



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](#)

보건학 석사 학위논문

상대적 근육량과 대사증후군 및 구성  
요소들 간의 연관성 분석

2013년 2월

서울대학교 보건대학원

보건학과 보건학 전공

김선미

# 상대적 근육량과 대사증후군 및 구성 요소들 간의 연관성 분석

지도교수 성 주 현

이 논문을 보건학 석사 학위논문으로 제출함

2012년 10월

서울대학교 대학원

보건학과 보건학 전공

김 선 미

김 선 미 의 석사 학위논문을 인준함

2012년 12월

위 원 장 조 성 일 (인)

부위원장 정 효 지 (인)

위 원 성 주 현 (인)

## 국문 초록

### 상대적 근육량과 대사증후군 및 구성 요소들 간의 연관성 분석

**연구 배경:** 연령이 증가함에 따라 근육량이 감소하는 근육감소증(sarcopenia)은 특히 노인에서 인슐린 저항성, 당뇨, 대사증후군과 같은 심혈관계 질환의 위험인자와 관련이 있는 것으로 알려져 있다. 미국의 성인을 대상으로 시행한 한 연구에서는 근육감소증 범주까지 포함되지 않더라도, 낮은 상대적 근육량 또한 인슐린 저항성 및 당뇨전단계(prediabetes)와 연관성이 있음을 보고한 바 있다.

**목적:** 이번 연구는 19세 이상의 한국인을 대상으로 상대적 근육량(appendicular skeletal muscle mass / weight (%))과 대사증후군 및 그 구성 요소인 수축기 혈압, 이완기 혈압, 공복혈당, 중성지방, 고밀도지단백 콜레스테롤 및 인슐린 저항성 지표와 같은 심혈관계 질환 위험인자들 사이의 연관성을 알아보하고자 하였다.

**방법:** 2008 ~ 2010년에 시행된 제4기 ~ 제5기 1차 국민건강영양조사에 참여했던 12,444명의 자료를 이용하여 단면 연구를 시행하였다. 복합표본 자료에 대한 다중로지스틱 회귀분석을 이용하여 상대적 근육량과 대사증후군 및 그 구성 요소들(혈압 상승, 공복혈당장애, 고중성지방혈증, 낮은 고밀도지단백 콜레스테롤 및 복부비만)과의 연관성을 분석하였다. 또한, 복합표본 자료에 대한 다중선형회귀분석을 이용하여 교란변수를 통제했을 때 상대적 근육량과 대사증후군의 요소들(혈압, 공복혈당, 중성지방, 고밀도지단백 콜레스테롤) 및 인슐린 저항성 지표 사이의 연관성을 조사하였다. 분석은 남녀 군으로 층화하여 시행하였으며, 남성은 60세를 기준으로, 여성은 폐경 전후를 기준으로 나눈 그룹에서도 추가적

으로 분석을 시행하였다.

**결과:** 교란변수의 영향을 보정한 뒤, 전체 남성에서 상대적 근육량이 첫 번째 5분위 구간에 속하는 대상자와 비교할 때, 다섯 번째 5분위 구간에 속하는 사람은 대사증후군이 있을 오즈가 0.166배(95% 신뢰구간 0.088-0.272)로 나타났다. 60세 미만 남성에서는 0.184배(95% 신뢰구간 0.117-0.289), 60세 이상에서는 0.132배(95% 신뢰구간 0.073-0.289)로 모두 유의한 음의 연관성을 보였다. 대사증후군의 구성 요소인 공복혈당장애, 혈압 상승, 고중성지방혈증, 낮은 고밀도지단백 콜레스테롤 및 복부비만 또한 상대적 근육량이 낮을수록 그 위험도가 증가하였으며 60세 미만과 60세 이상의 남자 그룹에서 모두 유의하게 나타났다. 여성의 경우, 폐경 후 여성에서는 상대적 근육량이 첫 번째 5분위 구간에 속하는 대상자와 비교할 때, 다섯 번째 5분위 구간에 속하는 사람은 대사증후군이 있을 오즈가 0.423배(95% 신뢰구간 0.297-0.602)로 유의하게 낮았으며, 상대적 근육량이 높을수록 낮은 고밀도지단백 콜레스테롤을 제외한 공복혈당장애, 혈압상승, 고중성지방혈증, 복부비만의 오즈가 유의하게 감소하였다. 폐경 전 여성에서는 상대적 근육량과 대사증후군의 연관성이 유의하지 않았다.

**결론:** 남성 및 폐경 후 여성에서는 상대적 근육량이 낮을수록 대사증후군의 위험도가 높았으며 고밀도지단백 콜레스테롤을 제외한 각각의 구성 요소들과도 음의 연관성을 보였다. 인과성에 대한 명확한 근거는 아직 알려지지 않았으므로 향후 추가적인 경시적 연구가 필요할 것으로 보인다.

**주요어:** 사지 골격근 근육량, 상대적 근육량, 근육감소증, 대사증후군, 심혈관 질환 위험인자

학번: 2010-22101

# 목 차

국문 초록 .....	i
<b>I. 서론 .....</b>	<b>1</b>
<b>II. 연구 방법 .....</b>	<b>4</b>
1. 연구 대상자 .....	4
2. 대사증후군의 진단 기준 .....	5
3. 근육량의 측정 및 평가 .....	5
4. 변수들의 측정 .....	6
5. 통계 분석 .....	7
<b>III. 연구 결과 .....</b>	<b>8</b>
1. 연구 대상자의 일반적 특성 .....	8
2. 상대적 근육량과 대사증후군 및 구성 요소들(공복혈당장애, 혈압 상승, 고중성지방혈증, 낮은 고밀도지단백 콜레스테롤, 복부비만)과의 연관성 분석 .....	9
3. 상대적 근육량과 대사증후군 구성 요소 및 인슐린 저항성 지 표와의 연관성 분석 .....	10
<b>IV. 고찰 .....</b>	<b>11</b>
참고문헌 .....	16
영문 초록 .....	45
부록 .....	48

## 표 목차

Table 1. Baseline characteristics of the study participants .....	23
Table 2. Multiple logistic regression analyses of survey design for the risk of metabolic syndrome and metabolic risk factors classified according to the quintiles of relative muscle mass (ASM / weight (%)) stratified by the age group (age < 60, age ≥ 60) in men .....	28
Table 3. Multiple logistic regression analyses of survey design for the risk of metabolic syndrome and metabolic risk factors classified according to the quintiles of relative muscle mass (ASM / weight (%)) stratified by the menopause status in women .....	30

## 그림 목차

Figure 1. Selection of study subjects ..... 34

Figure 2. Adjusted mean of the factors of metabolic syndrome and HOMA-IR according to the quintiles of relative muscle mass (ASM / weight (%)) stratified by the age group (age < 60, age ≥ 60) in men, which was estimated using multiple linear regression analyses for survey design ..... 35

Figure 3. Adjusted mean of the factors of metabolic syndrome and HOMA-IR according to the quintiles of relative muscle mass (ASM / weight (%)) stratified by the menopause status in women, which was estimated using multiple linear regression analyses for survey design ..... 40



## I. 서론

심혈관계 위험인자들의 군집으로 정의되는 대사증후군은 제2형 당뇨병 및 동맥경화성 심혈관 질환의 발생 및 사망률, 총 사망률과도 밀접한 연관성이 있다(1-4). 대사증후군은 이상지질혈증(낮은 고밀도지단백 콜레스테롤 또는 고중성지방혈증), 복부비만, 공복혈당장애, 혈압 상승을 그 구성 요소로 하며 인슐린 저항성을 바탕으로 하는 증후군이다(5). 대사증후군은 비만의 증가와 함께 전 세계적으로도 유병률이 증가하고 있으며 우리나라에서도 2005년 국민건강영양조사 제3기 보고서에 따르면 대사증후군의 유병률은 30세 이상 남자에서 32.9%, 여자에서 31.8%로 높게 나타났다(6). 동양인은 서양인에 비해 비만도가 낮은 경우에도 대사질환 및 심혈관 질환의 이환율이 높은 것으로 알려져 있어(7, 8), 심혈관 질환으로 인한 사망률이 높은 한국에서도 대사증후군을 비롯한 심혈관 질환 위험인자의 예방 및 관리는 중요한 건강 문제가 되고 있다. 비만은 체내 지방량이 필요 이상으로 증가하는 것으로 특히 복부 비만은 인슐린 저항성을 유발하여 심혈관 질환의 위험인자로 널리 알려져 있다(9, 10). 연령이 증가함에 따라 체지방의 증가와 함께 근육량 감소가 일어나게 되는데, 근육은 당 대사를 담당하는 주요한 기관으로 최근에는 비만이나 복부비만뿐 아니라 이러한 근육량 감소 또한 대사증후군 및 심혈관 질환의 위험인자로 대두되고 있다(11, 12).

근육감소증(sarcopenia)은 원래 연령 증가에 따른 점진적인 근육량의 감소를 일컫는 말로 Rosenberg가 1989년 명명하였으며(13, 14), 주로 노인에서 신체 기능의 저하, 활동 감소, 낙상 및 골절, 보행 장애, 쇠약, 삶의 질 저하 등과 관련이 있는 것으로 알려져 왔다(15). 비만과 근육감소증을 함께 가지는 근감소성 비만(sarcopenic obesity)은 비만인 경우

보다 인슐린 저항성과 당뇨, 또는 대사증후군의 위험도를 더욱 가중시키는 것으로 보고된 바 있다(11, 16). 최근, 미국에서 20세 이상 성인을 대상으로 이루어진 단면 연구에서 근육감소증은 비만과 독립적으로 인슐린 저항성 지표인 HOMA-IR (homeostasis model assessment for insulin resistance) 상승과 연관이 있는 것으로 보고되었다(11).

이에 반해 폐경 여성을 대상으로 한 단면 연구에서는 정상범위의 근육량을 가진 비만 여성보다 오히려 근감소성 비만인 여성에서 심혈관계 질환 위험도가 더 낮았다(17). 또 다른 연구에서는 근육량은 심혈관 질환과 연관성이 없고 근육 강도가 심혈관 질환의 위험도와 관련이 있다고 보고한 바 있다(18). 동양인의 경우에는 서양인에 비해 더 낮은 수준의 복부비만과 근육감소증에 의해서도 인슐린 저항성이 발생하고 당뇨전단계 또는 당뇨가 더 쉽게 발생하는 경향이 있다(19, 20). 동양인에서 근육감소증의 유병률은 2005년 중국에서 70세 이상의 노인을 대상으로 남자 12.3%, 여자 7.6%로 나타났다. 우리나라에서는 주로 60세 이상 노년층을 대상으로 하여 근육감소증 혹은 근감소성 비만에 대한 연구가 보고되고 있다. 2008 ~ 2009년 국민건강영양조사 자료를 이용하여 65세 이상 노인을 대상으로 dual energy X-ray absorptiometry (DXA)로 측정된 사지 골격근 근육량(appendicular skeletal muscle mass, ASM)을 체중으로 나눈 비율을 이용하여 근육감소증을 정의하고 허리둘레를 이용하여 비만을 정의하였을 때, 근육감소증의 유병률은 남자 9.7%, 여자 11.8%, 근감소성 비만은 남자 7.6%, 여자 9.1%로 조사되었다(21). 특히, 서양에서 근육감소증을 진단할 때 널리 사용하던 height-adjusted ASM의 진단 기준은 동양인에서는 적합하지 않았으며 weight-adjusted ASM을 사용한 정의가 더욱 적합한 것으로 발표되었다(21, 22). 또한, 연구 결과 weight-adjusted ASM을 사용하여 근육감소증을 정의하였을

경우에 대사증후군과의 연관성도 더욱 밀접하게 나타나는 것으로 보고된 바 있다(16). 한편, 미국 성인을 대상으로 한 단면 연구에서, 노인에서 진단되는 근육감소증뿐만 아니라 근육감소증의 범위까지는 해당되지 않더라도 상대적인 근육 감소 또한 인슐린저항성과 당뇨전단계의 위험도와 연관성이 있다는 결과가 보고되었다(12). 근육 감소는 비만과 마찬가지로 예방 교육과 적절한 관리가 이루어진다면 개선이 가능한 인자이므로 동양인에서도 상대적인 근육 감소가 심혈관 질환의 위험인자와 연관성이 있는지 알아보는 것은 의미가 있다(23). 또한, 한국인을 대상으로 주로 연구되어온 60세 이상 노년층과 구분하여 60세 미만의 연령층 및 폐경 전 후의 여성에서 상대적 근육량과 심혈관계 질환의 위험인자 간의 연관성에 차이가 있는지 분석하여 각 다른 특징을 가지는 그룹에서 상대적 근육량의 영향을 알아보는 것도 의미가 있을 수 있다. 따라서, 이번 연구에서는 2008 ~ 2010년 국민건강영양조사 자료를 이용하여 19세 이상의 한국인을 대상으로 하여, 노인에서 나타나는 근육감소증뿐만 아니라 상대적으로 낮은 근육량 또한 심혈관계 위험인자들의 위험도와 연관성이 있을 것이라는 가설 하에 DXA로 측정된 사지 골격근 근육량을 체중으로 나눈 weight-adjusted ASM을 이용하여 대사증후군의 구성 요소인 혈압, 혈당, 고밀도지단백 콜레스테롤 (high density lipoprotein cholesterol, HDL-C), 중성지방 및 HOMA-IR, 대사증후군 유무와의 연관성을 남녀 각각에서 분석하였으며 남성에서 60세 미만 군과 60세 이상 군, 여성에서 폐경 전 및 폐경 후 그룹으로 층화하여 분석해 보았다.

## II. 연구 방법

### 1. 연구 대상자

본 연구는 국민건강영양조사(KNHANES, Korean National Health And Nutrition Examination Survey) 제4기 2, 3차년도(2008 ~ 2009), 제5기 1차년도(2010) 응답자를 대상으로 분석하였다. 국민건강영양조사는 국가기간통계로 한국인의 대표성 있는 표본을 확보하여, 우리나라 국민 전체에 대해 결과를 추정할 수 있도록 자료에 가중치를 부여한다. 가중치는 표본 조사구의 추출률, 가구 추출률, 응답률을 고려하고, 사후 층화 조정 과정을 거쳐 부여한다. 제4기의 2008, 2009년과 5기의 2010년에 조사된 표본은 각각의 표본이 전국을 대표하는 확률표본이면서 동시에 세 표본을 합하여 통합 가중치를 설정할 수 있도록 설계되었다. 제4기 2008, 2009년 및 제5기 2010년에 시행된 국민건강영양조사에 참여하여 DXA를 시행한 18,132명 중 19세 이상 성인 16,470명을 대상으로 하였다. 종속변수인 대사증후군의 정의에 필요한 자료가 결측이거나 보정변수인 체질량지수, 흡연 여부, 음주 횟수, 신체활동, 일일 섭취 열량, 교육 수준과 가구 소득 수준, 폐경에 대한 응답이 결측인 경우에는 대상에서 제외하였다. Weight-adjusted ASM에 영향을 줄 수 있는 경우로 임신 중이거나 암을 진단받은 자, 만성신부전, 간경화 또는 만성폐쇄성 폐질환을 앓고 있는 경우를 제외하였다. 이상의 제외 기준에 포함되지 않은 최종 연구 대상자는 총 12,444명이었다(Figure 1).

## 2. 대사증후군의 진단 기준

대사증후군의 진단 기준은 2001년 National Cholesterol Education Program Adult Treatment Panel III에서 제시한 기준을 사용하였으며 (24), 남자는 허리둘레가 90cm 이상, 여자는 85cm 이상인 경우를 복부 비만으로 적용하였다(25). 다음 중 3가지 이상에 해당하는 경우 대사증후군이 있는 것으로 정의하였다.

- 1) 복부비만: 허리둘레  $\geq$  90cm (남자),  $\geq$  85cm (여자)
- 2) 고중성지방혈증: 중성지방  $\geq$  150mg/dL 또는 고지혈증약 복용
- 3) 낮은 고밀도지단백 콜레스테롤:  $<$  40mg/dL (남자),  $<$  50mg/dL (여자)
- 4) 혈압 상승:  $\geq$  130 / 85mmHg 또는 혈압약 복용
- 5) 공복혈당:  $\geq$  100mg/dL 또는 경구 당뇨약 복용 또는 인슐린 투여

## 3. 근육량의 측정 및 평가

근육량은 DXA (Hologic Discovery-W; Hologic)를 이용하여 측정하였다. 사지 골격근 근육량(ASM)은 양팔과 양다리에서 측정된 근육량을 합하여 계산하였다. 상대적 근육량의 평가는 한국인에서 유용하다고 보고된 body weight-adjusted ASM을 사용하였으며 ASM / total body weight (%)로 계산하였다(21, 22, 26).

#### 4. 변수들의 측정

연령, 성별, 교육수준 및 가구 소득 수준은 건강 설문 조사의 가구 조사, 혈압강하제 복용, 경구 혈당강하제 및 인슐린 복용, 고지혈증 약물 복용 여부, 암 및 질병의 진단 여부는 건강 설문 조사 자료를 이용하여 구하였다. 신체 활동량(international physical activity questionnaire)(27), 1주일간 유연성 운동 일수, 1주일간 근력 운동 일수, 흡연 상태, 음주 횟수는 건강 설문 조사에서, 하루 총 섭취열량은 영양 조사에서, 폐경 여부는 골밀도 설문 조사에서 자료를 구하였다. 흡연 상태는 평생 100개비 미만의 담배를 피웠을 때 비흡연자, 100개비 이상의 담배를 피웠지만, 현재는 피우지 않은 경우 과거 흡연자, 현재도 피우고 있는 경우를 현재 흡연자로 분류하였다. 훈련된 보건 요원이 이동식 검진센터에서 각각 0.1cm, 0.1kg 단위로 키와 몸무게를 측정하였으며 체질량지수(body mass index, BMI)는 체중(kg)을 키의 제곱(m<sup>2</sup>)으로 나눈 값으로 계산하여 25 미만과 25 이상 2그룹으로 구분하였다. 허리둘레는 세계보건기구 지침에 따라 마지막 늑골의 아래쪽 경계와 장골능의 중간 부분에서 수평으로 측정되었다(28). 혈압은 3회 측정 후 2차, 3차 측정값의 평균을 이용하였으며 공복혈당 및 콜레스테롤 측정치는 8시간 이상 공복 기준을 사용하였다. HOMA-IR는 다음과 같이 계산되었다(29).

HOMA-IR

$$= \text{fasting insulin } (\mu\text{IU/mL}) \times \text{fasting plasma glucose (mmol/L)} / 22.5$$

## 5. 통계 분석

모든 통계 분석은 STATA version 10.0 (Stata Corp LP, College Station, TX, USA)을 이용하였으며 survey data commands(svy)를 이용하여 조사구(PSU), 층화변수(kstrata), 가중치를 지정하여 분석하였다. 가중치는 2008, 2009, 2010년의 통합 연관성 분석 가중치를 구하여 적용하였으며 결과 값은 가중치가 부여된 값으로 나타내었다. 연구 대상자는 남성 60세 미만 및 60세 이상 그룹, 여성 폐경 전 및 폐경 후 여성 군으로 나누어 기본 특성을 구하였으며 남성 및 여성 그룹에서 각각 두 군의 차이는 연속 변수에 대해서는 복합표본 일반선형모형(complex sample general linear model)을 이용하여 비교하였고 범주형 변수에 대해서는 Pearson 카이제곱 검정에 대한 Rao-Scott 수정방법을 이용하여 검정하였다. 복합표본 다변수 로지스틱 회귀분석을 이용하여 대사증후군 유무 및 대사증후군의 구성 요소인 공복혈당장애, 혈압 상승, 고중성지방혈증, 낮은 고밀도지단백 콜레스테롤, 복부비만에 대한 adjusted OR (odds ratio)와 95% 신뢰구간 (95% confidence interval, 95% CI)를 구하여 상대적 근육량과 대사증후군 및 그 구성 요소들과의 연관성을 검정하였다. 복합표본 다변수 선형회귀분석을 이용하여 상대적 근육량 (ASM / weight (%))은 5그룹으로 나누어, 교란변수를 보정하였을 때 각 그룹에서의 수축기 혈압, 이완기 혈압, 공복혈당, 중성지방 및 고밀도지단백 콜레스테롤, HOMA-IR의 평균과 표준오차(adjusted mean  $\pm$  standard error)를 추정하였다. 통계적 유의수준은  $p < 0.05$ 로 정의하였으며  $p$  for trend를 구하였다.

### Ⅲ. 연구 결과

#### 1. 연구대상자의 일반적 특성

전체 연구 대상자들은 남성(60세 미만 군, 60세 이상 군), 여성(폐경 전, 폐경 후) 그룹으로 나누어 일반적 특성을 분석해 보았다. 남성 그룹에서 60세 미만 군의 평균 연령은 38.85세, 60세 이상 군은 68.28세로 나타났으며, 평균 키와 체중은 60세 미만 군에서 높고 허리둘레의 평균은 60세 이상 군에서 유의하게 높으며 체질량지수의 평균도 같은 양상을 보였다( $p < 0.01$ ,  $p < 0.01$ ). 남성에서 상대적인 근육량(ASM / weight (%))은 60세 미만 군이  $34.51 \pm 0.05$ 로 60세 이상 군  $33.03 \pm 0.08$ 보다 유의하게 높은 것으로 나타났다( $p < 0.01$ ). 수축기 혈압, 공복혈당, HOMA-IR 지표는 60세 이상 군에서 60세 미만 군에 비하여 유의하게 높았으며 대사증후군의 빈도는 60세 이상 군에서 37.91%, 60세 미만 군에서 23.09%로 나타났다. 여성 그룹에서 폐경 전 여성의 평균 연령은 35.39세, 폐경 후 여성은 62.31세로 나타났으며 폐경 후 여성에서 허리둘레와 체질량지수의 평균이 높은 것으로 나타났다( $p < 0.01$ ,  $p < 0.01$ ). 상대적 근육량은 폐경 전 여성이  $27.59 \pm 0.05$ 로 폐경 후 여성의  $26.15 \pm 0.06$ 보다 유의하게 높았다( $p < 0.01$ ). 수축기 혈압, 이완기 혈압, 중성지방, 공복혈당, HOMA-IR 지표는 폐경 후 여성에서 폐경 전 여성보다 유의하게 높은 것으로 나타났으며( $p < 0.01$ ), 대사증후군의 빈도는 폐경 후 여성에서 39.75%, 폐경 전 여성에서 7.97%로 나타났다(Table 1).



## 2. 상대적 근육량과 대사증후군 및 구성 요소들 (공복혈당장애, 혈압 상승, 고중성지방혈증, 낮은 고밀도지단백 콜레스테롤, 복부비만)과의 연관성 분석

교란변수들을 보정하였을 때, 상대적 근육량(ASM / weight (%))을 5 그룹으로 등분하여 대사증후군 및 공복혈당장애, 혈압 상승, 고중성지방혈증, 낮은 고밀도지단백 콜레스테롤, 복부비만과의 연관성을 다변수 로지스틱 회귀 분석을 이용하여 분석하였다. 남성 그룹에서 상대적 근육량의 5분위(quintile)가 한 단계 증가할 때 대사증후군의 OR 및 그 95% 신뢰구간은 각각 0.686 (0.543, 0.868), 0.511 (0.401, 0.65), 0.369 (0.281, 0.483), 0.166 (0.115, 0.240)으로 선형적으로 유의하게 감소하였다( $p$  for trend < 0.01). 남성을 60세를 기준으로 층화하여 분석한 결과에서 60세 미만 군과 60세 이상 군 모두에서 상대적 근육량의 5분위가 한 단계 증가할 때 대사증후군의 OR은 선형적으로 유의하게 감소하였다( $p$  for trend < 0.01). 대사증후군의 구성 요소인 공복혈당장애, 혈압 상승, 고중성지방혈증, 낮은 고밀도지단백 콜레스테롤 및 복부비만 또한 상대적 근육량이 낮을수록 그 위험도가 증가하였으며 60세 미만과 60세 이상의 남자 그룹에서 모두 유의하게 나타났다. 여성 그룹에서는 폐경 후 여성에서는 상대적 근육량의 5분위(quintile)가 증가할수록 대사증후군의 오즈가 선형적으로 유의하게 감소하였으나( $p$  for trend < 0.01), 폐경 전 여성에서는 연관성을 보이지 않았다. 폐경 후 여성에서 상대적 근육량과 낮은 고밀도지단백 콜레스테롤을 제외한 공복혈당장애, 혈압 상승, 고중성지방혈증, 복부비만은 유의한 음의 연관성을 보였으며 폐경 전 여성에서는 고중성지방혈증, 낮은 고밀도지단백 콜레스테롤, 복부비만만 유의한 음의 연관성을 나타냈다(Table 2).

### 3. 상대적 근육량과 대사증후군 구성 요소 및 인슐린 저항성 지표와의 연관성 분석

각 교란변수를 보정하였을 때, 상대적 근육량의 5분위 그룹별 대사증후군 구성 요소인 수축기 및 이완기 혈압, 중성지방, 고밀도지단백 콜레스테롤, 공복혈당 및 HOMA-IR의 평균과 표준 오차를 구하여 비교하였다. 남성 그룹에서는 60세 이상 및 60세 미만 두 그룹에서 모두 상대적 근육량의 5분위가 증가할수록 수축기 혈압, 이완기 혈압, 중성지방, 공복혈당, HOMA-IR의 adjusted mean은 감소하고 고밀도지단백 콜레스테롤 adjusted mean은 증가하는 양상을 보였으며 이러한 연관성은  $p$  for trend < 0.05로 통계적으로 유의하였다(Figure 2). 여성 그룹은 폐경 후 여성에서는 상대적 근육량의 5분위가 증가할수록 고밀도지단백 콜레스테롤을 제외한 대사증후군의 요소들—수축기 혈압, 이완기 혈압, 중성지방, 공복혈당, HOMA-IR—의 adjusted mean이 감소하였으며  $p$  for trend < 0.05로 통계적으로 유의하였다. 폐경 전 여성에서는 상대적 근육량의 5분위가 증가할수록 이완기 혈압과 중성지방 및 HOMA-IR의 adjusted mean이 유의하게 감소하는 것으로 나타났다(Figure 3).

## IV. 고찰

이번 연구에서는 한국인의 대표성을 가지는 국민건강영양조사자료를 이용하여 근육감소증의 범위가 아니더라도 상대적인 근육량이 낮을 경우 심혈관계 위험인자들의 위험성을 높이는 연관성이 있을 것이라는 가설 하에 상대적 근육량(ASM / weight (%))과 대사증후군, 공복혈당, 혈압 상승, 고중성지방혈증, 낮은 고밀도지단백 콜레스테롤, 복부 비만 유무, 그리고 대사증후군의 구성 요소인 수축기 및 이완기 혈압, 공복혈당, 중성지방, 고밀도지단백 콜레스테롤 및 인슐린 저항성 지표인 HOMA-IR와의 관련성을 각각 분석하였다. 그 결과 폐경 후 여성 및 남성 그룹에서는 60세 이상의 고연령 군에서만뿐만 아니라 60세 미만 군에서도 상대적으로 낮은 근육량을 가지는 그룹에서 대사증후군 및 심혈관계 위험인자의 위험도가 선형적으로 높아지는 것으로 나타났으며, 유의한 연관성을 보여 주었다. 이러한 결과는 근육량의 감소가 인슐린 저항성과 당뇨병 전단계의 위험도를 높인다고 보고한 미국의 연구 결과와 상응한다(12). 이 연구는 미국인의 대표성을 가지는 표본을 이용하여 BIA (bioimpedence analysis)를 이용하여 예측한 골격근량을 체중으로 보정한 값을 이용하였으며 10%의 골격근량 증가가 11%의 HOMA-IR 감소 및 12%의 당뇨병 전단계 위험의 감소와 관련이 있다고 보고하였다(12). 오스트레일리아에서 35세 이상의 남성을 대상으로 이루어진 연구에서도 낮은 근육량과 근육 강도가 혈중 인슐린 레벨을 증가시킴으로써 대사증후군에 영향을 주는 인자임을 보고하였다(30). 우리나라에서 근육 감소와 심혈관계 위험인자의 관계를 다루는 연구는 주로 근육감소증 혹은 근감소성 비만을 가진 고연령 군을 대상으로 하였는데 근감소성 비만과 심혈관 질환의 위험도에 대해 한국인을 대상으로 한 기존 연구에서 근감소

성 비만이 인슐린 저항성과 연관성이 있으며 대사증후군과도 연관성이 있는 것으로 보고된 바 있다(31). 이번 연구 결과에서도 상대적 근육량과 인슐린 저항성 및 공복혈당은 유의한 역의 연관성을 보여주고 있으며, 상대적 근육량이 많아질수록 대사증후군의 OR이 감소하는 것으로 나타났다. 그러나 반대로 작은 규모의 연구이기는 하지만 근감소성 비만이 오히려 심혈관계 질환의 위험도를 낮춘다는 연구 결과도 있다(17). 근감소성 비만을 가진 폐경기 여성 군에서 오히려 비만을 단독으로 가진 군보다 고밀도지단백 콜레스테롤이 유의하게 높은 것으로 나타났으며 중성지방, 총콜레스테롤/고밀도지단백 콜레스테롤 비율은 유의하게 낮았다(17). 또 다른 건강한 과체중 또는 비만 폐경기 여성을 대상으로 한 연구에서는 근감소성 비만을 가진 폐경기 여성은 근육 감소가 없이 비만을 가진 여성들과 콜레스테롤, 염증 수치, 혈압은 차이가 없으며 오히려 더 낮은 인슐린 저항성과 공복혈당을 보인다고 보고하였다(32). 한 연구에서는 근감소성 비만을 가진 폐경기 여성들에서 근육량이 근육 quality와 음의 상관관계를 가지며 이것이 대사적으로 양호한 profile을 가지는 원인일 수 있다고 보고했다(33). 이는 이번 연구에서 폐경 후 여성들에서 상대적 근육량이 많을수록 대사증후군 및 그 구성 요소의 OR이 감소하는 것과는 상반된 결과이다. 이러한 차이는 대상군의 수, 인종 격차에서 기인할 것으로 생각된다. 이번 연구에서는 남성 및 폐경기 여성에서는 상대적 근육량이 증가할수록 공복혈당장애, 고중성지방혈증, 혈압 상승의 오즈가 증가하며, 수축기 및 이완기 혈압 및 중성지방, 공복혈당의 평균이 유의하게 낮아지는 역의 관계를 보여 주고 있다. 기존 연구에서 근육량과 혈압의 연관성에 대한 연구는 거의 없었으며, 또한 중성지방의 경우 근육량과 유의하게 역의 연관성을 보고한 결과는 없었다(17, 32, 34). 비만하지 않은 410명의 40 ~ 76세 남자를 대상으로 중등도 및 중

중 근육감소증의 심혈관 질환의 위험인자—혈압, 중성지방, 고밀도지단백 콜레스테롤 및 허리둘레, 체지방률—에 대한 영향을 연구한 결과에서는 정상범위 이내이기는 하지만 고밀도지단백 콜레스테롤만 약간 감소하였고, 혈압이나 중성지방은 큰 차이가 없는 것으로 나타나 우리 연구와는 상반된 결과를 보였다(34). 그러나 이 연구에서는 초음파로 측정된 피하지방과 근육의 두께를 이용하여 골격근과 체지방, 체지방을 추정하였으며 근육감소증을 진단하는 방법도 추정한 골격근량을 키의 제곱으로 나눈 값으로 구하여 다른 결과를 가져왔을 수 있다.

이번 연구에서 상대적 근육량 감소가 혈압, 중성지방, 공복 혈당을 높이는 역의 관련성을 보이는 기전으로, 인슐린 저항성이 근육량과 혈압, 중성지방 간의 매개 역할을 했을 가능성이 있다(35). 인슐린 저항성은 명확한 기전은 알지 못하나 혈중 초저밀도지단백 콜레스테롤(very low-density lipoprotein cholesterol, VLDL-C)을 증가시키고 lipoprotein lipase와 간의 lipase 활성을 방해하여 중성지방을 높이고 고밀도지단백 콜레스테롤을 낮아지게 한다(36). 또한 인슐린 저항성 또는 고인슐린혈증은 교감신경계의 과활성과 angiotensinogen의 과분비, 신장에서 나트륨 저류를 유발하여 혈압을 증가시킬 수 있다(37).

근육감소증 또는 근감소성 비만과 심혈관 질환 위험인자와의 연관성에 대한 연구결과들의 차이는 연구마다 대상군이 달랐으며, 근육감소증을 정의하는 방법, 근육 감소를 측정하는 도구 등이 각 연구마다 상이한 것에 기인할 수 있다. 근육감소증을 진단하는 정의는 기존 연구들에서 여러 가지 방법이 제시되어 왔다. Height-adjusted ASM ( $ASM / height^2$ )을 측정하는 방법은 서양에서 널리 이용되어 왔다. 그러나 한국인을 비롯한 동양인에서는  $ASM / weight$  (%)로 근감소성 비만을 정의하는 것이 더욱 적합한 것으로 보고되었다(21, 22). 또한, 근육감소증을

어떻게 정의하느냐에 따라서 근육 감소와 심혈관계 질환의 위험도의 연관성에 대한 결과는 다르게 나타났는데, 65세 이상 3,366명을 대상으로 8년간 추적한 코호트 연구에서는 근육 강도(muscle strength)로 근육감소증을 정의하였을 때, 근육감소증이나 비만 단독은 심혈관 질환의 hazard ratio (HR)를 올리지 않았으나 근감소성 비만의 경우 심혈관 질환의 HR를 23% 증가시키는 것으로 나타났다(18). 그러나 근육량으로 근육감소증을 진단했을 경우 세 그룹 모두 정상군과 유의한 차이가 없는 것으로 나타났다(18). 골격근을 측정하는 것에 있어서도 BIA 측정치에서 유도하는 공식은 DXA를 대상으로 validation을 하기는 했지만, 각 기계의 종류별로 validity에 차이를 보이며(38), 또한 인구 집단의 특성(연령, 성별, 종족)이 다른 경우 그 external validity가 입증되지는 않아 bias가 있을 수 있다(15). 또 다른 영향을 줄 수 있는 인자로 근육량 이외에도 근육의 quality에 대해 생각할 수 있는데, 연구 결과에 따르면 근육량뿐만 아니라 근육 섬유의 종류에 따라서도 비만과 당뇨와의 관련성이 다를 수 있다는 것이다(39). 즉, type II fiber가 당을 분해하고 인슐린 저항성과 더욱 관련이 있으며 type I fiber는 II에 비해 더욱 인슐린에 민감하며 산화와 관련이 있는 것으로 알려졌다(39). 여성 호르몬의 경우, lipid profile을 개선하며, 동맥경화를 낮추는 것으로 알려져 있으며, 당뇨의 발생을 감소시키고 인슐린 감수성을 개선하는 것으로 알려져 있다(40). 또한, 혈압과의 관련성은 명확하지 않으나 nitric oxide를 증가시킴으로써 혈관의 확장을 일으키는 것으로 알려져 있어 영향을 줄 가능성이 있다(40). 폐경의 경우 이러한 여성호르몬의 영향력이 감소하게 되고 비교적 연령이 높은 폐경 후 여성에서는 폐경 전 여성에 비해 상대적으로 근육량이 감소하고 대사증후군 및 심혈관계 질환의 위험도가 높아지는 것이 상대적 근육량과 심혈관계 위험인자의 연관성에 영향을 주

있을 가능성이 있다.

이번 연구에서는 한국인의 대표성을 가지는 국민건강영양조사 자료를 이용하여, 남성에서는 60세 이상의 노인층뿐만 아니라 60세 미만의 그룹에서도 상대적 근육량과 심혈관 질환 위험인자들과의 연관성이 있음을 보여주었으며 여성에서는 폐경 전후로 연관성의 차이를 보여주었다. 이번 연구에서는 기존에 보고되어 온 대사증후군, 인슐린 저항성 및 혈당뿐만 아니라 중성지방, 혈압에서도 그 역의 관계가 나타났다. 또한, 근육량을 측정하는 방법에 있어 DXA로 측정한 결과를 이용하여 BIA로 예측한 결과보다 정확하게 근육량을 측정할 수 있으며, 상대적 근육량을 정의하는데 있어서 height-adjusted ASM보다 한국인에서 더욱 적합하다고 보고된 weight-adjusted ASM을 이용하여 타당한 연구결과를 얻을 가능성을 높였다.

이 연구의 한계점으로는, 첫째로 단면 연구이므로 인과 관계가 명확하지 않은 점, 둘째로 국민건강영양조사는 인구학적 변수 및 과거력에 대한 자료를 획득하는데 자가 기입식 설문지를 이용하기 때문에 응답의 신뢰성을 확보하기 어려운 점, 셋째로 근육량 이외에 근육 강도 등 근육의 quality를 측정한 결과가 없다는 점을 들 수 있겠다.

근육 감소는 심혈관 질환과 연관성이 있는 교정 가능한 인자로 연령과 인종에 따라 상이한 결과를 보일 수 있다. 인구학적 특성을 고려한 다양한 그룹에서, 이들 사이의 인과 관계를 밝히기 위해 추후 더 많은 연구가 이루어져야 할 것이다.

## References

1. Isomaa B, Almgren P, Tuomi T, Forsen B, Lahti K, Nissen M, Taskinen MR, Groop L: **Cardiovascular morbidity and mortality associated with the metabolic syndrome.** *Diabetes care* 2001, **24**(4):683-689.
2. Lakka HM, Laaksonen DE, Lakka TA, Niskanen LK, Kumpusalo E, Tuomilehto J, Salonen JT: **The metabolic syndrome and total and cardiovascular disease mortality in middle-aged men.** *JAMA : the journal of the American Medical Association* 2002, **288**(21):2709-2716.
3. Khang YH, Cho SI, Kim HR: **Risks for cardiovascular disease, stroke, ischaemic heart disease, and diabetes mellitus associated with the metabolic syndrome using the new harmonised definition: findings from nationally representative longitudinal data from an Asian population.** *Atherosclerosis* 2010, **213**(2):579-585.
4. Trevisan M, Liu J, Bahsas FB, Menotti A: **Syndrome X and mortality: a population-based study.** Risk Factor and Life Expectancy Research Group. *American journal of epidemiology* 1998, **148**(10):958-966.
5. **Third Report of the National Cholesterol Education Program (NCEP) Expert Panel on Detection, Evaluation, and Treatment of High Blood Cholesterol in Adults (Adult Treatment Panel III) final report.** *Circulation* 2002,



106(25):3143-3421.

6. The Third Korea National Health and Nutrition Examination Survey (KNHANES III) -S-.
7. Park HS OS, Kang JH, Park YW, Choi JM, Kim YS, et al. Prevalence and Associated Factors with Metabolic Syndrome in South Korea. *J Korean soc study obes* 2003;12:1-14.
8. Yoon YS, Lee ES, Park C, Lee S, Oh SW: **The new definition of metabolic syndrome by the international diabetes federation is less likely to identify metabolically abnormal but non-obese individuals than the definition by the revised national cholesterol education program: the Korea NHANES study.** *Int J Obes* 2007, 31(3):528-534.
9. Hubert HB, Feinleib M, McNamara PM, Castelli WP: **Obesity as an independent risk factor for cardiovascular disease: a 26- year follow-up of participants in the Framingham Heart Study.** *Circulation* 1983, 67(5):968-977.
10. Reaven GM: **Insulin resistance: the link between obesity and cardiovascular disease.** *Med Clin North Am* 2011, 95(5):875-892.
11. Srikanthan P, Hevener AL, Karlamangla AS: **Sarcopenia exacerbates obesity-associated insulin resistance and dysglycemia: findings from the National Health and Nutrition Examination Survey III.** *PLoS One* 2010, 5(5):e10805.
12. Srikanthan P, Karlamangla AS: **Relative muscle mass is inversely associated with insulin resistance and prediabetes.**

- Findings from the third National Health and Nutrition Examination Survey.** *The Journal of clinical endocrinology and metabolism* 2011, **96**(9):2898-2903.
13. Rosenberg IH: **Sarcopenia: origins and clinical relevance.** *J Nutr* 1997, **127**(5 Suppl):990S-991S.
  14. Rosenberg IH: **Epidemiologic and methodologic problems in determining nutritional status of older persons. Proceedings of a conference. Albuquerque, New Mexico, October 19-21, 1988.** *The American journal of clinical nutrition* 1989, **50**(5 Suppl):1121-1235.
  15. Prado CM, Wells JC, Smith SR, Stephan BC, Siervo M: **A Critical appraisal of the current evidence.** *Clinical nutrition (Edinburgh, Scotland)* 2012.
  16. Lim S, Kim JH, Yoon JW, Kang SM, Choi SH, Park YJ, Kim KW, Lim JY, Park KS, Jang HC: **Sarcopenic obesity: prevalence and association with metabolic syndrome in the Korean Longitudinal Study on Health and Aging (KLoSHA).** *Diabetes care* 2010, **33**(7):1652-1654.
  17. Aubertin-Leheudre M, Lord C, Goulet ED, Khalil A, Dionne IJ: **Effect of sarcopenia on cardiovascular disease risk factors in obese postmenopausal women.** *Obesity (Silver Spring, Md)* 2006, **14**(12):2277-2283.
  18. Stephen WC, Janssen I: **Sarcopenic-obesity and cardiovascular disease risk in the elderly.** *The journal of nutrition, health & aging* 2009, **13**(5):460-466.

19. Yoon KH, Lee JH, Kim JW, Cho JH, Choi YH, Ko SH, Zimmet P, Son HY: **Epidemic obesity and type 2 diabetes in Asia**. *Lancet* 2006, **368**(9548):1681-1688.
20. Chan JC, Malik V, Jia W, Kadowaki T, Yajnik CS, Yoon KH, Hu FB: **Diabetes in Asia: epidemiology, risk factors, and pathophysiology**. *JAMA : the journal of the American Medical Association* 2009, **301**(20):2129-2140.
21. Kim YS, Lee Y, Chung YS, Lee DJ, Joo NS, Hong D, Song GE, Kim HJ, Choi YJ, Kim KM: **Prevalence of Sarcopenia and Sarcopenic Obesity in the Korean Population Based on the Fourth Korean National Health and Nutritional Examination Surveys**. *The journals of gerontology Series A, Biological sciences and medical sciences* 2012.
22. Wen X, Wang M, Jiang CM, Zhang YM: **Are current definitions of sarcopenia applicable for older Chinese adults?** *The journal of nutrition, health & aging* 2011, **15**(10):847-851.
23. Roubenoff R: **Sarcopenia: a major modifiable cause of frailty in the elderly**. *The journal of nutrition, health & aging* 2000, **4**(3):140-142.
24. **Executive Summary of The Third Report of The National Cholesterol Education Program (NCEP) Expert Panel on Detection, Evaluation, And Treatment of High Blood Cholesterol In Adults (Adult Treatment Panel III)**. *JAMA : the journal of the American Medical Association* 2001,

- 285(19):2486-2497.
25. Lee SY, Park HS, Kim DJ, Han JH, Kim SM, Cho GJ, Kim DY, Kwon HS, Kim SR, Lee CB *et al*: **Appropriate waist circumference cutoff points for central obesity in Korean adults.** *Diabetes research and clinical practice* 2007, **75(1):72-80.**
  26. 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.**
  27. Craig CL, Marshall AL, Sjostrom M, Bauman AE, Booth ML, Ainsworth BE, Pratt M, Ekelund U, Yngve A, Sallis JF *et al*: **International physical activity questionnaire: 12-country reliability and validity.** *Med Sci Sports Exerc* 2003, **35(8):1381-1395.**
  28. World Health Organization Western Pacific Region. *The Asia-Pacific Perspective: Redefining Obesity and Its Treatment* Sydney AHCAPL: 2000.
  29. Matthews DR, Hosker JP, Rudenski AS, Naylor BA, Treacher DF, Turner RC: **Homeostasis model assessment: insulin resistance and beta-cell function from fasting plasma glucose and insulin concentrations in man.** *Diabetologia* 1985, **28(7):412-419.**
  30. Atlantis E, Martin SA, Haren MT, Taylor AW, Wittert GA: **Inverse associations between muscle mass, strength, and the**

- metabolic syndrome.** *Metabolism: clinical and experimental* 2009, **58(7)**:1013-1022.
31. Hwang B, Lim JY, Lee J, Choi NK, Ahn YO, Park BJ: **Prevalence rate and associated factors of sarcopenic obesity in korean elderly population.** *Journal of Korean medical science* 2012, **27(7)**:748-755.
32. Messier V, Karelis AD, Lavoie ME, Brochu M, Faraj M, Strychar I, Rabasa-Lhoret R: **Metabolic profile and quality of life in class I sarcopenic overweight and obese postmenopausal women: a MONET study.** *Applied physiology, nutrition, and metabolism = Physiologie appliquee, nutrition et metabolisme* 2009, **34(1)**:18-24.
33. Barbat-Artigas S, Filion ME, Plouffe S, Aubertin-Leheudre M: **Muscle quality as a potential explanation of the metabolically healthy but obese and sarcopenic obese paradoxes.** *Metabolic syndrome and related disorders* 2012, **10(2)**:117-122.
34. Abe T, Thiebaud RS, Loenneke JP, Bemben MG, Loftin M, Fukunaga T: **Influence of Severe Sarcopenia on Cardiovascular Risk Factors in Nonobese Men.** *Metabolic syndrome and related disorders* 2012.
35. DeFronzo RA, Ferrannini E: **Insulin resistance. A multifaceted syndrome responsible for NIDDM, obesity, hypertension, dyslipidemia, and atherosclerotic cardiovascular disease.** *Diabetes care* 1991, **14(3)**:173-194.

36. Ginsberg HN, Zhang YL, Hernandez-Ono A: **Regulation of plasma triglycerides in insulin resistance and diabetes.** *Archives of medical research* 2005, **36**(3):232-240.
37. Tack CJ, Smits P, Willemsen JJ, Lenders JW, Thien T, Lutterman JA: **Effects of insulin on vascular tone and sympathetic nervous system in NIDDM.** *Diabetes* 1996, **45**(1):15-22.
38. Xu L, Cheng X, Wang J, Cao Q, Sato T, Wang M, Zhao X, Liang W: **Comparisons of body-composition prediction accuracy: a study of 2 bioelectric impedance consumer devices in healthy Chinese persons using DXA and MRI as criteria methods.** *Journal of clinical densitometry : the official journal of the International Society for Clinical Densitometry* 2011, **14**(4):458-464.
39. Tanner CJ, Barakat HA, Dohm GL, Pories WJ, MacDonald KG, Cunningham PR, Swanson MS, Houmard JA: **Muscle fiber type is associated with obesity and weight loss.** *Am J Physiol Endocrinol Metab* 2002, **282**(6):E1191-1196.
40. Murphy E: **Estrogen signaling and cardiovascular disease.** *Circ Res* 2011, **109**(6):687-696.

**Table 1.** Baseline characteristics of the study participants

	Male			<i>P</i> value	Female			<i>P</i> value
	Age < 60	Age ≥ 60	Total		Premenopause	Postmenopause	Total	
N (%)	3,586 (68.78%)	1,628 (31.22%)	5,214		4,084 (56.49%)	3,146 (43.51%)	7,230	
	Value ± SE % (SE)	Value ± SE % (SE)	Value ± SE % (SE)		Value ± SE % (SE)	Value ± SE % (SE)	Value ± SE % (SE)	
Age (years)*	38.85 ± 0.21	68.28 ± 0.19	43.33 ± 0.23	< 0.01 <sup>†</sup>	35.39 ± 0.17	62.31 ± 0.22	44.60 ± 0.22	< 0.01 <sup>†</sup>
Height (cm)*	171.59 ± 0.11	165.56 ± 0.17	170.67 ± 0.10	< 0.01 <sup>†</sup>	159.54 ± 0.10	153.42 ± 0.13	157.44 ± 0.09	< 0.01 <sup>†</sup>
Weight (kg)*	71.18 ± 0.21	64.52 ± 0.28	70.17 ± 0.18	< 0.01 <sup>†</sup>	57.31 ± 0.17	56.85 ± 0.18	57.15 ± 0.13	0.06 <sup>†</sup>
Waist circumference (cm)*	83.63 ± 0.17	85.38 ± 0.26	83.89 ± 0.15	< 0.01 <sup>†</sup>	74.84 ± 0.17	82.12 ± 0.19	77.33 ± 0.14	< 0.01 <sup>†</sup>
BMI (kg/m <sup>2</sup> )*	24.15 ± 0.06	23.50 ± 0.09	24.05 ± 0.05	< 0.01 <sup>†</sup>	22.52 ± 0.06	24.13 ± 0.07	23.08 ± 0.05	< 0.01 <sup>†</sup>
BMI < 25 <sup>‡</sup>	62.04 (0.91)	70.07 (1.40)	63.26 (0.80)	< 0.01 <sup>§</sup>	80.03	65.05	74.90	< 0.01 <sup>§</sup>
BMI ≥ 25 <sup>‡</sup>	37.96 (0.91)	29.93 (1.40)	36.74 (0.80)		19.97 (0.72)	34.95 (1.02)	25.10 (0.59)	
ASM (kg)*	24.43 ± 0.06	21.21 ± 0.09	23.94 ± 0.06	< 0.01 <sup>†</sup>	15.73 ± 0.04	14.78 ± 0.04	15.40 ± 0.03	< 0.01 <sup>†</sup>
ASM / weight (%) <sup>*  </sup>	34.51 ± 0.05	33.03 ± 0.08	34.28 ± 0.05	< 0.01 <sup>†</sup>	27.59 ± 0.05	26.15 ± 0.06	27.10 ± 0.04	< 0.01 <sup>†</sup>
Household income <sup>‡</sup>				< 0.01 <sup>§</sup>				< 0.01 <sup>§</sup>
Low	9.71 (0.59)	37.56 (1.43)	13.94 (0.55)		8.82 (0.56)	32.25 (0.97)	16.84 (0.50)	
Mid-low	23.99 (0.81)	27.31 (1.32)	24.50 (0.71)		25.29 (0.79)	26.29 (0.97)	25.63 (0.62)	
Mid-high	34.72 (0.89)	18.95 (1.22)	32.32 (0.78)		32.81 (0.85)	21.63 (0.94)	28.98 (0.64)	
High	31.58 (0.84)	16.18 (1.20)	29.24 (0.73)		33.08 (0.84)	19.84 (0.90)	28.55 (0.63)	

Education <sup>‡</sup>				< 0.01 <sup>§</sup>			< 0.01 <sup>§</sup>	
Elementary school	6.08 (0.41)	43.69 (1.48)	11.80 (0.44)		4.03 (0.36)	61.97 (1.08)	23.87 (0.54)	
Middle school	8.22 (0.49)	21.75 (1.23)	10.27 (0.46)		6.28 (0.42)	15.65 (0.83)	9.49 (0.40)	
High school	45.42 (0.94)	22.05 (1.27)	41.86 (0.83)		49.53 (0.91)	17.25 (0.87)	38.47 (0.70)	
University	40.29 (0.90)	12.51 (1.02)	36.06 (0.78)		40.17 (0.88)	5.13 (0.51)	28.17 (0.64)	
Smoking status <sup>‡</sup>				< 0.01 <sup>§</sup>			0.015 <sup>§</sup>	
Never smoker	24.51 (0.82)	17.53 (1.12)	23.45 (0.72)		89.12 (0.59)	91.68 (0.64)	90.00 (0.44)	
Past smoker	26.48 (0.81)	53.16 (1.51)	30.54 (0.73)		4.60 (0.40)	3.36 (0.39)	4.18 (0.30)	
Current smoker	49.01 (0.94)	29.31 (1.40)	46.01 (0.83)		6.28 (0.45)	4.97 (0.53)	5.83 (0.35)	
Usual drinking frequency <sup>‡</sup>				< 0.01 <sup>§</sup>			< 0.01 <sup>§</sup>	
Rare	10.12 (0.55)	26.52 (1.32)	12.62 (0.52)		22.17 (0.74)	51.61 (1.09)	32.25 (0.64)	
Once per month	20.32 (0.77)	16.93 (1.15)	19.81 (0.68)		41.65 (0.90)	30.38 (1.01)	37.79 (0.69)	
2 ~ 4 times / month	33.67 (0.90)	18.34 (1.20)	31.34 (0.78)		25.02 (0.79)	11.33 (0.72)	20.34 (0.58)	
2 ~ 3 times / week	25.31 (0.81)	16.96 (1.12)	24.04 (0.70)		9.61 (0.55)	4.45 (0.48)	7.84 (0.40)	
≥ 4 times / week	10.58 (0.56)	21.25 (1.21)	12.20 (0.51)		1.54 (0.23)	2.23 (0.31)	1.78 (0.18)	
IPAQ (MET-min per week) <sup>*</sup>	3487.27 ± 87.77	3432.54 ± 130.60	3478.95 ± 76.91	< 0.01 <sup>†</sup>	2372.08 ± 62.17	2856.51 ± 93.70	2537.97 ± 51.73	< 0.01 <sup>†</sup>
Frequency of resistance exercise (per week) <sup>‡</sup>				< 0.01 <sup>§</sup>			< 0.01 <sup>§</sup>	
Not at all	56.31 (0.94)	70.01 (1.38)	58.40 (0.82)		80.98 (0.71)	86.39 (0.75)	82.83 (0.54)	
Once	10.54 (0.59)	4.09 (0.62)	9.56 (0.51)		5.84 (0.44)	2.62 (0.35)	4.73 (0.32)	



2 times	10.38 (0.57)	5.17 (0.65)	9.59 (0.50)	4.40 (0.36)	3.10 (0.41)	3.96 (0.28)
3 times	8.64 (0.53)	5.41 (0.70)	8.15 (0.46)	3.87 (0.34)	2.96 (0.39)	3.56 (0.26)
4 times	4.68 (0.40)	2.77 (0.44)	4.38 (0.35)	1.83 (0.24)	1.57 (0.25)	1.74 (0.18)
≥ 5 times	9.45 (0.57)	12.55 (1.01)	9.92 (0.50)	3.08 (0.32)	3.37 (0.38)	3.18 (0.25)
Frequency of flexibility exercise (per week) <sup>‡</sup>				< 0.01 <sup>§</sup>		< 0.01 <sup>§</sup>
Not at all	41.74 (0.93)	56.07 (1.49)	43.92 (0.82)	43.99 (0.90)	55.89 (1.08)	48.07 (0.70)
Once	11.48 (0.60)	4.04 (0.60)	10.35 (0.52)	11.72 (0.60)	5.91 (0.54)	9.73 (0.43)
2 times	11.28 (0.58)	5.25 (0.67)	10.36 (0.51)	13.71 (0.64)	7.96 (0.60)	11.74 (0.47)
3 times	11.90 (0.61)	7.38 (0.78)	11.21 (0.53)	12.90 (0.60)	9.37 (0.67)	11.69 (0.46)
4 times	5.81 (0.44)	3.55 (0.58)	5.47 (0.39)	4.93 (0.37)	5.40 (0.54)	5.09 (0.31)
≥ 5 times	17.79 (0.73)	23.71 (1.26)	18.69 (0.64)	12.75 (0.62)	15.47 (0.79)	13.68 (0.49)
Calorie intake (kcal/day) <sup>*</sup>	2448.09 ± 18.53	2004.36 ± 20.89	2380.60 ± 16.14 < 0.01 <sup>†</sup>	1715.44 ± 12.54	1568.29 ± 14.15	1665.05 ± 9.59 < 0.01 <sup>†</sup>
Sodium intake (mg/day) <sup>*</sup>	6287.34 ± 64.45	5235.68 ± 95.96	6127.40 ± 56.73 < 0.01 <sup>†</sup>	4380.08 ± 51.17	3963.85 ± 64.07	4237.55 ± 40.18 < 0.01 <sup>†</sup>
Potassium intake (mg/day) <sup>*</sup>	3558.29 ± 29.83	3145.37 ± 46.77	3495.50 ± 26.28 < 0.01 <sup>†</sup>	2754.35 ± 25.73	2680.22 ± 34.16	2728.96 ± 20.51 < 0.01 <sup>†</sup>
Calcium intake (mg/day) <sup>*</sup>	586.61 ± 6.61	517.59 ± 10.52	576.11 ± 5.83 < 0.01 <sup>†</sup>	466.23 ± 5.55	439.22 ± 9.10	456.98 ± 4.79 0.01 <sup>†</sup>
SBP (mmHg) <sup>*</sup>	115.69 ± 0.26	127.19 ± 0.52	117.44 ± 0.24 < 0.01 <sup>†</sup>	106.77 ± 0.23	125.25 ± 0.40	113.10 ± 0.23 < 0.01 <sup>†</sup>
DBP (mmHg) <sup>*</sup>	77.27 ± 0.20	76.04 ± 0.31	77.08 ± 0.18 < 0.01 <sup>†</sup>	70.27 ± 0.17	76.30 ± 0.22	72.33 ± 0.14 < 0.01 <sup>†</sup>
Serum TGs (mg/dl) <sup>*</sup>	156.49 ± 2.49	149.66 ± 3.11	155.45 ± 2.16 < 0.01 <sup>†</sup>	93.08 ± 1.17	138.52 ± 1.90	108.64 ± 1.05 < 0.01 <sup>†</sup>
Serum HDL-C (mg/dl) <sup>*</sup>	49.84 ± 0.22	48.44 ± 0.38	49.63 ± 0.20 < 0.01 <sup>†</sup>	57.00 ± 0.23	52.53 ± 0.28	55.47 ± 0.18 < 0.01 <sup>†</sup>

FBS (mg/dl)*	96.82 ± 0.39	105.72 ± 0.84	98.17 ± 0.36	< 0.01 <sup>†</sup>	91.14 ± 0.26	101.00 ± 0.53	94.52 ± 0.26	< 0.01 <sup>†</sup>
HOMA-IR) <sup>¶</sup>	2.42 ± 0.03	2.48 ± 0.04	2.43 ± 0.02	< 0.01 <sup>†</sup>	2.20 ± 0.02	2.60 ± 0.04	2.34 ± 0.02	< 0.01 <sup>†</sup>
Metabolic syndrome <sup>‡</sup>				< 0.01 <sup>§</sup>				< 0.01 <sup>§</sup>
No	79.57	62.09	76.91		92.03	60.25	81.15	
Yes	20.43 (0.73)	37.91 (1.48)	23.09 (0.66)		7.97 (0.49)	39.75 (1.06)	18.85 (0.52)	
Impaired fasting glucose <sup>‡</sup>				< 0.01 <sup>§</sup>				< 0.01 <sup>§</sup>
No	74.20	51.16	70.69		87.68	64.05	79.59	
Yes	25.80 (0.80)	48.84 (1.51)	29.31 (0.73)		12.32 (0.59)	35.95 (1.05)	20.41 (0.55)	

SE, standard error; BMI, body mass index; ASM, appendicular skeletal muscle mass; IPAQ, international physical activity questionnaire; SBP, systolic blood pressure; DBP, diastolic blood pressure; TGs, triglycerides; HDL-C, high density lipoprotein cholesterol; FBS, fasting blood glucose; HOMA-IR, homeostasis model assessment of insulin resistance.

\*Estimated adjusted mean and its standard error using sampling weight for complex sample

<sup>†</sup>Using complex sample general linear model

<sup>‡</sup>Estimated frequency and its standard error using sampling weight for complex sample

<sup>§</sup>Calculated by Pearson  $\chi^2$  test with Rao-Scott correction using F statistic

<sup>¶</sup>Appendicular skeletal muscle index (ASMI) : appendicular skeletal muscle mass / total body weight (%)

<sup>¶</sup>Calculated by the formula as follows: fasting insulin ( $\mu$ IU/mL)  $\times$  fasting plasma glucose (mmol/L) / 22.5

**Table 2.** Multiple logistic regression analyses of survey design for the risk of metabolic syndrome and metabolic risk factors classified according to the quintiles of relative muscle mass (ASM / weight (%)) stratified by the age group (age < 60, age ≥ 60) in men

Male	Dependent variables:	Metabolic syndrome*		IFG*		Elevated BP†		High TGs*		Low HDL-C*		Abdominal obesity*	
		aOR	(95% CI)	aOR	(95% CI)	aOR	(95% CI)	aOR	(95% CI)	aOR	(95% CI)	aOR	(95% CI)
Independent variable: ASM / weight (%)													
Total‡	1 <sup>st</sup>	1		1		1		1		1		1	
N = 5,214	2 <sup>nd</sup>	0.686	0.543, 0.868	0.842	0.673, 1.054	0.835	0.666, 1.047	0.869	0.697, 1.084	0.897	0.699, 1.152	0.493	0.375, 0.649
	3 <sup>rd</sup>	0.511	0.401, 0.650	0.814	0.647, 1.026	0.709	0.565, 0.891	0.672	0.540, 0.838	0.942	0.732, 1.212	0.343	0.259, 0.455
	4 <sup>th</sup>	0.369	0.281, 0.483	0.576	0.452, 0.735	0.597	0.471, 0.757	0.505	0.402, 0.636	0.803	0.614, 1.050	0.234	0.171, 0.319
	5 <sup>th</sup>	0.166	0.115, 0.240	0.396	0.299, 0.526	0.397	0.303, 0.519	0.237	0.181, 0.310	0.439	0.319, 0.603	0.116	0.075, 0.179
	<i>p</i> for trend	< 0.01		< 0.01		< 0.01		< 0.01		< 0.01		< 0.01	
Age < 60§	1 <sup>st</sup>	1		1		1		1		1		1	
N = 3,586	2 <sup>nd</sup>	0.590	0.450, 0.776	0.959	0.740, 1.243	0.798	0.619, 1.027	0.813	0.633, 1.044	1.009	0.760, 1.339	0.476	0.352, 0.645
	3 <sup>rd</sup>	0.457	0.342, 0.611	0.827	0.632, 1.083	0.654	0.506, 0.846	0.638	0.496, 0.821	0.900	0.671, 1.205	0.378	0.275, 0.518
	4 <sup>th</sup>	0.294	0.210, 0.412	0.647	0.484, 0.864	0.637	0.486, 0.836	0.441	0.339, 0.574	0.680	0.493, 0.937	0.201	0.139, 0.291
	5 <sup>th</sup>	0.184	0.117, 0.289	0.420	0.297, 0.593	0.392	0.284, 0.539	0.224	0.164, 0.306	0.436	0.302, 0.629	0.138	0.083, 0.229
	<i>p</i> for trend	< 0.01		< 0.01		< 0.01		< 0.01		< 0.01		< 0.01	

Age ≥ 60 <sup>  </sup> 1 <sup>st</sup>	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
N = 1,628 2 <sup>nd</sup>	0.572	0.376, 0.871	0.644	0.437, 0.949	0.504	0.330, 0.769	0.874	0.592, 1.290	0.968	0.638, 1.470	0.501	0.305, 0.825
3 <sup>rd</sup>	0.661	0.445, 0.982	0.519	0.348, 0.774	0.602	0.390, 0.930	0.883	0.597, 1.308	1.195	0.782, 1.826	0.497	0.299, 0.824
4 <sup>th</sup>	0.386	0.249, 0.599	0.501	0.334, 0.753	0.517	0.334, 0.801	0.495	0.326, 0.751	0.891	0.563, 1.409	0.319	0.194, 0.525
5 <sup>th</sup>	0.132	0.073, 0.237	0.262	0.168, 0.408	0.248	0.158, 0.389	0.240	0.149, 0.386	0.534	0.309, 0.922	0.105	0.052, 0.211
<i>p</i> for trend	< 0.01		< 0.01		< 0.01		< 0.01		0.04		< 0.01	

aOR, adjusted odds ratio; CI, confidence interval; IFG, impaired fasting glucose; BP, blood pressure; TGs, triglycerides; HDL-C, high density lipoprotein cholesterol; ASM, appendicular skeletal muscle mass.

\*Adjusted for age, sex, smoking status, usual drinking frequency, IPAQ score (MET-min per week), frequency of resistance exercise (per week), frequency of flexibility exercise (per week), total calorie intake (kcal/day), education, household income, and BMI (< 25, 25 ≤)

†Adjusted for age, sex, smoking status, usual drinking frequency, IPAQ score (MET-min per week), frequency of resistance exercise (per week), frequency of flexibility exercise (per week), total calorie intake (kcal/day), daily sodium intake (mg/day), daily potassium intake (mg/day), daily calcium intake (mg/day), education, household income, and BMI (< 25, 25 ≤)

‡1<sup>st</sup> quintile: 22.52–31.55, 2<sup>nd</sup> quintile: 31.55–33.18, 3<sup>rd</sup> quintile: 33.18–34.68, 4<sup>th</sup> quintile: 34.68–36.58, 5<sup>th</sup> quintile: 36.58–44.75

§ 1<sup>st</sup> quintile: 24.01–31.96, 2<sup>nd</sup> quintile: 31.96–33.62, 3<sup>rd</sup> quintile: 33.62–35.11, 4<sup>th</sup> quintile: 35.11–36.98, 5<sup>th</sup> quintile: 36.98–44.75

#1<sup>st</sup> quintile: 22.52–30.78, 2<sup>nd</sup> quintile: 30.79–32.36, 3<sup>rd</sup> quintile: 32.36–33.67, 4<sup>th</sup> quintile: 33.68–35.53, 5<sup>th</sup> quintile: 35.54–42.15

**Table 3.** Multiple logistic regression analyses of survey design for the risk of metabolic syndrome and metabolic risk factors classified according to the quintiles of relative muscle mass (ASM / weight (%)) stratified by the menopause status in women

Female		Dependent variables: Metabolic syndrome*		IFG*		Elevated BP <sup>†</sup>		High TGs*		Low HDL-C*		Abdominal obesity*	
		aOR	(95% CI)	aOR	(95% CI)	aOR	(95% CI)	aOR	(95% CI)	aOR	(95% CI)	aOR	(95% CI)
Independent variable: ASM / weight (%)													
Total <sup>‡§</sup> N = 7,230	1 <sup>st</sup>	1		1		1		1		1		1	
	2 <sup>nd</sup>	0.998	0.785, 1.269	0.784	0.632, 0.974	1.123	0.889, 1.418	1.060	0.857, 1.311	1.166	0.961, 1.415	0.612	0.474, 0.789
	3 <sup>rd</sup>	0.940	0.731, 1.208	0.881	0.703, 1.103	0.912	0.714, 1.164	0.971	0.779, 1.209	1.117	0.917, 1.361	0.599	0.465, 0.773
	4 <sup>th</sup>	0.786	0.594, 1.039	0.853	0.670, 1.085	0.900	0.697, 1.162	0.851	0.669, 1.082	1.011	0.822, 1.245	0.366	0.273, 0.490
	5 <sup>th</sup>	0.447	0.318, 0.628	0.565	0.431, 0.740	0.750	0.567, 0.993	0.503	0.382, 0.664	0.822	0.660, 1.022	0.174	0.118, 0.257
	<i>p</i> for trend	< 0.01		0.01		0.02		< 0.01		0.03		< 0.01	
Premenopause <sup>¶</sup> N = 4,084	1 <sup>st</sup>	1		1		1		1		1		1	
	2 <sup>nd</sup>	0.936	0.623, 1.405	0.863	0.610, 1.221	0.994	0.676, 1.462	0.740	0.529, 1.036	1.262	0.982, 1.622	0.668	0.461, 0.966
	3 <sup>rd</sup>	1.181	0.757, 1.841	1.076	0.759, 1.525	0.695	0.469, 1.029	1.010	0.713, 1.431	1.164	0.901, 1.506	0.742	0.508, 1.085
	4 <sup>th</sup>	0.982	0.611, 1.579	1.000	0.698, 1.433	0.816	0.543, 1.227	0.710	0.491, 1.025	0.912	0.699, 1.189	0.382	0.240, 0.607
	5 <sup>th</sup>	0.789	0.397, 1.568	0.893	0.585, 1.364	0.846	0.526, 1.361	0.390	0.246, 0.618	0.836	0.632, 1.105	0.306	0.155, 0.602
	<i>p</i> for trend	0.80		0.77		0.23		0.01		0.04		< 0.01	

Post-menopause <sup>†</sup>	1 <sup>st</sup>		1		1		1		1		1		
N = 3,146	2 <sup>nd</sup>	0.789	0.582, 1.070	0.729	0.548, 0.971	0.851	0.623, 1.162	1.034	0.781, 1.368	1.055	0.795, 1.399	0.639	0.442, 0.924
	3 <sup>rd</sup>	0.846	0.624, 1.147	0.846	0.636, 1.125	0.769	0.565, 1.049	1.053	0.798, 1.391	1.006	0.757, 1.339	0.448	0.316, 0.634
	4 <sup>th</sup>	0.589	0.431, 0.805	0.705	0.522, 0.953	0.747	0.542, 1.029	0.873	0.650, 1.172	1.011	0.753, 1.357	0.367	0.258, 0.522
	5 <sup>th</sup>	0.423	0.297, 0.602	0.561	0.405, 0.778	0.620	0.449, 0.856	0.659	0.479, 0.906	0.882	0.647, 1.202	0.161	0.107, 0.244
	<i>p</i> for trend	< 0.01		< 0.01		< 0.01		< 0.01		0.41		< 0.01	

aOR, adjusted odds ratio; CI, confidence interval; IFG, impaired fasting glucose; BP, blood pressure; TGs, triglycerides; HDL-C, high density lipoprotein cholesterol; ASM, appendicular skeletal muscle mass.

\*Adjusted for age, sex, smoking status, usual drinking frequency, IPAQ score (MET-min per week), frequency of resistance exercise (per week), frequency of flexibility exercise (per week), total calorie intake (kcal/day), education, household income, and BMI (< 25, 25 ≤)

†Adjusted for age, sex, smoking status, usual drinking frequency, IPAQ score (MET-min per week), frequency of resistance exercise (per week), frequency of flexibility exercise (per week), total calorie intake (kcal/day), daily sodium intake (mg/day), daily potassium intake (mg/day), daily calcium intake (mg/day), education, household income, and BMI (< 25, 25 ≤)

‡Plus additional adjustment for menopause status

§ 1<sup>st</sup> quintile: 14.87–24.77, 2<sup>nd</sup> quintile: 24.77–26.23, 3<sup>rd</sup> quintile: 26.23–27.58, 4<sup>th</sup> quintile: 27.58–29.20, 5<sup>th</sup> quintile: 29.20–37.84

¶1<sup>st</sup> quintile: 14.87–25.48, 2<sup>nd</sup> quintile: 25.49–26.87, 3<sup>rd</sup> quintile: 26.87–28.18, 4<sup>th</sup> quintile: 28.18–29.63, 5<sup>th</sup> quintile: 29.63–37.84



<sup>q1</sup>1<sup>st</sup> quintile: 17.57–24.03, 2<sup>nd</sup> quintile: 24.03–25.52, 3<sup>rd</sup> quintile: 25.52–26.72, 4<sup>th</sup> quintile: 26.73–28.23, 5<sup>th</sup> quintile: 28.24–36.96

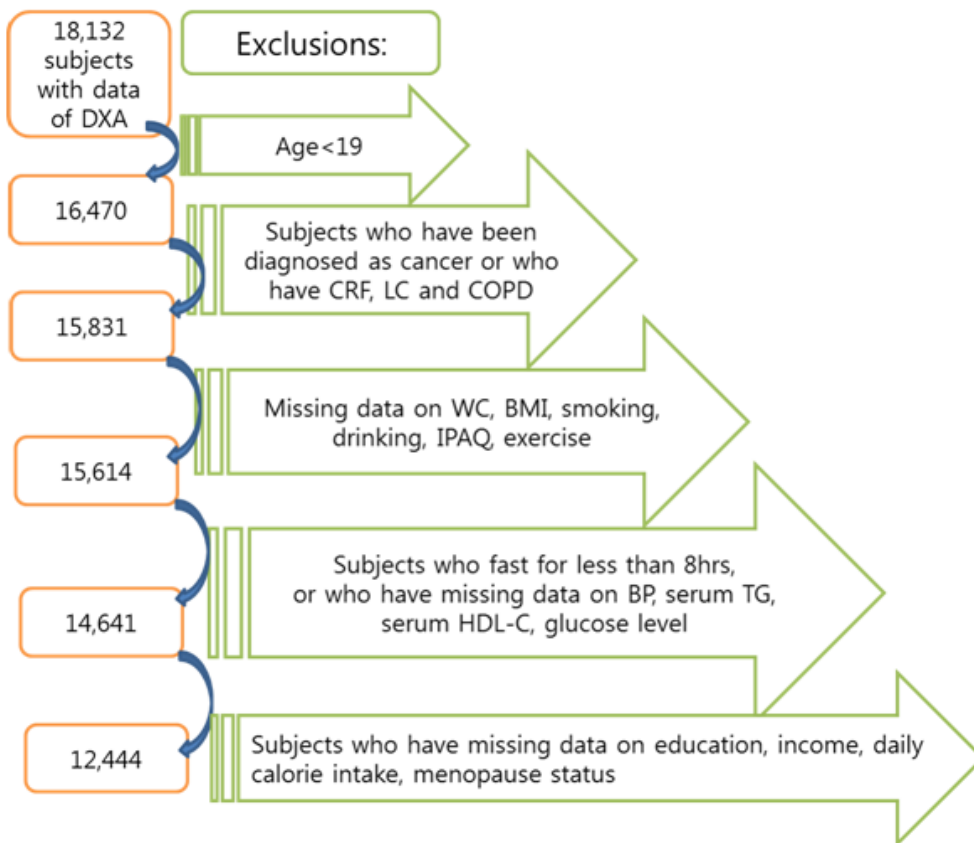
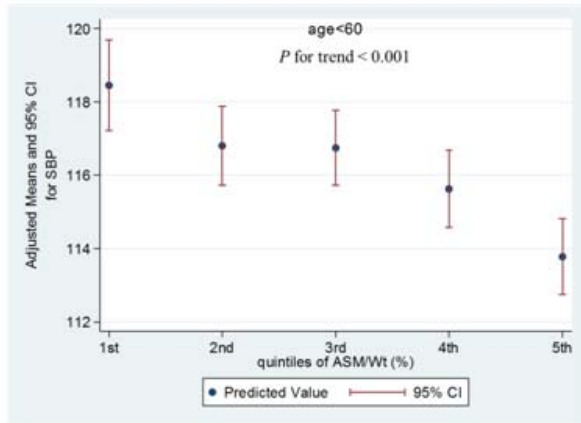
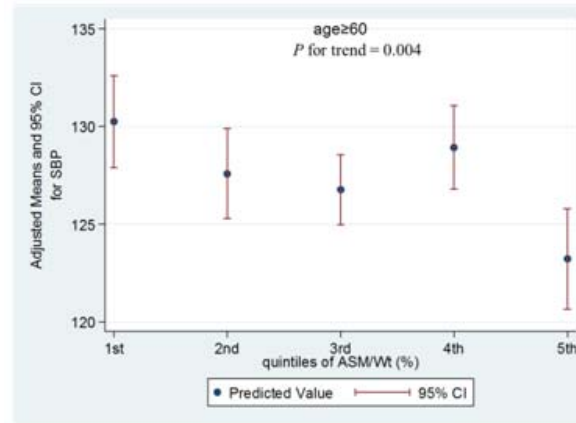


Figure 1. Selection of study subjects

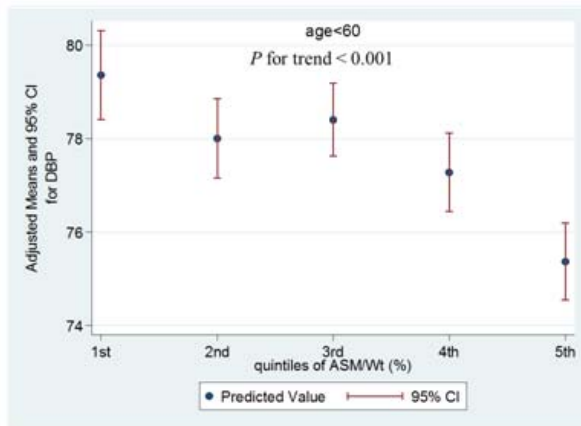
DXA, Dual-energy X-ray absorptiometry; CRF, chronic renal failure; LC, liver cirrhosis; COPD, chronic obstructive pulmonary disease; WC, waist circumference; BMI, body mass index; IPAQ, international physical activity questionnaire; BP, blood pressure; HDL-C, high density lipoprotein cholesterol; TGs, triglycerides.



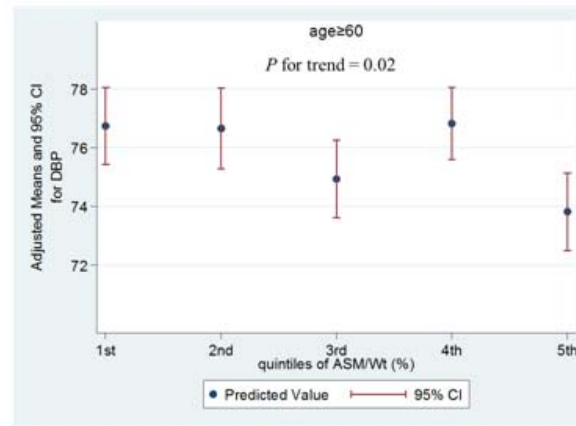
a-1



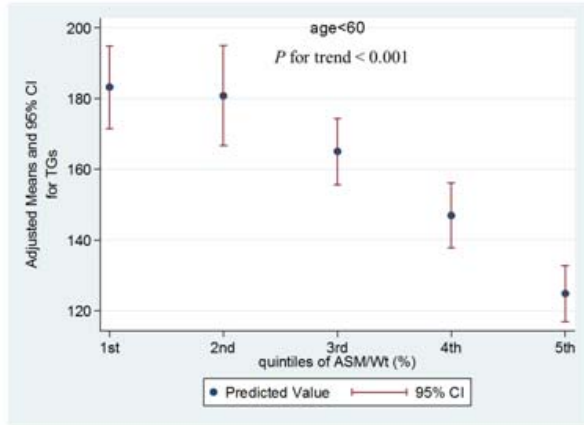
a-2



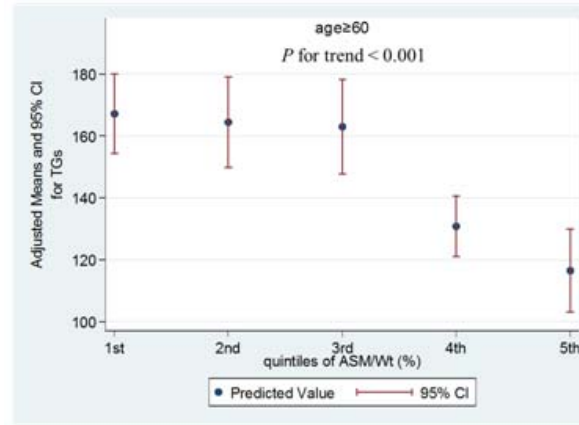
b-1



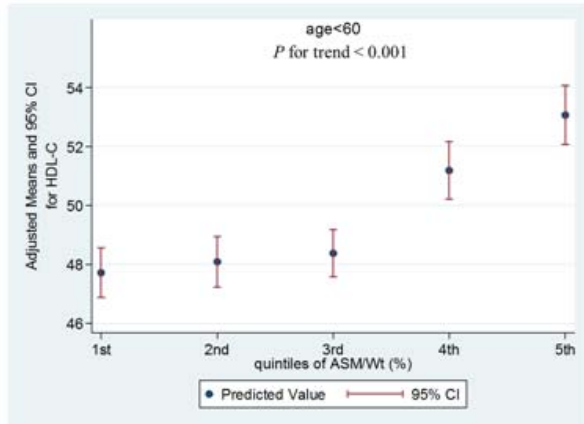
b-2



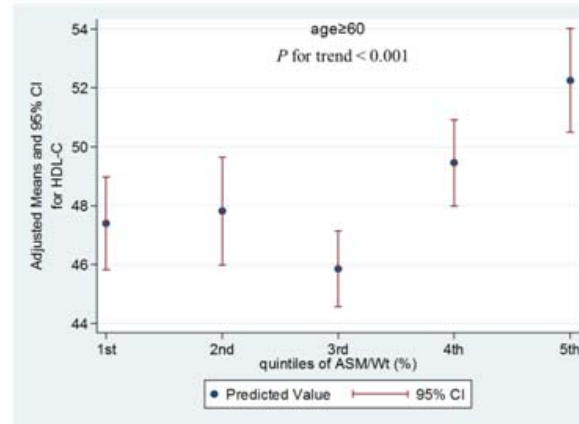
c-1



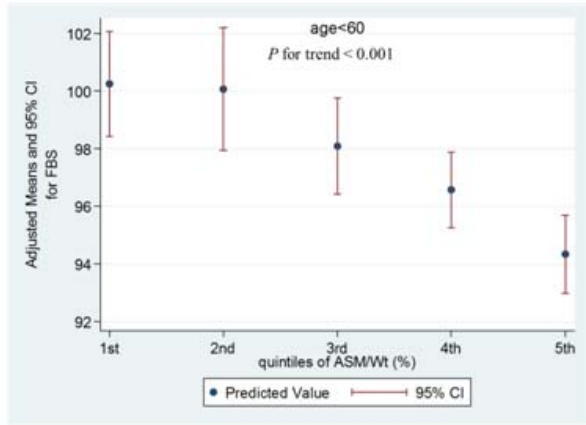
c-2



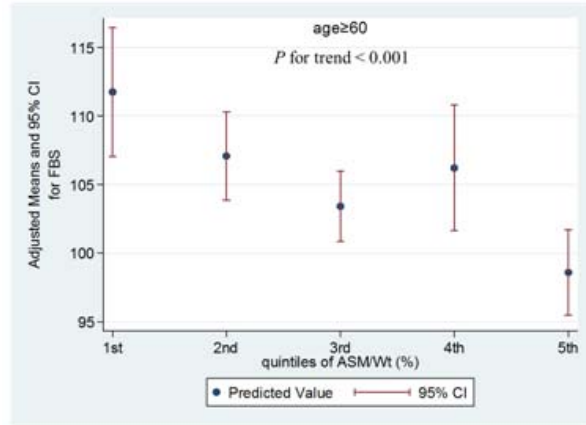
d-1



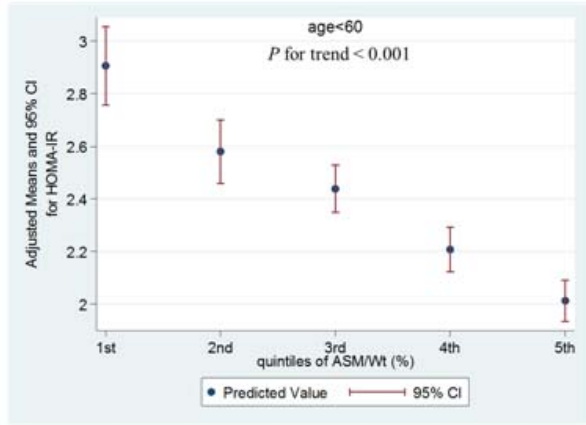
d-2



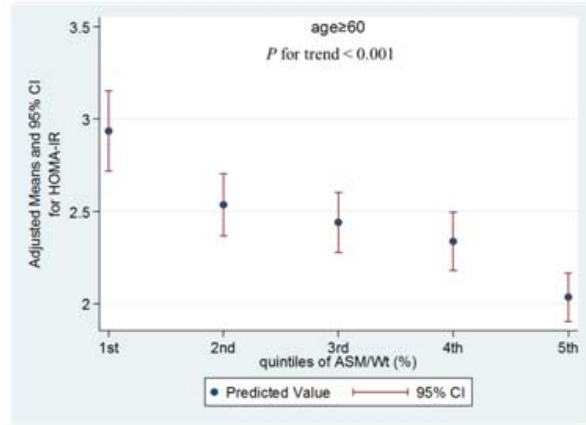
e-1



e-2



f-1



f-2

Figure 2. Adjusted mean of the factors of metabolic syndrome and HOMA-IR according to the quintiles of relative muscle mass (ASM / weight (%)) stratified by the age group (age < 60, age ≥ 60) in men, which was estimated using multiple linear regression analyses for survey design.

Legends for figure 2

a, b: adjusted for age, sex, smoking status, usual drinking frequency, IPAQ score (MET-min per week), frequency of resistance exercise (per week), frequency of flexibility exercise (per week), total calorie intake (kcal/day), daily sodium intake (mg/day), daily potassium intake (mg/day), daily calcium intake (mg/day), education, household income, and BMI (< 25, 25 ≤).

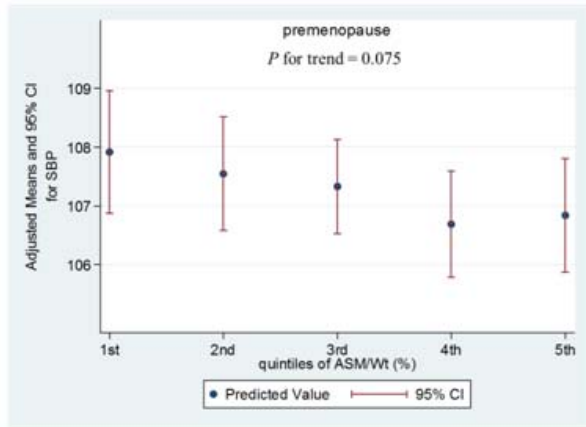
c-f: adjusted for age, sex, smoking status, usual drinking frequency, IPAQ score (MET-min per week), frequency of resistance exercise (per week), frequency of flexibility exercise (per week), total calorie intake (kcal/day), education, household income, and BMI (< 25, 25 ≤).

a-1, b-1, c-1, d-1, e-1, f-1: 1<sup>st</sup> quintile: 24.01-31.96, 2<sup>nd</sup> quintile: 31.96-33.62, 3<sup>rd</sup> quintile: 33.62-35.11, 4<sup>th</sup> quintile: 35.11-36.98, 5<sup>th</sup> quintile: 36.98-44.75.

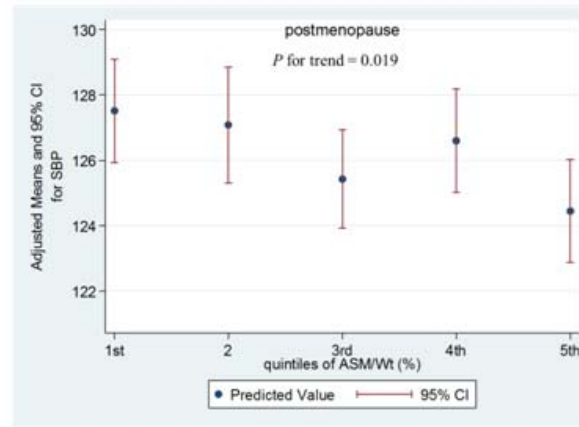
a-2, b-2, c-2, d-2, e-2, f-2: 1<sup>st</sup> quintile: 22.52-30.78, 2<sup>nd</sup> quintile: 30.79-32.36, 3<sup>rd</sup> quintile: 32.36-33.67, 4<sup>th</sup> quintile: 33.68-35.53, 5<sup>th</sup> quintile: 35.54-42.15.

CI, confidence interval; ASM, appendicular skeletal muscle mass; Wt,

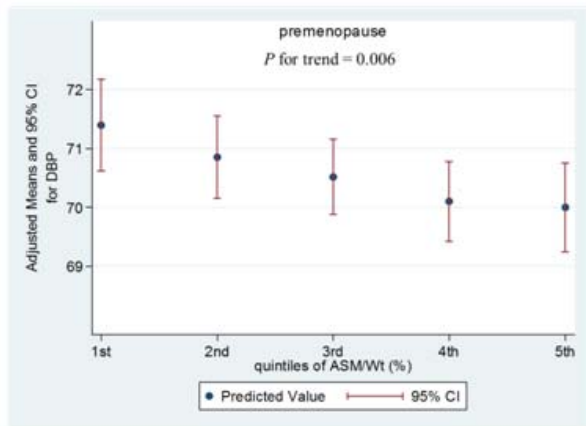
weight; SBP, systolic blood pressure; DBP, diastolic blood pressure; TGs, triglycerides; HDL-C, high density lipoprotein cholesterol; FBS, fasting blood glucose; HOMA-IR, homeostasis model assessment of insulin resistance.



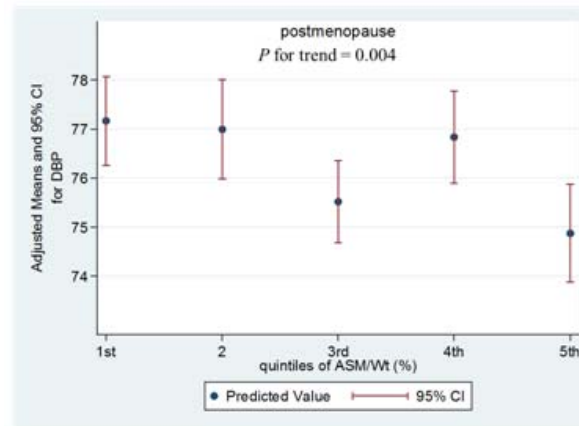
a-1



a-2

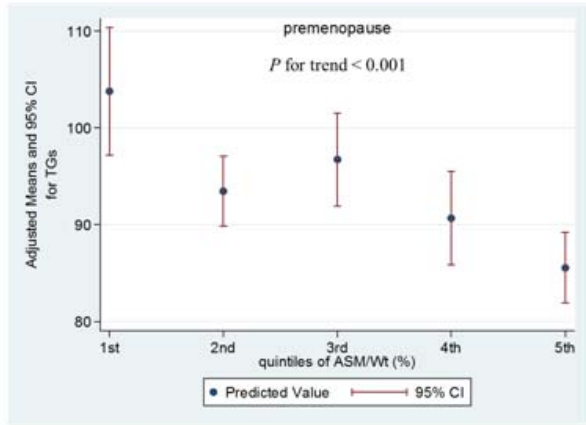


b-1

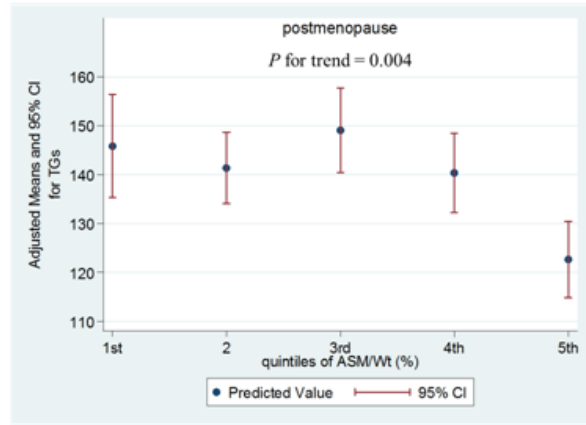


b-2

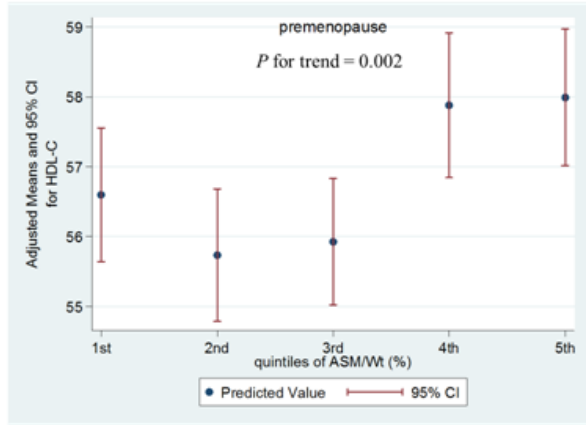




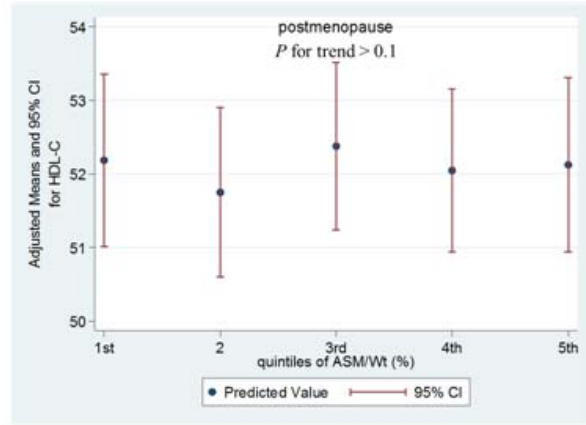
c-1



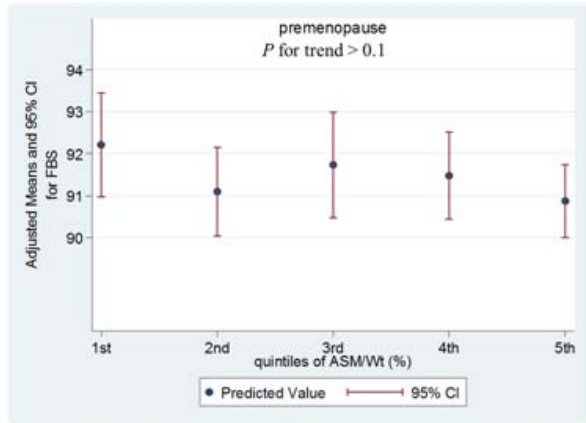
c-2



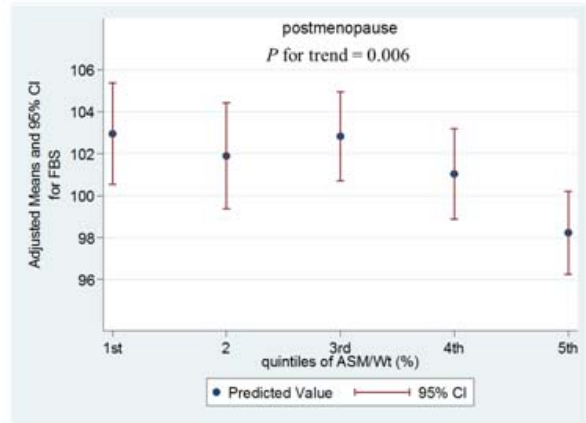
d-1



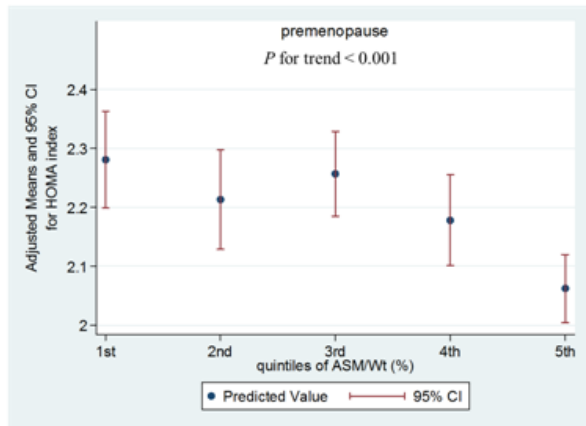
d-2



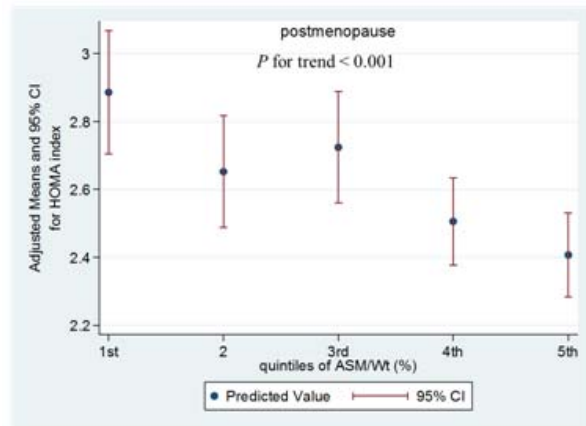
e-1



e-2



f-1



f-2

Figure 3. Adjusted mean of the factors of metabolic syndrome and HOMA-IR according to the quintiles of relative muscle mass (ASM / weight (%)) stratified by the menopause status in women, which was estimated using multiple linear regression analyses for survey design.

Legends for figure 3

a, b: adjusted for age, sex, smoking status, usual drinking frequency, IPAQ score (MET-min per week), frequency of resistance exercise (per week), frequency of flexibility exercise (per week), total calorie intake (kcal/day), daily sodium intake (mg/day), daily potassium intake (mg/day), daily calcium intake (mg/day), education, household income, and BMI (< 25, 25 ≤).

c-f: adjusted for age, sex, smoking status, usual drinking frequency, IPAQ score (MET-min per week), frequency of resistance exercise (per week), frequency of flexibility exercise (per week), total calorie intake (kcal/day), education, household income, and BMI (< 25, 25 ≤).

a-1, b-1, c-1, d-1, e-1, f-1: 1<sup>st</sup> quintile: 14.87–25.48, 2<sup>nd</sup> quintile: 25.49–26.87, 3<sup>rd</sup> quintile: 26.87–28.18, 4<sup>th</sup> quintile: 28.18–29.63, 5<sup>th</sup> quintile: 29.63–37.84.

a-2, b-2, c-2, d-2, e-2, f-2: 1<sup>st</sup> quintile: 17.57–24.03, 2<sup>nd</sup> quintile: 24.03–25.52, 3<sup>rd</sup> quintile: 25.52–26.72, 4<sup>th</sup> quintile: 26.73–28.23, 5<sup>th</sup> quintile: 28.24–36.96.

CI, confidence interval; ASM, appendicular skeletal muscle mass; Wt, weight; SBP, systolic blood pressure; DBP, diastolic blood pressure; TGs,

triglycerides; HDL-C, high density lipoprotein cholesterol; FBS, fasting blood glucose; HOMA-IR, homeostasis model assessment of insulin resistance.

## Abstract

# Association of relative muscle mass with metabolic syndrome and the cardiovascular disease risk factors

Sunmi Kim

Department of Health Science and  
Services

Major in Public Health

The Graduate School of Public Health,  
Seoul National University

**Background** : There have been studies that age-related progressive loss of skeletal muscle mass, known as sarcopenia, was related with cardiovascular disease risk factors such as insulin resistance, diabetes and metabolic syndrome, especially in the elderly. In US, a study reported that decreased relative muscle mass which is not included as the range of sarcopenia was related with insulin resistance and prediabetes.

**Objective** : The aim of this study is to investigate the association of relative muscle mass (appendicular skeletal muscle mass divided by body weight (%)) with cardiovascular disease risk factor including systolic (SBP) and diastolic blood pressure (DBP), fasting blood glucose (FBS), serum triglycerides (TGs), serum high density lipoprotein cholesterol

(HDL-C), HOMA-IR, and metabolic syndrome using the nationally representative sample of Korean adults.

**Methods** : This is a cross-sectional study using the data of the 12,444 subjects who participated in the Korean National Health And Nutrition Examination Survey (KNHANES) IV to V-1 in 2008-2010. We conducted multiple logistic regression analysis for survey design to investigate the relationship of relative muscle mass with metabolic syndrome and the factors of metabolic syndrome including impaired fasting glucose, elevated blood pressure, high TGs, low HDL-C and abdominal obesity. And multiple linear regression analysis for survey design was also used to estimate the adjusted mean of the factors of metabolic syndrome and HOMA-IR according to the quintiles of relative muscle mass. The analyses were repeated in the stratified groups by gender, menopause status and age older than 60.

**Results** : In comparison with men in the first quintile of relative muscle mass, the adjusted odds ratio (aOR) (95% confidence interval (CI)) for metabolic syndrome for men in the fifth quintile was 0.166 (0.088-0.272). In both men with aged 60 or older and with aged less than 60, the lower relative muscle mass was inversely associated with metabolic syndrome and all the factors of metabolic syndrome adjusting for confounding variables, showing significant linear trend. In case of women, the postmenopausal group showed the significant association of relative muscle mass with metabolic syndrome, IFG, elevated BP, high TGs and abdominal obesity, whereas the premenopausal group did not showed significant relationship between relative muscle mass and metabolic syndrome. In men and postmenopausal women, the adjusted mean of SBP, DBP, FBS, TGs, and HOMA-IR was lowest in the highest quintiles of

relative muscle mass, showing significant linear trend.

**Conclusions** : Decreased relative muscle mass was inversely associated with metabolic syndrome, and the factors of metabolic syndrome in men and postmenopausal women. The causal relationship is not exactly known and would be elucidated through further longitudinal study.

**Keywords**: appendicular skeletal muscle mass, relative muscle mass, sarcopenia, metabolic syndrome, cardiovascular disease risk factors

**Student number**: 2010-22101

Supplemental table. Multiple logistic regression analyses of survey design for the risk of metabolic syndrome and metabolic risk factors classified according to the quintiles of relative muscle mass (ASM / weight (%)) stratified by the age group (age < 60, age ≥ 60) in women

Female	Dependent variables: Metabolic syndrome* IFG*				Elevated BP <sup>†</sup>		High TGs*		Low HDL-C*		Abdominal obesity*		
	aOR	(95% CI)		aOR	(95% CI)	aOR	(95% CI)	aOR	(95% CI)	aOR	(95% CI)		
Independent variable : ASM / weight (%)													
Age < 60 <sup>‡</sup>	1	1		1	1		1		1		1		
N = 5,224	2 <sup>nd</sup>	0.953	0.688, 1.321		0.856	0.649, 1.129		1.092	0.816, 1.461		1.056	0.809, 1.380	
	3 <sup>rd</sup>	0.980	0.702, 1.369		1.016	0.767, 1.347		0.846	0.628, 1.139		1.077	0.818, 1.418	
	4 <sup>th</sup>	0.845	0.584, 1.222		0.959	0.718, 1.282		0.960	0.697, 1.322		0.801	0.595, 1.078	
	5 <sup>th</sup>	0.554	0.337, 0.913		0.698	0.493, 0.989		0.724	0.499, 1.049		0.525	0.366, 0.754	
	<i>p</i> for trend	0.05	0.20		0.09	< 0.01		< 0.01	0.04		< 0.01		
Age ≥ 60 <sup>§</sup>	1 <sup>st</sup>	1	1		1	1		1		1		1	
N = 2,006	2 <sup>nd</sup>	0.695	0.474, 1.020		0.822	0.578, 1.170		0.735	0.485, 1.115		1.008	0.710, 1.430	
	3 <sup>rd</sup>	0.753	0.518, 1.095		0.874	0.614, 1.244		0.620	0.413, 0.932		1.004	0.711, 1.417	
	4 <sup>th</sup>	0.492	0.336, 0.720		0.632	0.437, 0.915		0.601	0.399, 0.904		0.611	0.424, 0.883	
	5 <sup>th</sup>	0.332	0.217, 0.508		0.510	0.340, 0.766		0.557	0.364, 0.853		0.611	0.408, 0.915	
	<i>p</i> for trend	< 0.01	< 0.01		< 0.01	< 0.01		< 0.01	0.20		< 0.01		

aOR, adjusted odds ratio; CI, confidence interval; IFG, impaired fasting glucose; BP, blood pressure; TGs, triglycerides; HDL-C, high density lipoprotein cholesterol; ASM, appendicular skeletal muscle mass.



\*Adjusted for age, sex, smoking status, usual drinking frequency, IPAQ score (MET-min per week), frequency of resistance exercise (per week), frequency of flexibility exercise (per week), total calorie intake (kcal/day), education, household income, BMI (< 25, 25 ≤), and menopause status

†Adjusted for age, sex, smoking status, usual drinking frequency, IPAQ score (MET-min per week), frequency of resistance exercise (per week), frequency of flexibility exercise (per week), total calorie intake (kcal/day), daily sodium intake (mg/day), daily potassium intake (mg/day), daily calcium intake (mg/day), education, household income, BMI (< 25, 25 ≤), and menopause status

‡1st quintile: 14.87–25.25, 2nd quintile: 25.25–26.59, 3rd quintile: 26.59–27.90, 4th quintile: 27.90–29.40, 5th quintile: 29.40–37.84

§1st quintile: 18.35–23.86, 2nd quintile: 23.86–25.34, 3rd quintile: 25.35–26.58, 4th quintile: 26.59–28.23, 5th quintile: 28.23–36.96