016/j.jsbmb.2016.11.021
  18. Leu Agelii M, Lehtinen-Jacks S, Zetterberg H, Sundh V, Björkelund C, Lissner L. Low vitamin D status in relation to cardiovascular disease and mortality in Swedish women - Effect of extended follow-up. *Nutr Metab Cardiovasc Dis* 2017;27(12):1143-1151. DOI: 10.1016/j.numecd.2017.10.013
  19. Lips P, Duong T, Oleksik A, Black D, Cummings S, Cox D, et al. A global study of vitamin D status and parathyroid function in postmenopausal women with osteoporosis: baseline data from the multiple outcomes of raloxifene evaluation clinical trial. *J Clin Endocrinol Metab* 2001;86(3):1212-1221. DOI: 10.1210/jcem.86.3.7327
  20. Baumgartner RN, Koehler KM, Gallagher D, Romero L, Heymsfield SB, Ross RR, et al. Epidemiology of sarcopenia among the elderly in New Mexico. *Am J Epidemiol* 1998;147(8):755-763. DOI: 10.1093/oxfordjournals.aje.a009520
  21. Sahota O, Munday MK, San P, Godber IM, Lawson N, Hosking DJ. The relationship between vitamin D and parathyroid hormone: calcium homeostasis, bone turnover, and bone mineral density in postmenopausal women with established osteoporosis. *Bone* 2004;35(1): 312-319. DOI: 10.1016/j.bone.2004.02.003
  22. Kweon S, Kim Y, Jang Mj, Kim Y, Kim K, Choi S, et al. Data resource profile: the Korea National Health and Nutrition Examination Survey (KNHANES). *Int J Epidemiol* 2014;43(1):69-77. DOI: 10.1093/ije/dyt228
  23. Studenski SA, Peters KW, Alley DE, Cawthon PM, McLean RR, Harris TB, et al. The FNIH sarcopenia project: rationale, study description, conference recommendations, and final estimates. *J Gerontol A Biol Sci Med Sci* 2014;69(5):547-558. DOI: 10.1093/gerona/glu010
  24. Thacher TD, Clarke BL. Vitamin D insufficiency. *Mayo Clin Proc* 2011; 86(1):50-60. DOI: 10.4065/mcp.2010.0567
  25. Huo YR, Suriyaarachchi P, Gomez F, Curcio CL, Boersma D, Gunawardene P, et al. Comprehensive nutritional status in sarco-osteoporotic older fallers. *J Nutr Health Aging* 2015;19(4):474-480. DOI: 10.1007/s12603-014-0543-z
  26. Chen LK, Liu LK, Woo J, Assantachai P, Auyeung TW, Bahyah KS, et al. Sarcopenia in Asia: consensus report of the Asian Working Group for Sarcopenia. *J Am Med Dir Assoc* 2014;15(2):95-101. DOI: 10.1016/j.jamda.2013.11.025
  27. Cruz-Jentoft AJ, Baeyens JP, Bauer JM, Boirie Y, Cederholm T, Landi F, et al. Sarcopenia: European consensus on definition and diagnosis: Report of the European Working Group on Sarcopenia in Older People. *Age Ageing* 2010;39(4):412-423. DOI: 10.1093/ageing/afq034
  28. Bischoff-Ferrari HA, Zhang Y, Kiel DP, Felson DT. Positive association between serum 25-hydroxyvitamin D level and bone density in osteoarthritis. *Arthritis Rheum* 2005;53(6):821-826. DOI: 10.1002/art.21601
  29. Choi SW, Kweon SS, Choi JS, Rhee JA, Lee YH, Nam HS, et al. The association between vitamin D and parathyroid hormone and bone mineral density: the Dong-gu Study. *J Bone Miner Metab* 2016;34(5): 555-563. DOI: 10.1007/s00774-015-0696-9
  30. Marantes I, Achenbach SJ, Atkinson EJ, Khosla S, Melton LJ, Amin S. Is vitamin D a determinant of muscle mass and strength? *J Bone Miner Res* 2011;26(12):2860-2871. DOI: 10.1002/jbmr.510
  31. Kim MK, Baek KH, Song KH, Il Kang M, Park CY, Lee WY, et al. Vitamin D deficiency is associated with sarcopenia in older Koreans, regardless of obesity: the fourth Korea National Health and Nutrition Examination Surveys (KNHANES IV) 2009. *J Clin Endocrinol Metab*

- 2011;96(10):3250-3256. DOI: 10.1210/jc.2011-1602
32. Baczynski R, Massry SG, Magott M, el-Belbessi S, Kohan R, Brautbar N. Effect of parathyroid hormone on energy metabolism of skeletal muscle. *Kidney Int* 1985;28(5):722-727. DOI: 10.1038/ki.1985.190
33. Visser M, Pahor M, Taaffe DR, Goodpaster BH, Simonsick EM, Newman AB, et al. Relationship of interleukin-6 and tumor necrosis factor- $\alpha$  with muscle mass and muscle strength in elderly men and women: the Health ABC Study. *J Gerontol A Biol Sci Med Sci* 2002;57(5):M326-332. DOI: 10.1093/gerona/57.5.m326
34. Boland R. Role of vitamin D in skeletal muscle function. *Endocr Rev* 1986;7(4):434-448. DOI: 10.1210/edrv-7-4-434
35. Visser M, Deeg DJH, Lips P. Low vitamin D and high parathyroid hormone levels as determinants of loss of muscle strength and muscle mass (sarcopenia): the Longitudinal Aging Study Amsterdam. *J Clin Endocrinol Metab* 2003;88(12):5766-5772. DOI: 10.1210/jc.2003-030604
36. Roth SM, Metter EJ, Ling S, Ferrucci L. Inflammatory factors in age-related muscle wasting. *Curr Opin Rheumatol* 2006;18(6):625-630. DOI: 10.1097/01.bor.0000245722.10136.6d
37. Schleithoff SS, Zittermann A, Tenderich G, Berthold HK, Stehle P, Koerfer R. Vitamin D supplementation improves cytokine profiles in patients with congestive heart failure: a double-blind, randomized, placebo-controlled trial. *Am J Clin Nutr* 2006;83(4):754-759. DOI: 10.1093/ajcn/83.4.754
38. Kim J, Lee Y, Kye S, Chung YS, Lee O. Association of serum vitamin D with osteosarcopenic obesity: Korea National Health and Nutrition Examination Survey 2008-2010. *J Cachexia Sarcopenia Muscle* 2017; 8(2):259-266. DOI: 10.1002/jcsm.12154
39. Suriyaarachchi P, Gomez F, Curcio CL, Boersma D, Murthy L, Grill V, et al. High parathyroid hormone levels are associated with osteosarcopenia in older individuals with a history of falling. *Maturitas* 2018;113: 21-25. DOI: 10.1016/j.maturitas.2018.04.006