



저작자표시-비영리-변경금지 2.0 대한민국

이용자는 아래의 조건을 따르는 경우에 한하여 자유롭게

- 이 저작물을 복제, 배포, 전송, 전시, 공연 및 방송할 수 있습니다.

다음과 같은 조건을 따라야 합니다:



저작자표시. 귀하는 원저작자를 표시하여야 합니다.



비영리. 귀하는 이 저작물을 영리 목적으로 이용할 수 없습니다.



변경금지. 귀하는 이 저작물을 개작, 변형 또는 가공할 수 없습니다.

- 귀하는, 이 저작물의 재이용이나 배포의 경우, 이 저작물에 적용된 이용허락조건을 명확하게 나타내어야 합니다.
- 저작권자로부터 별도의 허가를 받으면 이러한 조건들은 적용되지 않습니다.

저작권법에 따른 이용자의 권리는 위의 내용에 의하여 영향을 받지 않습니다.

이것은 [이용허락규약\(Legal Code\)](#)을 이해하기 쉽게 요약한 것입니다.

[Disclaimer](#)

2018년 2월
석사학위논문

국민건강영양조사(2009~2010)를
활용한 한국성인 에서
비타민 D와 근감소증과의 관련성

조선대학교 보건대학원

보건학과

장대근

국민건강영양조사(2009~2010)를
활용한 한국성인 에서
비타민 D와 근감소증과의 관련성

Associations between Vitamin D and Sarcopenia
in Korean Adults; Based on 2009-2010 Korean National
Health and Nutrition Examination Survey

2019년 2월

조선대학교 보건대학원

보건학과

장대근

국민건강영양조사(2009~2010)를
활용한 한국성인 에서
비타민 D와 근감소증과의 관련성

지도교수 최 성 우

이 논문을 보건 학 석사학위신청 논문으로 제출함

2018년 10월

조선대학교 보건대학원

보 건 학 과

장 대 근

장대근의 석사학위논문을 인준함

위원장 조선대학교 교수 박 종 

위 원 조선대학교 교수 류 소 연 

위 원 조선대학교 교수 최 성 우 

2018년 11월

조선대학교 보건대학원

목 차

표 목 차	iii
ABSTRACT	iv
I. 서론	1
II. 연구 방법	3
A. 연구 대상	3
B. 조사 변수	4
1. 근감소증	4
2. 비타민 D	5
3. 일반적 특성	6
4. 건강행태 및 동반질환	7
C. 자료 분석	8
III. 연구 결과	9
A. 연구 대상자의 일반적 특성 및 건강 행태 및 질환특성	9
1. 연구 대상자의 일반적 특성	9
2. 건강 행태 및 질환특성	11
B. 비타민 D 수준에 따른 일반적 특성 및 건강행태 및 질환특성	13

1. 비타민 D 수준에 따른 일반적 특성.....	13
2. 비타민 D 수준에 따른 건강행태 및 동반질환.....	15
3. 비타민 D 수준에 따른 근감소증 관련성.....	17
4. 연령대별 비타민 D 수준에 따른 근감소증 관련성.....	19
IV. 고찰	21
V. 요약 및 결론	24
REFERENCE	25

표 목 차

Table 1. General characteristics of study subjects·····	10
Table 2. Health behaviors and comorbidity of the subjects·····	12
Table 3. General characteristics of study subjects by the vitamin D quartiles·····	14
Table 4. Health behaviors and comorbidity of the subjects by the vitamin D quartiles·····	16
Table 5. The ORs for Sarcopenia by the vitamin D quartiles·····	18
Table 6. The ORs for sarcopenia by the vitamin D quartiles stratified age group·····	20

ABSTRACT

Associations between Vitamin D and Sarcopenia in Korean Adults; Based on 2009–2010 Korean National Health and Nutrition Examination Survey

Jang, Dae-Geun

Advisor: prof. Choi Seong-Woo, M.D., Ph.D.

Department of Public Health

Graduate School of Health Science,

Chosun University

Objective: This study was conducted to identify the association between vitamin D and Sarcopenia among all adults in Korea using data from the National Health and Nutrition Survey (2009–2010).

Methods: This study was analyzed using the National Health and Nutrition Survey (2009–2010), and participants numbered 10,533 in 2009 and 8,958 in 2010 and 19,491 people participated. among them 17,729 people were adults over 20 ages. A total of 12,324 (male: 5375 men, 6949) were analyzed, excluding 4,800 people who did not measure the Appendicular Skeletal Muscle mass(ASM) and 605 people who did not perform blood tests.

Results: After revised these correction factor such as the sex, age, waist circumference, survey years, season of investigation, household income, education level, marital status, residence, occupation, smoking, high physical activity, moderate physical activity, walking physical activity, use of dietary supplements, and number of chronic disease, Sarcopenia was decreased statistically. And the decrease in Sarcopenia caused by the

increase in vitamin D appeared equally among all age groups when analysed stratified age groups.

Conclusion: An analysis using data from the National Health and Nutrition Survey 2009-2010 showed a statistically significant decrease in Sarcopenia as vitamin D increases in all adults in the country.

Keyword: Deficiency, Sarcopenia, Vitamin D, 25(OH)D,

I. 서론

연령이 증가함에 따른 중요한 변화는 골격계 뿐만 아니라, 근육 질량과 기능, 근육 힘 등의 점진적인 손실이 이루어진다는 것이며, 이러한 변화는 운동 능력의 저하로 이어지게 되면서 낙상과 골절 위험을 증가시킨다(1). 그리고 일상생활 수행 능력이 떨어져 독립성을 상실하고, 사망의 위험까지 증가시킨다(2). 이와 같이 근육의 양과 동시에 근력의 감소를 근감소증이라고 하며, 근감소증의 개념은 1989년 Irwin Rosenberg가 ‘Sarcopenia’ (그리스어 sarx: 살코기, penia: 부족) 라는 용어를 처음 도입하면서 알려졌다(3).

근감소증의 유병률은 미국에서는 60세 이상에서 남자는 7%, 여자는 10%로 나타났고(4), 국내 역학 연구에서 추산된 60세 이상 대상자의 근감소증 유병률은 남자에서 6.3%, 여자에서 4.1%이었다(5). 하지만 선행연구들에서 근감소증을 진단하는 방법이 통일되지 않아 서로 직접 비교하기에는 한계가 있다.

비타민 D는 생선이나 달걀노른자, 그리고 비타민 D가 강화된 유제품 등을 통해서도 흡수된 후(6), 비타민 D 결합 단백질(Vitamin D Binding Protein, VDBP)과 결합하여 간으로 이동하여(7), 수산화효소(Hydroxylase)에 의해 25(OH)D (25-hydroxyvitamin D) 형태로 변환되며, 이후 신장에서 수산화 과정을 거쳐 1,25(OH)2D로 전환되어 생물학적 활성을 갖게 된다(8).

비타민 D는 다양한 질환과의 관련성이 알려진 후 그 중요성이 커지고 있다. 비타민 D 결핍은 소아의 경우는 구루병, 성인에게는 골연화증(9) 같은 뼈 질환뿐 아니라 고혈압(10), 당뇨병(11), 심뇌혈관질환(12), 암(13)과도 관련성이 있다. 그뿐 아니라 비타민 D 와 근감소증 과의 관련성도 보고되고 있다. 이는 비타민 D가 부족하면 근육 세포 내 비타민 D의 수용체에 영향을 주어 단백질 합성이 감소되고 근육세포가 약화되는 것으로 설명된다(14). 하지만, 아직 일관된 연구 결과가 보고되지 않고 있다. 어떤 연구에서는 비타민 D의 수준이 낮은 그룹과 근감소증 발생에 관하여 서로 상관관계가 있지만(15), 다른 연구에서는 성별에 따라 차이를 보이는 등 아직 명확하게 밝혀지지 않은 상태이며, 대부분의 연구자들이 근감소증이 노인들만의 문제라고 생각하여 주로 노인들을 대상으로 연구를 수행하고 있지만, 근육량의 감소와 근력 감소가 반드시 노인들만의 문제라고 단정할 수 없다. 또한, 근감소증과 비타민 D

와의 관련성에 있어서도 우리나라는 비타민 D 수준이 전 세계적으로 가장 낮고 특히 젊은 사람들이 노인들보다 비타민 D 부족이 심각하다고 보고되고 있으므로(16), 비타민 D와 근감소증 과의 관련성을 파악하는 연구는 젊은 연령대를 포함한 전체 성인을 대상으로 수행할 필요가 있을 것으로 사료된다.

이에 본 연구에서는 국민건강영양조사(2009-2010) 자료를 이용하여 우리나라 전체 성인들의 비타민 D와 근감소증 사이의 관련성을 파악하고자 시행하였다.

Ⅱ. 연구 방법

A. 연구 대상

본 연구는 국민건강영양조사(2009년-2010년)자료를 이용하여 분석하였다. 국민건강영양조사를 통해 우리나라 국민의 건강 및 영양 상태에 관한 현황 및 추이를 파악하여 정책적 우선순위를 두어야 할 건강 취약집단을 선별하고, 보건 정책과 사업이 효과적으로 전달되고 있는지를 평가하는데 필요한 통계를 산출하고 있으며, 질병력과 흡연, 음주, 신체활동 등의 건강행태를 알아보는 건강 설문조사, 신체계측과 임상검사 등을 시행하는 검진조사, 영양조사로 이루어졌으며, 대상자의 생애 주기별 특성에 따라 나누어져 있으며, 1-12월까지 실시되고 있다(17).

2009-2010년 국민건강영양조사 참여자는 2009년 10,533명이었고, 2010년 8,958명으로 총 19,491명이었고, 이 중 20세 이상 성인은 17,729명이었다. 이 중 사지근육량(appendicular skeletal muscle mass, ASM) 을 측정하지 않은 사람 4,800 명과 혈액검사를 실시하지 않은 사람 605명을 제외하여 총 12,324명(남: 5,375명, 여: 6,949명)을 최종 분석하였다.

B. 조사 변수

1. 근감소증

사지 근육량(appendicular skeletal muscle mass, ASM)은 DXA(Dual X-ray Absorptiometry, QDR 4500A; Hologic Inc., Bedford, MA, USA)로 측정하였다. ASM을 BMI로 보정($ASM[kg]/BMI[kg/m^2]$)한 후 Sarcopenia Project에서 제시한 근감소증의 진단기준 (남자 <0.789 , 여자 SI <0.521)을 사용하여 근감소증을 정의하였다(18).

2. 비타민 D

본 연구에서는 혈중 비타민 D의 농도는 체내에 존재하는 비타민 D는 여러 가지 형태 중 가장 많고 안정적인 25-hydroxyvitamin D를 측정하였다. 혈액 채취는 검사 전날 저녁 8시 이후부터 최소 8시간 이상 공복인 상태에서 이루어졌다. 멸균된 일회용 주사기를 사용하여 약 5mL의 혈액을 채취하여 -75℃ 냉동고에 보관한 후 측정 시에 해동하였다. 25(OH)D 측정은 25(OH)D ¹²⁵I RIA kit(Diasorin, Stillwater, MN)을 이용하여 방사선면역 측정법 (radioimmunoassay, 이하 RIA법)으로 측정하였다. 비타민 D 수준은 <10.0ng/mL 일 경우 ‘결핍’(deficient) 10.0-19.9ng/mL 일 경우 ‘불충분’(insufficient), 20.0-29.9ng/mL 일 경우 ‘충분’(sufficient), ≥30ng/mL 일 경우 ‘아주 충분’(optimal)으로 구분하였다.

3. 일반적 특성

연구 대상자의 일반적인 특성은 성별, 나이, 키, 몸무게, 허리둘레, 조사년도, 조사시기, 가구소득, 교육수준, 결혼상태, 거주지, 직업을 이용하였다. 신장과 체중은 신장 계측기와 체중 계측기를 이용하여 측정하였으며, 허리둘레는 검사자가 줄자를 이용하여 참가자의 옆면에서 마지막 늑골 하단 및 장골능선 상단 두 지점의 정중앙을 줄자를 이용해 측정하였다. 조사시기는 봄, 여름, 가을, 겨울로 구분하였다. 가구소득은 표본가구 소득 4분위수 기준금액을 기초로 하여 '상', '중상', '중하', '하'로 구분하였고, 교육수준은 '초졸 이하', '중졸', '고졸', '대졸 이상'으로 구분하였다. 결혼 여부는 기혼, 미혼으로 분류하였고, 거주 지역은 동은 '도시', 읍·면은 '농촌'으로 구분 하였고, 직업은 직업 여부에 따라 분류하였다.

4. 건강행태 및 동반 질환

현재 흡연 여부는 ‘현재 담배를 피우십니까?’라는 문항에 매일 피움, 가끔 피움으로 응답한 경우 ‘예’ 로, 과거에는 피웠으나 현재는 피우지 않거나 피운 적 없으므로 응답한 경우 ‘아니오’로 구분하였다. 현재 음주 여부는 최근 1개월 동안의 음주 여부로 구분하였다. 고강도 신체활동은 평소보다 매우 힘들거나 숨이 가쁜 격렬한 신체활동을 1회 20분 이상, 주 3일 이상 실천한 경우 ‘예’, 그렇지 않은 경우 ‘아니오’ 로 구분 하였고, 중등도 신체활동은 최근 1주일 동안 평소보다 몸이 조금 힘들거나 숨이 약간 가쁜 신체활동을 1회 30분 이상, 주 5일 이상 실천한 경우로 정의하여 ‘예’ 와 ‘아니오’ 로 구분 하였다. 걷기신체활동은 등하교, 출퇴근, 이동을 포함하여 1회 30분이상, 주 5일 실천한 경우로 정의하여 ‘예’, ‘아니오’ 로 구분하였다. 근력운동은 ‘전혀 하지 않음’, ‘1일/주’, ‘2일/주’, ‘3일 이상/주’로 구분하였다. 식이보충제 복용여부를 물어 복용한 경우 ‘예’, 복용하지 않은 경우 ‘아니오’ 로 구분하였다. 동반질환 개수는 고혈압, 당뇨병, 뇌졸중, 이상지질혈증, 심근경색증, 협심증, 뇌졸중, 암, 간경변증, 신부전으로 치료받은 경험이 있는 경우의 수를 합하여 ‘0’개, ‘1’개, ‘2’개, ‘3’개 이상으로 각각 분류하였다.

C. 자료 분석

자료 분석은 IBM SPSS 18.0 프로그램을 이용하였으며 복합표본 설계를 적용하여 분석하였다. 국민건강영양조사는 다단계 계층화 집락추출을 적용한 확률표본으로 우리나라 전체 인구에 대한 대표성을 유지하기 위해 복합표본 설계 분석을 적용할 필요가 있다. 복합표본 설계 분석을 적용하기 위해 층화 변수와 집락변수를 적용하였으며 건강설문 및 검진조사에 해당하는 가중치를 적용하였다. 연구 대상자의 특성은 가중되지 않은 수와 추정 퍼센트, 평균과 표준편차를 이용하였다. 비타민 D 결핍 군과 정상 군에서의 인구사회학적 요인, 건강관련행위 및 비만지표의 차이를 알아보기 위해 카이제곱검정을 시행하였고, 근감소증 영향을 미치는 요인을 파악하기 위해 연령층화분석을 하였으며, 로지스틱 회귀분석을 시행하였다. Model 1은 성별, 연령, 허리둘레, 검사년도, 검사시기를 보정하였고, Model 2는 Model 1에서 가구수입, 교육수준, 결혼여부, 거주지역, 직업을 추가 보정하였으며, Model 3은 Model 2에서 흡연, 고강도 신체활동, 중등도 신체활동, 걷기 신체활동, 식이보충제 복용여부, 동반질환 개수를 추가 보정하였으며, p-value <0.05인 경우를 유의하다고 하였으며 95% 신뢰 구간을 함께 표시하였다.

Ⅲ. 연구 결과

A. 연구 대상자의 일반적 특성 및 건강행태 및 질환 특성

1. 연구 대상자의 일반적 특성

연구 대상자의 일반적 특성은 Table 1과 같다. 본 연구에 포함된 대상자 중에서, 근감소증인 경우가 9.5%이었다. 평균 비타민 D 수준은 $17.8 \pm 0.2 \text{ ng/mL}$ 였으며, 조사된 남녀비는 남성 50.1%, 여성 49.9% 였다. 나이는 평균 44.9 ± 0.3 세 였고, 키는 $164.0 \pm 0.1 \text{ cm}$, 몸무게는 $63.9 \pm 0.1 \text{ kg}$, 허리둘레는 $80.9 \pm 0.2 \text{ cm}$ 였다. 조사년도는 2009년 51.9%, 2010년에는 48.1% 였으며, 조사시기는 봄이 26.2%, 여름은 25.9%, 가을은 21.8%, 겨울은 26.1% 이었다. 가구소득은 '하' 가 16.4%, '중하'는 24.8%, '중상'은 29.6%, '상'은 29.2% 이었고, 교육수준은 '초졸 이하'가 19.2%, '중졸'이 10.0%, '고졸'이 38.9%, '대졸 이상'은 31.9% 이었다. 결혼한 사람은 79.8% 이었고, 거주지가 '동' 인 사람은 79.9% 이었으며, 직업을 가지고 있는 사람은 64.9% 이었다.

Table 1. General characteristics of study subjects

Variable		N	e%(SE) or Mean±SD
Number		12,324	
Sarcopenia patient		1,454	9.5(0.5)
Vitamin D(ng/mL)			17.8±0.2
Sex	Male	5,375	50.1(0.5)
	Female	6,949	49.9(0.5)
Age(years)			44.9±0.3
	20-39	3,918	40.7(0.9)
	40-64	5,829	46.5(0.8)
	≥65	2,577	12.8(0.5)
Height(cm)			164.0±0.1
Weight(kg)			63.9±0.1
Waist circumference(cm)			80.9±0.2
Survey years	2009	6,766	51.9(1.0)
	2010	5,558	48.1(1.0)
Season of investigation	Spring	3085	26.2(2.6)
	Summer	3209	25.9(2.6)
	Fall	2934	21.8(2.3)
	Winter	3096	26.1(2.6)
Household income	Lowest	2,423	16.4(0.6)
	Medium-lowest	2,956	24.8(0.8)
	Medium-highest	3,411	29.6(0.8)
	Highest	3,392	29.2(0.9)
Education level	≤Elementary school	3,178	19.2(0.7)
	Middle school	1,391	10.0(0.3)
	High school	4,169	38.9(0.8)
	≥College	3,510	31.9(0.8)
Marital status	Married	10,663	79.8(0.7)
	Unmarried	1,643	20.2(0.7)
Residence	Urban	9,362	79.9(2.0)
	Rural	2,962	20.1(2.0)
Occupation	Yes	7,419	64.9(0.7)
	No	4,774	35.1(0.7)

e%, estimated percentage; SE, standard error.; SD. Standard deviation

2. 건강행태 및 동반 질환

연구 대상자의 건강 행태 및 질환 특성의 결과는 Table 2와 같다. 흡연자는 27.0%이었고, 음주를 하는 사람은 59.8%이었다. 고강도 신체활동을 실천하고 있는 사람은 17.4%이었고, 중등도 신체활동을 실천하고 있는 사람은 12.4%이었다. 걷기를 실천하고 있는 사람은 43.7%이었고, 근력운동을 하지 않는 사람은 71.1%이었다. 식이보충제를 복용하고 있는 사람은 35.2%이었고, 동반 질환 개수는 '0'개가 63.7%, '1'개는 22.8%, '2'개는 9.7%, '3'개 이상은 3.9%이었다.

Table 2. Health behaviors and comorbidity of the subjects

Variable		N	e%(SE)
Smoking	Yes	2,679	27.0(0.5)
	No	9,575	73.0(0.5)
Drinking	Yes	6,608	59.8(0.7)
	No	5,602	40.2(0.7)
High physical activities	Yes	1,941	17.4(0.5)
	No	10,314	82.6(0.5)
Moderate physical activities	Yes	1,582	12.4(0.5)
	No	10,673	87.6(0.5)
Walking physical activities	Yes	5,261	43.7(0.6)
	No	6,992	56.3(0.6)
Muscular strength exercise (day/week)			
	No	9,095	71.1(0.6)
	1 day	714	6.8(0.3)
	2 day	714	6.8(0.3)
	≥3	1,736	15.3(0.4)
Use of dietary supplements	Yes	4,368	35.2(0.6)
	No	7,298	64.8(0.6)
Number of chronic disease*	0	7,041	63.7 (0.7)
	1	3,077	22.8 (0.5)
	2	1,502	9.7 (0.4)
	≥3	652	3.9 (0.2)

e%, estimated percentage; SE, standard error.

*Chronic diseases were included HTN, DM, dyslipidemia, cerebral vascular disease, arthritis, cancer, liver cirrhosis, renal insufficiency, etc

B. 비타민 D 수준에 따른 일반적 특성 및 건강행태 및 동반 질환

1. 비타민 D 수준에 따른 일반적 특성

비타민 D 수준에 따른 일반적 특성은 Table 3과 같다. 비타민 D 수준이 증가함에 따라 남성의 비율과 연령과 키, 몸무게, 허리둘레가 통계적으로 유의하게 증가하였다($p < 0.001$). 비타민 D 수준이 증가함에 따라 여름과 가을에 조사를 받은 사람의 비율, 교육에서는 초등학교 미만이거나 중학교 졸업자의 비율이, 배우자가 있는 사람의 비율, 시골에 거주하는 사람의 비율, 직업이 있는 사람의 비율이 통계적으로 유의하게 증가하였다($p < 0.001$). 하지만 조사 년도는 비타민 D 수준에 따라 통계적으로 유의한 차이를 보이지 않았다 (Table 3).

Table 3. General characteristics of study subjects by the vitamin D quartiles

Variables	Vitamin D				p-value	
	Deficient <10.0	Insufficient 10.0-19.9	Sufficient 20.0-29.9	Optimal ≥30.0		
Sex	Male	30.8(1.8)	47.2(0.7)	60.2(1.1)	63.9(1.8)	<0.001
	Female	69.2(1.8)	52.8(0.7)	39.8(1.1)	36.1(1.8)	
Age(years)		41.4±0.7	43.3±0.3	48.3±0.5	52.4±0.8	<0.001
	20-39	51.7 (2.2)	45.1 (1.1)	31.1 (1.4)	20.7 (2.4)	
	40-64	37.8 (1.8)	44.2 (0.9)	52.7 (1.2)	56.4 (2.4)	
	≥65	10.4 (1.2)	10.8 (0.5)	16.2 (0.9)	22.8 (1.7)	
Height(cm)		161.8±0.4	164.1±0.2	164.4±0.2	163.9±0.4	<0.001
Weight(kg)		59.9±0.5	64.0±0.2	64.8±0.3	63.8±0.5	<0.001
Waist circumference(cm)		77.4±0.5	80.7±0.2	82.2±0.2	82.8±0.5	<0.001
Survey years	2009	52.1(3.1)	52.4(1.3)	51.1(2.0)	49.6(4.2)	0.820
	2010	47.9(3.1)	47.6(1.3)	48.9(2.0)	50.4(4.2)	
Season of investigation	Spring	36.9(4.2)	30.3(2.8)	17.0(2.3)	8.7(2.2)	<0.001
	Summer	14.9(2.5)	21.3(2.4)	37.1(3.4)	42.1(5.1)	
	Fall	8.9(1.6)	19.4(2.3)	28.2(3.0)	36.8(5.0)	
	Winter	39.3(4.3)	29(2.8)	17.7(2.4)	12.4(2.9)	
Household income	Lowest	17.8(1.8)	15.1(0.7)	18.0(1.0)	21.6(2.0)	0.001
	Medium-lowest	22.4(1.9)	24.6(0.9)	25.3(1.2)	28.9(2.0)	
	Medium-highest	32.3(2.2)	30.4(0.9)	27.4(1.1)	25.8(2.0)	
	Highest	27.5(2.4)	29.9(1.1)	29.3(1.4)	23.7(2.1)	
Education level	≤Elementary school	15.2(1.4)	16.4(0.7)	24.4(1.2)	31.4(2.6)	<0.001
	Middle school	7.8(1.1)	9.2(0.4)	11.4(0.7)	16.1(1.7)	
	High school	42.4(2.2)	40.1(0.9)	36.5(1.2)	30.3(2.6)	
	≥College	34.6(2.2)	34.2(1.0)	27.6(1.2)	22.2(2.7)	
Marital status	Married	68.5(2.3)	77.7(0.9)	86.0(1.0)	90.3(1.6)	<0.001
	Unmarried	31.5(2.3)	22.3(0.9)	14.0(1.0)	9.7(1.6)	
Residence	Urban	88.5(2.2)	83.2(1.9)	72.7(2.9)	63.0(4.8)	<0.001
	Rural	11.5(2.2)	16.8(1.9)	27.3(2.9)	37.0(4.8)	
Occupation	Yes	55.2(2.0)	64.5(0.8)	67.9(1.1)	69.3(2.4)	<0.001
	No	44.8(2.0)	35.5(0.8)	32.1(1.1)	30.7(2.4)	

All values are presented as estimated percentage(standard error) or mean± standard deviation

2. 비타민 D 수준에 따른 건강행태 및 동반 질환

비타민 D 수준에 따른 건강행태 및 동반 질환은 Table 4와 같다. 비타민 D 수준에 따라 음주, 고강도 신체활동, 근력운동 하는 사람의 비율은 통계적으로 유의한 차이를 보였다($p < 0.001$). 비타민 D 수준이 증가함에 따라 중등도 신체활동을 실천하는 사람의 비율($p < 0.001$), 걷기 실천하는 사람의 비율(0.010), 식이보충제 복용하는 사람의 비율($p = 0.003$)은 통계적으로 유의하게 증가하였고, 동반 질환이 '0'개인 사람의 비율은 유의하게 감소하였다($p < 0.001$). 그러나 흡연에서는 통계적으로 유의한 차이가 없었다(Table. 4).

Table 4. Health behaviors and comorbidity of the subjects by the vitamin D quartiles

Variables	Vitamin D				p-value	
	Deficient <10.0	Insufficient 10.0-19.9	Sufficient 20.0-29.9	Optimal ≥30.0		
Smoking	Yes	24.9(1.7)	26.4 (0.7)	28.5 (1.0)	30.3 (2.2)	0.089
	No	75.1(1.7)	73.6 (0.7)	71.5 (1.0)	69.7 (2.2)	
Drinking	Yes	51.4(2.0)	59.3 (0.8)	62.9 (1.1)	62.3 (2.4)	<0.001
	No	48.6(2.0)	40.7 (0.8)	37.1 (1.1)	37.7 (2.4)	
High physical activities	Yes	13.7(1.3)	16.5 (0.6)	20.7 (0.9)	17.3 (1.7)	<0.001
	No	86.3(1.3)	83.5 (0.6)	79.3 (0.9)	82.7 (1.7)	
Moderate physical activities	Yes	9.7(1.3)	11.4 (0.5)	14.8 (0.9)	17.1 (2.2)	<0.001
	No	90.3(1.3)	88.6 (0.5)	85.2 (0.9)	82.9 (2.2)	
Walking physical activities	Yes	38.5(2.1)	43.4 (0.8)	45.3 (1.1)	47.1 (2.0)	0.010
	No	61.5(2.1)	56.6 (0.8)	54.7 (1.1)	52.9 (2.0)	
Muscular Strength Exercise(day/week)	No	74.2(2.1)	72.3 (0.7)	67.5 (1.2)	69.8 (2.3)	0.001
	1 day	6.2(1.0)	7.0 (0.4)	6.8 (0.6)	5.5 (1.0)	
	2 day	7.6(1.2)	6.4 (0.3)	7.5 (0.7)	6.7 (1.1)	
	≥3	12.0(1.4)	14.3 (0.5)	18.2 (0.9)	18.1 (1.8)	
Use of dietary supplements	Yes	29.0(2.0)	34.8 (0.8)	37.4 (1.1)	37.5 (2.6)	0.003
	No	71.0(2.0)	65.2 (0.8)	62.6 (1.1)	62.5 (2.6)	
Number of chronic disease*	0	70.1 (1.9)	66.6 (0.8)	57.4 (1.1)	51.6 (2.3)	<0.001
	1	18.4 (1.6)	21.4 (0.6)	26.0 (1.0)	29.3 (2.0)	
	2	9.0 (1.1)	8.4 (0.4)	12.0 (0.7)	13.8 (1.5)	
	≥3	2.5 (0.5)	3.6 (0.2)	4.6 (0.4)	5.3 (1.0)	

All values are presented as estimated percentage(standard error) or mean± standard deviation

*Chronic diseases were included HTN, DM, dyslipidemia, cerebral vascular disease, arthritis, cancer, liver cirrhosis, renal insufficiency, etc

3. 비타민 D 수준에 따른 근감소증 관련성

근감소증과 비타민 D와의 관련성을 파악하기 위한 공분산 분석 결과는 Table 5 와 같다. 아무 변수도 보정하지 않은 경우에는 비타민 D 수준이 증가함에 따라 근감소증이 유의한 관련성을 보이지 않았다. 하지만, 성별, 연령, 허리둘레, 검사년도, 검사시기를 보정하였을 때 (Model 1), 비타민 D 수준이 증가할수록 근감소증은 통계적으로 유의하게 감소하였으며(OR, 0.59; 95% CI, 0.44-0.80 for 10.0~19.9ng/mL vs. <10.0ng/mL; OR, 0.49; 95% CI, 0.34-0.70 for 20.0~29.9ng/mL vs. <10.0ng/mL; OR, 0.44; 95% CI, 0.26-0.74 for \geq 30.0ng/mL vs. <10.0ng/mL), 추가로 가구소득, 교육수준, 결혼여부, 거주지역, 직업을 보정하였을 때 (Model 2)와 흡연, 고강도 신체활동, 중등도 신체활동, 걷기 신체활동, 식이보충제 복용여부, 동반질환 개수를 보정한 이후에도 (Model 3) 비타민 D 수준 증가에 따른 근감소증 감소는 통계적으로 유의하였다 (OR, 0.55; 95% CI, 0.40-0.75 for 10.0~19.9ng/mL vs. <10.0ng/mL; OR, 0.47; 95% CI, 0.33-0.68 for 20.0~29.9ng/mL vs. <10.0ng/mL; OR, 0.39; 95% CI, 0.24-0.64 for \geq 30.0ng/mL vs. <10.0ng/mL).

Table 5. The ORs for Sarcopenia by the vitamin D quartiles

Vitamin D level	Non-adjusted	Model 1 ^a	Model 2 ^b	Model 3 ^c
	OR(95%CI)	OR(95%CI)	OR (95%CI)	OR(95%CI)
<10.0	reference	reference	reference	reference
10.0-19.9	0.72 (0.55-0.95)	0.59 (0.44-0.80)	0.57 (0.43-0.77)	0.55 (0.40-0.75)
20.0-29.9	0.81 (0.59-1.11)	0.49 (0.34-0.70)	0.48 (0.34-0.69)	0.47 (0.33-0.68)
≥30.0	0.87 (0.53-1.41)	0.44 (0.26-0.74)	0.43 (0.25-0.75)	0.39 (0.24-0.64)

^aAdjusted by Model 1 sex, age, waist circumference, survey years and season of investigation

^bAdjusted by Model 2 variables plus family income, education level, marital status, residence and occupation

^cAdjusted by Model 3 variables plus smoking, high physical activities, moderate physical activities, walking physical activities, dietary supplements dose and number of chronic disease

4. 연령대별 비타민 D 수준에 따른 근감소증 관련성

연령대별로 층화하여 각 연령대에서 비타민 D 수준에 따른 근감소증 관련성을 파악하기 위한 공분산 분석결과는 Table 6과 같다. 모든 관련 변수들을 보정한 후(Model 3), 20-39세에서 비타민 D 수준이 증가할수록 근감소증은 통계적으로 유의하게 감소하였다 (OR, 0.53; 95% CI, 0.29-0.97 for 10.0~19.9ng/mL vs. <10.0ng/mL; OR, 0.55; 95% CI, 0.25-1.17 for 20.0~29.9ng/mL vs. <10.0ng/mL; OR, 0.08; 95% CI, 0.01-0.68 for ≥ 30.0 ng/mL vs. <10.0ng/mL). 40-64세 에서도 비타민 D 수준이 증가할수록 근감소증은 통계적으로 유의하게 감소하였으며 (OR, 0.53; 95% CI, 0.34-0.84 for 10.0~19.9ng/mL vs. <10.0ng/mL; OR, 0.44; 95% CI, 0.26-0.74 for 20.0~29.9ng/mL vs. <10.0ng/mL; OR, 0.43; 95% CI, 0.22-0.86 for ≥ 30.0 ng/m vs. <10.0ng/mL), 65세 이상에서도 동일한 연관성을 보였다(OR, 0.59; 95% CI, 0.36-0.96 for 10.0~19.9ng/mL vs. <10.0ng/mL; OR, 0.48; 95% CI, 0.27-0.84 for 20.0~29.9ng/mL vs. <10.0ng/mL; OR, 0.37; 95% CI, 0.19-0.73 for ≥ 30.0 ng/m vs. <10.0ng/mL).

Table 6. The ORs for sarcopenia by the vitamin D quartiles stratified age group

Age	Vitamin D level (ng/mL)	Non-adjusted	Model 1 ^a	Model 2 ^b	Model 3 ^c
		OR(95%CI)	OR(95%CI)	OR (95%CI)	OR(95%CI)
20-39	<10.0	reference	reference	reference	reference
	10.0-19.9	0.74 (0.42-1.30)	0.64 (0.35-1.16)	0.58 (0.32-1.05)	0.53 (0.29-0.97)
	20.0-29.9	0.68 (0.33-1.40)	0.59 (0.27-1.28)	0.55 (0.26-1.17)	0.55 (0.25-1.17)
	≥30.0	0.09 (0.01-0.69)	0.09 (0.01-0.67)	0.08 (0.01-0.65)	0.08 (0.01-0.68)
40-64	<10.0	reference	reference	reference	reference
	10.0-19.9	0.60 (0.40-0.90)	0.56 (0.36-0.87)	0.55 (0.35-0.85)	0.53 (0.34-0.84)
	20.0-29.9	0.56 (0.34-0.91)	0.52 (0.32-0.87)	0.48 (0.29-0.80)	0.44 (0.26-0.74)
	≥30.0	0.61 (0.32-1.18)	0.56 (0.29-1.11)	0.46 (0.23-0.95)	0.43 (0.22-0.86)
≥65	<10.0	reference	reference	reference	reference
	10.0-19.9	0.67 (0.43-1.03)	0.68 (0.43-1.08)	0.63 (0.39-1.01)	0.59 (0.36-0.96)
	20.0-29.9	0.53 (0.32-0.85)	0.56 (0.33-0.94)	0.51 (0.30-0.86)	0.48 (0.27-0.84)
	≥30.0	0.40 (0.21-0.74)	0.46 (0.23-0.89)	0.43 (0.22-0.85)	0.37 (0.19-0.73)

^aAdjusted by Model 1 sex, age, waist circumference, survey years and season of investigation

^bAdjusted by Model 2 variables plus family income, education level, marital status, residence and occupation

^cAdjusted by Model 3 variables plus smoking, high physical activities, moderate physical activities, walking physical activities, dietary supplements dose and number of chronic disease

IV. 고찰

본 연구는 성인에서 근감소증과 비타민 D의 관련성을 알아보고자 일반적 특성, 건강행태 및 질환 특성을 파악하였다. 비타민 D와 근감소증은 관련 변수들을 보정한 이후에도 비타민 D 수준이 증가할수록 근감소증은 통계적으로 유의하게 감소하였다. 또한 이러한 관련성은 연령대별로 나누어 층화분석하였을 때 모든 연령대에서 비타민 D 수준이 증가할수록 근감소증은 통계적으로 유의하게 감소하였다.

본 연구에서 비타민 D 수준이 낮은 경우는 조사 계절이 봄, 겨울의 비율이 높았고, 비타민 D 수준이 높은 경우에는 조사 계절이 여름, 가을의 비율이 높았다. 이는 여름, 가을 경우 일조량이 많고, 실외 신체활동이 많은 반면, 겨울과 봄은 일조량이 적을 뿐만 아니라 추운 날씨로 인해 실외 신체활동 시간이 적기에 이런 비타민 D 수준의 차이가 생겼을 것으로 사료된다. 또한 본 연구에서 비타민 D 수준이 증가할수록 평균 연령이 통계적으로 유의하게 증가하여 젊은 연령층에서 비타민 D 수준이 낮음을 나타냈다. 한국인을 대상으로 한 비타민 D 결핍에 관한 선행연구들에서 만 20-29세 연령에서 남녀모두 결핍률이 가장 높아 본 연구와 동일한 결과를 보였다(19).

근감소증을 진단하는 방법은 다양한 방법으로 정의하였다. 어떤 연구에서는 이중 에너지 X선 흡수법(dual energy X-ray absorptiometry, DXA)을 이용하여 사지 근육량(appendicular skeletal muscle mass, ASM)을 측정하고 이를 신장의 제곱으로 보정($ASM/Height^2$) 하거나(15), 혹은 이를 몸무게로 보정($ASM/Weight$) 하고(20), 또는 신체 질량지수(body mass index, BMI)로 보정(ASM/BMI)한 후(21), 젊은 기준집단의 평균값보다 -2 SD(standard deviation) 또는 -1 SD(standard deviation) 미만인 경우로 정의하였고(22), ASM의 측정값과 공식으로 예측한 ASM의 차이로 정의하는 방법이 있다(23). 이런 정의들에서 또 하나의 문제는 젊은 기준집단을 선정하여야 하는데, 이 역시 모든 연구마다 달라 각각의 연구들을 비교하는 데 한계가 있다. 이러한 근감소증의 정의와 진단기준을 명확히 정립하고자 미국 국립보건원에서 9개의 주민 코호트 자료를 이용하여 Sarcopenia project를 수행하여 근감소증의 정의를 젊은 기준집단과의 비교 없이 단순히 ASM/BMI 값이

남자 <0.789, 여자 <0.521 인 경우를 근감소증 진단 기준으로 제시하였다 (19). 2008-2009 국민건강영양조사를 이용한 선행연구에서 근감소증을 $ASM/Weight$ 와 $ASM/Height^2$ 을 젊은 기준집단 2 SD 미만으로 각각 정의하였을 때, 40대 이상 남녀의 근감소증 유병률은 각각 9.7%, 11.8% 와 12.4%, 0.1% 이었다(24). 본 연구는 ASM/BMI 를 이용한 Sarcopenia project의 근감소증 정의(남자 <0.789, 여자 <0.521)를 이용한 결과 20대 이상의 근감소증 유병률은 9.5% 이었고, 세부 분석한 결과 40대 이상 남녀의 근감소증 유병률은 각각 12.4%, 15.5%이었다.

본 연구에서는 비타민 D 수준이 증가할수록 근감소증 수준은 감소하였고, 이는 관련 변수를 보정한 이후에도 통계적으로 유의하였다. 호주에서 50세 이상의 성인들을 대상으로 비타민 D와 근육량을 비교한 코호트 연구에서 비타민 D 수준이 낮은 군은 3년 후 추적조사에서 비타민 D 수준이 높았던 군에 비해 근감소증 발생 비율이 2-2.5배 높았다(25). 하지만, 미국에서 일반 성인을 대상으로 연구한 결과 비타민 D와 키와 몸무게를 보정한 사지근육량과 모두 관련성이 없었다(26). 국내연구에서도 안산코호트 자료를 이용하여 60세 이상 사람들을 대상으로 비타민 D와 근감소증과의 관련성을 연구하였는데, 남성에서는 관련성이 있었지만, 여성에서는 관련성이 보이지 않았다(27). 이렇게 연구마다 다양한 결과를 보이는 것은 대상자들의 인종 및 연령의 차이와 함께 근감소증을 정의하고 진단하는 방법이 다르기 때문인 것으로 사료된다.

비타민 D 부족이 근감소증을 일으키는 기전에 대한 몇 가지 설명이 있다. 첫 번째는 비타민 D-부갑상선 호르몬 경로를 통해 근감소증과 관련이 있다. 부갑상선 호르몬은 혈청 칼슘의 수준을 증가시키는데 비타민 D가 부족하면 부갑상선 호르몬의 분비가 증가하여 근 세포 내 칼슘농도가 증가하고 사이토카인이 합성이 증가되어 근육의 구조와 기능을 악화시킨다(28,29). 또한 비타민 D는 근육 세포 내 비타민 D의 수용체와 결합하여 단백질 합성을 촉진시키고 근육세포를 성장시킨다(15). 따라서 비타민 D가 결핍될 경우 근위부 근력 약화가 보고되고 있으며 조직 소견으로 type II 근 섬유에서 주로 위축 소견이 관찰된다(30). 또한 염증이 근감소증 발병의 위험요인으로 알려져 있는데(31), 비타민 D는 염증수치를 낮추어 근육의 기능 약화를 예방한다(32).

선행연구들은 주로 노인들을 대상으로 비타민 D와 근감소증과의 관련성을

평가하였다. 이는 주로 노인들에게 있어 근감소증이 흔한 문제이며, 거동능력의 감소, 낙상 및 골절 위험의 증가, 일상 활동 수행기능 및 독립적 생활능력의 감소뿐 아니라 사망위험의 증가와도 관련이 있기 때문이다(33). 하지만, 우리나라는 젊은 연령대에서 비타민 D 수준이 낮으므로 젊은 연령대를 포함한 모든 연령대에서 비타민 D와 근감소증의 관계를 파악할 필요가 있다고 사료되어 본 연구에서 비타민 D와 근감소증과의 관계를 분석한 결과, 모든 관련 변수들을 보정한 후(Model 3), 20-39세에서 비타민 D 수준이 증가할수록 근감소증은 통계적으로 유의하게 감소하였고, 40-64세에서도 비타민 D 수준이 증가할수록 근감소증은 통계적으로 유의하게 감소하였으며, 65세 이상에서도 동일한 연관성을 보였다. 특히 본 연구에서는 20-39세, 40-64세, 65세 이상으로 연령대에 따라 층화분석 하였는데, 모든 연령대에서 각각 비타민 D가 증가할수록 근감소증은 감소하였고, 관련 변수를 보정한 이후에도 통계적으로 유의하였다.

본 연구의 제한점은 첫째, 본 연구는 단면연구이므로 단면연구 특성상 선후 관계를 명확하게 밝힐 수 없다. 둘째, 근감소증 정의를 Sarcopenia project에서 제시한 기준을 사용하였는데, 주로 미국인들을 대상으로 시행된 연구들을 통해 기준을 개발하였기에 동양인인 우리나라 사람들에게는 근감소증이 과다 추정될 수 있다. 하지만 ASM/Weight 기준으로 국민건강영양조사 2008-2009 자료를 이용하여 근감소증을 정의한 연구와 근감소증 비율을 비교한 결과 크게 다르지는 않았다 (ASM/Weight : 남자 9.7%, 여자 11.8% vs 본 연구 : 남자 12.4%, 여자 15.5%). 그럼에도 불구하고 본 연구는 Sarcopenia Project에서 제시한 근감소증 진단기준을 사용하여 비타민 D가 감소할수록 근감소증이 통계적으로 유의하게 감소하였고, 이러한 관련성이 노인뿐 만 아니라 모든 연령대에서 동일하게 유지됨을 보인 것은 의미 있는 결과라고 사료된다.

V. 요약 및 결론

본 연구는 국민건강영양조사(2009-2010) 자료를 이용하여 우리나라 전체 성인들의 비타민 D와 근감소증의 관련성을 파악하고자 시행하였다. 국민건강조사(2009-2010) 참여자는 2009년 10,533명이었고, 2010년 8,958명으로 총 19,491명이었으며, 이 중에서 20세 이상 성인은 17,729명이었다. 사지 근육량(appendicular skeletal muscle mass, ASM)을 측정하지 않은 사람 4,800명과 혈액검사를 실시하지 않은 사람 605명을 제외하여 총 12,324명(남:5,375명, 여:6,949명)을 최종분석 하였다. 이중 에너지 X선 흡수법(dual energy X-ray absorptiometry, DXA)을 이용하여 사지 근육량(appendicular skeletal muscle mass, ASM)을 측정하고 이를 BMI로 보정한 후 Sarcopenia project의 진단 기준을 이용하여(남자 <0.789, 여자 <0.521) 근감소증을 정의하였다. 연구 결과 성별, 연령, 허리둘레, 검사년도, 검사시기, 가구소득, 교육수준, 결혼여부, 거주지역, 직업, 흡연, 고강도 신체활동, 중등도 신체활동, 걷기 신체활동, 식이보충제 복용여부, 동반질환 개수를 보정한 후 (Model 3) 비타민 D 수준이 증가함에 따라 근감소증은 통계적으로 유의하게 감소하였다(OR, 0.55; 95% CI, 0.40-0.75 for 10.0~19.9ng/mL vs. <10.0ng/mL; OR, 0.47; 95% CI, 0.33-0.68 for 20.0~29.9ng/mL vs. <10.0ng/mL; OR, 0.39; 95% CI, 0.24-0.64 for \geq 30.0ng/mL vs. <10.0ng/mL). 이러한 비타민 D 증가에 따른 근감소증의 감소는 연령대를 층화하여 분석하였을 때, 모든 연령층에서 동일하게 나타났다.

결론적으로 국민건강영양조사 2009-2010 자료를 이용하여 분석한 결과 우리나라 모든 성인에서 비타민 D가 증가함에 따라 근감소증은 통계적으로 유의하게 감소하였다.

REFERENCES

1. Scott D, Hayes A, Sanders KM, Aitken D, Ebeling PR, et al. Operational definitions of sarcopenia and their associations with 5-year changes in falls risk in community-dwelling middle-aged and older adults. *Osteoporos Int.* 2014 Jan;25(1):187-93
2. Tanimoto Y, Watanabe M, Sun W, Sugiura Y, Tsuda Y, et al. Association between sarcopenia and higher-level functional capacity in daily living in community-dwelling elderly subjects in Japan. *Arch Gerontol Geriatr.* 2012 Sep-Oct;55(2):e9-13.
3. Rosenberg IH. Summary comments. *Am J Clin Nutr* 1989;50:1231-33.
4. 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 May;50(5):889-96.
5. Welle S, Brooks AI, Delehanty JM, Needler N, Thornton CA. Gene expression profile of aging in human muscle. *Physiol Genomics.* 2003 Jul 7;14(2):149-59.
6. Zhang R, Naughton DP. Vitamin D in health and disease: current perspectives. *Nutr J.* 2010 Dec 8;9:65.
7. Koo HK, Lee JS, Jeong YJ, Choi SM, Kang HJ, et al. Vitamin D deficiency and changes in serum vitamin D levels with treatment among tuberculosis patients in South Korea. *Respirology.* 2012 Jul;17(5):808-13
8. Prentice A, Goldberg GR, Schoenmakers I. Vitamin D across the life

- cycle physiology and biomarkers. *Am J Clin Nutr.* 2008 Aug;88(2):500S-506S
9. Okazaki R. Update on recent progress in vitamin D research. Vitamin D insufficiency and deficiency. *Clin Calcium.* 2017;27(11):1601-1608.
 10. 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 Jul;11(7):LC01-LC03.
 11. Lips P, Eekhoff M, van Schoor N, Oosterwerff M, de Jongh R, et al. Vitamin D and type 2 diabetes. *J Steroid Biochem Mol Biol.* 2017 Oct;173:280-285.
 12. Leu Agelii M, Lehtinen-Jacks S, Zetterberg H, Sundh V, Björkelund C, et al. Low vitamin D status in relation to cardiovascular disease and mortality in Swedish women - Effect of extended follow-up. *Nutr Metab Cardiovasc Dis.* 2017 Dec;27(12):1143-1151.
 13. Gandini S, Boniol M, Haukka J, Byrnes G, Cox B, et al. Meta-analysis of observational studies of serum 25 hydro xyvitamin D levels and colorectal, breast and prostate cancer and colorectal adenoma. *Int J Cancer.* 2011 Mar 15;128(6):1414-24.
 14. Boland R. Role of vitamin D in skeletal muscle function. *Endocr Rev.* 1986 Nov;7(4):434-48.
 15. Baumgartner RN, Koehler KM, Gallagher D, RomeroL, Heymsfield SB, et al. Epidemiology of sarcopenia among the elderly in New Mexico. *Am J Epidemiol.* 1998 Apr 15;147(8):755-63.

16. Ministry of Health and Welfare. Korea Centers for Disease Control and Prevention. Korea Health Statistics 2010: Korea National Health and Nutrition Examination Survey (KNHANES V-1). Cheong won. Korea: Korea Centers for Disease Control and Prevention. 2011
17. Nam GE, Kim DH, Cho KH, Park YG, Han KD, et al. 25-Hydroxyvitamin D insufficiency is associated with cardiometabolic risk in Korean adolescents: the 2008-2009 Korea National Health and Nutrition Examination Survey (KNHANES). *Public Health Nutr.* 2014 Jan;17(1):186-94.
18. Norval M, Wulf HC. Does chronic sunscreen use reduce vitamin D production to insufficient levels? *Br J Dermatol.* 2009 Oct;161(4):732-6.
19. Nah EH, Kim SY, Cho HI, Vitamin D levels and prevalence of vitamin D deficiency associated with sex, age, region, and season in Koreans. *Lab Med Online.* 2015 Apr;5(2):84-91.
20. Lim S, Kim JH, Yoon JW, Kang SM, Choi SH, et al. Sarcopenic obesity: prevalence and association with metabolic syndrome in the Korean Longitudinal Study on Health and Aging (KLoSHA). *Diabetes Care.* 2010 Jul;33(7):1652-4.
21. Antoun S1, Baracos VE, Birdsell L, Escudier B, Sawyer MB. Low body mass index and sarcopenia associated with dose-limiting toxicity of sorafenib in patients with renal cell carcinoma. *Ann Oncol.* 2010 Aug;21(8):1594-8.
22. 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 May;50(5):889-96.

23. Delmonico MJ, Harris TB, Lee JS, Visser M, Nevitt M, et al. Health, Aging and Body Composition Study. Alternative definitions of sarcopenia, lower extremity performance, and functional impairment with aging in older men and women. *J Am Geriatr Soc.* 2007 May;55(5):769-74.
24. Kim YS, Lee Y, Chung YS, Lee DJ, Joo NS, et al. Prevalence of sarcopenia and sarcopenic obesity in the Korean population based on the Fourth Korean National Health and Nutritional Examination Surveys. *J Gerontol A Biol Sci Med Sci.* 2012 Oct;67(10):1107-13.
25. Park S, Ham JO, Lee BK. A positive association of vitamin D deficiency and sarcopenia in 50 year old women, but not men. *Clin Nutr.* 2014 Oct;33(5):900-5.
26. Marantes I, Achenbach SJ, Atkinson EJ, Khosla S, Melton LJ 3rd, et al. Is vitamin D a determinant of muscle mass and strength? *J Bone Miner Res.* 2011 Dec;26(12):2860-71.
27. Seo JA, Cho H, Eun CR, Yoo HJ, Kim SG, et al. Association between visceral obesity and sarcopenia and vitamin D deficiency in older Koreans: the Ansan Geriatric Study. *J Am Geriatr Soc.* 2012 Apr;60(4):700-6.
28. Baczyński R, Massry SG, Magott M, el-Belbessi S, Kohan R, et al. Effect of parathyroid hormone on energy metabolism of skeletal muscle. *Kidney Int.* 1985 Nov;28(5):722-7.
29. Visser M, Pahor M, Taaffe D, Goodpaster BH, Simonsick EM, et al. Relationship of interleukin-6 and tumor necrosis factor- α with

- muscle mass and muscle strength in elderly men and women: the Health ABC Study. *J Gerontol A Biol Sci Med Sci.* 2002 May;57(5):M326-32.
30. Visser M, Deeg DJ, 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 Dec;88(12):5766-72.
31. Roth SM, Metter EJ, Ling S, Ferrucci L. Inflammatory factors in age-related muscle wasting. *Curr Opin Rheumatol.* 2006 Nov;18(6):625-30.
32. Schleithoff SS, Zittermann A, Tenderich G, Berthold HK, Stehle P, et al. Vitamin D supplementation improves cytokine profiles in patients with congestive heart failure: a double-blind, randomized, placebo-controlled trial. *Am J Clin Nutr.* 2006 Apr;83(4):754-9.
33. Lauretani F, Russo CR, Bandinelli S, Bartali B, Cavazzini C, et al. Age-associated changes in skeletal muscles and their effect on mobility: an operational diagnosis of sarcopenia. *J Appl Physiol* (1985). 2003 Nov;95(5):1851-60.