

한국인 여성 노인의 단백질 섭취 수준과 근력의 상관성 연구: 국민건강영양조사 제 7기(2016-2018년) 자료를 이용하여

장 원¹⁾ · 류호경^{2)*}

¹⁾이화여자대학교 식품영양학과, 박사후연구원, ²⁾부산대학교 생활환경대학 식품영양학과, 부산대학교 생활환경연구소, 교수

Association of Low Hand Grip Strength with Protein Intake in Korean Female Elderly: based on the Seventh Korea National Health and Nutrition Examination Survey (KNHANES VII), 2016-2018

Won Jang¹⁾, Ho Kyung Ryu^{2)*}

¹⁾Postdoctoral Researcher, Department of Nutritional Science and Food Management, Ewha Womans University, Seoul, Korea
²⁾Professor, Department of Food Science and Nutrition, Pusan National University, Research Institute of Ecology, Busan, Korea

*Corresponding author

Ho Kyung Ryu
Department of Food Science and
Nutrition, Pusan National
University, 2, Busandaehak-ro
63beon-gil, Geumjeong-gu,
Busan 46241, Korea

Tel: (051) 510-7397
Fax: (051) 583-3648
E-mail: hokryu@pusan.ac.kr

Received: April 28, 2020
Revised: June 18, 2020
Accepted: June 19, 2020

ABSTRACT

Objectives: Decreasing muscle strength in old age has become a significant health problem because it increases the risk of falls or fractures and transfers to other diseases. The precise role of dietary protein intake in preventing or reducing muscle weakness is unclear. This study examined the relationship between handgrip strength and protein intake in Korean female elderly.

Methods: This was a cross-sectional study that used data from the Seventh Korean National Health and Nutrition Examination Surveys (KNHANES) on female subjects aged 65 years and older. Low handgrip strength (LHGS) was defined as a handgrip strength below than 18 kg. Dietary intake data were obtained using the 1-day 24-hour recall method. Multiple regression was performed to test whether there is an independent relationship between the grip strength and protein intake, and the association between protein intake and LHGS was confirmed through multiple logistic regression.

Results: The mean age of the 2,083 elderly females was 73.3 ± 0.1 years, and the prevalence of LHGS was 35% (n=734). Elderly women with an LHGS consumed less energy, total protein, and animal-based protein than those in the normal group. A multiple regression analysis after adjusting for covariate revealed a significant positive association between the handgrip strength and energy, protein, and animal-based protein intake. Multiple logistic regression analysis showed that the odds ratio (OR) of LHGS in female elderly with the highest quartiles of consumption of energy [OR, 0.65; 95% confidence interval (CI), 0.43-0.82; P for trend=0.004], and animal-based protein [OR, 0.59; CI, 0.40-0.87; P for trend=0.037] were significantly lower than those in the lowest quartiles.

Conclusions: The energy intake and animal-based protein intake were negatively associated with the LHGS. These results suggest that adequate energy intake and protein intake, particularly those from animal-based sources, for elderly women in Korea are beneficial in lowering the risk of LHGS.

Korean J Community Nutr 25(3): 226~235, 2020

KEY WORDS handgrip strength, sarcopenia, protein intake, animal-based protein

서 론

노화에 따른 보편적인 신체의 변화는 체지방량의 증가와 골격근 및 근력의 감소이다[1]. 노인에서의 지방량의 증가와 관련된 대사성 질환의 위험 [2, 3], 골격계의 약화로 인한 골다공증 [4, 5], 관절염 및 골절의 위험은 잘 알려져 있다 [6, 7]. 그러나 노년기의 근육량 및 근력의 약화로 인해 신체기능의 감소가 나타나는 근감소증 (sarcopenia)은 [8] 최근에서야 의학적 주목을 받기 시작하여 2016년 국제질병분류 (ICD-10-CM)에 의해 분류되었다 (코드명-M62.84) [9]. 근감소증은 전세계적 노인 인구의 4~12%에서 발생하는 것으로 보고되고 있으며 [10], 근감소증으로 인한 보행 및 일상생활 기능의 저하는 낙상 [11], 기능장애 [12], 삶의 질 저하 [13], 사망 [14]의 위험을 높이며 심혈관질환 [15] 및 대사 장애 [16]의 위험을 증가시키는 것으로 알려져 있다. 이에 근감소증은 노년기에 관리해야 할 주요 질병으로 대두되고 있어 미국을 비롯한 서구의 연구는 다수 보고되고 있으나 [17-19] 현재까지는 통일된 임상적 진단기준 조차 없으며 [20] 한국인을 비롯한 아시아 노인을 대상으로 한 연구는 부족한 실정이다 [21].

노인의 근감소증의 발생은 매우 복합적으로 신경근육전달 과정의 퇴행적 변화나 근육의 동화작용에 관여하는 호르몬 (Insulin like growth factor 1, 테스토스테론 등)의 분비 감소나 호르몬 저항성의 증가, 만성 염증의 증가 등 다양한 기전이 작용한다 [11, 12]. 근감소증 발생 예방에 영향을 주는 요인으로는 운동 [17], 영양 섭취 [18] 등이 있으며 특히 식이 요인 중 에너지 [19, 22], 단백질 [23-29] 및 항산화 영양소 [30]가 근감소증과 관련이 있는 것으로 보고되었다. 에너지의 섭취는 건강한 노인들의 근육량과 관련이 있으며 에너지 섭취의 감소는 아미노산의 적절한 공급에도 불구하고 단백질 합성의 저하를 초래하는 것으로 밝혀졌다 [19]. 따라서 노인기 신체의 근육량을 유지하기 위해서는 충분한 양의 에너지와 단백질을 섭취할 필요가 있다 [23-25]. Houston 등은 건강한 노인들의 근육 단백질의 합성을 촉진하고 근육량을 유지하거나 증가시키기 위해서 몸무게 1 kg 당 1~1.2 g의 단백질을 매일 섭취해야 한다고 제안하였다 [26]. 하루에 섭취하는 단백질의 총량과 더불어 섭취하는 단백질의 급원과 아미노산 성분이 근감소증에 영향을 미칠 수 있다. 보편적으로 체내에서 합성 할 수 없는 필수아미노산이 충분히 함유되어있는 동물성 단백질이 식물성 단백질보다 근감소에 대한 예방효과가 우수한 것으로 평가된다 [26, 27]. Sahni 등 [28]은 미국인 대상 단면연구를 통해 총 단백질과

동물성단백질, 식물성 단백질 등 급원에 따른 섭취량과 근육량, 근력의 상관성에 대해 분석한 결과 총 단백질과 동물성 단백질의 섭취가 근육량과 양의 상관성이 있었으나 식물성 단백질은 관련이 없었다. 반면 Chan 등 [29]의 중국인 대상 추적관찰 연구에서는 총 단백질이나 동물성 단백질의 섭취는 골격근량과 상관성이 없었으며 오히려 식물성 단백질의 섭취가 골격근량 감소와 유의적인 관련이 있다고 보고하였다. 즉, 연구 대상이 되는 인구집단의 단백질 섭취 수준과 주로 섭취하는 단백질 급원의 차이에 따라 근감소증과 단백질 섭취량의 관련성이 다르게 나타날 수 있다.

국내에서 이루어진 근감소증 관련 선행 연구는 주로 다른 질환과의 관련성 [31-33]이나 근육량과 근력에 영향을 미치는 것으로 여겨지는 신체의 다른 요인 [34]에 대한 연구가 많았다. 단백질과 근감소에 관해서는 Oh 등 [35]에 의해 총 단백질의 섭취량이 근감소와 관련이 있으며, Jung 등의 연구 [36]에 의해 단백질의 권장섭취량을 충족하지 못하는 경우 골격근량의 감소가 높았음이 보고된 바 있다. Kim 등 [37]은 약력에 영향을 주는 요인에 대한 분석을 수행하였으며 약력이 낮은 사람에게서 불충분한 단백질의 섭취가 높음을 보고하였다. 그러나 단백질 섭취의 총량이나 단백질 급원의 종류에 따른 분석 등 근력의 약화를 예방하거나 감소시키는데 있어서의 식이 단백질의 역할을 뒷받침할 한국인 대상 연구는 아직 불충분한 실정이다.

이에 본 연구는 한국인 여성 노인들의 단백질 섭취 수준을 평가하고 단백질의 급원별 섭취와 근력 감소 사이에 상관관계가 있는지 규명하고자 하였다.

연구 대상 및 방법

1. 연구대상

본 연구는 제 7기 국민건강영양조사 자료를 이용하였다. 조사를 완료한 24,269명 중 가중치변수가 부여된 23,162명 가운데 만 65세 이상의 여성 노인 2,730명을 대상으로 하였다. 이 중 본 연구의 주요 변수인 약력조사가 시행되지 않은 231명과 영양조사가 누락된 235명, 극단의 영양 섭취자 (1일 500 kcal 미만 혹은 5,000 kcal 이상 섭취자) 61명을 제외하였다. 또 교육·경제수준의 결측이 있는 111명과 단백질 섭취에 제한을 받는 신부전 질환자 9명을 제외하였다. 제외 기준 적용 후 총 2,083명에 대해 분석이 시행되었다. 국민건강영양조사는 질병관리본부 내 연구윤리심의위원회 (IRB)의 승인을 받아 수행되고 있으며 제 7기 국민건강영양조사의 경우 1차, 2차 연도에는 질병관리본부 연구윤리심의위원회의 의견에 따라 심의를 받지 않고 조사가 수행

되었으며 3차 연도에는 승인을 득하여 수행 되었다(IRB 승인번호: 2018-01-03-P-A).

2. 근력 측정 및 근감소증 평가

국민건강영양조사에서는 근력의 분포를 파악하기 위해 악력을 측정한다. 디지털악력계(TAKEI, Japan)를 이용하여 악력검사를 시행하였으며 양손을 번갈아서 3회씩 총 6회를 측정하였다. 본 연구에서는 주로 사용하는 손의 최대값을 최종 악력 값으로 사용하였다.

근력의 저하를 평가하는 기준으로는 Asian Working Group for Sarcopenia(AWGS)에서 제시한 2019 아시아인 근감소증 기준[38]을 적용하여 악력 18 kg 미만인 경우를 근력이 저하된 그룹(Low hand grip strength, LHGS)으로 정의하였다.

3. 영양소 및 단백질 섭취 평가

본 연구에서의 영양소 섭취량은 24시간 회상법을 이용한 영양조사 자료를 사용하여 평가하였다. 탄수화물, 단백질, 지방 등 열량영양소의 경우 적정 섭취 수준을 평가하기 위하여 일일 에너지 섭취량 중 탄수화물, 단백질, 지방의 에너지 기여비율을 산출하여 에너지 적정비율(Acceptable macro-nutrient distribution range, AMDR)과 비교하였다. 또한 총 식품섭취량과 각 식품군별 섭취량을 분석하였다.

단백질 섭취량은 하루 동안 섭취한 단백질의 총 섭취량 및 급원에 따라 동물성 단백질과 식물성 단백질의 일일 섭취량을 분석하였다. 단백질 섭취의 적정성은 2015년 한국영양학회[39]에서 제시한 한국인 영양소 섭취기준에 따라 평가하였으며, 평균필요량(estimated average requirement, EAR) 0.73 g/kg/day과 권장섭취량(recommended nutrient intake, RNI) 0.91 g/kg/day을 기준으로 기준량 이하 섭취자의 비율을 구하였다.

4. 일반사항

건강설문조사 중 나이, 성별, 가구소득, 교육수준, 흡연, 음주, 운동여부와 폐경, 만성질환에 관한 자료를 사용하였다. 가구소득은 가구소득사분위수 분류에 따라 하에 해당하는 저소득 그룹과 중하 이상의 두 그룹으로 구분하였다. 교육수준은 '초등학교 졸업 이하', '중학교 졸업 이상'으로 분류하였다. 흡연 여부는 현재 흡연 여부에 따라서 '비흡연자'와 '흡연자'로 분류하였으며 음주여부는 1년간 음주빈도 문항에 따라 최근 1년간 월 1회 이상의 음주를 한 사람을 '음주자'로 분류하였다. 운동여부는 유산소신체활동 실천 문항을 이용하여 운동실천여부를 구분하였다. 또한 검진조사 자료를 활

용하여 대상자의 신장, 체중을 이용하여 체질량지수(Body mass index, BMI)를 산출하였으며 월경여부에 따라 폐경자를 구분하였다. 만성질환은 선행연구결과 단백질 섭취와 근감소에 영향을 주는 것으로 알려진 당뇨, 암, 심뇌혈관질환 및 관절염의 유병여부로 분류하였다.

5. 통계 분석

본 연구는 2016-2018년에 수행된 제 7기 국민건강영양조사 원시자료를 통합하여 국민건강영양조사 원시자료분석 지침에서 제시한 통합 가중치를 사용하였으며, 복합표본 설계의 효과를 고려하여 분석하였다. 근력의 저하에 따른 군 간의 기본특성을 분석하기 위해 나이, 섭취량 등 연속형 변수에 대해서 평균과 표준오차를 제시하고 t-검정을 수행하였다. 근력운동여부 등 범주형 변수에 대해서는 빈도와 백분율을 제시하고 카이제곱 검정을 했다. 근력과 단백질 섭취 사이에 독립적인 관련성이 있는지 검정하기 위하여 다중선형 회귀분석을 실시하였다. 단백질 섭취 수준에 따른 근력 저하의 상관성을 검증하기 위해 섭취량을 사분위수로 나누어 로짓 회귀 분석을 시행하였다. 단변량 분석에서 상관성을 보이면서 선행연구에서 연관성이 증명된 나이, 교육·경제 수준, BMI, 총에너지섭취량, 운동여부, 음주수준, 만성질환을 교란 변수로 보정하였다. 영양소섭취량은 정규분포를 위해 로그 변환하여 분석에 사용하였다. 통계적 유의성을 판정하기 위한 유의수준은 P -value < 0.05인 경우로 설정하였으며 통계프로그램은 SAS 9.4(SAS institute INC., Cary, NC, USA)를 사용하였다. 복합표본효과를 고려한 분석에는 survey procedure를 이용하였다.

결 과

1. 연구 대상자의 일반적 특성

65세 이상 여성 노인의 근력에 따른 일반적인 특성은 Table 1과 같다. 근력이 기준 이상인 정상그룹은 1,349명, 근력이 저하된 사람은 734명(35.0%)이었다. 조사 참여자의 평균 나이는 73.3 ± 0.1 세였으며, 정상그룹 보다 근력 저하 그룹이 연령이 높았다(71.8 ± 0.2 세 VS. 75.8 ± 0.2 세, $P < 0.001$). 근력에 따른 체질량지수는 두 군간 차이가 없었다(24.7 ± 0.1 kg/m² VS. 24.4 ± 0.2 kg/m², $P=0.147$). 가구소득의 분포, 교육수준에는 유의적인 차이가 있었다. 근력이 저하된 그룹이 정상그룹에 비해 가구소득, 교육수준이 낮았다. 음주여부의 경우 정상 그룹의 음주량이 근력 저하 그룹에 비해 유의적으로 높았으며 흡연습관은 두 군간 유의적인 차이가 없었다. 운동 여부의 경우 정상 그룹이 근력 저하

Table 1. General characteristics of the subjects

	All (n=2,083)	Normal (n=1,349)	LHGS ¹⁾ (n=734)	P-value
Age (years)	73.3 ± 0.1	71.8 ± 0.2	75.8 ± 0.2	< 0.001
BMI (kg/m ²)	24.6 ± 0.1	24.7 ± 0.1	24.4 ± 0.2	0.141
Hand grip strength (kg)	19.4 ± 0.2	22.3 ± 0.1	14.4 ± 0.1	< 0.001
Low household income	1,086 (52.6)	644 (48.1)	442 (60.3)	< 0.001
Education, ≤Elementary school	1,491 (71.3)	883 (63.8)	608 (84.1)	< 0.001
Current smokers	41 (2.0)	27 (2.0)	14 (2.0)	0.976
Alcohol Intake, ≥1 drink/month	373 (17.9)	262 (20.0)	111 (14.5)	0.008
Physical activity	560 (26.6)	415 (29.8)	145 (21.2)	0.001
Chronic disease	1,123 (53.1)	717 (52.7)	406 (53.9)	0.633
Menopausal status	2,046 (98.4)	1,331 (98.6)	715 (97.9)	0.285

Mean ± SE or n (%)

1) Low handgrip strength (< 18 kg)

그룹에 비해 유산소 신체활동을 실천하는 사람의 비율이 유의하게 높았다.

2. 근력 감소에 따른 영양소 및 식품 섭취량 차이

조사 대상자의 영양소 및 식품 섭취량은 Table 2에 제시되었다. 하루에 섭취하는 총 에너지는 1,445.2±15.5 kcal

로 65세 이상 여성 노인의 하루 에너지 필요 추정량인 1,600 kcal에 미치지 못 하였다. 근력 감소 여부에 따른 열량 섭취를 살펴본 결과 근력이 저하된 그룹은 정상 그룹에 비해 하루 섭취 열량이 유의적으로 낮았다(1,512.2±19.4 g VS. 1,332.0±22.2 g, P=0.002). 일일 에너지 섭취량 중 탄수화물, 단백질, 지방의 에너지 기여비율은 73.8:13.1:14.1

Table 2. Dietary nutrient and food intakes of the subjects

	All (n=2,083)	Normal (n=1,349)	LHGS ¹⁾ (n=734)	P-value ²⁾
Total energy intake (kcal/d)	1,445.2 ± 15.5	1,512.2 ± 19.4	1,332.0 ± 22.2	0.002
Carbohydrate (%E)	73.8 ± 0.3	72.8 ± 0.4	75.6 ± 0.4	0.041
Protein (%E)	13.1 ± 0.1	13.4 ± 0.1	12.5 ± 0.2	0.026
Fat (%E)	14.1 ± 0.2	15.0 ± 0.3	12.6 ± 0.3	0.046
Total protein (g/d)	47.4 ± 0.7	50.7 ± 0.8	41.9 ± 1.0	0.016
Animal protein (g/d)	16.9 ± 0.4	18.8 ± 0.6	13.6 ± 0.7	0.021
Plant protein (g/d)	30.6 ± 0.4	32.0 ± 0.5	28.3 ± 0.5	0.722
Rates of animal based (%)	30.7 ± 0.5	32.8 ± 0.6	27.1 ± 0.9	0.031
<EAR ³⁾	934 (45.3)	558 (41.3)	376 (52.2)	< 0.001
<RNI ⁴⁾	1,325 (64.3)	816 (60.7)	509 (70.4)	0.001
Total food intake (g/d)	1,126.1 ± 17.6	1,212.9 ± 20.3	968.4 ± 24.8	0.005
Plant food	927.2 ± 14.7	1,003.1 ± 17.4	798.9 ± 20.1	0.009
Cereal/potatoes/sugar	295.1 ± 4.1	303.3 ± 5.5	281.2 ± 5.8	0.089
Legumes/nuts and seeds	46.7 ± 2.2	51.3 ± 2.9	39.0 ± 3.0	0.105
Fruits and vegetables	464.5 ± 11.3	509.9 ± 13.5	386.2 ± 15.1	0.079
Animal food	198.8 ± 5.5	216.1 ± 6.9	169.6 ± 8.1	0.072
Meats and meat products	44.6 ± 2.0	48.5 ± 2.6	38.1 ± 3.3	0.375
Eggs and egg products	16.1 ± 0.8	18.9 ± 1.0	11.4 ± 1.0	0.047
Fishes and shellfish	76.8 ± 3.9	82.4 ± 4.9	67.3 ± 6.3	0.041
Milk and dairy products	61.3 ± 3.0	66.3 ± 3.9	52.8 ± 4.1	0.251

Mean ± SE or n (%)

1) Low handgrip strength (< 18 kg).

2) Adjusted for age, BMI, family income, education level, alcohol consumption, physical activity, chronic disease, and energy intake

3) Estimated average requirement

4) Recommended nutrient intake

로 한국인 영양섭취 기준의 에너지 적정비율(AMDR)인 탄수화물(55~65%), 단백질(7~20%), 지방(15~30%)과 비교 하였을 때 기준보다 탄수화물로부터 섭취하는 에너지 섭취비율이 높으며 단백질을 통한 에너지 섭취율이 정상그룹(13.4±0.1%)에 비해 근력이 저하된 사람(12.5±0.2%)이 유의적으로 낮은 것으로 나타났다($P=0.026$). 하루 단백질 섭취량은 정상그룹이 일일 50.7±0.8 g을 섭취하는 것에 비해 근력이 저하된 그룹은 41.9±1.0 g을 섭취하는 것으로 나타나 통계적으로 유의한 차이를 보였다($P=0.016$). 동물성 급원으로부터 섭취하는 단백질의 양과 비율도 정상그룹이 하루 18.8±0.6 g의 동물성 단백질을 섭취하여 32.8±0.6%의 단백질을 동물성급원으로 섭취하는데 비해 근력저하그룹은 일일 13.6±0.7 g의 동물성 단백질을 섭취하여 하루 단백질의 27.1±0.9 %를 동물성으로 섭취하는 것으로 나타나 통계적으로 유의적인 차이를 보였다($P=0.031$). 개인의 단백질 섭취량의 EAR 충족여부를 평가한 결과 근력저하그룹이 정상그룹에 비해 EAR 미충족자의 비율이 유의하게 높았다(41.3% VS. 52.2%, $P < 0.001$). 또한 RNI 미충족자의 비율 역시 근력저하 그룹이 유의하게 높았다(60.7% VS. 70.4%, $P=0.001$).

근력저하여부에 따른 식품군별 섭취량의 경우 대부분의 식

품섭취량은 유의적인 차이가 없었으나 총 식물성 식품의 섭취가 정상그룹이 근력저하 그룹에 비해 높았다(1,003.1±17.4 g VS. 798.9±20.1 g, $P=0.009$). 또한 달걀 및 그 제품의 섭취가 정상그룹 18.9±1.0 g으로 근력저하그룹 11.4±1.0 g보다 유의적으로 높았으며($P=0.047$), 생선과 갑각류 등 해산물의 섭취가 정상그룹 82.4±4.9 g으로 근력저하그룹 67.3±6.3 g보다 유의적으로 높았다($P=0.041$).

3. 근력과 영양소, 식품 섭취의 상관성

근력과 영양소, 식품섭취와의 상관관계를 확인하기 위해 실시한 다중회귀분석의 결과는 Table 3에 제시되었다. 혼란 변수를 보정한 후에 총 에너지 섭취량과 근력은 양의 상관관계를 보였다($\beta=1.002$, $P=0.001$). 나이, BMI, 교육·경제수준, 음주, 운동 여부, 만성질환, 총 에너지 섭취량 등 혼란 변수 보정 후 총 단백질 섭취량($\beta=1.118$, $P=0.007$), 동물성 단백질 섭취량($\beta=0.215$, $P=0.010$)과 근력간의 유의적인 양의 상관관계가 확인되었다. 식물성 단백질 섭취량과 근력은 총 에너지 섭취량을 보정하였을 경우에 유의성이 사라졌다($\beta=0.407$, $P=0.313$).

총 식물성 식품의 섭취와 근력 간에도 양의 상관관계($\beta=0.814$, $P=0.010$)가 있었다. 채소와 과일의 섭취량과

Table 3. Multiple regression analysis of dietary intakes and handgrip strength of the subjects

	Unadjusted		Adjusted			
	β (SE)	P-value	Model 1 ¹⁾		Model 2 ²⁾	
	β (SE)	P-value	β (SE)	P-value	β (SE)	P-value
Energy intake (kcal/d)	2.278 (0.318)	< 0.001	1.002 (0.286)	0.001	-	-
Energy distribution						
Carbohydrate (%E)	-0.249 (0.011)	< 0.001	-0.019 (0.011)	0.084	-0.015 (0.011)	0.176
Protein (%E)	0.169 (0.031)	< 0.001	0.072 (0.029)	0.013	0.072 (0.029)	0.012
Fat (%E)	0.070 (0.015)	< 0.001	0.026 (0.014)	0.070	0.019 (0.014)	0.182
Protein (g/d)	2.250 (0.249)	< 0.001	1.037 (0.236)	< 0.001	1.118 (0.414)	0.007
Animal protein (g/d)	0.639 (0.085)	< 0.001	0.281 (0.078)	0.003	0.215 (0.083)	0.010
Plant protein (g/d)	1.672 (0.281)	< 0.001	0.829 (0.246)	0.008	0.407 (0.403)	0.313
Total food (g/d)	2.300 (0.242)	< 0.001	0.948 (0.232)	< 0.001	0.787 (0.349)	0.024
Plant food (g/d)	2.248 (0.236)	< 0.001	0.946 (0.220)	< 0.001	0.814 (0.315)	0.010
Cereal/potatoes/sugar and their products (g/d)	0.746 (0.246)	0.003	0.347 (0.216)	0.109	-0.344 (0.320)	0.282
Legumes/nuts and seeds (g/d)	0.093 (0.056)	0.099	0.052 (0.051)	0.303	0.029 (0.052)	0.585
Fruits and vegetables (g/d)	1.212 (0.147)	< 0.001	0.541 (0.141)	< 0.001	0.429 (0.163)	0.009
Animal food (g/d)	0.452 (0.075)	< 0.001	0.183 (0.071)	0.010	0.134 (0.073)	0.069
Meats and meat products (g/d)	0.258 (0.124)	0.037	0.082 (0.106)	0.437	0.076 (0.115)	0.507
Eggs and egg products (g/d)	0.353 (0.144)	0.015	0.222 (0.123)	0.072	0.191 (0.125)	0.127
Fishes and shellfish (g/d)	0.282 (0.071)	< 0.001	0.140 (0.065)	0.032	0.114 (0.065)	0.081
Milk and dairy products (g/d)	-0.171 (0.123)	0.166	-0.124 (0.113)	0.276	-0.147 (0.116)	0.204

1) Adjusted for age, BMI, family income, education level, alcohol consumption, physical activity and chronic disease.

2) Adjusted for the variables in model 1, and energy intake

Table 4. Risks for low handgrip strength according to quartiles of energy and protein intake

Handgrip strength	Quartiles of energy and protein intake				P for trend ¹⁾
	Q1 (n=520)	Q2 (n=521)	Q3 (n=521)	Q4 (n=521)	
Total energy, kcal/day					
Range	503.6~1,061.3	1,061.8~1,362.8	1,363.8~1,729.6	1,729.6~4755.7	
Hand grip strength (kg)	18.3 ± 0.3	19.5 ± 0.3	20.0 ± 0.2	20.5 ± 0.3	0.003
Risk for LHGS ²⁾	Model 1 ³⁾	1 (ref)	0.69 (0.50 – 0.95)	0.64 (0.47 – 0.87)	0.60 (0.43 – 0.82)
Total protein, g/day					
Range	8.8~31.6	31.6~43.6	43.6~59.1	59.2~186.5	
Hand grip strength	18.2 ± 0.2	19.2 ± 0.3	20.1 ± 0.2	20.7 ± 0.2	0.122
Risk for LHGS	Model 1 ³⁾	1 (ref)	0.95 (0.69 – 1.30)	0.64 (0.47 – 0.85)	0.59 (0.42 – 0.82)
	Model 2 ⁴⁾	1 (ref)	0.99 (0.68 – 1.42)	0.68 (0.44 – 1.03)	0.65 (0.38 – 1.10)
Animal protein, g/day					
Range	0.0~4.7	4.8~12.5	12.5~23.3	23.3~132.3	
Handgrip strength	18.4 ± 0.2	19.3 ± 0.3	19.6 ± 0.3	20.8 ± 0.2	0.038
Risk for LHGS	Model 1 ³⁾	1 (ref)	0.80 (0.59 – 1.10)	0.69 (0.51 – 0.94)	0.53 (0.37 – 0.76)
	Model 2 ⁴⁾	1 (ref)	0.82 (0.60 – 1.13)	0.74 (0.54 – 1.02)	0.59 (0.40 – 0.87)
Plant protein, g/day					
Range	0.8~21.4	21.5~28.3	28.3~38.0	38.0~117.2	
Handgrip strength	18.4 ± 0.3	19.4 ± 0.2	20.0 ± 0.2	20.5 ± 0.3	0.355
Risk for LHGS	Model 1 ³⁾	1 (ref)	0.87 (0.63 – 1.21)	0.78 (0.58 – 1.06)	0.66 (0.47 – 0.93)
	Model 2 ⁴⁾	1 (ref)	0.99 (0.69 – 1.41)	0.96 (0.64 – 1.44)	0.93 (0.55 – 1.57)

Mean ± SE or Odds Ratio [95% confidence interval]

1) Calculated by SURVEYREG procedure

2) Low handgrip strength (< 18 kg)

3) Adjusted for age, BMI, family income, education level, alcohol consumption, physical activity and chronic disease

4) Adjusted for the variables in model 1, and energy intake

근력의 양의 상관성 ($\beta=0.429$, $P=0.009$)이 있었다.

4. 에너지 및 단백질 섭취 수준에 따른 근력저하 위험도 비교

에너지와 단백질 섭취량의 사분위수에 따른 근력저하의 위험도를 비교하기 위해 혼란변수들을 보정한 다중 로지스틱 회귀분석을 시행하였다 (Table 4). 에너지의 섭취가 높을수록 근력저하의 위험도가 유의적으로 감소하였으며 (P for trend=0.004), 에너지 섭취 1사분위에 비해 4사분위수의 근력저하 위험도가 40% 낮은 것으로 나타났다 (OR 0.60, 95% CI 0.43–0.82). 단백질 섭취의 경우 단백질 섭취가 높을수록 근력저하의 위험이 유의적으로 낮아졌으나 (P for trend=0.002), 에너지 섭취량을 보정한 후에는 통계적으로 유의하지 않았다. 반면 단백질 급원 중 동물성 급원으로 섭취한 단백질의 경우 에너지 섭취량을 보정한 이후에도 동물성 단백질 섭취량이 높을수록 근력의 저하가 감소하는 것으로 나타났으며 (P for trend=0.037), 동물성 단백질 섭취량 1사분위에 비해 4사분위의 근력저하 위험도는 0.59배였다 (OR 0.59, 95% CI 0.40–0.87).

고 찰

본 연구는 근감소증을 예방하기 위한 영양학적 방안을 모색하고자 제 7기 국민건강영양조사 (2016–2018년) 자료를 이용하여 만 65세 이상 한국 여성 노인의 근력 저하에 따른 에너지, 단백질 섭취 수준의 차이를 비교하고, 에너지, 단백질 섭취수준에 따른 근력감소 위험의 상관성에 대해서 통계 분석하였다. 총 에너지의 섭취량이 높을수록, 단백질의 섭취 중 특히 동물성 단백질의 섭취가 높을수록 근력이 증가하는 양의 관련성을 보였으며 근력저하의 위험이 감소하였다.

본 연구에서 근력 저하로 분류된 사람은 약 35%였다. 전 세계적으로 골격근량, 근력 등을 측정하는 방법은 표준화되지 않았으므로 연구자들마다 근감소를 분류하는 임상적 진단기준이 서로 다른 실정이다. 제 7기 국민건강영양조사에서 측정된 근감소 관련 지표가 매우 제한적이기 때문에 본 연구에서는 악력만을 근감소증의 지표로 사용하였으며, AWGS에서 2019년에 제시한 아시안 근감소증 기준 [38]을 적용하여 양손의 최대 악력이 18 kg 이하인 사람을 근력이 저하된 사람으로 분류하였다. 신체의 한 부위의 근력은 다른 부

위의 근력과 매우 밀접한 관련이 있어 악력은 다리의 근력을 대용할 수 있으며 악력 변수 단독으로도 하지 근력과 비슷하게 건강 관련 예후를 예측할 수 있다. 그러나 근감소증은 근력의 저하 외에도 골격근량의 감소와 근육의 수행능력의 감소 등을 종합적으로 평가하여야 하기 때문에 [20] 본 연구에서는 근력의 저하만으로는 근감소증으로 정의하지 않았다. Lee 등의 연구 [40]에 따르면 우리나라 국민건강영양조사 (IV) 자료를 활용하여 근감소증을 사지근육량 (appendicular skeletal muscle mass, ASM)/height²을 기준으로 진단하였을 때, 유병률이 남자 (< 6.84 kg/m²)는 31.2%, 여자 (< 4.91 kg/m²)는 8.8%였다. 미국의 국민건강영양조사 (NHANES)의 골격근량 (skeletal muscle index)을 기준으로 한 진단 [41]에 따르면 60세 이상의 남성 노인의 7%, 여성 노인의 10%가 근감소증이었다. 유럽의 경우 이탈리아는 종아리 근육의 단면적을 기준으로 진단하였을 때 65세 이상 남성노인의 20%, 여성노인의 5%가 근감소증인 것으로 보고되었으며 [42], 프랑스 여성 노인의 경우 ASM/height²을 사용하여 진단하였을 때 근감소증의 유병률이 75세 이상 8.9%, 85세 이상 10.9%로 보고되었다 [43]. 이를 종합해 보면 다른 나라에 비해 한국노인의 근감소증 유병이 더 흔한 것으로 보이지만, 통일된 진단기준과 측정방법을 사용한 것이 아니므로 추가적인 연구가 이루어져야 할 것으로 사료된다 [44].

충분한 열량을 섭취하는 것은 근감소증 예방에 긍정적인 영향을 주는 것으로 알려져 있다 [19, 22]. 본 조사대상자의 평균 열량 섭취량은 65세 이상 여성의 하루 에너지 필요 추정량인 1,600 kcal에 미치지 못하는 1,445.2 kcal였으며 근육이 저하된 사람이 정상군보다 하루 섭취하는 칼로리가 유의적으로 적었다. 또 열량을 많이 섭취할수록 근력이 증가하는 경향성을 보였으며, 열량을 많이 섭취하는 사람이 근력 저하의 위험이 낮았다. Lee 등 [45]도 에너지 섭취량이 적을수록 근감소증의 유병률이 높음을 보고하였다. 총 에너지 섭취량의 감소는 독립적으로도 근감소증에 영향을 줄 수도 있으나 전체 미량 영양소의 섭취량이 에너지 섭취량에 의존성이 높기 때문에 전체 음식 섭취의 감소가 근육의 합성과 분해에 관여하는 비타민D, 단백질, 비타민 E와 C 같은 항산화제의 섭취 등 개별 영양소의 섭취 감소로 이어져 영향을 미칠 수 있음을 추론해 볼 수 있다 [46].

단백질은 근감소와 관련하여 가장 중요하게 고려되는 영양소로, 근육 단백질의 합성을 증가시키고, 분해를 감소시켜 근육량의 보존 및 증가에 긍정적인 영향을 미친다. 이는 mTOR 경로의 활성화, mRNA 전사, 인슐린 유사 성장 인자1의 순환 수준의 증가 등 근육 합성 메커니즘 관련 인자에

단백질 섭취가 영향을 미치지 때문이다 [47]. 본 연구 결과 65세 이상 여성 노인의 평균 단백질 섭취량은 47.4 g으로 2015 KDRI EAR인 40 g의 100%를 넘어 집단 전체로서는 단백질 섭취량이 충분한 것으로 보였다. 그러나 EAR, RNI의 충족여부를 개인별로 보았을 때 EAR 미만 섭취자가 약 45%이며 RNI 미만 섭취자는 약 64%로 상당히 많은 여성노인들이 RNI 대비 불충분한 단백질 섭취를 하고 있는 것으로 나타났다.

최근의 역학 연구들은 실제로 노인들의 충분한 단백질 섭취가 근력감소를 막는 긍정적인 효과가 있는 것으로 보고하였다. 노인기의 단백질 섭취량이 권장량 미만일 경우 근육량, 근력의 유의한 감소가 관찰되었으며 [23], Cambell 등 [24]은 노인기의 근감소증 예방을 위해서는 권장섭취량 이상의 충분한 양의 단백질을 섭취할 것을 권고하였다. 본 조사대상자 중 근력이 감소한 사람은 그렇지 않은 사람에 비해 하루 평균 단백질 섭취량이 유의적으로 적었으며 단백질 EAR, RNI 미만 섭취자, 즉 단백질을 부족하게 섭취하고 있는 사람이 유의적으로 많았다. 그러나 단백질 섭취량에 따른 근력저하의 위험을 알아보기 위해 실시한 다중 로지스틱 회귀분석결과, 혼란 변수로 에너지 섭취량을 보정한 후에는 통계적으로 유의한 연관성이 없는 것으로 나타났다. Kim 등 [48]의 연구에서도 다중로지스틱결과 단백질은 근감소증 발생에 유의적이지 않았으며 오히려 탄수화물이 유의한 변수임을 보여주었다. 이러한 결과는 근력감소에 영향을 미치는 영양요인 중 총 열량 섭취의 영향이 가장 크기 때문으로 사료되며 한국인의 탄수화물 위주의 식사습관이 영향을 미쳤을 것으로 보인다.

반면, 동물성 단백질의 경우 에너지 섭취량과는 독립적으로 근력감소의 위험을 낮추는 것으로 나타났다. 에너지 섭취량을 보정한 후에도 섭취량 1사분위 그룹에 비해 4사분위 그룹의 근력감소의 위험이 유의적으로 낮았다. 보편적으로 단백질의 급원과 관련하여서는 체내에서 합성 할 수 없는 필수 아미노산이 충분히 함유되어있는 동물성 단백질이 식물성 단백질보다 근감소에 대한 예방효과가 우수한 것으로 평가되며 [26, 27], 동물성 육류, 즉 소고기, 돼지고기와 닭고기, 생선, 달걀, 우유 및 유제품을 충분히 섭취할 것이 권장되고 있다. Health ABC 연구 [26]에서 3년간의 추적결과 동물성 단백질의 섭취가 체지방량의 보존과 관련이 있음을 밝힌 이후로 다수의 단면 연구 [28], 중재연구 [29]에서도 우리의 연구와 유사하게 동물성 단백질 섭취와 근감소 사이에 관련 있음을 밝혔다. Sahni 등 [28]의 미국인 대상 단면연구는 총 단백질과 급원에 따른 단백질의 섭취량과 근육량, 근력의 상관성에 대한 분석을 수행한 결과 총 단백질과 동물성 단백질

의 섭취가 근육량과 양의 상관성이 있었으나 식물성 단백질은 관련이 없었으며 섭취하는 단백질의 급원에 따라 근육의 질량, 근력에 차등적으로 영향을 미칠 수 있음을 규명하였다. 즉 동물성 단백질의 섭취가 근감소에 더 관련성이 있는 것으로 보고하였다. 반면, Chan 등 [29]의 연구에서는 홍콩에 거주하는 중국계 노인들에서 총 단백질이나 동물성 단백질보다는 식물성 단백질의 섭취가 골격근량 감소와 유의적인 관련이 있다고 보고하였다. 해당 인구집단의 경우 평균 단백질 섭취량이 다른 인구집단과 비교하였을 때 같거나 높은 수준이었으며, 콩으로 섭취하는 단백질 수준의 개인차가 큰 특성을 보였다. 이러한 이유로 섭취의 격차가 크지 않은 단백질, 동물성 단백질과의 관련성은 나타나지 않고, 섭취 격차가 큰 콩 등 식물성 단백질과 근감소의 관련성은 나타났을 수 있다. 즉 인구 집단의 식습관에 따라 단백질 섭취량이 충분한 경우에는 섭취하는 단백질의 급원이 근육량이나 근력에 영향을 미치지 않지만, 단백질 섭취가 부족한 인구집단에서는 완전 단백질인 동물성 단백질의 섭취가 근감소와 관련성이 있는 것으로 보인다. 본 연구 결과 한국여성 노인이 곡류나 콩류 등 식물성 급원으로 섭취하는 단백질의 비율이 70%로 동물성 단백질 보다 훨씬 높은 것으로 나타났다. 서구에서는 동물성 급원의 단백질 섭취가 60-70%를 차지하는 데에 비해 [26] 우리나라의 높은 식물성 급원 위주의 단백질 섭취는 소화율도 제한되며 체내 이용률이 매우 낮아 단백질 합성 저하로 인해 나타나는 근감소증 발생의 위험을 높이는 요소로 여겨진다 [49]. 오랜 기간 탄수화물, 식물성 식품 위주의 식습관과 건강관련 인식을 지녀온 노인들에게 동물성 단백질 섭취의 중요성에 대한 적극적인 교육과 홍보가 필요할 것으로 보인다.

본 연구의 제한점으로는 단면연구의 한계로 단백질 섭취량과 근력 저하 사이의 인과관계를 알기가 어렵다는 점이 있다. 또 여성만을 조사대상으로 하였기에 연구결과를 일반화하는데 제한점이 있다. 일반적으로 근감소증의 발생빈도는 남성에서 더 높게 나타나므로 근감소증 예방을 위한 영양학적 방안의 탐색은 남성노인에게도 매우 중요한 연구이다. 근감소 발생 기전에 영향을 미치는 성호르몬, 성장호르몬의 분비와 같은 생리적 기전과 단백질 등 영양소의 대사적 기전의 남녀간 성차가 있으므로 근감소증에 관여하는 영양학적 요인을 성별을 고려하여 도출하는 후속 연구가 필요하다. 또한 근감소증의 정의에서 근력 저하와 함께 제시되고 있는 골격근량의 감소나 수행 능력은 조사되지 않았다는 점이 있다. 국민건강영양조사의 골밀도검사를 통한 골격근량 추정치는 2008년부터 2011년까지 수행되었으며, 악력검사를 통한 근력측정은 2014년부터 2018년까지 수행되어 국민건강영

양조사자료를 활용한 근육량과 근력을 동시에 포함한 근감소증 평가가 불가하였다. 향후 근력의 감소여부 외에 근육의 양, 신체의 수행 능력에 대한 평가를 포괄적으로 포함시켜 노인의 기능적인 건강과 불건강, 즉 노쇠 (frailty)에 대한 단백질 섭취의 영향을 평가하는 조사와 연구도 필요할 것이다.

본 연구는 한국인을 대표하는 국민건강영양조사 자료를 이용하여 한국여성노인의 단백질 섭취 수준을 평가하였으며, 근력 감소와 관련된 식사 중재 프로그램을 개발하는데 기초 자료를 마련했다는 점에서 영양학적 의의가 있다. 근감소증을 예방하기 위한 지역사회 영양 중재 프로그램을 적용에는 충분한 에너지의 섭취 및 동물성 단백질을 위주로 한 적당량의 단백질 섭취 등을 우선적으로 고려하여야 할 것이다.

요약 및 결론

근감소에 대한 단백질 섭취의 긍정적인 역할을 다수의 연구에서 제시하였으나 한국인을 대상으로 한 역학 연구는 부족하였다. 이에 본 연구는 한국여성노인을 대상으로 단백질 섭취 수준을 파악하고, 근력 감소에 따른 단백질 섭취 실태와 근력과 단백질 섭취의 관련성을 분석하고자 하였다. 악력검사가 시행된 2016-2018년 국민건강영양조사 자료를 이용하여 만 65세 이상 2,083명의 여성 노인을 대상으로 하였다. 근력의 저하는 2019 아시안 근감소증 기준을 적용하여 양손의 최대 악력이 18 kg 미만인 경우를 근력이 저하된 그룹으로 분류하였다. 단백질 섭취량은 24시간 회상법을 이용해 제공된 값을 바탕으로 총 단백질 섭취량, 동물성 및 식물성 등 급원별 섭취량을 산출하였다. 근력 감소 여부에 따른 단백질 섭취 비교 및 단백질 섭취량과 근력의 상관성에 대한 다변량 회귀분석, 단백질 섭취에 따른 근력 감소의 위험을 알아보기 위해 다중로지스틱분석을 실시하였다. 주요 결과는 다음과 같다.

1) 65세 이상 여성 노인의 단백질 EAR, RNI의 충족여부를 개인별로 보았을 때 EAR 미만 섭취자가 약 45%이며 RNI 미만 섭취자는 약 64%로 상당히 많은 여성노인들이 권장량 대비 불충분한 단백질 섭취를 하고 있는 것으로 나타났다. 또 곡류나 콩류 등 식물성 급원으로 섭취하는 단백질의 비율이 약 70%로, 동물성 단백질 보다 훨씬 높은 것으로 나타났다.

2) 근력이 저하된 사람은 734명 (35.0%)이었다. 근력이 저하된 사람은 그렇지 않은 사람에 비해 총 열량 ($P=0.002$), 총 단백질 ($P=0.016$), 동물성 단백질 ($P=0.020$)을 유의적으로 적게 섭취하였다.

3) 나이, BMI, 교육 · 경제 수준, 음주 여부, 운동 여부, 만

성질환 등 혼란변수를 통제한 다변량 분석 결과 총 에너지 ($\beta=1.002$, $P=0.001$), 단백질 ($\beta=1.118$, $P=0.007$), 동물성 단백질 ($\beta=0.215$, $P=0.010$)의 섭취량과 근력 사이의 유의적인 양의 상관관계가 있었다.

4) 섭취량의 1사분위와 4사분위의 근력감소의 위험을 비교한 다중 로지스틱 회귀분석 결과, 총 에너지의 섭취가 높을수록 근력 감소의 위험이 감소하였다(OR 0.60, 95% CI 0.43-0.82, P for trend=0.004). 단백질 섭취량의 경우 에너지섭취량을 통제하였을 때 근력감소의 위험과 통계적인 유의성이 없었다(OR 0.65, 95% CI 0.38-1.10, P for trend=0.165). 동물성 단백질의 경우 에너지섭취량을 보정한 후에도 섭취량이 높을수록 근력감소의 위험을 낮추는 것으로 나타났다(OR 0.59, 95% CI 0.40-0.87, P for trend=0.037).

본 연구에서는 에너지 섭취량과의 근력간의 상관성 및 에너지 섭취량과는 독립적으로 동물성 단백질 섭취가 높을수록 근력감소의 위험이 낮아지는 것을 확인하였다. 따라서 충분한 에너지의 섭취 및 동물성 단백질을 위주로 한 적당량의 단백질을 섭취하는 것은 근력감소의 예방 및 관리에 도움이 될 것으로 사료된다.

ORCID

Won Jang: <https://orcid.org/0000-0002-6442-7797>

Ho Kyung Ryu: <https://orcid.org/0000-0002-4212-7363>

References

- Jafari Nasabian P, Inglis JE, Reilly W, Kelly OJ, Ilich JZ. Aging human body: changes in bone, muscle and body fat with consequent changes in nutrient intake. *J Endocrinol* 2017; 234(1): R37-R51.
- Reinders I, Visser M, Schaap L. Body weight and body composition in old age and their relationship with frailty. *Curr Opin Clin Nutr Metab Care* 2017; 20(1): 11-15.
- Jura M, Kozak LP. Obesity and related consequences to ageing. *Age* 2016; 38(1): 23.
- Sacitharan PK. Ageing and osteoarthritis. Singapore: Springer; 2019. p. 123-159.
- Hassler N, Brozek W, Eriksen EF, Rauch F, Glorieux FH, Shane E et al. Aging versus postmenopausal osteoporosis: Bone composition and maturation kinetics at actively-forming trabecular surfaces of female subjects aged 1 to 84 years. *J Bone Miner Res* 2016; 31(2): 347-357.
- Boskey AL, Imbert L. Bone quality changes associated with aging and disease: a review. *Ann N Y Acad Sci* 2017; 1410(1): 93-106.
- Abyad A, Boyer JT. Arthritis and aging. *Curr Opin Rheumatol* 1992; 4(2): 153-159.
- Rosenberg IH. Sarcopenia: origins and clinical relevance. *J Nutr* 1997; 127(5S): 990S-991S.
- Cao L, Morley JE. Sarcopenia is recognized as an independent condition by an international classification of disease, tenth revision, clinical modification (ICD-10-CM) code. *J Am Med Dir Assoc* 2016; 17(8): 675-677.
- Tournadre A, Vial G, Capel F, Soubrier M, Boirie Y. Sarcopenia. *Joint Bone Spine* 2019; 86(3): 309-314.
- Öztürk ZA, Türkbeyler İH, Abiyev A, Kul S, Edizer B, Yakarılmaz FD et al. Health-related quality of life and fall risk associated with age-related body composition changes; sarcopenia, obesity and sarcopenic obesity. *Intern Med J* 2018; 48(8): 973-981.
- Tolea MI, Galvin JE. Sarcopenia and impairment in cognitive and physical performance. *Clin Interv Aging* 2015; 10: 663-671.
- Tsekoura M, Kastrinis A, Katsoulaki M, Billis E, Gliatis J. Sarcopenia and its impact on quality of life. *Adv Exp Med Biol* 2017; 987: 213-218.
- Liu P, Hao Q, Hai S, Wang H, Cao L, Dong B. Sarcopenia as a predictor of all-cause mortality among community-dwelling older people: A systematic review and meta-analysis. *Maturitas* 2017; 103: 16-22.
- Bellanti F, Romano AD, Lo Buglio A, Castriotta V, Guglielmi G, Greco A et al. Oxidative stress is increased in sarcopenia and associated with cardiovascular disease risk in sarcopenic obesity. *Maturitas* 2018; 109: 6-12.
- Zhang H, Lin S, Gao T, Zhong F, Cai J, Sun Y et al. Association between sarcopenia and metabolic syndrome in middle-aged and older non-obese adults: A systematic review and meta-analysis. *Nutrients* 2018; 10(3): 364.
- Steffl M, Bohannon RW, Sontakova L, Tufano JJ, Shiells K, Holmerova I. Relationship between sarcopenia and physical activity in older people: a systematic review and meta-analysis. *Clin Interv Aging* 2017; 12: 835-845.
- Bloom I, Shand C, Cooper C, Robinson S, Baird J. Diet quality and sarcopenia in older adults: A systematic review. *Nutrients* 2018; 10(3): 308.
- Morley JE, Malmstrom TK, Rodriguez-Mañas L, Sinclair AJ. Frailty, sarcopenia and diabetes. *J Am Med Dir Assoc* 2014; 15(12): 853-859.
- Landi F, Calvani R, Cesari M, Tosato M, Martone AM, Ortolani E et al. Sarcopenia: An overview on current definitions, diagnosis and treatment. *Curr Protein Pept Sci* 2018; 19(7): 633-638.
- Chen LK, Lee WJ, Peng LN, Liu LK, Arai H, Akishita M et al. Recent advances in sarcopenia research in Asia: 2016 update from the Asian working group for sarcopenia. *J Am Med Dir Assoc* 2016; 17(8): 767.e1-767.e7.
- Okamura T, Miki A, Hashimoto Y, Kaji A, Sakai R, Osaka T et al. Shortage of energy intake rather than protein intake is associated with sarcopenia in elderly patients with type 2 diabetes: A cross-sectional study of the KAMOGAWA-DM cohort. *J Diabetes* 2019; 11(6): 477-483.
- Castaneda C, Charnley JM, Evans WJ, Crim MC. Elderly women accommodate to a low-protein diet with losses of body cell mass, muscle function, and immune response. *Am J Clin*

- Nutr 1995; 62(1): 30-39.
24. Campbell WW, Trappe TA, Jozsi AC, Kruskall LJ, Wolfe RR, Evans WJ. Dietary protein adequacy and lower body versus whole body resistive training in older humans. *J Physiol* 2002; 542(2): 631-642.
 25. Beasley JM, LaCroix AZ, Neuhaus ML, Huang Y, Tinker L, Woods N et al. Protein intake and incident frailty in the Women's Health Initiative observational study. *J Am Geriatr Soc* 2010; 58(6): 1063-1071.
 26. Houston DK, Nicklas BJ, Ding J, Harris TB, Tylavsky FA, Newman AB et al. Dietary protein intake is associated with lean mass change in older, community-dwelling adults: the Health, Aging, and Body Composition (Health ABC) Study. *Am J Clin Nutr* 2008; 87(1): 150-155.
 27. Cholewa JM, Dardevet D, Lima-Soares F, de Araújo Pessôa K, Oliveira PH, Dos Santos Pinho JR et al. Dietary proteins and amino acids in the control of the muscle mass during immobilization and aging: role of the MPS response. *Amino Acids* 2017; 49(5): 811-820.
 28. Sahni S, Mangano KM, Hannan MT, Kiel DP, McLean RR. Higher protein intake is associated with higher lean mass and quadriceps muscle strength in adult men and women. *J Nutr* 2015; 145(7): 1569-1575.
 29. Chan R, Leung J, Woo J, Kwok T. Associations of dietary protein intake on subsequent decline in muscle mass and physical functions over four years in ambulant older Chinese people. *J Nutr Health Aging* 2014; 18(2): 171-177.
 30. Ter Borg S, de Groot LC, Mijnarends DM, de Vries JH, Verlaan S, Meijboom S et al. Differences in nutrient intake and biochemical nutrient status between sarcopenic and nonsarcopenic older adults-results from the Maastricht Sarcopenia Study. *J Am Med Dir Assoc* 2016; 17(5): 393-401.
 31. Kim HY, Kim CW, Park CH, Choi JY, Han K, Merchant AT et al. Low skeletal muscle mass is associated with non-alcoholic fatty liver disease in Korean adults: the Fifth Korea National Health and Nutrition Examination Survey. *Hepatobiliary Pancreat Dis Int* 2016; 15(1): 39-47.
 32. Kim TN, Lee EJ, Hong JW, Kim JM, Won JC, Kim MK et al. Relationship between sarcopenia and albuminuria: The 2011 Korea National Health and Nutrition Examination Survey. *Medicine* 2016; 95(3): e2500.
 33. Yoo JI, Ha YC, Kwon HB, Lee YK, Koo KH, Yoo MJ. High prevalence of sarcopenia in Korean patients after hip fracture: a case-control study. *J Korean Med Sci* 2016; 31(9): 1479-1484.
 34. Lim J, Park HS. Relationship between underweight, bone mineral density and skeletal muscle index in premenopausal Korean women. *Int J Clin Pract* 2016; 70(6): 462-468.
 35. Oh C, Jeon BH, Reid Storm SN, Jho S, No JK. The most effective factors to offset sarcopenia and obesity in the older Korean: Physical activity, vitamin D, and protein intake. *Nutrition* 2017; 33: 169-173.
 36. Jung JH, Lee JH, Kwon YJ. Difference of low skeletal muscle index according to recommended protein intake in Korean. *Korean J Fam Pract* 2019; 9(6): 539.
 37. Kim CR, Jeon YJ, Jeong T. Risk factors associated with low handgrip strength in the older Korean population. *PLoS One* 2019; 14(3): e0214612.
 38. Chen LK, Woo J, Assantachai P, Auyeung TW, Chou MY, Iijima K et al. Asian Working Group for Sarcopenia: 2019 consensus update on sarcopenia diagnosis and treatment. *J Am Med Dir Assoc* 2020; 21(3): 300-307.
 39. Ministry of Health and Welfare, The Korean Nutrition Society. Dietary reference intakes for Koreans 2015. Sejong: Ministry of Health and Welfare; 2015. Report No. 11-1352000-001537-14.
 40. Lee K, Shin Y, Huh J, Sung YS, Lee IS, Yoon KH et al. Recent issues on body composition imaging for sarcopenia evaluation. *Korean J Radiol* 2019; 20(2): 205-217.
 41. 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.
 42. Lauretani F, Russo CR, Bandinelli S, Bartali B, Cavazzini C, Di Iorio A et al. Age-associated changes in skeletal muscles and their effect on mobility: an operational diagnosis of sarcopenia. *J Appl Physiol* 2003; 95(5): 1851-1860.
 43. Dupuy C, Lauwers-Cances V, Guyonnet S, Gentil C, Abellan Van Kan G, Beauchet O et al. Searching for a relevant definition of sarcopenia: results from the cross-sectional EPIDOS study. *J Cachexia Sarcopenia Muscle* 2015; 6(2): 144-154.
 44. Shafiee G, Keshtkar A, Soltani A, Ahadi Z, Larijani B, Heshmat R. Prevalence of sarcopenia in the world: a systematic review and meta-analysis of general population studies. *J Diabetes Metab Disord* 2017; 16(1): 21.
 45. Lee SK, Lee JA, Kim JY, Kim YZ, Park HS. The risk factors of sarcopenia among Korean elderly men: based on 2009 Korean National Health and Nutrition Examination Survey data. *Korean J Obes* 2014; 23(1): 23-31.
 46. Lorenzo-López L, Maseda A, de Labra C, Regueiro-Folgueira L, Rodríguez-Villamil JL, Millán-Calenti JC. Nutritional determinants of frailty in older adults: A systematic review. *BMC Geriatr* 2017; 17(1): 108.
 47. Brzeszczyńska J, Meyer A, McGregor R, Schilb A, Degen S, Tadini V et al. Alterations in the in vitro and in vivo regulation of muscle regeneration in healthy ageing and the influence of sarcopenia. *J Cachexia Sarcopenia Muscle* 2018; 9(1): 93-105.
 48. Kim HH, Kim JS, Yu JO. Factors contributing to sarcopenia among community-dwelling older Korean adults. *J Korean Gerontol Nurs* 2014; 16(2): 170-179.
 49. Park KB, Park HA, Kang JH, Kim K, Cho YG, Jang J. Animal and plant protein intake and body mass index and waist circumference in a Korean elderly population. *Nutrients* 2018; 10(5): 577.