



지역 사회 노인들의 근감소증 지표 및 신체활동과 대퇴 경부 골밀도의 연관성 분석

김민준(국립창원대학교, 박사후 연구원) · 이주열(남서울대학교, 교수) · 공지영*(남서울대학교, 교수)

국문초록

본 연구는 노인들의 근감소증 지표 및 신체활동과 대퇴 경부 골밀도의 연관성을 파악하고, 근감소증 지표와 대퇴 경부 골밀도의 관계에서 신체활동의 매개효과를 분석하고자 하였다. 총 285명의 대상을 사지근육량 지수, 악력, 보행 속도에 근거하여 근육량 저하, 근력 저하, 보행속도 저하로 구분하였으며, 세 가지에 대한 종합적 수준에 따라 정상, 전단계 근감소증, 근감소증으로 구분하였다. 또한 대퇴 경부 골밀도에 근거하여 정상, 골감소증, 골다공증으로 구분하였으며, 신체활동 수준에 따라 활동과 비활동으로 구분하였다. 로지스틱 회귀분석 결과, 근육량, 근력, 보행속도 저하 집단은 각각 정상 집단(OR=1, reference)보다 골감소(근육량, OR=2.625, p=0.014; 근력, OR=2.036, p=0.025; 보행속도, OR=2.748, p=0.041), 골다공증(근육량, OR=2.367, p=0.032; 근력, OR=3.015, p=0.008; 보행속도, OR=3.026, p=0.008) 노출 위험이 높은 것으로 나타났으며, 비활동 집단(OR=2.705, p=0.010)은 활동 집단(OR=1, reference)보다 골다공증 노출 위험이 높은 것으로 나타났다. 매개분석 결과, 신체활동은 근감소증 진단 지표와 대퇴 경부 골밀도의 연관성을 부분 매개하는 것으로 나타났다(사지근육량 지수, $\beta=0.043$, 95% CI=0.009-0.087; 악력, $\beta=0.004$, 95% CI=0.001-0.009; 보행속도, $\beta=0.089$, 95% CI=0.009-0.212). 본 연구결과는 노년기 골감소 및 골다공증을 예방하기 위해 규칙적인 신체활동을 통해 적절한 신체구성과 신체기능을 유지하는 것이 중요하며, 규칙적인 신체활동이 근감소증으로 인한 골감소 및 골다공증의 위험을 완화할 수 있음을 시사한다.

한글주요어 : 근감소증, 신체활동, 대퇴 경부 골밀도, 노인

* 공지영, 남서울대학교, E-mail : paradose77@nsu.ac.kr

I. 서 론

근감소증과 골다공증은 나이와 비례하여 유병률이 증가하는 노년기의 취약한 근골격계 질환으로 알려져 있다. 현재 우리나라의 근감소증 및 골다공증 유병률을 살펴보면 2022년을 기준으로 근감소증은 60세 이상에서 약 7.9%, 골다공증은 50세 이상에서 약 22.4%에 해당하는 것으로 추정된다(대한골대사학회, 2023; Kim, Ha, Kim, & Yoo, 2024). 향후 지속적인 인구 고령화 현상의 전망에 따라 근감소증과 골다공증 환자 수는 더욱 증가할 것으로 예상되며, 이에 국가 및 사회적 차원에서 적절한 대응 방안 마련이 필요할 것으로 보인다.

근감소증은 골격근량과 근육 기능의 상실을 특징으로 정의된다(Santilli, Bernetti, Mangone, & Paoloni, 2014). 과거 근감소증은 나이가 들면서 나타나는 자연스러운 노화 과정의 일부로 간주되었다. 그러나 근래에 들어 노화뿐 아니라 신체활동 수준, 영양 상태, 동반 질환 등 다인성 요인에 의해 골격근량 및 근육 기능 감소 수준에 차이가 있음이 밝혀지면서, 현재에는 질병 코드가 부여되어 단순한 노화와 구분되는 독립적 임상 질환으로 분류되고 있다(Cao & Morley, 2016; Sánchez-Sánchez et al., 2024; Zhang & Li, 2024). 노년기 근감소증의 증상과 예후로는 일상생활수행 능력과 삶의 질 저하, 우울 증상 및 낙상 위험 증가가 대표적으로 알려진다(Li et al., 2024; Manrique-Espinoza et al., 2017). 이러한 가운데, 최근 메타분석 연구를 통해 근감소증에 노출될 경우 골다공증의 발병 위험이 유의하게 증가

하는 것으로 확인되어 이에 대한 관심이 증가하고 있다(Jin & Sha, 2025).

골다공증은 골 항상성의 파괴로 인한 뼈의 질량 감소 및 미세구조 변화로 골강도가 약화되어 골절에 취약해지는 상태로 정의된다(World Health Organization, 2004). 발병 시 뚜렷한 자각 증상은 없으나, 골절과 후속 골절의 위험이 증가하고, 인지 기능 저하, 대사증후군 등 다양한 형태의 이차적 질환을 야기할 수 있는 것으로 알려져 있다(조진경, 이인환, 강현식, 2017; Bliuc & Center, 2019; Johnell et al., 2004; Zhao, Chen, Qiu, He, & Chen, 2023). 특히 최근에는 노화에 따른 에스트로겐과 테스토스테론의 감소가 뼈와 근육에 모두 영향을 미친다는 점, Interlukin-6, Tumor necrosis factor- α 등의 염증성 사이토카인이 근감소증 및 골다공증의 발병 기전과 모두 관련이 있다는 점, 근육의 양과 기능 감소가 뼈에 가해지는 기계적 부하를 감소시키고, 뼈의 리모델링 과정을 저해한다는 점 등을 근거로 근감소증과 공존할 가능성이 매우 높은 것으로 보고되고 있다(Clynes, Gregson, Bruyère, Cooper, & Dennison, 2021). 실제로, 영국의 중·고령자를 대상으로 한 종단 연구에서 근감소증에 해당하는 남성과 여성은 정상 집단에 비해 골다공증 위험이 각각 1.3배, 1.7배 높은 것으로 확인되었으며(Petermann et al., 2021), 국내의 노인 여성을 대상으로 한 연구에서는 근육 감소와 신체기능이 저하된 여성에서 골다공증 위험이 높게 나타났음을 보고한 바 있다(Lee, Lee, & Kim, 2021). 중요한 점은 두 질환이 단순히 공존함을 넘어 건강 결과에 악영향을 미친다는 것이다. 최근 연구에 따르면 두 질환의 공존은 각각의 독

립적 상태와 비교하여 낙상과 골절 위험을 증가시키고, 우울증을 비롯한 이차적 질환을 야기할 뿐만 아니라 조기 사망 위험을 촉진하는 것으로 보고되어 이에 대한 심각성이 제기되고 있는 실정이다(Park, Lee, Seo, Seo, & Yoo, 2021; Salech et al., 2021).

한편, 신체활동은 골격근 수축에 의한 인체의 움직임으로 정의되며, 노년기 규칙적인 신체활동은 근육량과 신체 기능의 유지를 도모하여 근감소증을 지연할 뿐만 아니라 뼈에 기계적 자극의 제공을 통해 골 형성을 촉진하여 골다공증을 예방하는데 효과적인 방법으로 보고되고 있다(Beudart et al., 2017; McMillan, Zengin, Ebeling, & Scott, 2017; Piggan, 2020). 이와 관련하여 아이슬란드의 고령자를 대상으로 한 후향적 코호트 연구에서는 규칙적인 중-고강도 신체활동 참여 수준이 높은 집단에서 낮은 집단과 비교하여 근감소증의 발병 위험이 0.6배 감소함을 보고한 바 있으며(Mijnarends et al., 2016), 대만의 고령자 565명을 대상으로 한 횡단적 연구에서는 중-고강도 신체활동 수준이 높은 집단이 낮은 집단에 비해 근감소증에 노출될 위험이 0.46배 낮음을 보고한 바 있다(Ko, Chie, Wu, Ho, & Yu, 2021). 또한 골다공증과 관련하여 최근의 메타분석 연구에서는 세계보건기구에서 권장하는 신체활동 지침 충족이 요추와 대퇴골 경부 골밀도 개선에 효과적이며, 규칙적인 신체활동이 골다공증 예방에 중요한 역할을 할 수 있음을 보고한 바 있다(Pinheiro et al., 2020). 이와 같은 결과들을 종합하여 보면 규칙적인 신체활동은 근감소증 및 골다공증과 밀접한 연관성을 가진 보호 요인으로 판단되며, 근감소증과 골다공증이 밀접한 연관성이 있다는 점을 고려할 때, 신체

활동은 두 질환의 관계를 매개할 가능성이 유추된다. 다만 현재까지 대다수의 선행연구가 근감소증과 신체활동, 골다공증과 신체활동의 단편적인 연관성 검증에 국한되어 있으며, 근감소증과 골다공증의 연관성에 대한 신체활동의 역할을 검증한 연구는 미흡한 실정으로 확인된다. 이에 본 연구는 지역 사회의 고령자들을 대상으로 근감소증 지표와 대퇴 경부 골밀도의 연관성에 대한 신체활동의 역할을 규명하고자 하며, 이를 통해 노년기 근감소증과 골다공증의 공존을 예방할 수 있는 전략 마련의 기초 자료를 제공하고자 한다.

II. 연구 방법

1. 연구대상

본 연구는 경기도 S시 소재의 노인 여가 및 복지시설을 이용 중이며, 정상적인 일상생활이 가능하고, 신체활동 참여에 제한이 없는 만 60세 이상의 고령자 333명을 최초 대상으로 하였다. 연구 참여 전, 목적과 방법, 절차 등 연구 내용에 대하여 상세하게 설명하였으며, 자발적으로 참여 의사를 밝힌 사람들만 대상으로 포함하였다. 이후, 신체구성 측정 누락 17명, 보행 및 악력 측정 거부 10명, 기타 공변량과 관련된 설문 누락 21명을 제외한 총 285명에 대해 자료 분석을 실시하였으며, 본 연구는 S대학교 기관생명윤리위원회의 승인(2015-09-001-002)을 받아 진행하였다.

2. 측정 항목 및 방법

1) 신체구성 및 대퇴 경부 골밀도에 따른 집단 분류

자동신장계(DS-102, Jenix, Seoul, Korea)를 통해 바르게 선 자세에서 신장을 측정하였으며, 허리둘레는 인체측정용 줄자를 이용하여 늑골 최하단부와 장골능 상부의 중앙 지점에서 측정하였다. 또한 금속 물질을 제거하고, 측정용 가운을 착용한 후, 이중 에너지 X-ray 방사선 흡수 원리(Dual-energy X-ray Absorptiometry) 기반의 기기(Lunar DPX Pro, GE medical systems Lunar, WI, USA)를 이용하여 체중, 체질량지수, 사지근육량 및 대퇴 경부 골밀도를 측정하였다. 이후 대퇴 경부 골밀도에 T-score에 근거하여 정상(T-score ≥ -1.0), 골감소증($-1.0 > \text{T-score} > -2.5$), 골다공증(T-score ≤ -2.5)으로 분류하였다(Kanis, 1994).

2) 근감소증 지표 측정 및 단계 정의

근감소증 지표로, 사지근육량 지수, 악력, 보행 속도를 측정하였다. 사지근육량 지수는 신체구성 측정에 포함된 사지근육량과 신장에 근거하여 사지근육량(kg)/신장(m³) 공식을 통해 산출하였고, 악력은 바르게 선 자세에서 악력계를 통해 kg단위로 2회 측정된 후, 최대값을 사용하였다. 보행속도는 10m의 보행 구간을 설정한 후, 초기 및 후기 각각 2.5m의 감속 및 가속 구간을 제외한 5m의 구간에 대해 보행분석기를 활용하여 3회 측정하였으며, 평균값을 사용하였다. 이후 Asian Working Group for Sarcopenia(AWGS)의 근감소증 진단 기준에 근거하여 사지근육량 지수가 남성은 7.0kg/m³, 여성은

5.4kg/m³ 이하에 해당하는 경우 근육량 저하로 정의하였다. 또한 근력 저하는 악력에 근거하여 남성은 28.0kg, 여성은 18.0kg 이하에 해당하는 경우로 정의하였으며, 보행속도 저하는 남녀 동일하게 1.0m/sec 이하에 해당하는 경우로 정의하였다. 마지막으로 근감소증 단계에 대하여 세 가지 모두 해당하지 않는 경우 '정상', 세 가지 중 한 가지 또는 근육량 저하를 제외한 두 가지에 해당하는 경우, '전 단계 근감소증', 근육량 저하와 더불어 근력 저하, 보행 속도 저하 중 한 가지를 동반하는 경우 '근감소증'으로 집단을 세분화하였다(Chen et al., 2020).

3) 신체활동 측정 및 집단 구분

국제신체활동 설문지(International Physical Activity Questionnaires, IPAQ)의 한국어 버전을 통해 강도별 신체활동에 대한 주당 참여 일수와 참여 시간 등을 파악하였다. 이후 IPAQ의 점수 환산법을 적용하여 참여 일수와 참여 시간에 대해 저강도 신체활동은 3, 중강도 신체활동은 4, 고강도 신체활동은 8을 곱하여 주당 신체활동량을 Metabolic Equivalent Task (MET) 단위로 각각 산출하였으며, 이를 합산하여 총 신체활동량을 산출하였다. 최종적으로 총 신체활동량에 근거하여 600MET-min/week 이상에 해당하는 경우 '활동', 미만에 해당하는 경우 '비활동'으로 구분하였다(Chun, 2012).

4) 기타 공변량 구분

공변량으로 인구사회학적 요인과 건강 관련 요인에 대해 조사하였다. 먼저 인구사회학적 요인으로 나이와 성별에 대해 조사하였으며, 교육 수준은 초졸

이하와 중졸 및 고졸, 전문대졸 이상으로 구분하였고, 결혼 상태는 기혼과 이혼 및 사별로 구분하였다. 건강 관련 요인으로 흡연은 평생 5갑 이상의 흡연 이력이 있는 경우로 정의하였고, 음주는 지난 1년간의 음주 이력이 있는 경우로 정의하였으며, 고혈압과 당뇨, 이상지질혈증은 의사의 진단 유무에 근거하여 정의하였다(CDC, 1994).

3. 자료처리

본 연구에 포함된 모든 연속형 자료에 대하여 평균(Mean)과 표준편차(SD)로 표기하였고, 범주형 자료에 대해 빈도 수(n)와 비율(%)로 표기하였다. 근감소증 단계에 따른 연속형 변인의 경향을 분석하기 위해 일원변량분석의 대비 다항식을 실시하였으며, 범주형 변인의 경향을 분석하기 위해 카이제곱 검정의 선형 대 결합을 실시하였다. 또한 신체활동 수준에 따른 연속형 변인을 비교하기 위해 독립 표본 t 검정을 실시하였고, 범주형 변인을 비교하기 위해 카이제곱 검정을 실시하였다. 이후 근감소증 지표의 개별 수준과 근감소증 단계, 신체활동 수준에 따른 골감소증 및 골다공증 노출에 대한 상대적 위험도를 산출하기 위해 이분형 로지스틱 회귀분석을 실시하였으며, 근감소증 지표와 대퇴 경부 골밀도에 대한 신체활동의 매개 효과를 분석하기 위해 일부 표본을 무작위 추출하여 분석하는 과정을 반복하는 부트스트래핑(n=5,000)에 근거한 매개분석을 실시하였다. 본 연구의 모든 분석은 SPSS-PC Version 29.0(SPSS Inc, Chicago, IL, USA)을 통해 실시하였고, 매개분석은 SPSS 소프트웨어에 Andrew Hayes의 Process Macro(version 4.3)를 설치하여 분석하였으며, 가

설 검정을 위한 유의 수준은 $\alpha=.05$ 로 설정하였다.

III. 연구결과

1. 근감소증 단계에 따른 변인 비교

〈Table 1〉은 근감소증 단계에 따른 변인들의 경향을 분석한 결과로, 근감소증 단계가 악화될수록, 나이($p<0.001$), 골다공증 비율($p<0.001$)이 증가하는 것으로 나타났으며, 교육 수준($p<0.001$), 신장($p=0.002$), 체중($p<0.001$), 체질량지수($p=0.010$), 대퇴 경부 골밀도($p<0.001$), 대퇴 경부 골밀도 T-score($p<0.001$)가 유의하게 낮아지는 경향이 있는 것으로 나타났다.

2. 신체활동 수준에 따른 변인 비교

〈Table 2〉는 신체활동 수준에 따른 변인들을 비교한 결과로, 활동 집단이 비활동 집단에 비해 나이($p<0.001$), 여성 비율($p=0.033$), 근감소증 비율($p=0.018$), 골다공증 비율($p=0.011$)이 유의하게 낮은 것으로 나타났으며, 신장($p=0.010$), 사지근육량($p<0.001$), 사지근육량 지수($p<0.001$), 악력($p=0.006$), 보행 속도($p<0.001$)는 유의하게 높은 것으로 나타났다.

3. 근감소증 지표 수준 및 근감소증 단계에 따른 골감소증 및 골다공증 노출에 대한 상대적 위험도

〈Table 3〉은 근감소증 지표 수준과 근감소증 단계에 따른 골감소증 및 골다공증 노출에 대한 상대적

Table 1. Descriptive statistics of measured parameters according to sarcopenic status

Variables	Total (n=285/100.0%)	Sarcopenic status			P for linear trends
		Normal (n=121/42.5%)	Pre-sarcopenia (n=120/42.1%)	Sarcopenia (n=44/15.4%)	
Sarcopenia parameters					
ASM index (kg/m ²)	6.1±0.9	6.5±0.8	6.0±0.8	5.3±0.8	<0.001
Hand-grip strength (kg)	21.5±7.8	25.4±7.1	19.1±7.5	17.0±5.2	<0.001
Gait speed (m/sec)	1.17±0.21	1.28±0.16	1.10±0.22	1.09±0.18	<0.001
Socio-demographic factors					
Age (years)	74.4±6.6	72.1±6.3	75.7±6.2	77.5±6.2	<0.001
Women, n (%)	225 (78.9)	89 (73.6)	100 (83.3)	36 (81.8)	0.112
Education level, n (%)					<0.001
Lower than elementary	149 (52.3)	48 (39.7)	75 (62.5)	26 (59.1)	
Middle/high school	109 (38.2)	56 (46.3)	36 (30.0)	17 (38.6)	
Over than college	27 (9.5)	17 (14.0)	9 (7.5)	1 (2.3)	
Marital status, n (%)					0.065
Married	144 (50.5)	68 (56.2)	58 (48.3)	18 (40.9)	
Widowed/divorced	141 (49.5)	53 (43.8)	62 (51.7)	26 (59.1)	
Anthropometric factors					
Height (cm)	154.8±7.8	157.0±7.8	153.4±7.3	152.7±7.4	0.002
Weight (kg)	59.0±8.8	61.5±8.7	58.0±7.9	54.8±9.4	<0.001
Body mass index (kg/m ²)	24.6±3.1	24.9±2.9	24.7±3.0	23.5±3.4	0.010
ASM (kg)	14.7±3.3	16.1±3.5	14.2±2.6	12.4±2.9	<0.001
Waist circumference (cm)	96.0±14.1	96.5±13.6	95.9±13.7	94.8±16.6	0.487
Health-related parameters					
Smoking, n (%)	40 (14.0)	17 (14.0)	18 (15.0)	11 (25.0)	0.775
Alcohol consumption, n (%)	196 (68.8)	90 (74.4)	75 (62.5)	31 (70.5)	0.278
PA (MET-min/week)	1,059.3±1,110.5	1,386.1±1,396.6	892.1±819.7	616.9±513.3	<0.001
Hypertension, n (%)	56 (19.6)	27 (22.3)	18 (15.0)	11 (25.0)	0.856
Diabetes, n (%)	51 (17.9)	19 (15.7)	21 (17.5)	11 (25.0)	0.210
Dyslipidemia, n (%)	142 (49.8)	60 (49.6)	65 (54.2)	17 (38.6)	0.441
Bone mineral density					
Femur neck BMD (g/cm ³)	0.830±0.140	0.868±0.120	0.807±0.136	0.786±0.174	<0.001
Femur neck BMD T-score	-1.146±1.206	-0.812±1.044	-1.345±-1.175	-1.158±1.478	<0.001
Osteoporotic status, n (%)					
Normal	118 (41.4)	67 (55.4)	41 (34.2)	10 (22.7)	<0.001
Osteopenia	134 (47.0)	50 (41.3)	60 (50.0)	24 (54.5)	
Osteoporosis	33 (11.6)	4 (3.3)	19 (15.8)	10 (22.8)	

ASM: appendicular skeletal muscle mass, PA: physical activity, MET: metabolic equivalent of task BMD: bone mineral density

Table 2. Descriptive statistics of measured parameters according to physical activity level

Variables	Physical activity		<i>p</i> -value
	Active(n=165/57.9%)	Inactive(n=245/42.1%)	
PA (MET-min/week)	1,608.2±1,179.2	304.7±187.2	<0.001
Socio-demographic factors			
Age (years)	73.1±6.2	76.2±6.7	<0.001
Women, n (%)	123 (74.5)	102 (85.0)	0.033
Education level, n (%)			0.010
Lower than elementary	75 (45.5)	74 (61.7)	
Middle/high school	69 (41.8)	40 (33.3)	
Over than college	21 (12.7)	6 (5.0)	
Marital status, n (%)			0.112
Married	90 (54.5)	54 (45.0)	
Widowed/divorced	75 (45.5)	66 (55.0)	
Anthropometric factors			
Height (cm)	155.8±8.2	153.5±6.9	0.010
Weight (kg)	59.8±9.1	57.9±8.3	0.073
Body mass index (kg/m ²)	24.6±3.1	24.7±3.0	0.854
ASM (kg)	15.3±3.6	13.9±2.8	<0.001
Waist circumference (cm)	96.8±14.3	94.8±13.8	0.247
Health-related parameters			
Smoking, n (%)	28 (17.0)	12 (10.0)	0.094
Alcohol consumption, n (%)	109 (66.1)	87 (72.5)	0.247
Hypertension, n (%)	27 (16.4)	29 (24.2)	0.102
Diabetes, n (%)	29 (17.6)	22 (18.3)	0.869
Dyslipidemia, n (%)	84 (50.9)	58 (48.3)	0.668
Sarcopenia parameters			
ASM index (kg/m ²)	6.2±1.0	5.9±1.0	<0.001
Hand-grip strength (kg)	22.6±8.0	20.0±7.4	0.006
Gait speed (m/sec)	1.21±0.21	1.13±0.20	<0.001
Sarcopenia status, n (%)			0.018
Normal	79 (47.9)	42 (35.0)	
Pre-sarcopenia	68 (41.2)	52 (43.3)	
Sarcopenia	18 (10.9)	26 (21.7)	
Bone mineral density			
Femur neck BMD (g/cm ³)	0.850±0.140	0.802±0.135	0.004
Femur neck BMD T-score	-0.967±1.210	-1.391±1.161	0.003
Osteoporotic status, n (%)			0.011
Normal	77 (46.7)	41 (34.2)	
Osteopenia	76 (46.1)	58 (48.3)	
Osteoporosis	12 (7.2)	21 (17.5)	

PA: physical activity, MET: metabolic equivalent of task, ASM: appendicular skeletal muscle mass, BMD: bone mineral density

Table 3. OR and 95% CI for osteopenia and osteoporosis by sarcopenia indicators and physical activity level

Variables	Group	Osteopenia		Osteoporosis	
		OR (95% CI)	p-value	OR (95% CI)	p-value
Low muscle mass	Normal	1 (reference)		1 (reference)	
	Case	2.625 (1.218-5.659)	0.014	2.367 (1.077-5.203)	0.032
Low muscle strength	Normal	1 (reference)		1 (reference)	
	Case	2.036 (1.096-3.785)	0.025	3.015 (1.338-6.795)	0.008
Slow gait speed	Normal	1 (reference)		1 (reference)	
	Case	2.748 (1.041-7.252)	0.041	3.026 (1.331-6.880)	0.008
Sarcopenic status	Normal	1 (reference)		1 (reference)	
	Pre-sarcopenia	1.780 (0.953-3.327)	0.071	4.730 (1.531-14.609)	0.007
	Sarcopenia	3.917 (1.382-11.103)	0.010	6.955 (1.979-24.448)	0.002
Physical activity	Active	1 (reference)		1 (reference)	
	Inactive	1.433 (0.860-2.387)	0.167	2.705 (1.274-5.743)	0.010

OR: odds ratio, CI: confidence interval
Adjusted for age and sex.

위험도를 산출한 결과이다. 분석 결과, 성별과 나이를 보정한 상태에서 근육량 저하(Osteopenia, OR=2.625, 95% CI=1.218-5.659, p=0.014; Osteoporosis, OR=2.367, 95% CI=1.077-5.021, p=0.032), 근력 저하(Osteopenia, OR=2.036, 95% CI=1.096-3.785, p=0.025; Osteoporosis, OR=3.015, 95% CI=1.338-6.795, p=0.008), 보행속도 저하(Osteopenia, OR=2.748, 95% CI=1.041-7.252, p=0.041; Osteoporosis, OR=3.026, 95% CI=1.331-6.880, p=0.008) 집단은 각각 정상 집단(OR=1, reference)보다 골감소증 및 골다공증 노출에 대한 상대적 위험도가 유의하게 높은 것으로 나타났다. 또한 근감소증

단계에 따른 분석 결과, 근감소증 집단(Osteopenia, OR=3.917, 95% CI=1.382-11.103, p=0.010; Osteoporosis, OR=6.955, 95% CI=1.979-24.448, p=0.002)은 정상 집단(OR=1, reference)에 비해 골감소증 및 골다공증 노출에 대한 상대적 위험도가 유의하게 높은 것으로 나타났다.

4. 신체활동 수준에 따른 골감소증 및 골다공증 노출에 대한 상대적 위험도

〈Table 3〉은 신체활동 수준에 따른 골다공증 및 골감소증 노출에 대한 상대적 위험도를 산출한 결과로, 비활동 집단(Osteopenia, OR=1.433, 95% CI=

0.860–2.387, $p=0.167$; Osteoporosis, $OR=2.705$, $95\% CI=1.274-5.743$, $p=0.010$)은 활동 집단($OR=1$, reference)과 비교하여 골감소증 노출에 대한 상대적 위험도에 차이가 없었던 반면, 골다공증 노출에 대한 상대적 위험도가 유의하게 높은 것으로 나타났다.

5. 근감소증 지표와 대퇴 경부 골밀도의 연관성에 대한 신체활동의 매개 효과 분석

〈Table 4〉와 [Figure 1]은 공변량에 대한 보정 후, 근감소증 지표와 대퇴 경부 골밀도의 연관성에

Table 4. The association between sarcopenia indicators and femur neck BMD T-score, mediated by physical activity

Path	β	SE	t	95% CI		p-value
				LLCI	ULCI	
Low muscle mass						
ASM index \rightarrow Physical activity, a	0.338	0.090	3.754	0.161	0.515	<0.001
Physical activity \rightarrow Femur neck BMD T-score, b	0.128	0.060	2.123	0.009	0.247	0.035
Total effect, c	0.245	0.091	2.708	0.067	0.423	0.007
Direct effect, c`	0.202	0.092	2.188	0.020	0.383	0.030
Indirect effect, ab	0.043	0.020		0.009	0.087	
Indirect to total effect				21.3%		
Low muscle strength						
Hand-grip strength \rightarrow Physical activity, a	0.026	0.011	2.389	0.005	0.047	0.018
Physical activity \rightarrow Femur neck BMD T-score, b	0.141	0.060	2.359	0.023	0.258	0.019
Total effect, c	0.025	0.011	2.318	0.004	0.046	0.021
Direct effect, c`	0.021	0.011	1.976	0.001	0.043	0.049
Indirect effect, ab	0.004	0.002		0.001	0.009	
Indirect to total effect				19.0%		
Slow gait speed						
Gait speed \rightarrow Physical activity, a	0.652	0.306	2.129	0.049	1.255	0.034
Physical activity \rightarrow Femur neck BMD T-score, b	0.137	0.060	2.316	0.021	0.253	0.021
Total effect, c	0.913	0.302	3.028	0.318	1.507	0.003
Direct effect, c`	0.823	0.302	2.260	0.029	1.418	0.007
Indirect effect, ab	0.089	0.053		0.009	0.212	
Indirect to total effect				10.8%		

SE: standard error, CI: confidence interval, LLCI: lower limit of confidence interval, ULCI: upper limit confidence interval, ASM: appendicular skeletal muscle mass, BMD: bone mineral density

Adjusted for age, sex, body mass index, education level, marital status, smoking, alcohol consumption, hypertension, diabetes, and dyslipidemia.

In the mediation model, the indirect effect is the product of path coefficients a (ASM index or hand-grip strength or gait speed \rightarrow physical activity) and b (physical activity \rightarrow femur neck BMD T-score). The direct effect is the coefficient c`. The total effect (c) is equal to the sum of the direct and indirect (c`+ab).

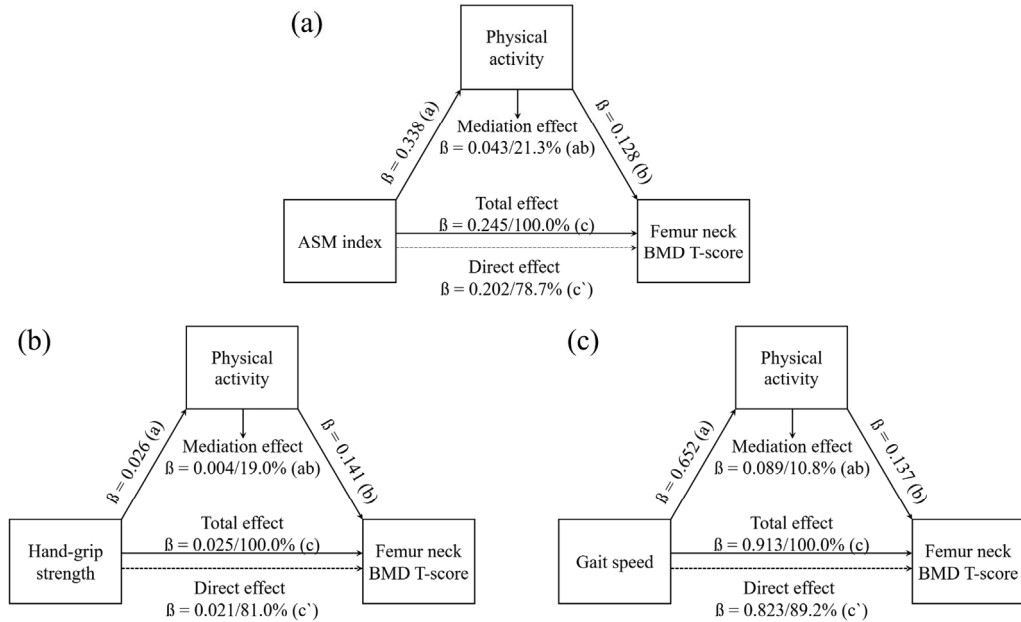


Figure 1. The association between sarcopenia indicators and femur neck BMD T-score, mediated by physical activity

대한 신체활동의 매개 효과를 분석한 결과이다. 먼저 사지근육량 지수와 대퇴 경부 골밀도의 연관성에 대한 신체활동의 매개 효과를 분석한 결과, [Figure 1a]와 같이 사지근육량 지수는 신체활동(경로a, $\beta = 0.338$, $p < 0.001$)과 양의 연관성을 나타냈으며, 신체활동(경로b, $\beta = 0.128$, $p = 0.035$)은 대퇴 경부 골밀도와 양의 연관성을 나타냈다. 또한 사지근육량 지수가 대퇴 경부 골밀도에 미치는 총 효과(경로c)는 $\beta = 0.245$ 로 나타났으며, 이 중 사지근육량 지수가 대퇴 경부 골밀도에 미치는 직접 효과는 $\beta = 0.202$, 신체활동을 통해 미치는 간접 효과는 $\beta = 0.043$ 으로 확인되었다. 간접 효과의 95% 신뢰구간이 0을 포함하지 않아 유의한 것으로 확인되었으며, 사지근육량 지수가 대퇴 경부 골밀도에 미치는 전체 효과 중 21.3%가 신체활동을 통해 설명되는 것으로 확인되었다.

약력과 대퇴 경부 골밀도의 연관성에 대한 신체활동의 매개 효과를 분석한 결과, [Figure 1b]와 같이 약력은 신체활동(경로a, $\beta = 0.026$, $p = 0.018$)과 양의 연관성을 나타냈으며, 신체활동(경로b, $\beta = 0.141$, $p = 0.019$)은 대퇴 경부 골밀도와 양의 연관성을 나타냈다. 또한 약력이 대퇴 경부 골밀도에 미치는 총 효과(경로c)는 $\beta = 0.025$ 로 나타났으며, 이 중 약력이 대퇴 경부 골밀도에 미치는 직접 효과는 $\beta = 0.021$, 신체활동을 통해 미치는 간접 효과는 $\beta = 0.004$ 으로 확인되었다. 간접 효과의 95% 신뢰구간이 0을 포함하지 않아 유의한 것으로 확인되었으며, 약력이 대퇴 경부 골밀도에 미치는 전체 효과 중 19.0%가 신체활동을 통해 설명되는 것으로 확인되었다.

마지막으로 보행 속도와 대퇴 경부 골밀도의 연관성에 대한 신체활동의 매개 효과를 분석한 결과,

[Figure 1c]와 같이 보행 속도는 신체활동(경로a, $\beta = 0.652$, $p=0.034$)과 양의 연관성을 나타냈으며, 신체활동(경로b, $\beta=0.137$, $p=0.021$)은 대퇴 경부 골밀도와 양의 연관성을 나타냈다. 또한 보행 속도가 대퇴 경부 골밀도에 미치는 총 효과(경로c)는 $\beta = 0.913$ 으로 나타났으며, 이 중 보행 속도가 대퇴 경부 골밀도에 미치는 직접 효과는 $\beta=0.823$, 신체활동을 통해 미치는 간접 효과는 $\beta=0.089$ 으로 확인되었다. 간접 효과의 95% 신뢰구간이 0을 포함하지 않아 유의한 것으로 확인되었으며, 보행 속도가 대퇴 경부 골밀도에 미치는 전체 효과 중 10.8%가 신체활동을 통해 설명되는 것으로 확인되었다.

IV. 논 의

본 연구는 지역 사회의 고령자 285명을 대상으로 근감소증 지표와 대퇴 경부 골밀도의 연관성에 대한 신체활동의 역할을 규명하는 것을 주요 목적으로 하였다. 먼저 근감소증 지표와 대퇴 경부 골밀도에 근거한 골감소증 및 골다공증의 연관성을 분석한 결과, 사지근육량 지수와 악력, 보행 속도가 낮은 집단은 정상 집단에 비해 골감소증 및 골다공증 노출에 대한 상대적 위험도가 유의하게 높은 것으로 나타났다. 또한 신체활동 수준에 따른 분석 결과, 비활동 집단은 활동 집단에 비해 골다공증 노출에 대한 상대적 위험도가 유의하게 높은 것으로 나타났다. 마지막으로 근감소증 지표와 대퇴 경부 골밀도의 연관성에 대한 신체활동의 매개효과를 분석한 결과, 신체활동이 사지

근육량 지수, 보행 속도, 악력과 대퇴 경부 골밀도의 연관성을 각각 부분 매개하는 것으로 확인되었다.

근감소증과 골다공증은 노년기 빈발하는 대표적인 퇴행성 근골격계 질환으로 알려져 있으며, 서로 밀접한 관련이 있는 것으로 보고되고 있다. 구체적으로 두 질환의 연관성은 근육 수축이 뼈에 골 형성을 촉진하는 기계적 자극을 제공한다는 “Mechanostat” 가설을 비롯하여 뼈와 근육이 생화학적 측면에서 내분비 및 측분비 상호작용을 통해 서로에게 영향을 미친다는 “Bone-health cross-talk” 개념을 통해 제시되고 있으며, 이는 임상 연구를 통해서도 뒷받침되고 있다(Clynes et al., 2021). 예로, 국내의 60-79세 고령자를 대상으로 한 횡단적 연구에서는 근감소증의 진단 지표인 사지근육량 지수와 악력에 근거한 근육량과 근력이 낮을수록 골다공증 노출 위험이 유의하게 증가함을 보고한 바 있으며(Lee et al., 2021), 국외 연구에서는 초음파로 측정한 대퇴사두근의 두께와 악력, 하지 근기능이 요추 및 대퇴 경부 골밀도에 근거한 골다공증 노출 위험과 유의한 음의 상관성을 나타냄을 보고한 바 있다(Tiftik et al., 2023). 이와 유사하게 본 연구에서도 지역 사회의 노인들을 대상으로 근감소증의 지표인 사지근육량 지수, 악력, 보행 속도와 대퇴 경부 골밀도에 근거한 골감소증 및 골다공증의 연관성을 분석한 결과, 세 변인 모두 AWGS에서 제시한 기준보다 낮은 집단이 정상 집단에 비해 골감소증 및 골다공증 노출에 대한 위험이 유의하게 높은 것으로 확인되었다. 이러한 본 연구결과는 근감소증과 골다공증이 공존할 위험이 높다고 보고한 선행연구들을 실증적으로 뒷받침하는 결과이며, 본 연구와 선행연구의 결과들을 종합하여 볼

때, 근감소증과 골다공증의 진단 지표를 통합하여 주기적으로 모니터링 하는 것이 노년기 두 질환의 위험을 조기 식별할 수 있는 효과적 방안이 될 수 있으리라 생각된다.

또한 본 연구에서는 신체활동 수준에 따른 골감소증 및 골다공증 노출에 대한 상대적 위험도를 산출한 결과, 비활동 집단이 활동 집단에 비해 골다공증 노출 위험이 유의하게 높은 것으로 나타났다. 이러한 본 연구결과는 영국의 UK Biobank에 참여한 중·고령자들을 대상으로 신체활동의 영역에 따른 골다공증 노출의 상대적 위험도를 분석한 결과, 총 신체활동 및 여가 시간 신체활동에서 각각 참여 수준이 높은 집단이 낮은 집단과 비교하여 골다공증 노출 위험이 낮게 나타났다고 보고한 Cao et al.(2024)의 최근 연구를 비롯하여 노인에서 세계보건기구의 신체활동 지침을 충족할 경우 골다공증 위험이 유의하게 낮게 나타났다고 보고한 Pinheiro et al.(2020)의 메타분석 연구와 일치하는 결과이다. 이러한 결과들은 잘 알려진 바와 같이 골다공증 예방에 대한 규칙적인 신체활동의 이점을 다시 한 번 확인할 수 있는 결과로, 노년기 골다공증의 예방을 위해 규칙적인 신체활동이 중요함을 재강조한다.

한편, 본 연구에서 규칙적인 신체활동은 근감소증의 세부 지표와 대퇴 경부 골밀도의 연관성을 부분 매개하는 것으로 확인되었다. 이러한 본 연구 결과는 사지근육량 감소와 악력 및 보행 속도 저하에 따른 대퇴 경부 골밀도의 저하를 규칙적인 신체활동이 완화할 수 있음을 의미하는 결과로, 이에 대해서는 다음과 같은 추론이 가능하다. 구체적으로 신체활동이 골격근의 수축에 따른 신체의 모든 움직임으

로 정의 된다는 점에서 근육 수축의 기계적 자극에 따른 골 형성의 촉진은 신체활동에서 기원하며, 아울러 사지근육량 지수와 악력, 보행 속도가 신체활동에 영향을 받는다는 점에서 근감소증의 세부지표와 대퇴 경부 골밀도의 연관성은 신체활동을 매개로 설명될 수 있으리라 판단된다(Caspersen et al., 1985; McMillan et al., 2017). 이 외에도 규칙적인 신체활동이 근감소증과 골다공증의 공통된 병리 기전인 만성 염증 개선에 유익한 효과를 미친다는 점도 근감소증과 골다공증의 연관성에 대한 신체활동의 매개 효과의 근거로 제시될 수 있으리라 생각된다(Beavers, Brinkley, & Nicklas, 2010).

그러나 본 연구에는 다음과 같은 제한점이 있다. 첫째, 본 연구는 특정 지역 사회의 고령자들을 대상으로 하였기에 결과를 일반화 하지 못한다. 둘째, 본 연구에서는 근감소증과 골다공증의 관계에 영향을 미칠 수 있는 영양 및 약물 복용 정보 등을 포함하지 못하였다. 셋째, 본 연구는 횡단 설계된 연구로, 인과 관계를 설명하지 못한다. 따라서 향후 연구에서는 이러한 본 연구의 제한점을 보완한 종단 설계 방식의 후속 연구를 통해 근감소증 지표와 골다공증의 연관성에 대한 신체활동의 매개 효과를 검증할 필요가 있으리라 판단된다.

V. 결 론

본 연구에서는 지역 사회에 거주 중인 고령자들을 대상으로 근감소증 지표와 대퇴 경부 골밀도의 관계

에 대한 신체활동의 매개 효과를 검증하는 것을 주요 목적으로 하였으며, 연구결과 신체활동은 근감소증 지표와 대퇴 경부 골밀도의 관계를 부분 매개하는 것으로 나타났다. 이러한 본 연구결과는 노년기 골감소 및 골다공증의 예방을 위해 규칙적인 신체활

동을 통한 적절한 신체구성 및 신체기능 유지가 중요하며, 더불어 규칙적인 신체활동이 근감소증으로 인한 골감소 및 골다공증의 위험을 완화할 수 있음을 시사한다.

참고문헌

- 대한골대사학회(2023). **골다공증 및 골다공증 골절 Fact Sheet 2023**.
- 조진경, 이인환, 강현식(2017). 여성 노인의 대퇴 골밀도 감소에 따른 대사증후군과 체력 비교. **운동과학**, *26*(2), 145-151.
- Beaudart, C., Dawson, A., Shaw, S. C., Harvey, N. C., Kanis, J. A., Binkley, N., ... & Dennison, E. M. (2017). Nutrition and physical activity in the prevention and treatment of sarcopenia: systematic review. *Osteoporosis International*, *28*(6), 1817-1833.
- Beavers, K. M., Brinkley, T. E., & Nicklas, B. J. (2010). Effect of exercise training on chronic inflammation. *Clinica Chimica Acta*, *411*(11-12), 785-793.
- Bliuc, D., & Center, J. R. (2019). The risk of osteoporotic refracture. *Secondary Fracture Prevention*, 9-32.
- Cao, Y., Hu, Y., Lei, F., Zhang, X., Liu, W., Huang, X., ... & Cheng, Z. (2024). Associations between leisure-time physical activity and the prevalence and incidence of osteoporosis disease: Cross-sectional and prospective findings from the UK biobank. *Bone*, *187*, 117208.
- Cao, L., & Morley, J. E. (2016). Sarcopenia is recognized as an independent condition by an international classification of disease, tenth revision, clinical modification (ICD-10-CM) code. *Journal of the American Medical Directors Association*, *17*(8), 675-677.
- Centers for Disease Control and Prevention (CDC). (1994). Cigarette smoking among adults--United States, 1992, and changes in the definition of current cigarette smoking. *MMWR. Morbidity and Mortality Weekly Report*, *43*(19), 342-346.
- Chen, L. K., Woo, J., Assantachai, P., Auyeung, T. W., Chou, M. Y., Iijima, K., ... & Arai, H. (2020). Asian Working Group for Sarcopenia: 2019 consensus update on sarcopenia diagnosis and treatment. *Journal of the American Medical Directors Association*, *21*(3), 300-307.
- Chun, M. Y. (2012). Validity and reliability of Korean version of international physical activity questionnaire short form in the elderly. *Korean Journal of Family Medicine*, *33*(3), 144.
- Clynes, M. A., Gregson, C. L., Bruyère, O., Cooper, C., & Dennison, E. M. (2021). Osteosarcopenia: where osteoporosis and

- sarcopenia collide. *Rheumatology*, *60*(2), 529–537.
- Jin, S., & Sha, J. (2025). The correlation between sarcopenia and osteoporosis in the elderly: a systematic review and meta-analysis. *Frontiers in Medicine*, *12*, 1603879.
- Johnell, O., Kanis, J. A., Odén, A., Sernbo, I., Redlund-Johnell, I., Pettersson, C., ... & Jönsson, B. (2004). Fracture risk following an osteoporotic fracture. *Osteoporosis International*, *15*(3), 175–179.
- Kanis, J. A. (1994). Assessment of fracture risk and its application to screening for postmenopausal osteoporosis: synopsis of a WHO report. *Osteoporosis International*, *4*(6), 368–381.
- Kim, S., Ha, Y. C., Kim, D. Y., & Yoo, J. I. (2024). Recent update on the prevalence of sarcopenia in Koreans: findings from the Korea national health and nutrition examination survey. *Journal of Bone Metabolism*, *31*(2), 150.
- Ko, Y. C., Chie, W. C., Wu, T. Y., Ho, C. Y., & Yu, W. R. (2021). A cross-sectional study about the relationship between physical activity and sarcopenia in Taiwanese older adults. *Scientific Reports*, *11*(1), 11488.
- Lee, K., Lee, J. Y., & Kim, Y. H. (2021). Low grip strength and muscle mass increase the prevalence of osteopenia and osteoporosis in elderly women. *Healthcare*, *9*(4), 476.
- Li, Z., Liu, B., Tong, X., Ma, Y., Bao, T., Yue, J., & Wu, C. (2024). The association between sarcopenia and incident of depressive symptoms: a prospective cohort study. *BMC Geriatrics*, *24*(1), 74.
- Manrique-Espinoza, B., Salinas-Rodríguez, A., Rosas-Carrasco, O., Gutiérrez-Robledo, L. M., & Avila-Funes, J. A. (2017). Sarcopenia is associated with physical and mental components of health-related quality of life in older adults. *Journal of the American Medical Directors Association*, *18*(7), 636–e1.
- McMillan, L. B., Zengin, A., Ebeling, P. R., & Scott, D. (2017). Prescribing physical activity for the prevention and treatment of osteoporosis in older adults. *Healthcare*, *5*(4), 85.
- Mijnarends, D. M., Koster, A., Schols, J. M., Meijers, J. M., Halfens, R. J., Gudnason, V., ... & Harris, T. (2016). Physical activity and incidence of sarcopenia: the population-based AGES-Reykjavik Study. *Age and Ageing*, *45*(5), 614–620.
- Park, K. S., Lee, G. Y., Seo, Y. M., Seo, S. H., & Yoo, J. I. (2021). Disability, frailty and depression in the community-dwelling older adults with osteosarcopenia. *BMC Geriatrics*, *21*(1), 69.

- Petermann-Rocha, F., Ferguson, L. D., Gray, S. R., Rodríguez-Gómez, I., Sattar, N., Siebert, S., ... & Celis-Morales, C. (2021). Association of sarcopenia with incident osteoporosis: a prospective study of 168,682 UK biobank participants. *Journal of Cachexia, Sarcopenia and Muscle, 12*(5), 1179–1188.
- Piggin, J. (2020). What is physical activity? A holistic definition for teachers, researchers and policy makers. *Frontiers in Sports and Active Living, 2*, 72.
- Pinheiro, M. B., Oliveira, J., Bauman, A., Fairhall, N., Kwok, W., & Sherrington, C. (2020). Evidence on physical activity and osteoporosis prevention for people aged 65+ years: a systematic review to inform the WHO guidelines on physical activity and sedentary behaviour. *International Journal of Behavioral Nutrition and Physical Activity, 17*(1), 150.
- Salech, F., Marquez, C., Lera, L., Angel, B., Saguez, R., & Albala, C. (2021). Osteosarcopenia predicts falls, fractures, and mortality in Chilean community-dwelling older adults. *Journal of the American Medical Directors Association, 22*(4), 853–858.
- Santilli, V., Bernetti, A., Mangone, M., & Paoloni, M. (2014). Clinical definition of sarcopenia. *Clinical Cases in Mineral and Bone Metabolism, 11*(3), 177.
- Sánchez-Sánchez, J. L., He, L., Morales, J. S., de Souto Barreto, P., Jiménez-Pavón, D., Carbonell-Baeza, A., ... & Valenzuela, P. L. (2024). Association of physical behaviours with sarcopenia in older adults: a systematic review and meta-analysis of observational studies. *The Lancet Healthy Longevity, 5*(2), e108–e119.
- Tiftik, T., Kara, M., Koyuncu, E. G., Kaymak, B., Çelik, Ö. F., Çiftçi, İ., ... & Özçakar, L. (2023). The relationship between sarcopenia-related measurements and osteoporosis: The SARCOP study. *Osteoporosis International, 34*(1), 53–58.
- World Health Organization. (2004). WHO scientific group on the assessment of osteoporosis at primary health care level: summary meeting report 2004. Belgium WHO, 5–7.
- Zhang, F., & Li, W. (2024). Vitamin D and sarcopenia in the senior people: a review of mechanisms and comprehensive prevention and treatment strategies. *Therapeutics and Clinical Risk Management, 5*, 577–595.
- Zhao, Y., Chen, H., Qiu, F., He, J., & Chen, J. (2023). Cognitive impairment and risks of osteoporosis: A systematic review and meta-analysis. *Archives of Gerontology and Geriatrics, 106*, 104879.

Association between Diagnostic Indicators of Sarcopenia, Physical Activity, and Femoral Neck Bone Mineral Density in Community-Dwelling Older Adults

Minjun Kim(Changwon National University, Post-doctoral Researcher) · Juyul Lee(Namseoul University, Professor) ·
Jiyoung Kong(Namseoul University, Professor)

ABSTRACT

This study examined associations between sarcopenia indicators, physical activity (PA), and femoral neck bone mineral density (FN-BMD) in 285 older adults, analyzing PA's mediating role. Participants were classified by appendicular skeletal muscle mass index (ASMI), handgrip strength (HGS), and gait speed (GS) into normal, pre-sarcopenia, or sarcopenia. FN-BMD T-score into normal, osteopenia, or osteoporosis, and PA into active or inactive. Logistic regression revealed low muscle mass, low muscle strength, and slow gait speed had higher risk of osteopenia (low muscle mass, OR=2.625, $p=0.014$; low muscle strength, OR=2.036, $p=0.025$; slow gait speed, OR=2.748, $p=0.041$) and osteoporosis (low muscle mass, OR=2.367, $p=0.032$; low muscle strength, OR=3.015, $p=0.008$; slow gait speed, OR=3.026, $p=0.008$) than normal (reference). Inactive (OR=2.705, $p=0.010$) also showed higher osteoporosis risk than active (reference). PA partially mediated associations between sarcopenia indicators and FN-BMD T-score (ASMI, $\beta=0.043$, 95% CI=0.009 - 0.087; HGS, $\beta=0.004$, 95% CI=0.001 - 0.009; GS, $\beta=0.089$, 95% CI=0.009 - 0.212). Findings suggest maintaining body composition and physical function via regular PA is crucial for preventing osteoporosis and mitigating bone loss associated with sarcopenia.

Key words: Sarcopenia, Physical activity, Femoral neck bone mineral density, Older adults

논문 접수일 : 2026. 01. 27

논문 승인일 : 2026. 03. 06

논문 게재일 : 2026. 03. 31