

한국 성인에서 악력과 대사증후군 발생률과의 연관성: 코호트 연구

조진경¹, 윤은선², 박수현²

¹성균관대학교 스포츠과학과, ²한국스포츠정책과학원 스포츠과학연구소

Association of Relative Handgrip Strength with the Incidence of Metabolic Syndrome in Korean Adults: A Community Based Cohort Study

Jinkyung Cho¹, Eunsun Yoon², Soo Hyun Park²

¹College of Sports Science, Sungkyunkwan University, Suwon; ²Department of Sport Science, Korea Institute of Sport Science, Seoul, Korea

PURPOSE: The purpose of this study was to investigate the association of relative hand-grip strength (HGS) with incident metabolic syndrome (MetS) in Korean adults using a community-based cohort study.

METHODS: Total of 17,271 subjects (4,083 men and 13,188 women) aged 40-64, who participated in the Korean Genome and Epidemiology Study (KoGES) were included. HGS was tested using a handgrip dynamometer and divided by body mass index (BMI). The diagnosis of MetS was evaluated according to the definition of the National Cholesterol Education Program Adult Treatment Panel III. Cox's proportional hazard regression analysis was used to estimate the hazard ratios (HRs) and 95% confidence intervals (CIs) of MetS incidence according to HGS levels.

RESULTS: During the mean follow-up period of 5 years, the incidence of MetS was 435 (10.7%) and 1,260 (8.9%) subjects in men and women, respectively. Compared to the Low HGS (reference, HR=1), the reduced MetS incidence of high HGS (HR=0.425, 95% CI=0.326-0.556, $p<.001$) in men and mid HGS (HR=0.859, 95% CI=0.752-0.980, $p<.05$) and high HGS (HR=0.564, 95% CI=0.564-0.756, $p<.001$) in women remained significant even after the adjustment for age, income, education, marriage, alcohol consumption, smoking and exercise.

CONCLUSIONS: Maintaining a high level of HGS may be important strategies for MetS prevention among adults.

Key words: Relative hand grip strength, Metabolic syndrome, KoGES, Cohort study, Korean adults

서론

대사증후군(metabolic syndrome)은 심혈관계질환과 제2형 당뇨병의 위험요인들이 서로 군집을 이루는 현상으로 인슐린 저항성이 원인이 되는 것으로 알려진다[1]. 국민건강영양조사 결과에 따르면 30세 이상 남녀 성인의 대사증후군 유병률은 28.8%로 1998년 조사된 24.9%에

비해 유병률이 증가하였으며 서구화된 식습관, 좌식생활 및 인구의 고령화 등에 따라 대사증후군 인구는 점차 증가될 것으로 예상된다[2]. 최근 선행연구에 따르면 대사증후군은 제2형 당뇨, 심혈관계질환 발생 및 모든 원인의 사망에 강력한 예측 인자로 보고되며[3,4], 이는 생활습관 수정 인자인 신체활동, 심폐체력 및 근력과 연관성이 있는 것으로 나타났다[5-8].

Corresponding author: Soo Hyun Park **Tel** +82-2-970-9697 **Fax** +82-2-970-9502 **E-mail** otajulia@kspo.or.kr

Keywords 상대 악력, 대사증후군, 한국인유전체역학조사사업, 코호트 연구, 한국 성인

Received 13 Aug 2019 **Revised** 24 Aug 2019 **Accepted** 29 Aug 2019

© This is an Open Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/>) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

규칙적인 운동 및 신체활동은 심혈관계질환(cardiovascular disease)과 조기사망(early death)의 위험률을 감소시키는 독립적인 예측 인자로 보고된다[6,7]. 특히 심폐체력(cardiorespiratory fitness, CRF)은 심혈관계질환의 발병률과 그로 인한 조기 사망률에 대한 가장 강력한 독립 예측 인자인 것으로 일관되게 보고되고 있으며[6,7], 최근에는 근력 또한 심혈관계질환 및 조기사망률의 독립 예측 인자로 대두되고 있다[8,9].

악력은 전체적인 근력 혹은 하지 근력과 강한 상관성을 가지고 있을 뿐만 아니라 안전하고 쉽게 측정 가능하고 경제적인 장점을 가지고 있어 근력을 반영하는 대표적인 지표로 사용된다[10]. 일반적으로 악력계를 이용하여 측정된 수치를 절대치 악력, 즉 절대 악력이라 한다. 그러나 절대 악력의 경우 피험자의 키, 체중, 체질량지수와 상관성이 높기 때문에 최근에는 체질량지수를 보정한 상대 악력을 근력의 지표로 사용하는 것이 체격으로 인한 악력 수치의 교란 작용을 최소화할 수 방법으로 제시된다[11].

최근 역학 연구에 따르면 낮은 수준의 악력은 심혈관계질환, 허약, 제2형 당뇨병, 조기 사망 위험뿐만 아니라 대사증후군과도 유의한 상관관계가 있는 것으로 보고되며 국외 코호트 연구에서도 낮은 악력 수준은 대사증후군 위험 요인인 고혈압, 중성지방, 인슐린 저항성 등과도 유의한 상관관계가 있는 것으로 나타났다[9,10,12-14]. 국내 선행연구의 경우 고령화연구패널조사(Korean Longitudinal Study of Aging, KLoSA) 자료를 이용하여 노인을 대상으로 악력과 대사질환 및 조기 사망의 관련성을 8년간 추적관찰한 결과 낮은 악력 수준은 모든 원인의 사망률과 유의한 음의 상관관계가 있는 것으로 보고되었다[14]. 그러나 또 다른 선행연구의 경우 악력에 따른 제2형 당뇨병 유병률 혹은 대사증후군 유병률과의 연관성이 없는 것으로 나타나 악력과 대사증후군과 연관성에 대해 명확하게 밝히지 못했다[15,16]. 이는 근력의 지표로 절대 악력 혹은 절대 악력에 키를 보정하거나 체중을 보정하는 등 악력의 지표를 통일하여 사용하지 않았기 때문으로 추측된다. 또한 현재까지 진행된 악력과 대사증후군과의 관련성에 대한 국내의 연구는 주로 노인을 대상으로 횡단적 연구를 이용하여 분석하였고, 일반 성인을 대상으로 한 전향적 추적 연구는 거의 되어 있지 않은 실정이다.

이에 따라 본 연구는 한국인유전체역학조사사업(Korean Genome and Epidemiology Study, KoGES)의 일반인 기반 코호트 자료를 이용하여 평균 추적 기간 5년 동안 우리나라 남녀 성인에서 상대 악력 수준과 대사증후군 발생률의 연관성을 살펴보고자 하였다.

연구 방법

1. 연구 대상자

본 연구는 2004년 시작하여 현재까지 진행 중인 KoGES의 도시기반

코호트의 참여자 일부를 대상으로 하였다. KoGES 중 도시기반 코호트는 2004년부터 전국 대도시, 중소도시 병원 검강검진센터 내원자 40-79세 성인 남녀의 주요 만성 질환의 환경적, 유전적 위험요인 규명을 위해 생활습관, 환경요인 및 유전자원 등을 수집하였다. 본 연구에 선 기반조사 시 ≤64세 성인 남녀를 대상으로 2004년부터 2017년 1차 추적조사한 자료를 이용하였으며, 기반 조사에 참여한 173,209명 중, 19,170명의 64세 이상의 노인과 대사증후군으로 판명된 사람을 제외한 후, 1차 추적조사 시 악력과 기본 인구통계학적 변인, 대사증후군 관련 변인이 모두 완료된 17,271명의 자료를 분석에 활용하였다.

2. 측정 변인

연구의 참여자는 인구통계학적 특성, 신체적 특성, 임상적 지표 및 체력을 측정하였으며, 모든 자료는 KoGES의 조사지침서를 숙지한 훈련된 전문가들에 의해 획득되었다.

1) 신체 측정

신장은 cm 단위로 기록하고, 체중은 kg으로 기록하였다. 허리둘레는 갈비뼈와 장골능상부 사이의 자연적인 허리 몸통의 제일 좁은 부분에 정상 호흡 끝 순간에 줄자를 이용하여 측정하였으며, 엉덩이 둘레는 다리를 모으고 서게 한 후 엉덩이의 가장 뒤쪽으로 나온 부분을 줄자를 이용하여 측정하였다. 혈압 측정은 조용한 방에서 5분간 누운 자세에서 휴식을 취하게 한 후 수은 혈압계를 이용하여 30초 간격으로 3회 반복 측정하여 낮은 2개 값의 평균값을 자료로 이용하였다. 안정 시 심박수는 요골 부위 또는 요골 부위가 측정 불가능할 경우 측두동맥, 경동맥 등 측정 가능한 동맥에서 측정하였으며, 30초 동안 맥박을 잴 후 2를 곱하였으며, 불규칙적인 경우에는 1분 동안 측정하여 그 수를 기록하였다.

2) 대사증후군 기준

대사증후군은 National Cholesterol Education Program Adult Treatment Panel III (NCEP-ATP III) 기준 중 3가지 이상에 해당하는 경우 대사증후군이 있는 것으로 정의하였으며[17], 과거 고혈압, 당뇨병, 고지혈증을 의사에게 진단받은 경우 추가하였다; 1) 남자 허리둘레 ≥90 cm, 여자 ≥80 cm, 2) 공복 시 혈당 ≥100 mg/dL 또는 혈당 저하 관련 약물을 복용하는 경우, 3) 공복 시 중성지방 >150 mg/dL 또는 혈중지질 저하 관련 약물을 복용하는 경우, 4) HDL-C 남자 <40 mg/dL, 여자 <50 mg/dL, 또는 혈중지질 저하 관련 약물을 복용하는 경우, 5) 수축기혈압 ≥130 mmHg 또는 이완기혈압 ≥85 mmHg 또는 혈압강하 관련 약물을 복용하는 경우.

대사증후군의 발생률은 기반조사에서 해당 질환이 없었으나, 추적조사에서 각 질환이 새롭게 진단된 사람의 비율로 계산하였다.

3) 악력 측정

본 연구의 근력 지표인 악력은 악력계를 사용하여 왼손과 오른손 각각 2번 측정 후, 왼손과 오른손 각각의 평균값을 구하였다. 왼손과 오른손 악력의 각각 상위 2.5%와 하위 97.5%에 해당되는 수치를 이상치로 판정하여 분석에서 제외하였으며, 이상치를 제외한 좌우 악력 평균값을 절대 악력으로 정의하였다. 본 연구에서 상대 악력은 절대 악력에서 BMI (평균 절대 악력/BMI)로 나눈 값으로 정의하였다.

4) 혈액분석

모든 혈액검사는 일원화된 중앙검사실에서 진행되었으며, 공복 채혈 중 10 mL를 Acid Citrate Dextrose (ACD)가 처리된 튜브에 담아 -70°C에 보관하였다가 국립보건원에서 분석하였다. 혈액 지표는 공복 시 혈당, 총콜레스테롤, 중성지방, 고밀도지단백 콜레스테롤(HDL-C), 저밀도지단백 콜레스테롤(LDL-C)을 측정하였으며 저밀도지단백 콜레스테롤의 경우 다음과 같은 공식을 이용하여 산출하였다.

$$LDL-C = \text{총콜레스테롤} - HDL-C - (\text{중성지방}/5).$$

5) 사회경제적 지표

교육 수준은 초등 이하, 중졸, 고졸, 대졸, 대학원 졸로 구분하였으며, 소득 수준은 가구의 월평균 소득수준을 조사하여 월 100만 원 미만, 100-200만 원 미만, 200-300만 원 미만, 300-400만 원 미만, 400-600만 원 미만, 600만 원 이상으로 구분하였다. 결혼 상태는 미혼, 기혼, 그리고 현재 결혼상태에서 별거, 이혼, 사별을 합하여 '과거 기혼'으로 구분하였다.

6) 건강관련 생활습관 지표

음주와 관련하여 '원래 술을 못 마시거나 또는 처음부터(종교적인 이유 등으로) 술을 안 마십니까?'와 같은 질문을 하였으며, 이것에 대한 답변은 원래부터 음주를 하지 않음(비음주), 과거 음주, 현재 음주로 구분하였다. 흡연은 비흡연, 과거 흡연, 현재 흡연으로 구분하였다. 만성질환 가족력은 고혈압, 당뇨병, 심혈관계질환의 가족력(부, 모, 형제, 자매)의 유무를 조사하였다. 운동과 관련해서는 '몸에 땀이 날 정도로 규칙적인 운동 여부'와 같은 설문을 이용하였으며, 답을 예와 아니오로 구분하였다.

3. 자료분석

모든 자료 분석은 SPSS ver 23.0 (SPSS Inc., Chicago, IL, USA)을 이용하였으며, 연속형 자료의 경우 평균과 표준편차로 표기하였고, 범주형 자료의 경우에는 비율로 표기하였다. 연구 참여자의 특성을 성별에 따라 알아보기 위해 독립 표본 t-검정을 실시하였다. 상대 악력 수준은 성별과 연령을 고려하여 상, 중, 하로 구분하였다. 상대 악력 수준에 따른 인구통계학적요인들과 건강관련요인, 신체 조성, 대사증후군 관련

변인 그리고 만성질환 유병률을 비교하기 위해 성별에 따라 각각 One-Way ANOVA와 χ^2 -test를 실시하였다. 상대 악력 수준과 대사증후군 발생률과의 관련성을 분석하기 위해 Cox 회귀 분석을 실시하여 위험비(Hazard ratio, HR)와 95% 신뢰구간을 산출하였으며, 공변량으로 나이, 소득수준, 교육수준, 결혼 유무, 음주 유무, 흡연 유무, 가족력, 그리고 운동 유무를 보정하였다.

연구 결과

1. 성별에 따른 연구 참여자의 일반적 특성

본 연구 참여자의 인구사회학적 특성은 Table 1에 제시된 바와 같다. 전체 연구 참여자 17,271명 중 남자 4,083명(23.6%), 여자 13,188명(76.4%)이다. 전체 평균 나이는 51.18±6.89세이며 남자는 53.03±7.21세, 여자는 50.61±6.69세였다. 남성이 여성에 비해 키($p<.001$), 체중($p<.001$), 체질량지수($p<.001$), 허리둘레($p<.001$), 엉덩이 둘레($p<.001$)가 통계학적으로 유의하게 높은 것으로 나타났고, 음주($p<.001$)와 흡연($p<.001$) 비율이 유의하게 높은 것으로 나타났다. 혈액 지표의 경우 남성이 여성에 비해 혈압($p<.001$), 혈당($p<.001$), 중성지방($p<.001$)이 높은 것으로 나타났으며 여성이 남성에 비해 맥박수($p<.001$), 총콜레스테롤($p<.001$), 고밀도지단백 콜레스테롤($p<.001$), 저밀도지단백 콜레스테롤($p<.001$)이 높은 것으로 나타났다. 남성이 여성에 비해 악력이 높고 운동 참여가 많았지만, 비만($p<.001$), 고혈압($p<.001$), 당뇨($p<.001$), 심혈관계질환($p<.001$)을 가지고 있는 경우가 많았으며 여성의 경우는 복부비만율($p<.001$)이 높았다. 또한 남성이 월 수입이 높고($p<.001$) 교육수준이 높으며($p<.001$) 기혼인($p<.001$) 경우가 많았다.

2. 상대 악력 수준에 따른 참여자의 특성

Table 2는 상대 악력 수준을 남녀 집단에 따라 3분위로 나누어 측정변인을 비교한 결과이다. 그 결과 남녀 그룹 모두에서 악력이 높아질수록 체중($p<.001$), 체질량지수($p<.001$), 허리둘레($p<.001$), 엉덩이 둘레($p<.001$)가 유의하게 감소하는 선 경향이 있는 것으로 나타났고 여성의 경우 나이($p<.001$)가 유의하게 감소하는 선 경향이 나타났다. 건강관련 지표의 경우 남성은 상대 악력 수준이 높을수록 흡연율($p=.036$)이 유의하게 증가하는 선 경향이 나타났다. 혈액 지표의 경우 남녀 모두에서 상대 악력이 높을수록 SBP (남: $p<.031$, 여: $p<.019$), DBP (남: $p<.001$, 여: $p=.003$), 총 콜레스테롤($p<.001$), 중성지방($p<.001$), 저밀도지단백 콜레스테롤($p<.001$)이 유의하게 낮아지는 선 경향을 나타냈고, 고밀도지단백 콜레스테롤($p<.001$)과 심박수($p<.001$)가 유의하게 증가하는 선 경향을 보였다. 여성의 경우 공복 시 혈당($p<.001$)이 유의하게 낮아지는 것으로 나타났다. 만성 질환의 경우 남녀 모두에서 상대 악력이 높을수록 비만($p<.001$), 복부비만($p<.001$), 고혈압(남: $p<.001$, 여: $p=.002$),

Table 1. Baseline characteristics according to gender

	Total (n = 17,271)	Men (n = 4,083)	Women (n = 13,188)	p-value
Hand grip strength (HGS)				
Relative HGS (kg/BMI)	1.15 ± 0.33	1.57 ± 0.30	1.02 ± 0.21	<.001
Regular exercise	9,666 (56.1)	2,460 (60.4)	7,206 (54.8)	<.001
Body composition and health behavior				
Age (yr)	51.18 ± 6.89	53.03 ± 7.21	50.61 ± 6.69	<.001
Height (cm)	159.79 ± 7.20	168.48 ± 5.66	157.10 ± 5.23	<.001
Body weight (kg)	58.04 ± 8.37	66.42 ± 7.81	56.06 ± 6.88	<.001
BMI (kg/m ²)	22.87 ± 2.52	23.38 ± 2.33	22.71 ± 2.56	<.001
Waist circumference (cm)	76.76 ± 7.58	81.96 ± 6.45	75.15 ± 7.18	<.001
Hip circumference (cm)	92.62 ± 5.31	93.97 ± 4.99	92.21 ± 5.33	<.001
Past/current alcohol consumption, n (%)	7,910 (46.0)	3,220 (79.2)	4,690 (35.7)	<.001
Past/current smoking, n (%)	3,268 (19)	2,859 (70.2)	409 (3.1)	<.001
Blood chemistry				
SBP (mmHg)	118.01 ± 13.42	121.07 ± 12.94	117.06 ± 13.47	<.001
DBP (mmHg)	73.13 ± 9.10	75.74 ± 8.98	72.33 ± 8.98	<.001
HR (bpm)	69.39 ± 8.54	68.56 ± 8.66	69.64 ± 8.49	<.001
Fasting glucose (mg/dL)	89.56 ± 13.90	93.28 ± 17.60	88.41 ± 12.31	<.001
Total cholesterol (mg/dL)	195.97 ± 33.64	191.37 ± 33.34	197.40 ± 33.68	<.001
Triglyceride (mg/dL)	195.97 ± 33.69	112.09 ± 63.05	91.68 ± 46.63	<.001
HDL-C (mg/dL)	57.99 ± 12.64	53.54 ± 11.94	59.37 ± 12.54	<.001
LDL-C (mg/dL)	118.70 ± 30.20	115.44 ± 30.10	119.71 ± 30.16	<.001
Comorbidities				
Obesity, n (%)	3,180 (18.4)	961 (23.5)	2,219 (16.8)	<.001
Central obesity, n (%)	3,427 (19.8)	357 (8.7)	3,070 (23.3)	<.001
Hypertension, n (%)	2,417 (14.0)	787 (19.3)	1,630 (12.4)	<.001
Diabetes, n (%)	335 (2.6)	150 (4.9)	185 (1.9)	<.001
Cardiovascular disease, n (%)	351 (2.0)	171 (4.2)	180 (1.4)	<.001
Socioeconomic status				
Monthly income (1,000 won)				
< 100	1,054 (6.3)	192 (4.8)	862 (6.7)	<.001
100-199	3,167 (18.9)	752 (18.8)	2,415 (18.9)	
200-299	4,081 (24.3)	963 (24.2)	3,118 (24.4)	
300-399	3,793 (22.6)	876 (22.0)	2,917 (22.8)	
400-599	3,149 (18.8)	795 (19.9)	2,354 (18.4)	
≥ 600	1,534 (9.1)	408 (10.2)	1,126 (8.8)	
Marriage				
Not married	542 (3.2)	125 (3.1)	417 (3.2)	<.001
Currently married	15,538 (90.7)	3,825 (94.5)	11,713 (89.6)	
Not currently married	1,046 (6.1)	99 (2.4)	99 (3.4)	
Education				
Elementary school	10,629 (14.0)	2,202 (8.6)	8,427 (16.8)	<.001
Middle school	11,712 (15.5)	3,135 (12.2)	8,577 (17.1)	
High school	31,991 (42.2)	9,955 (38.8)	22,036 (43.9)	
College or higher	21,471 (28.3)	10,366 (40.4)	11,105 (22.1)	

Data represent Mean ± SD or n(%). p-value were calculated by student t-test or chi-squared test.

BMI, body mass index; SBP, systolic blood pressure; DBP, diastolic blood pressure; HR, resting heart rate; HDL-C, high-density lipoprotein cholesterol; LDL-C, Low-density lipoprotein cholesterol.

당뇨($p < .001$), 심혈관계질환(남: $p = .001$, 여: $p = .003$) 비율이 유의하게 낮은 선 경향이 나타났다. 사회경제학적 지표는 남성의 경우 악력 수준과 무관한 것으로 나타났으나 여성의 경우 악력이 높을수록 월수입이 높고($p < .001$), 교육수준($p < .001$)이 통계학적으로 유의하게 높은 선 경향이 나타났으나 남성의 경우 악력이 높을수록 월수입($p = .001$)과 교육수준($p = .005$)이 낮은 경향을 보였다.

3. 상대 악력 수준에 따른 대사증후군 발생 위험도

평균 5년의 추적 기간 동안 남성의 경우 4,083명 중 435명(10.7%), 여성의 경우 14,188명 중 1,260명(8.9%)에서 대사증후군이 발생했으며, 악력에 따른 대사증후군의 발생 비율은 남성의 경우 Low HGS에서 14.3%, Mid HGS에서 11.7% 그리고 High HGS에서 6.0% 발생하였으며 여성의 경우 Low HGS에서 12.5%, Mid HGS에서 9.4% 그리고 High

Table 2. Baseline characteristics according to handgrip strength levels

	Men			Women			P
	Low HGS (n = 1,360)	Mid HGS (n = 1,362)	High HGS (n = 1,361)	Low HGS (n = 4,394)	Mid HGS (n = 4,397)	High HGS (n = 4,397)	
Hand grip strength (HGS)							
Relative HGS (kg/BMI)	1.25 ± 0.18	1.58 ± 0.19 ^a	1.88 ± 0.17 ^{ab}	0.80 ± 0.11	1.04 ± 0.08 ^a	1.25 ± 0.14 ^{ab}	<.001
Regular exercise	839 (61.9)	814 (60.0)	807 (59.4)	2,248 (51.3)	2,445 (55.8)	2,513 (57.3)	<.001
Body composition and health behavior							
Age (yr)	53.19 ± 7.21	53.10 ± 7.24	52.79 ± 7.19	51.0 ± 6.74	50.64 ± 6.32	50.20 ± 6.67	<.001
Height (cm)	167.43 ± 5.92	168.25 ± 5.51 ^a	169.75 ± 5.31 ^{ab}	155.67 ± 5.33	156.85 ± 4.92 ^a	158.80 ± 4.95 ^{ab}	<.001
Body weight (kg)	68.83 ± 7.91	66.77 ± 7.52 ^a	63.65 ± 7.11 ^{ab}	58.23 ± 7.52	56.0 ± 6.40 ^a	53.94 ± 5.95 ^{ab}	<.001
BMI (kg/m ²)	24.52 ± 2.24	23.55 ± 2.05 ^a	22.07 ± 2.01 ^{ab}	24.01 ± 2.72	24.01 ± 2.18 ^a	21.38 ± 2.0 ^{ab}	<.001
Waist circumference (cm)	84.15 ± 5.90	82.51 ± 6.07 ^a	79.23 ± 6.37 ^{ab}	77.87 ± 7.52	75.09 ± 6.69 ^a	72.50 ± 6.22 ^{ab}	<.001
Hip circumference (cm)	95.22 ± 4.85	94.27 ± 4.82 ^a	92.42 ± 4.89 ^{ab}	93.83 ± 5.57	92.13 ± 4.99 ^a	90.66 ± 4.93 ^{ab}	<.001
Past/current alcohol consumption, n (%)	1,056 (78.1)	1,090 (80.6)	1,074 (79.1)	1,537 (35.2)	1,617 (36.9)	1,536 (35.1)	.722
Past/current smoking, n (%)	931 (68.7)	955 (70.4)	973 (71.6)	140 (3.2)	136 (3.1)	133 (3.1)	.811
Blood chemistry							
SBP (mmHg)	121.31 ± 12.60	121.56 ± 12.73	120.34 ± 13.03 ^b	117.41 ± 13.38	117.14 ± 13.47	116.62 ± 13.53 ^a	.019
DBP (mmHg)	76.43 ± 9.0	75.93 ± 9.07	74.85 ± 8.81 ^{ab}	72.64 ± 8.94	72.36 ± 8.93	71.98 ± 9.06 ^a	.003
HR (bpm)	67.84 ± 8.46	68.80 ± 8.79 ^a	69.04 ± 8.69 ^a	69.35 ± 8.38	69.28 ± 8.23	70.30 ± 8.82 ^{ab}	<.001
Fasting glucose (mg/dL)	93.65 ± 19.43	93.46 ± 17.30 ^a	92.72 ± 15.89 ^{ab}	88.43 ± 12.75	88.74 ± 13.07	88.06 ± 11.02 ^b	.037
Total cholesterol (mg/dL)	193.91 ± 34.22	191.89 ± 33.13	188.30 ± 32.42 ^{ab}	198.93 ± 34.43	197.75 ± 33.62	195.52 ± 32.89 ^{ab}	<.001
Triglyceride (mg/dL)	116.32 ± 59.46	115.66 ± 67.42	104.30 ± 61.30 ^{ab}	94.94 ± 49.37	92.52 ± 46.17 ^a	87.60 ± 43.91 ^{ab}	<.001
HDL-C (mg/dL)	52.42 ± 11.38	53.11 ± 11.93	55.08 ± 12.33 ^{ab}	58.03 ± 11.93	59.24 ± 12.34 ^a	60.83 ± 13.16 ^{ab}	<.001
LDL-C (mg/dL)	118.23 ± 30.52	115.65 ± 30.34	112.45 ± 29.18 ^b	121.95 ± 30.93	120.01 ± 29.90	117.18 ± 30.16 ^{ab}	<.001
Comorbidities							
Obesity, n (%)	543 (39.9)	334 (24.5)	84 (6.2)	1,411 (32.1)	623 (14.2)	185 (4.2)	<.001
Central obesity, n (%)	185 (13.6)	126 (9.3)	46 (3.4)	1,587 (36.1)	971 (22.1)	512 (11.6)	<.001
Hypertension, n (%)	310 (22.8)	264 (19.4)	213 (15.7)	580 (13.2)	564 (12.8)	486 (11.1)	.002
Diabetes, n (%)	1,439 (16.7)	1,125 (13.1)	797 (9.3)	1,511 (9.0)	1,036 (6.1)	753 (4.5)	<.001
Cardiovascular disease, n (%)	70 (5.1)	66 (4.8)	35 (2.6)	76 (1.7)	60 (1.7)	44 (1.0)	.003
Socioeconomic status							
Income							
<100	70 (5.3)	63 (4.8)	59 (4.4)	351 (8.3)	286 (6.7)	225 (5.3)	<.001
100-199	231 (17.4)	235 (17.7)	286 (21.4)	874 (20.5)	807 (19.0)	734 (17.2)	
200-299	289 (21.8)	335 (25.3)	339 (25.4)	1,065 (25.0)	1,021 (24.0)	1,032 (24.2)	
300-399	283 (21.3)	293 (22.1)	300 (22.5)	916 (21.5)	987 (23.2)	1,014 (23.8)	
400-599	285 (21.5)	267 (20.1)	243 (18.2)	703 (16.5)	773 (18.1)	878 (20.6)	
≥600	168 (12.7)	133 (10.0)	107 (8.0)	352 (8.3)	388 (9.1)	386 (9.0)	
Marriage							
Not married	40 (3.0)	40 (3.0)	45 (3.3)	151 (3.5)	133 (3.0)	133 (3.0)	.323
Currently married	1,270 (94.4)	1,273 (94.4)	1,282 (94.6)	3,859 (88.7)	3,916 (89.7)	3,938 (90.3)	
Not currently married	36 (2.7)	35 (2.6)	28 (2.1)	339 (7.8)	316 (7.2)	292 (6.7)	
Education							
Elementary school	116 (8.6)	91 (6.7)	90 (6.6)	670 (15.4)	455 (10.4)	349 (8.0)	<.001
Middle school	159 (11.8)	163 (12.0)	163 (12.0)	730 (16.8)	683 (15.7)	581 (13.3)	
High school	470 (34.8)	559 (41.3)	611 (45.0)	1,960 (45.0)	2,116 (48.4)	2,280 (52.1)	
College or higher	606 (44.8)	542 (40.0)	494 (36.3)	997 (22.9)	1,108 (25.4)	1,163 (26.6)	

Data represent Mean ± SD or n (%). One-way ANOVA with Bonferroni post hoc. HGS, hand grip strength; BMI, body mass index; SBP, systolic blood pressure; DBP, diastolic blood pressure; HR, resting heart rate; HDL-C, high-density lipoprotein cholesterol; LDL-C, Low-density lipoprotein cholesterol. ^ap < .05 vs. Low HGS, ^bp < .05 vs. Mid HGS.

Table 3. Association between relative handgrip strength and metabolic syndrome according to gender

	N	MetS, n (%)	Model 1 HR (95% CI)	Model 2 HR (95% CI)	Model 3 HR (95% CI)
Men					
Low HGS	1,360	195 (14.3)	1 (Reference)	1 (Reference)	1 (Reference)
Mid HGS	1,362	159 (11.7)	0.849 (0.688-1.047)	0.865 (0.699-1.071)	0.868 (0.701-1.074)
High HGS	1,361	81 (6.0)	0.439 (0.339-0.569)***	0.424 (0.325-0.554)***	0.425 (0.326-0.556)***
Women					
Low HGS	4,394	548 (12.5)	1 (Reference)	1 (Reference)	1 (Reference)
Mid HGS	4,397	413 (9.4)	0.817 (0.719-0.929)*	0.855 (0.749-0.976)*	0.859 (0.752-0.980)*
High HGS	5,397	299 (6.8)	0.608 (0.528-0.700)***	0.650 (0.562-0.753)***	0.564 (0.564-0.756)***

Model 1: unadjusted.

Model 2: adjusted for age, income, education, marriage, alcohol consumption, past/present smoking.

Model 3: adjusted for Model 1 plus exercise.

Met, Metabolic syndrome; HR, hazard ratio; CI, confidence interval.

* $p < .05$, ** $p < .01$, *** $p < .001$.

HGS에서 6.8% 발생하여 남녀 모두에서 근력이 증가할수록 대사증후군 발생 비율이 감소하였다(Table 3).

상대 악력과 대사증후군 발생률의 연관성은 콕스 비례위험모형 생존 분석을 통해 위험률을 산출하였다(Table 3). 그 결과 남성의 경우 악력이 가장 낮은 집단을 기준으로(Low HGS, HR=1) 했을 때, 악력이 가장 높은 집단의 대사증후군 발생 위험률이 0.439배(High HGS, 95% CI: 0.339-0.569)로 유의하게 감소하였고, 여성의 경우 악력이 높아질수록 대사증후군 발생 위험률이 0.817배(Mid HGS, 95% CI: 0.749-0.929), 0.608배(High HGS, 95% CI: 0.528-0.700)로 유의하게 감소하는 것으로 나타났다. 또한 대사증후군의 위험요소인 나이, 사회경제학적 지표, 알코올 섭취, 흡연 유무, 운동 여부를 보정한 후에도 남성의 경우 상대 악력이 가장 높은 집단에서 0.425배(High HGS, 95% CI: 0.326-0.556), 여성의 경우 상대 악력이 높을수록 0.859배(Mid HGS, 95% CI: 0.752-0.980), 0.564배(High HGS, 95% CI: 0.564-0.756) 통계학적으로 유의하게 대사증후군 발생 위험률이 감소하였다.

논 의

본 연구는 한국 성인에서 상대 악력 수준에 따른 대사증후군 발생 위험률과의 연관성을 밝히고자 하였다. 한국인 유전체역학조사사업의 자료를 이용하여 평균 5년간 추적을 실시한 결과 총 1,695명(9.8%)에서 대사증후군이 새롭게 발생하였으며 남성의 경우 435명(10.7%), 여성의 경우 1,260명(8.9%)에서 대사증후군 환자가 새롭게 발생하였다. 상대 악력을 3분위로 나누어 대사증후군 위험률을 산출한 결과 남녀 모두에서 상대 악력이 높을수록 대사증후군의 위험도가 유의하게 감소하는 것으로 나타났다. 또한 나이, 사회경제적 지표 및 건강 관련 생활습관 인자를 모두 보정한 후에도 상대 악력이 높을수록 대사증후군 위험률이 남녀 모두에서 유의하게 낮은 것으로 나타났다. 즉, 낮은

상대 악력은 성인의 대사증후군 발생 위험에 독립적인 위험인자로 작용하였다.

선행연구에 따르면 대사증후군의 유병률은 나이와 성별에 영향을 받는 것으로 보고된다[18,19]. Vishram et al. [20]에 따르면 36개의 코호트 연구를 통해 19세에서 78세까지 남녀 성인을 대상으로 12.2년 동안 추적 연구한 결과 남성은 40대 이전에 대사증후군에 걸릴 위험률이 약 10.5% 여성은 약 7.6%로 남성의 유병률이 더 높은 것에 반해 60대 이후 남성은 21.8%로 2배 증가되었고, 여성의 경우 60대 이후 37.6%로 5배 이상 증가하는 것으로 나타났다. 본 연구에서는 남성의 경우 10.4% 여성의 경우 8.9%로 대사증후군이 새롭게 발생하여 여성에서 대사증후군의 유병률이 낮은 것으로 나타났는데 이는 본 연구에 참여하였던 여성 피험자의 평균 나이가 50세로 남성에 비해 평균 나이가 적었을 뿐만 아니라 60세 이전의 여성의 경우 대사증후군 유병률이 남성에 비해 낮기 때문인 것으로 판단된다.

근력은 당뇨, 고혈압, 고지혈증, 심혈관계질환뿐만 아니라 대사증후군과도 연관성이 있는 것으로 알려지며 특히, 근력을 대표하는 악력과 대사증후군의 연관성에 대한 연구가 최근 보고되었다[9,10,12]. 우리나라 국민건강영양조사 자료를 이용한 횡단 연구에 따르면, 20세 이상의 5,014명 성인을 대상으로 절대 악력을 체질량지수로 나눈 상대 악력과 대사증후군과의 관계를 분석한 결과 상대 악력이 높을수록 대사증후군 위험도와 음의 상관관계가 있는 것으로 나타났고 이는 나이, 사회경제학적 지표, 건강관련 및 규칙적인 운동을 보정한 후에도 통계학적으로 유의한 것으로 나타났다[21]. 이와 유사하게 국민건강영양조사 2016년 자료를 이용하여 총 1,244명의 65세 노인들을 대상으로 상대 악력과 대사증후군을 비교한 결과 상대 악력이 높을수록 대사증후군 유병률이 남성에서는 0.52배, 여성에서는 0.28배가 통계학적으로 유의하게 낮은 것으로 나타났다[22]. 또한, Lawman et al. [23]의 연구에 따르면 20세 이상 4,221명의 미국인을 대상으로 한 횡단연구에 따르면

상대 악력은 혈압, 중성지방, 인슐린, 혈당 및 고밀도 콜레스테롤과 음의 상관관계가 있는 것으로 나타났다. 고령화연구패널조사 연구에서도 노인의 절대 악력을 체중으로 나눈 상대 악력과 대사증후군의 유병률과의 관련성을 확인한 결과 상대 악력이 높을수록 대사증후군 위험도가 남성에서 낮은 것으로 나타났다[24]. 그러나, Bisschop et al. [16]의 연구에 따르면 40세 이상 성인을 대상으로 복부비만, 신체활동, 근력과 대사증후군의 상관관계를 분석한 결과 절대 악력은 대사증후군 위험률과 연관성이 없는 것으로 보고되었다. 또 다른 선행연구에 의하면 394명 성인을 대상으로 절대 악력과 제2형 당뇨병의 상관성을 10년간 추적 연구를 통해 분석한 결과 BMI를 4분위로 나누었을 때 BMI가 높은 집단에서는 악력과 제2형 당뇨병 발생에 상관관계가 없는 것으로 나타났고, BMI 25% 이하 집단에서만 절대 악력과 제2형 당뇨병의 상관성이 유의한 것으로 나타났다[15]. 선행연구의 상반된 결과는 근력의 지표로 키와 몸무게가 반영된 상대 악력과 절대 악력 사용에 따른 차이로 사료된다. 또한 심혈관계질환 예측에 절대 악력에 비해 상대 악력이 더 강한 관련성이 있다는 결과들을 종합하여 볼 때 비만에 대한 영향을 보정할 수 있는 상대 악력이 근력을 대표할 수 있는 유용한 지표로 제안된다.

상대 악력과 대사증후군의 관련성에 관한 명확한 기전은 알려지지 않으나, 에너지 대사 조절의 이상은 인슐린 저항성에 원인이 있으며 지방산 산화와 당 흡수에 가장 큰 역할을 하는 골격근이 중요한 역할을 할 것으로 예상되기에 악력과 대사증후군의 관련성을 예측할 수 있을 것으로 사료된다. 선행연구에 따르면 10명의 제2형 당뇨 환자를 대상으로 한쪽 다리만 근력 운동을 주 3회 30분 총 6주간 실시한 후 양쪽 다리의 인슐린 민감도를 포도당 클램프(isoglycemic-hyperinsulinemic clamp)를 이용하여 측정된 결과 하지의 혈당 제거율이 근력운동을 한 다리에서 증가된 것을 확인하였고 이는 근육의 인슐린 신호 전달과 연관된 glucose transporter type 4 (GLUT4), 인슐린 수용체(insulin receptor), 글리코겐 합성효소(glycogen synthase)의 단백질 발현 증가를 통해 인슐린 민감도를 증가시킨 것으로 보고되었다[25]. 또 다른 선행연구에 의하면 근력운동은 근육의 질을 향상시키고 인슐린 민감성을 증가시키는 것으로 나타났는데 이는 항 염증성 사이토카인인 혈중 아디포넥틴 농도의 증가가 매개하였다고 보고되었다[26]. 즉, 높은 수준의 근력은 근육의 인슐린 신호 전달 유전자들을 증가시켜 인슐린 민감성을 증가시키고 이는 결국 대사증후군에 대한 노출 위험도를 감소시켰을 것으로 사료된다.

본 연구는 대규모 코호트 자료를 이용하여 추적 연구를 통해 한국인의 대사증후군 발생률을 확인하고 측정된 악력을 체질량지수로 나눈 상대 악력을 이용하여 근력과 대사증후군 발생률의 연관성을 확인한 점에 의미가 있는 것으로 사료된다. 그러나 추적관찰이 평균 약 5년으로 질환 발생률을 관찰하기에 다소 짧은 기간이었다는 점, 추적률

이 약 40%로 낮은 비율을 보였다는 점이 본 연구의 제한점이다.

결론

한국 성인의 대사증후군 발생 위험은 상대 악력이 낮아질수록 남녀 모두에서 유의하게 증가하였고, 다양한 공변량을 모두 보정한 후에도 남녀 모두에서 유의하게 높게 나타나 상대 악력은 한국 성인의 대사증후군 발생 위험에 독립적인 위험인자인 것으로 사료된다.

CONFLICT OF INTEREST

이 논문 작성에 있어서 어떠한 조직으로부터 재정을 포함한 일체의 지원을 받지 않았으며, 논문에 영향을 미칠 수 있는 어떠한 관계도 없음을 밝힌다.

REFERENCES

1. Alberti KG, Zimmet P, Shaw J; IDF Epidemiology Task Force Consensus Group. The metabolic syndrome--a new worldwide definition. *Lancet*. 2005;366(9491):1059-62.
2. Lim S, Shin H, Song JH, Kwak SH, Kang SM, et al. Increasing prevalence of metabolic syndrome in Korea: the Korean National Health and Nutrition Examination Survey for 1998-2007. *Diabetes Care*. 2011;34:1323-8.
3. Mottillo S, Filion KB, Genest J, Joseph L, Pilote L, et al. The metabolic syndrome and cardiovascular risk a systematic review and meta-analysis. *J Am Coll Cardiol*. 2010;56(14):1113-32.
4. Younis A, Younis A, Tzur B, Peled Y, Shlomo N, et al. Metabolic syndrome is independently associated with increased 20-year mortality in patients with stable coronary artery disease. *Cardiovasc Diabetol*. 2016;15(1):149.
5. Park YM, Sui X, Liu J, Zhou H, Kokkinos PE, et al. The effect of cardiorespiratory fitness on age-related lipids and lipoproteins. *J Am Coll Cardiol*. 2015;65(19):2091-100.
6. Stofan JR, DiPietro L, Davis D, Kohl HW 3rd, Blair SN. Physical activity patterns associated with cardiorespiratory fitness and reduced mortality: the Aerobics Center Longitudinal Study. *Am J Public Health*. 1998;88(12):1807-13.
7. Blair SN, Kampert JB, Kohl HW 3rd, Barlow CE, Macera CA, et al. Influences of cardiorespiratory fitness and other precursors on cardiovascular disease and all-cause mortality in men and women. *JAMA*.

- 1996;276(3):205-10.
8. Kamada M, Shiroma EJ, Buring JE, Miyachi M, Lee IM. Strength training and all-cause, cardiovascular disease, and cancer mortality in older women: a cohort study. *J Am Heart Assoc.* 2017;6(11). pii: e007677.
 9. Celis-Morales CA, Petermann F, Hui L, Lyall DM, Iliodromiti S. Associations between diabetes and both cardiovascular disease and all-cause mortality are modified by grip strength: evidence from UK Biobank, a prospective population-based cohort study. *Diabetes Care.* 2017;40(12):1710-8.
 10. Wind AE, Takken T, Helders PJ, Engelbert RH. Is grip strength a predictor for total muscle strength in healthy children, adolescents, and young adults? *Eur J Pediatr.* 2010;169(3):281-7.
 11. Choquette S, Bouchard DR, Doyon CY, Sénéchal M, Brochu M, et al. Relative strength as a determinant of mobility in elders 67-84 years of age. a nuage study: nutrition as a determinant of successful aging. *J Nutr Health Aging.* 2010;14(3):190-5.
 12. Peterson MD, Duchowny K, Meng Q, Wang Y, Chen X, et al. Low normalized grip strength is a biomarker for cardiometabolic disease and physical disabilities among U.S. and Chinese adults. *J Gerontol A Biol Sci Med Sci.* 2017;72(11):1525-31.
 13. Sayer AA, Syddall HE, Dennison EM, Martin HJ, Phillips DI, et al. Grip strength and the metabolic syndrome: findings from the Hertfordshire Cohort Study. *QJM.* 2007;100(11):707-13.
 14. Bae EJ, Park NJ, Sohn HS, Kim YH. Handgrip strength and all-cause mortality in middle-aged and older Koreans. *Int J Environ Res Public Health.* 2019;16(5). pii:E740.
 15. Wander PL, Boyko EJ, Leonetti DL, McNeely MJ, Kahn SE, et al. Greater hand-grip strength predicts a lower risk of developing type 2 diabetes over 10 years in leaner Japanese Americans. *Diabetes Res Clin Pract.* 2011;92(2):261-4.
 16. Bisschop CN, Peeters PH, Monninkhof EM, van der Schouw YT, May AM. Associations of visceral fat, physical activity and muscle strength with the metabolic syndrome. *Maturitas.* 2013;76(2):139-45.
 17. Expert Panel on Detection, Evaluation, and Treatment of High Blood Cholesterol in Adults. 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.* 2001;285(19):2486-97.
 18. Hildrum B, Mykletun A, Hole T, Midthjell K, Dahl AA. Age-specific prevalence of the metabolic syndrome defined by the International Diabetes Federation and the National Cholesterol Education Program: the Norwegian HUNT 2 study. *BMC Public Health.* 2007;7:220.
 19. Hu G, Qiao Q, Tuomilehto J, Balkau B, Borch-Johnsen K, Pyorala K, DECODE Study Group. Prevalence of the metabolic syndrome and its relation to all-cause and cardiovascular mortality in nondiabetic European men and women. *Arch Intern Med.* 2004;164(10):1066-76.
 20. Vishram JK, Borglykke A, Andreasen AH, Jeppesen J, Ibsen H, et al. Impact of age and gender on the prevalence and prognostic importance of the metabolic syndrome and its components in Europeans. The MORGAM Prospective Cohort Project. *PLoS One.* 2014;9(9): e107294.
 21. Yi DW, Khang AR, Lee HW, Son SM, Kang YH. Relative handgrip strength as a marker of metabolic syndrome: the Korea National Health and Nutrition Examination Survey (KNHANES) VI (2014-2015). *Diabetes Metab Syndr Obes.* 2018;11:227-40.
 22. Hong S. Association of relative handgrip strength and metabolic syndrome in Korean older adults: Korea National Health and Nutrition Examination Survey VII-1. *J Obes Metab Syndr.* 2019;28(1):53-60.
 23. Lawman HG, Troiano RP, Perna FM, Wang CY, Fryar CD, et al. Associations of relative handgrip strength and cardiovascular disease biomarkers in U.S. adults, 2011-2012. *Am J Prev Med.* 2016;50(6):677-83.
 24. Yang EJ, Lim S, Lim JY, Kim KW, Jang HC, et al. Association between muscle strength and metabolic syndrome in older Korean men and women: the Korean Longitudinal Study on Health and Aging. *Metabolism.* 2012;61(3):317-24.
 25. Holten MK, Zacho M, Gaster M, Juel C, Wojtaszewski JF, et al. Strength training increases insulin-mediated glucose uptake, GLUT4 content, and insulin signaling in skeletal muscle in patients with type 2 diabetes. *Diabetes.* 2004;53(2):294-305.
 26. Brooks N, Layne JE, Gordon PL, Roubenoff R, Nelson ME. Strength training improves muscle quality and insulin sensitivity in Hispanic older adults with type 2 diabetes. *Int J Med Sci.* 2006;4(1):19-27.