



중·고령자의 악력저하와 동반질환이 모든 원인으로 인한 사망 위험에 미치는 영향

이인환, 강현식

성균관대학교 스포츠과학과

The Combined Impact of Low Hand Grip Strength and Co-morbidity on the Risk of All-cause Mortality in Korean Middle-aged and Older Adults

Inhwan Lee, Hyunsik Kang

College of Sport Science, Sungkyunkwan University, Suwon, Korea

PURPOSE: This study investigated the combined impact of low hand grip strength (HGS) and number of comorbidities on the risk of all-cause mortality in Korean middle-aged and older adults.

METHODS: Data from the 2006 baseline and 2016 follow-up assessments of the Korean longitudinal study of aging (KLoSA) involving 9,270 Korean adults aged ≥ 45 years (55.6% women) were used in the study. Study participants were classified as zero, one, and two or more categories based on number of co-morbidities and as high, middle, and low categories based on HGS distributions. The Cox proportional hazard models were used to estimate the hazard ratio (HR) and 95% confidence interval (CI) of all-cause mortality according to HGS categories and number of comorbidities.

RESULTS: During the 9.7 ± 2.7 year follow-up period, 1,285 deaths from all causes occurred. In both middle and low HGS categories, one and two or more comorbidities resulted in an increased risk of all-cause mortality (HR = 1.493; 95% CI = 1.220-1.828; $p < .001$ and HR = 1.427; 95% CI = 1.190-1.711; $p < .001$, respectively) compared to no comorbidity (HR = 1). Furthermore, the increased risks of all-cause mortality remained significant even after adjustments for a number of confounders such as age, sex, socio-economic status, and parameters of health behaviors and conditions. In high HGS category, there were no significant differences in the risk of all-cause mortality according to number of co-morbidities.

CONCLUSIONS: The current finding suggested that promotion of upper body muscular strength may play an important role in preventing premature death from all causes, especially among those who suffer from co-morbidities.

Key words: Co-morbidity, Hand grip strength, All-cause mortality, Middle-aged and older adults

서론

좌식 생활의 증가 및 신체활동 부족, 서구화된 식습관 등으로 인해 만성질환 유병률이 증가하고 있으며, 최근 국가 대단위 역학조사에 의

하면, 우리나라 30세 이상 성인의 주요 만성질환 유병률은 고혈압 31.2%, 당뇨 12.4%, 고콜레스테롤혈증 23.7%인 것으로 나타났다[1]. 또한 우리나라 전체 노인 중 89.5%가 1개 이상의 만성질환에 노출된 것으로 나타났을 뿐만 아니라 만성질환을 2개 이상 지니고 있는 동반질

Corresponding author: Hyunsik Kang Tel +82-31-299-6911 Fax +82-31-299-6941 E-mail hkang@skku.edu

*이 논문은 2019년도 정부(교육부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 기초연구사업임(2019R111A1A0104377).

Keywords 동반질환, 악력, 모든원인의 사망, 중고령자

Received 3 Feb 2020 **Revised** 10 Feb 2020 **Accepted** 13 Feb 2020

© This is an Open Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (<https://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.

환은 73.0%인 것으로 보고되어 이에 대한 국가 및 개인적 대책마련이 지속적으로 제기되고 있는 실정이다[2].

오랜 기간 많은 연구를 통해 중·고령자의 경우 종류에 무관하게 앓고 있는 만성질환 수가 많을수록 우울, 골다공증, 근감소증, 허약, 낙상 등 노인병 증후군에 노출될 확률이 높게 나타난다고 보고되고 있으며 [3,4,5], 이러한 증상에 대한 노출은 결국 삶의 질 저하 및 조기사망으로 이어진다고 알려져 있다[6,7]. 중년 이후 만성질환에 대한 대표적인 위험요인으로는 나이, 성별, 가족력 등을 포함한 유전적 요인, 교육수준, 직업 등을 포함한 사회경제적 요인, 음주, 흡연, 영양 등을 포함한 생활습관 요인이 있는 것으로 알려져 있으며[8-10], 오랜 연구를 통해 높은 악력 수준은 다양한 만성질환을 예방할 뿐만 아니라 만성질환으로 인한 조기사망 위험 감소에도 긍정적인 역할을 하는 것으로 보고되고 있다[11,12].

악력(hand grip strength, HGS)은 신체의 근력을 파악할 수 있는 대표적인 체력지표로 알려져 있으며, 30대에 정점에 도달한 뒤[13], 점차 감소하다가 50세 이후 급격한 감소를 보이는 것으로 보고되고 있다 [14]. 그러나 중년 이후 높은 악력 수준은 동반질환 유병률 감소와 밀접한 연관성이 있을 뿐만 아니라 만성질환으로 인한 조기사망 위험을 감소시키는데 긍정적인 역할을 유도하는 것으로 알려져 있다[15,16]. 이와 관련된 선행연구를 살펴보면, 만성질환과 관련하여 Yorke et al. [17]과 Amaral et al. [18]의 연구에서 각각 미국 중·고령자와 남미 성인을 대상으로 악력과 만성질환과의 연관성에 대해 조사한 결과, 악력이 낮을수록 종류에 무관하게 만성질환의 수가 많아진다고 보고한 바 있으며, 사망과 관련하여, Celis-Morales et al. [19]과 Bae et al. [20]은 각각 영국과 우리나라 중·고령자를 대상으로 악력과 사망과의 연관성에 대해 추적 조사한 결과, 악력 수준이 낮을수록 모든 원인, 심혈관질환, 호흡기 질환, 암 등으로 인한 사망위험이 유의하게 높았다고 보고한 바 있다. 이러한 연구들의 결과를 보면, 높은 악력은 중·고령자의 동반질환 감소뿐만 아니라 조기사망과도 밀접한 연관성이 있는 것으로 판단되지만, 만성질환과 조기사망의 관계에 있어서 악력의 역할을 검증한 연구는 매우 미흡한 실정이다. 이에 우리나라 중·고령자의 만성질환 유병률이 지속적으로 증가되고 있으며, 이러한 만성질환은 결국 조기사망으로 이어진다는 점을 감안할 때, 만성질환과 조기사망의 관계에서 악력의 역할을 검증하는 연구가 필요할 것으로 사료된다. 이러한 점에 착안하여 본 연구에서는 우리나라 중·고령자의 동반질환과 모든 원인 사망 위험의 관계에 있어 악력의 보호적 역할에 대해 검증하는 것을 주요 목적으로 하였다.

연구 방법

1. 연구 대상

본 연구의 대상자는 우리나라 45세 이상 중·고령자의 실태와 행동습관에 대한 기초자료 축적을 목적으로 2006년부터 2016년까지 10년간 추적조사 형식으로 실시되고 있는 고령화연구패널조사(Korean longitudinal study of ageing, KLoSA)의 1차조사인 2006년 대상자 10,254명을 최초 대상으로 선정하였다. 이 후 사회경제적 상태 설문 누락 8명, 건강행태 및 상태 설문 누락 148명, 악력 측정불가 818명, 사망시기 파악불가 10명을 포함하여 총 984명을 제외하였으며, 최종적으로 9,270명(남: 4,116명, 여: 5,154명)에 대해 분석을 실시하였다. 대상자 특성은 Table 1에 제시한 바와 같다.

2. 측정항목 및 방법

1) 만성질환

만성질환은 암, 당뇨, 고혈압, 폐질환, 간질환, 정신질환, 심혈관질환, 관절염에 대해 의사로부터 진단받은 수를 조사하였으며, 해당 만성질환 수에 따라 0개 집단, 1개 집단, 2개 이상 집단으로 분류하였다.

2) 악력

악력은 악력계(6103, Tanita, Tokyo, Japan)를 이용하여 대상자가 직립으로 선 상태에서 팔꿈치를 90도 굴곡 시킨 뒤 측정을 실시하였다. 측정은 오른손과 왼손 각각 2회 측정하였으며, 측정 값 중 최대값을 이용하였다. 또한 대상자의 성별 악력 수준에 근거하여 상위 25%에 해당하는 상위 악력(high HGS), 중위 50%에 해당하는 중위 악력(middle HGS), 하위 25%에 해당하는 하위 악력(low HGS)으로 집단을 분류하였다.

3) 사망 정의 및 추적기간

사망은 2006년 1차조사부터 2016년 6차조사 사이에 발생한 사망자로 한정하였으며, 사망에 대한 정보는 가족 혹은 친척을 통해 수집된 정보를 사용하였다. 본 연구의 모든 원인 사망(all-cause mortality)은 자연사, 암, 폐질환, 심혈관질환, 자살, 치매, 사고사, 기타 등을 포함하였으며, 사망에 대한 추적기간은 [사망 시기-2006년 조사 시점] 공식을 사용하여 월 단위로 산출하였다.

4) 공변량

공변량은 사회경제적 상태, 건강행태 요인, 건강상태 요인으로 분류하였다.

사회경제적 요인(socio-economic status)으로 가구 월소득(income)은 지난 1년간 가정의 월 평균 수입을 만원 단위로 조사하였으며, 교육

Table 1. Physical characteristics of study participants

Variables	Total (n=9,270)	Men (n=4,116)	Women (n=5,154)	p-value
Age (yr)	60.9±10.7	60.8±10.4	61.0±11.0	.262
HGS (kg)	26.9±8.9	34.1±7.1	21.2±5.2	<.001
Socio-economic status				
Income (10,000 won/month)	163.9±211.2	176.4±211.0	153.8±210.8	<.001
Education, n (%)				<.001
Low than elementary	4,155 (44.8)	1,261 (30.6)	2,894 (56.2)	
Middle/high	4,121 (44.5)	2,125 (51.6)	1,996 (38.7)	
Over than college	994 (10.7)	730 (17.8)	264 (5.1)	
Marital status, n (%)				<.001
Married	7,351 (79.3)	3,788 (92.0)	3,563 (69.1)	
Widow/divorced	1,842 (19.9)	285 (6.9)	1,557 (30.2)	
Unmarried	77 (0.8)	43 (1.1)	34 (0.7)	
Region, n (%)				.424
Urban	7,218 (77.9)	3,189 (77.5)	4,029 (78.2)	
Rural	2,052 (22.1)	927 (22.5)	1,125 (21.8)	
Type of housing, n (%)				.801
Apartment	5,790 (62.5)	2,565 (62.3)	3,225 (62.6)	
General house	3,480 (37.5)	1,551 (37.7)	1,929 (37.4)	
Health behavior factors				
BMI (kg/m ²)	23.3±3.2	23.3±2.8	23.4±3.5	.121
Smoking, n (%)	2,720 (29.3)	2,524 (61.3)	196 (3.8)	<.001
Heavy alcohol, n (%)	569 (6.1)	523 (12.7)	46 (0.9)	<.001
Regular exercise, n (%)	3,708 (40.0)	1,808 (43.9)	1,900 (36.9)	<.001
Health condition factors				
Cognitive impaired, n (%)	2,234 (24.1)	632 (15.4)	1,602 (31.1)	<.001
Depressive symptoms, n (%)	2,735 (29.5)	965 (23.4)	1,770 (34.3)	<.001
ADL impaired, n (%)	231 (2.5)	93 (2.3)	138 (2.7)	.200
Fall experience, n (%)	346 (3.7)	82 (2.0)	264 (5.1)	<.001
Hospitalization, n (%)	949 (10.2)	409 (9.9)	540 (10.5)	.394
Co-morbidity, n (%)				<.001
0	5,036 (54.3)	2,436 (59.2)	2,600 (50.4)	
1	2,632 (28.4)	1,119 (27.2)	1,513 (29.4)	
2 ≤	1,602 (17.3)	561 (13.6)	1,041 (20.2)	
Type of disease				
Hypertension, n (%)	2,510 (27.1)	1,001 (24.3)	1,509 (29.3)	<.001
Diabetes, n (%)	1,084 (11.7)	501 (12.2)	583 (11.3)	.200
Cancer, n (%)	205 (2.2)	84 (2.0)	121 (2.3)	.318
Lung, n (%)	195 (2.1)	109 (2.6)	86 (1.7)	.001
Liver, n (%)	145 (1.6)	91 (2.2)	54 (1.0)	<.001
Cardiovascular, n (%)	423 (4.6)	179 (4.3)	244 (4.7)	.377
Cerebrovascular, n (%)	233 (2.5)	127 (3.1)	106 (2.1)	.002
Mental, n (%)	158 (1.7)	45 (1.1)	113 (2.2)	<.001
Arthritis, n (%)	1,460 (15.7)	258 (6.3)	1,202 (23.3)	<.001

HGS, hand grip strength; BMI, body mass index; ADL, activities of daily living.

수준(education)은 초졸 이하, 중/고등학교, 전문대졸 이상으로 분류하였다. 또한 결혼상태(marital status)는 결혼, 사별 및 이혼, 미혼으로 분류하였으며, 거주지역(region)의 경우 동부와 읍·면부로 분류하였다. 또한 주택유형(type of housing)은 아파트와 일반주택으로 분류하였다.

건강행태 요인(health behavior factors)으로 체질량지수(body mass index, BMI)는 체중/신장(kg/m²) 공식을 이용하여 산출하였으며, 흡연(smoking)은 현재까지 흡연을 하고 있거나 과거 5갑 이상 흡연한 경험이 있는 경우로 정의하였다[21]. 또한 과도한 음주(heavy alcohol)는 소주, 맥주, 막걸리, 와인, 양주에 대해 종류에 무관하게 주당 4회 이상 음주하는 경우로 정의하였으며, 규칙적 운동(regular exercise)은 유산소 및 저항성 운동에 무관하게 최소 3개월간 주당 1회 이상 운동을 실시하는 경우로 정의하였다.

건강상태 요인(health condition factors)으로 인지기능 저하는 Korean version of mini mental state examination (K-MMSE)를 통해 24점 이상을 정상, 23점 이하를 인지기능 저하로 분류하였으며[22], 우울증상은 center of epidemiological studies-depression scale (CES-D)를 통해 9점 이하를 정상, 10점 이상을 우울증상으로 분류하였다[23]. 또한 일상생활수행능력(activities of daily living; ADL) 저하는 설문지를 통해 7개의 문항에 대해 어느 하나라도 부분도움 이상이 필요한 경우로 구분하였으며[24], 낙상(fall experience)과 입원(hospitalization)은 최근 2년간 경험여부로 구분하였다.

3. 자료처리방법

본 연구에서 조사된 연속형 변인에 대해서는 평균과 표준편차(mean ± SD)로 표기하였으며, 범주형 변인에 대해서는 집단별 비율로 표기하였다. 세분화된 만성질환 수 및 악력 수준에 따른 집단 간 범주형 변인의 비율 차이를 검증하기 위해 χ^2 검증(chi-square test)의 선형대 결합(linear by linear) 분석을 실시하였으며, 연속형 변인의 선 경향 유무를 검증하기 위해 일원변량분석(one-way ANOVA)의 대비다항식(contrasts polynomial)을 이용하였다. 또한 모든 원인 사망에 대한 만성질환과 악력의 효과를 검증하기 위해 콕스 비례위험회귀모델(Cox's proportional hazard regression model)을 이용하여 악력 수준별 만성질환에 따른 사망 위험도(hazard ratio, HR)를 산출하였다. 모든 통계분석은 SPSS-PC version 23.0을 이용하였으며, 가설검정을 위한 유의수준은 $\alpha=0.05$ 로 설정하였다.

연구결과

1. 만성질환 수에 따른 측정변인 비교

Table 2는 만성질환 수에 따른 집단 간 측정변인을 비교한 결과이다. 분석결과, 만성질환 수가 많아질수록 여성($p<.001$), 나이($p<.001$), 체질

량지수($p<.001$), 인지기능 저하($p<.001$), 우울증상($p<.001$), 일상생활수행능력 저하($p<.001$), 낙상($p<.001$), 입원($p<.001$), 사망($p<.001$)이 유의하게 높아지는 선 경향이 있는 것으로 나타났으며, 악력($p<.001$), 가구 월소득($p<.001$), 교육수준($p<.001$), 이혼 및 별거($p<.001$), 흡연($p<.001$)은 유의하게 낮아지는 선 경향이 있는 것으로 나타났다.

2. 악력 수준에 따른 측정변인 비교

Table 3은 악력 수준에 따른 집단 간 측정변인을 비교한 결과이다. 분석결과, 악력이 낮아질수록 나이($p<.001$), 사별 및 이혼($p<.001$), 농촌 거주($p<.001$), 만성질환($p<.001$), 인지기능 저하($p<.001$), 우울증상($p<.001$), 일상생활수행능력 저하($p<.001$), 낙상($p<.001$), 입원($p<.001$), 사망($p<.001$)은 유의하게 높아지는 선 경향이 있는 것으로 나타났으며, 가구 월소득($p<.001$), 교육수준($p<.001$), 일반주택 거주($p<.001$), 체질량지수($p<.001$), 규칙적인 운동($p<.001$)은 유의하게 낮아지는 선 경향이 있는 것으로 나타났다.

3. 악력 수준 및 만성질환 수에 따른 측정변인 비교

Table 4는 악력 수준과 만성질환 수를 동시에 고려하여 집단 간 측정변인을 비교한 결과이다. 상위악력집단 내에서는 만성질환 수가 많아질수록 여성($p=.001$), 나이($p<.001$), 사별 및 이혼($p<.001$), 체질량지수($p<.001$), 인지기능 저하($p<.001$), 우울증상($p<.001$), 일상생활수행능력 저하($p=.001$), 낙상($p<.001$), 입원($p<.001$)은 유의하게 높아지는 선 경향이 있는 것으로 나타났으며, 악력($p=.003$), 가구 월소득($p=.001$), 교육수준($p<.001$), 일반주택 거주($p=.012$)는 유의하게 낮아지는 선 경향이 있는 것으로 나타났다. 중위악력집단 내에서는 만성질환 수가 많아질수록 여성($p<.001$), 나이($p<.001$), 사별 및 이혼($p<.001$), 체질량지수($p<.001$), 인지기능 저하($p<.001$), 우울증상($p<.001$), 일상생활수행능력 저하($p<.001$), 낙상($p<.001$), 입원($p<.001$), 사망($p<.001$)은 유의하게 높아지는 선 경향이 있는 것으로 나타났으며, 악력($p<.001$), 가구 월소득($p<.001$), 교육수준($p<.001$), 흡연($p<.001$), 규칙적 운동($p=.043$)은 유의하게 낮아지는 선 경향이 있는 것으로 나타났다. 하위악력집단 내에서는 만성질환 수가 많아질수록 여성($p<.001$), 나이($p<.001$), 사별 및 이혼($p<.001$), 체질량지수($p<.001$), 우울증상($p<.001$), 일상생활수행능력 저하($p<.001$), 낙상($p=.025$), 입원($p<.001$), 사망($p<.001$)은 유의하게 높아지는 선 경향이 있는 것으로 나타났으며, 악력($p<.001$), 가구 월소득($p<.001$), 교육수준($p=.001$), 농촌 거주($p=.006$), 흡연($p=.001$), 과도한 음주($p<.001$)는 유의하게 낮아지는 선 경향이 있는 것으로 나타났다.

4. 악력 수준 및 만성질환 수에 따른 모든 원인 사망 위험도

Table 5는 악력 수준과 만성질환 수를 동시에 고려한 모든 원인 사

Table 2. Description of measured parameters according to number of co-morbidities

Variables	Number of co-morbidity			P for linear trend
	0 (n=5,036)	1 (n=2,632)	2 ≤ (n=1,602)	
Women, n (%)	2,600 (51.6)	1,513 (57.5)	1,041 (65.0)	<.001
Age (yr)	57.6 ± 10.3	63.7 ± 10.2	66.7 ± 9.0	<.001
HGS (kg)	28.7 ± 8.7	25.8 ± 8.6	23.0 ± 8.2	<.001
Socio-economic status				
Income (10,000 won/month)	190.5 ± 238.3	143.4 ± 173.2	110.9 ± 152.7	<.001
Education, n (%)				<.001
Low than elementary	1,744 (34.6)	1,363 (51.8)	1,048 (65.4)	
Middle/high	2,606 (51.8)	1,047 (39.8)	468 (29.2)	
Over than college	686 (13.6)	222 (8.4)	86 (5.4)	
Marital status, n (%)				<.001
Married	4,286 (85.1)	1,990 (75.6)	1,075 (67.1)	
Widow/divorced	702 (13.9)	621 (23.6)	519 (32.4)	
Unmarried	48 (1.0)	21 (0.8)	8 (0.5)	
Region, n (%)				.086
Urban	3,971 (78.9)	2,002 (76.1)	1,245 (77.7)	
Rural	1,065 (21.1)	630 (23.9)	357 (22.3)	
Type of housing, n (%)				.081
Apartment	3,108 (61.7)	1,657 (63.0)	1,025 (64.0)	
General house	1,928 (38.3)	975 (37.0)	577 (36.0)	
Health behavior factors				
BMI (kg/m ²)	23.0 ± 3.1	23.4 ± 3.3	24.1 ± 3.5	<.001
Smoking, n (%)	1,588 (31.5)	747 (28.4)	385 (24.0)	<.001
Heavy alcohol, n (%)	331 (6.6)	150 (5.7)	88 (5.5)	.067
Regular exercise, n (%)	2,020 (40.1)	1,055 (40.1)	633 (39.5)	.909
Health condition factors				
Cognitive impaired, n (%)	869 (17.3)	743 (28.2)	622 (38.8)	<.001
Depressive symptoms, n (%)	1,052 (20.9)	896 (34.0)	787 (49.1)	<.001
ADL impaired, n (%)	55 (1.1)	71 (2.7)	105 (6.6)	<.001
Fall experience, n (%)	118 (2.3)	120 (4.6)	108 (6.7)	<.001
Hospitalization, n (%)	271 (5.4)	346 (13.1)	332 (20.7)	<.001
Death, n (%)	501 (9.9)	407 (15.5)	377 (23.5)	<.001

HGS, hand grip strength; BMI, body mass index; ADL, activities of daily living.

망 위험도를 산출한 결과이다. 모델 1에서 중위 악력 집단 내에서 만성 질환 0개 집단(referent)에 비해 1개 집단(HR=1.493, $p<.001$) 그리고 2개 이상 집단(HR=2.114, $p<.001$)의 조기 사망 위험이 유의하게 더 높게 나타났고, 하위 악력 집단에 국한하여 만성질환 0개 집단(referent)에 비해 2개 이상 집단(HR=1.427, $p<.001$)의 조기 사망 위험이 각각 유의하게 높은 것으로 나타났다(모델 1). 추가적으로 성별, 나이, 사회경제적 상태를 보정한 결과에서도 중위 악력 집단 내에서 만성질환 2개 이상 집단(HR=1.423, $p=.004$), 하위 악력 집단 내에서 만성질환 2개 이상 집단(HR=1.445, $p<.001$)은 만성질환 0개 집단에 비해 조기 사망 위험이 유의하게 더 높은 것으로 나타났다(모델 2). 또한, 중위 집단 내

에서 만성질환 2개 이상 집단은 건강행태 요인(모델 3)과 건강상태 요인(모델 4)을 추가적으로 보정한 후에도 만성질환 0개 집단에 비해 조기 사망 위험이 유의하게(HR=1.491, $p=.002$ and HR=1.403, $p=.010$, respectively) 더 높게 나타났다. 마찬가지로 하위 악력 집단 내에서 만성질환 2개 이상 집단도 건강행태 요인(모델 3)과 건강상태 요인(모델 4)을 추가적으로 보정한 후에도 만성질환 0개 집단에 비해 조기 사망 위험이 유의하게(HR=1.660, $p<.001$ and HR=1.435, $p=.001$, respectively) 더 높은 것으로 나타났다. 반면, 상위 악력 집단 내에서는 만성질환 수에 따른 조기 사망 위험에 유의한 차이가 없는 것으로 나타났다.

Table 3. Description of measured parameters according to hand grip strength (HGS) categories

Variables	HGS levels			P for linear trend
	High HGS (n=2,349)	Middle HGS (n=4,659)	Low HGS (n=2,262)	
HGS (kg)	33.8±8.3	27.5±6.9	18.6±5.9	<.001
Women, n (%)	1,374 (58.5)	2,416 (51.9)	1,364 (60.3)	.255
Age (yr)	53.8±7.4	60.3±9.6	69.7±9.8	<.001
Socio-economic status				
Income (10,000 won/month)	218.0±252.7	165.8±208.3	101.2±138.4	<.001
Education, n (%)				<.001
Low than elementary	566 (24.1)	1,976 (42.4)	1,613 (71.3)	
Middle/high	1,415 (60.2)	2,158 (46.3)	548 (24.2)	
Over than college	368 (15.7)	525 (11.3)	101 (4.5)	
Marital status, n (%)				<.001
Married	2,072 (88.2)	3,825 (82.1)	1,454 (64.3)	
Widow/divorced	258 (11.0)	788 (16.9)	796 (35.2)	
Unmarried	19 (0.8)	46 (1.0)	12 (0.5)	
Region, n (%)				<.001
Urban	1,950 (83.0)	3,618 (77.7)	1,650 (72.9)	
Rural	399 (17.0)	1,041 (22.3)	612 (27.1)	
Type of housing, n (%)				<.001
Apartment	1,384 (58.9)	2,903 (62.3)	1,503 (66.4)	
General house	965 (41.1)	1,756 (37.7)	759 (33.6)	
Health behavior factors				
BMI (kg/m ²)	24.0±3.1	23.3±3.3	22.6±3.2	<.001
Smoking, n (%)	632 (26.9)	1,458 (31.3)	630 (27.9)	.447
Heavy alcohol, n (%)	137 (5.8)	294 (6.3)	138 (6.1)	.697
Regular exercise, n (%)	1,124 (47.9)	1,943 (41.7)	641 (28.3)	<.001
Health condition factors				
Co-morbidity, n (%)				<.001
0	1,618 (68.9)	2,568 (55.1)	850 (37.6)	
1	548 (23.3)	1,345 (28.9)	739 (32.7)	
2≤	183 (7.8)	746 (16.0)	673 (29.7)	
Cognitive impaired, n (%)	238 (10.1)	869 (18.7)	1,127 (49.8)	<.001
Depressive symptoms, n (%)	379 (16.1)	1,286 (27.6)	1,070 (47.3)	<.001
ADL impaired, n (%)	15 (0.6)	55 (1.2)	161 (7.1)	<.001
Fall experience, n (%)	48 (2.0)	156 (3.3)	142 (6.3)	<.001
Hospitalization, n (%)	163 (6.9)	434 (9.3)	352 (15.6)	<.001
Death, n (%)	91 (3.9)	510 (10.9)	684 (30.2)	<.001

HGS, hand grip strength; BMI, body mass index; ADL, activities of daily living.

논 의

본 연구는 고령화연구패널조사의 중·고령자 9,270명을 대상으로 만성질환과 모든 원인 사망과의 연관성에 있어서 악력의 역할을 검증하는 것을 주요 목적으로 하였으며, 대상자들의 평균추적기간은 9.7±2.7년, 사망률은 13.9% (n=1,285)인 것으로 나타났다. 대상자들의 성별 악

력 수준에 근거하여 상위 25%, 중위 50%, 하위 25%로 구분한 뒤, 만성질환 수를 비교한 결과, 악력 수준이 낮아질수록 만성질환 수는 유의하게 증가하는 선 경향이 있는 것으로 나타났다. 또한 악력 및 만성질환 수에 따른 사망 위험을 산출한 결과, 상위 악력에서는 만성질환에 따른 사망 위험에 차이가 없었던 반면, 중위 악력 및 하위 악력에서는 만성질환 수가 증가할수록 사망 위험은 높아지는 것으로 나타났다.

Table 4. Description of measured parameters according to hand grip strength (HGS) categories and number of co-morbidities

Variables	HGS levels and numbers of co-morbidity						P for linear trend					
	High HGS 0 (n = 1,618) 1 (n = 548) 2 ≤ (n = 183)	High HGS 34.2±8.4 33.4±8.2 33.3 (60.8) 52.2±6.6 56.4±7.7 59.6±8.0	Middle HGS 0 (n = 2,568) 1 (n = 1,345) 2 ≤ (n = 746)	Middle HGS 28.3±6.9 26.8±6.7 25.8±6.6 462 (61.9) 65.4±8.4	Low HGS 0 (n = 850) 1 (n = 739) 2 ≤ (n = 673)	Low HGS 19.6±6.0 18.5±6.0 17.5±5.6 469 (55.2) 441 (59.7) 454 (67.5) 68.2±11.2 70.9±9.0 70.1±8.4		P for linear trend				
HGS (kg)	34.2±8.4	33.4±8.2	32.2±8.3	.003	28.3±6.9	26.8±6.7	25.8±6.6	<.001	<.001	<.001		
Women, n (%)	916 (56.6)	333 (60.8)	125 (68.3)	.001	1,215 (47.3)	739 (54.9)	462 (61.9)	<.001	<.001	<.001		
Age (yr)	52.2±6.6	56.4±7.7	59.6±8.0	<.001	57.6±9.1	62.7±9.1	65.4±8.4	<.001	<.001	<.001		
Socio-economic status												
Income (10,000 won/month)	233.7±277.4	189.0±181.6	162.9±175.5	.001	187.1±225.1	150.7±187.0	117.6±169.6	<.001	<.001	<.001		
Education, n (%)				<.001				<.001	<.001	.001		
Low than elementary	297 (18.4)	180 (32.8)	89 (48.6)		870 (33.9)	657 (48.8)	449 (60.2)			510 (75.8)		
Middle/high	1,030 (63.6)	304 (55.5)	81 (44.3)		1,345 (52.4)	567 (42.2)	246 (33.0)			141 (21.0)		
Over than college	291 (18.0)	64 (11.7)	13 (7.1)		353 (13.7)	121 (9.0)	51 (6.8)			22 (3.2)		
Marital status, n (%)				<.001				<.001	<.001	<.001		
Married	1,463 (90.4)	467 (85.2)	142 (77.6)		2,237 (87.1)	1,057 (78.6)	531 (71.2)			510 (75.8)		
Widow/divorced	144 (8.9)	74 (13.5)	40 (21.9)		301 (11.7)	276 (20.5)	211 (28.3)			141 (21.0)		
Unmarried	11 (0.7)	7 (1.3)	1 (0.5)		30 (1.2)	12 (0.9)	4 (0.5)			22 (3.2)		
Region, n (%)				.084				.394		.006		
Urban	1,362 (84.2)	437 (79.7)	151 (82.5)		2,016 (78.5)	1,019 (75.8)	583 (78.2)			511 (75.9)		
Rural	256 (15.8)	111 (20.3)	32 (17.5)		552 (21.5)	326 (24.2)	163 (21.8)			162 (24.1)		
Type of housing, n (%)				.012				.863		.150		
Apartment	928 (57.4)	336 (61.3)	120 (65.6)		1,601 (62.3)	832 (61.9)	470 (63.0)			435 (64.6)		
General house	690 (42.6)	212 (38.7)	63 (34.4)		967 (37.7)	513 (38.1)	276 (37.0)			238 (35.4)		
Health behavior factors												
BMI (kg/m ²)	23.6±2.8	24.5±3.2	25.8±3.6	<.001	22.9±3.2	23.5±3.3	24.4±3.3	<.001	22.0±2.8	22.5±3.0	23.4±3.5	<.001
Smoking, n (%)	450 (27.8)	138 (25.2)	44 (24.0)	.140	876 (34.1)	398 (29.6)	184 (24.7)	<.001	262 (30.8)	211 (28.6)	157 (23.3)	.001
Heavy alcohol, n (%)	94 (5.8)	33 (6.0)	10 (5.5)	.966	165 (6.4)	75 (5.6)	54 (7.2)	.749	72 (8.5)	42 (5.7)	24 (3.6)	<.001
Regular exercise, n (%)	755 (46.7)	274 (50.0)	95 (51.9)	.079	1,043 (40.6)	566 (42.1)	334 (44.8)	.043	222 (26.1)	215 (29.1)	204 (30.3)	.066
Health condition factors												
Cognitive impaired, n (%)	134 (8.3)	66 (12.0)	38 (20.8)	<.001	331 (12.9)	304 (22.6)	234 (31.4)	<.001	404 (47.5)	373 (50.5)	350 (52.0)	.078
Depressive symptoms, n (%)	208 (12.9)	109 (19.9)	62 (33.9)	<.001	534 (20.8)	439 (32.6)	313 (42.0)	<.001	310 (36.5)	348 (47.1)	412 (61.2)	<.001
ADL impaired, n (%)	5 (0.3)	6 (1.1)	62 (33.9)	.001	15 (0.6)	16 (1.2)	24 (3.2)	<.001	35 (4.1)	49 (6.6)	77 (11.4)	<.001
Fall experience, n (%)	22 (1.4)	16 (2.9)	10 (5.5)	<.001	56 (2.2)	52 (3.9)	48 (6.4)	<.001	40 (4.7)	52 (7.0)	50 (7.4)	.025
Hospitalization, n (%)	83 (5.1)	54 (9.9)	26 (14.2)	<.001	121 (4.7)	171 (12.7)	142 (19.0)	<.001	67 (7.9)	121 (16.4)	164 (24.4)	<.001
Death, n (%)	58 (3.6)	23 (4.2)	10 (5.5)	.196	217 (8.5)	166 (12.3)	127 (17.0)	<.001	226 (26.6)	218 (29.5)	240 (35.7)	<.001

HGS, hand grip strength; BMI, body mass index; ADL, activities of daily living.

Table 5. The combined impact of hand grip strength (HGS) and number of co-morbidities on the risk of all-cause mortality

	HGS levels and numbers of co-morbidity								
	High HGS			Middle HGS			Low HGS		
	0	1	2 ≤	0	1	2 ≤	0	1	2 ≤
	HR (95% CI)			HR (95% CI)			HR (95% CI)		
Death, n (%)	58 (3.6)	23 (4.2)	10 (5.5)	217 (8.5)	166 (12.3)	127 (17.0)	226 (26.6)	218 (29.5)	240 (35.7)
Model 1	1 (ref)	1.180 (0.728-1.913)	1.535 (0.785-3.004)	1 (ref)	1.493** (1.220-1.828)	2.114** (1.699-2.632)	1 (ref)	1.123 (0.932-1.353)	1.427** (1.190-1.711)
Model 2	1 (ref)	0.845 (0.508-1.406)	0.802 (0.383-1.679)	1 (ref)	1.123 (0.907-1.390)	1.423* (1.118-1.812)	1 (ref)	0.971 (0.796-1.185)	1.445** (1.186-1.760)
Model 3	1 (ref)	0.848 (0.505-1.421)	0.728 (0.327-1.621)	1 (ref)	1.143 (0.920-1.419)	1.491* (1.161-1.914)	1 (ref)	1.028 (0.836-1.264)	1.660** (1.351-2.040)
Model 4	1 (ref)	0.865 (0.515-1.451)	0.691 (0.309-1.548)	1 (ref)	1.112 (0.894-1.384)	1.403* (1.086-1.813)	1 (ref)	0.975 (0.791-1.202)	1.435* (1.157-1.781)

Model 1: unadjusted.

Model 2: adjusted for sex, age, and socio-economic status (i.e., income, education, marital status, region, and type of housing).

Model 3: adjusted for Model 2 plus health behavior factors (i.e., BMI, smoking, heavy alcohol, and regular exercise).

Model 4: adjusted for Model 3 plus health condition factors (i.e., cognitive impaired, depressive symptoms, ADL, impaired, fall experience, and hospitalization).

HGS, hand grip strength; HR, hazard ratio; CI, confidence interval; BMI, body mass index; ADL, activities of daily living.

***p* < .001, **p* < .05.

급격한 고령화 및 서구화된 생활습관 등으로 중년 이후 만성질환에 대한 문제가 지속적으로 제기되고 있는 가운데 우리나라 성인의 54%, 노인의 89%가 1개 이상의 만성질환에 노출되어 있을 뿐만 아니라 만성질환으로 인한 사망은 전체 사망의 81%를 차지하는 것으로 나타나 이에 대한 관심이 지속적으로 제기되고 있는 실정이다[2,25,26]. 이에 본 연구에서도 만성질환 유병률을 조사한 결과, 전체 대상자 중 45.7%가 1개 이상, 17.3%가 2개 이상의 만성질환에 노출된 것으로 나타났으며, 본 연구의 만성질환 유병률은 대단위 역학조사의 유병률과 유사한 결과이다[27].

중년 이후 만성질환의 대표적인 위험인자로는 유전적 요인, 사회경제적 요인, 생활습관요인 등이 있는 것으로 알려져 있으며[8,28], 종류에 무관하게 만성질환의 수가 많아질수록 건강관련 삶의 질 저하 및 조기사망 위험이 높아진다고 보고되고 있다[29,30]. 이에 좌식시간 감소 및 규칙적인 신체활동은 중고령자의 고혈압, 당뇨, 심혈관질환, 정신질환 등 다양한 만성질환 노출 위험을 감소시키는 것으로 알려져 있으며[31], 높은 악력 수준 또한 만성질환 및 조기사망 위험 감소에 긍정적인 효과를 유도하는 것으로 알려져 있다[32]. 그러나 중년 이후 높은 악력 수준은 만성질환을 예방할 수 있을 뿐만 아니라 조기사망에 대한 독립예측인자로 잘 알려져 있음에도 불구하고, 대부분의 선행연구에서는 만성질환과 조기사망의 연관성에 대한 단편적인 연구에 국한되어 진행되고 있는 실정이다[33]. 이에 본 연구에서는 악력 및 만성질환 수에 따른 모든 원인 사망률을 비교한 결과, 중위 및 하위 악력 집단에서만 만성질환 수에 비례적으로 사망률이 높아지는 것으로 나타났다. 이러한 본 연구의 결과는 제2형 당뇨병에 노출된 남미 노인에서 악력이 1kg 증가할 때마다 심혈관질환 사망 위험은 약 13% 정도 낮아진

다고 보고한 Lopez-Jaramillo et al. [34]의 연구와 우리나라 노인에서 악력 저하와 우울증이 동시에 발생할 경우 그렇지 않은 경우에 비해 사망 위험은 유의하게 증가한다고 보고한 Park et al. [32]의 연구와 유사한 결과이다. 본 연구와 선행연구 결과들을 볼 때, 규칙적인 신체활동 및 운동을 통해 유지된 높은 악력은 중·고령자의 만성질환 예방할 수 있을 뿐만 아니라 만성질환으로 인한 사망위험 감소에 긍정적인 효과를 유도할 수 있다고 보고한 연구들과 유사한 맥락에서 해석된다 [11,35].

또한 세분화한 악력 및 만성질환 수에 근거하여 모든 원인 사망에 노출될 확률을 산출한 결과, 중위 및 하위 악력에서 만성질환 수가 많을수록 사망 위험이 높은 것으로 나타났으며, 공변량을 보정한 후에도 만성질환 0개 집단에 비해 만성질환 2개 이상 집단의 사망위험은 유의하게 높은 것으로 나타났다. 이러한 본 연구의 결과는 제 2형 당뇨병에 노출된 아시아 중·고령자 1,282명을 대상으로 악력 수준과 모든 원인 사망의 연관성에 대해 2.4년간 추적 조사한 결과, 악력이 1kg 증가할 때마다 모든 원인 사망 위험은 약 10% 낮아진다고 보고한 Hamasaki et al. [35]의 연구와 고혈압에 노출된 미국 중·고령 남성 1,506명을 대상으로 상·하체 근력과 모든 원인 사망과의 연관성에 대해 18.3년간 추적 조사한 결과, 근력 수준이 높을수록 사망 위험은 유의하게 낮게 나타난다고 보고한 Artero et al. [36]의 연구와 유사한 결과이다. 이에 본 연구의 결과에서 상위 악력에 해당할 경우 만성질환에 따른 사망 위험은 차이가 없었던 반면, 중위 및 하위 악력에서는 만성질환 수가 많아질수록 사망 위험이 높게 나타나는 점을 미루어보면, 중년 이후 높은 악력 수준은 만성질환으로 인한 사망 위험을 감소시키는 데 긍정적인 요인이 될 수 있다는 점을 시사한다[34]. 또한 높은 악력 집단에

서 만성질환에 따른 사망위험에 차이가 없었던 점은 높은 악력이 만성 질환 및 조기사망 위험 감소와 직접적인 연관성이 있을 뿐만 아니라 일상생활수행능력 향상, 허약 예방, 삶의 질 개선 등 노년기 건강증진에 대한 간접적인 역할을 통해 건강한 장수를 유도할 수 있다는 점에서 기인한 것으로 해석된다[37,38]. 그러나 본 연구에서는 사망에 대한 범주를 모든 원인 사망에 국한하였다는 점과 만성질환의 세분화가 이루어지지 않았다는 제한점이 있기에 추후 연구에서는 만성질환 및 사망원인의 세분화를 통해 악력의 역할을 검증하는 추가적인 연구가 필요할 것으로 생각된다.

결론

본 연구의 결과를 종합해보면, 우리나라 중·고령자의 높은 악력 수준은 만성질환과 밀접한 연관성이 있을 뿐만 아니라 만성질환으로 인한 조기사망 위험을 지연할 수 있는 주요변인이 될 수 있을 것으로 판단된다. 따라서 규칙적인 신체활동 및 운동을 통한 근력 향상은 중년 이후 동반질환으로 인한 조기사망 위험을 최소화할 수 있는 핵심적인 전략이 될 수 있을 것으로 생각된다.

CONFLICT OF INTEREST

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

AUTHOR CONTRIBUTION

Conceptualization: I Lee, Data curation: I Lee, Formal analysis: I Lee, Funding acquisition: I Lee, Methodology: I Lee, Project administration: H Kang, Writing - original draft: I Lee, H Kang, Writing - review & editing: H Kang.

ORCID

Inhwan Lee <https://orcid.org/0000-0002-7366-0697>

Hyunsik Kang <https://orcid.org/0000-0002-8611-1873>

REFERENCES

1. Ministry of health and welfare. Ministry of health and welfare statistical year book 2019. Ministry of Health and Welfare. 2019;42-73.
2. Korea institute for health and social affairs. Living profiles of older people survey 2017. Korea Institute for Health and Social Affairs. 2017; 312-29.
3. Spangenberg L, Forkmann T, Brähler E, Glaesmer H. The association of depression and multimorbidity in the elderly: implications for the assessment of depression. *Psychogeriatrics*. 2011;11(4):227-34.
4. Hanlon P, Nicholl BI, Jani BD, Lee D, McQueenie R et al. Frailty and pre-frailty in middle-aged and older adults and its association with multimorbidity and mortality: a prospective analysis of 493 737 UK Biobank participants. *The Lancet Public Health*. 2018;3(7):e323-32.
5. Cheung JTK, Yu R, Wu Z, Wong SYS, Woo J. Geriatric syndromes, multimorbidity, and disability overlap and increase healthcare use among older Chinese. *BMC Geriatrics*. 2018;18(1):147.
6. Park B, Ock M, Lee HA, Lee S, Han H, et al. Multimorbidity and health-related quality of life in Koreans aged 50 or older using KNHANES 2013-2014. *Health and Quality of Life Outcomes*. 2018; 16(1):186.
7. Jani BD, Hanlon P, Nicholl BI, McQueenie R, Gallacher KI et al. Relationship between multimorbidity, demographic factors and mortality: findings from the UK Biobank cohort. *BMC Medicine*. 2019;17(1):74.
8. Kim IH. Age and gender differences in the relation of chronic diseases to activity of daily living (ADL) disability for elderly South Koreans: based on representative data. *Journal of Preventive Medicine and Public Health*. 2011;44(1):32-40.
9. Leone T, Coast E, Narayanan S, de Graft Aikins A. Diabetes and depression comorbidity and socio-economic status in low and middle income countries (LMICs): a mapping of the evidence. *Global Health*. 2012;8:39.
10. Ng R, Sutradhar R, Yao Z, Wodchis WP, Rosella LC. Smoking, drinking, diet and physical activity-modifiable lifestyle risk factors and their associations with age to first chronic disease. *International Journal of Epidemiology*. 2019; pii:dyy078.
11. Cheung CL, Nguyen US, Au E, Tan KC, Kung AW. Association of handgrip strength with chronic diseases and multimorbidity: a cross-sectional study. *Age (Dordr)*. 2013;35(3):929-41.
12. Kim GR, Sun J, Han M, Park S, Nam CM. Impact of handgrip strength on cardiovascular, cancer and all-cause mortality in the Korean longitudinal study of ageing. *BMJ Open*. 2019;9(5):e027019.
13. Bohannon RW. Hand-grip dynamometry predicts future outcomes in aging adults. *Journal of Geriatric Physical Therapy*. 2008;31(1):3-10.
14. Dodds RM, Syddall HE, Cooper R, Benzeval M, Deary IJ, et al. Grip

- strength across the life course: normative data from twelve British studies. *PLoS One*. 2014;9(12):e113637.
15. Volaklis KA, Halle M, Thorand B, Peters A, Ladwig KH, et al. Handgrip strength is inversely and independently associated with multimorbidity among older women: Results from the KORA-Age study. *European Journal of Internal Medicine*. 2016;31:35-40.
16. Strand BH, Cooper R, Bergland A, Jørgensen L, Schirmer H, et al. The association of grip strength from midlife onwards with all-cause and cause-specific mortality over 17 years of follow-up in the Tromsø Study. *Journal of Epidemiology and Community Health*. 2016;70(12):1214-21.
17. Yorke AM, Curtis AB, Shoemaker M, Vangsnes E. The impact of multimorbidity on grip strength in adults age 50 and older: Data from the health and retirement survey (HRS). *Archives of Gerontology and Geriatrics*. 2017;72:164-8.
18. Amaral Cde A, Portela MC, Muniz PT, Farias Edos S, Araújo TS, et al. Association of handgrip strength with self-reported diseases in adults in Rio Branco, Acre State, Brazil: a population-based study. *Cadernos de Saude Publica*. 2015;31(6):1313-25.
19. Celis-Morales CA, Welsh P, Lyall DM, Steell L, Petermann F, et al. Associations of grip strength with cardiovascular, respiratory, and cancer outcomes and all cause mortality: prospective cohort study of half a million UK Biobank participants. *BMJ*. 2018;361:k1651.
20. Bae EJ, Park NJ, Sohn HS, Kim YH. Handgrip Strength and All-Cause Mortality in Middle-Aged and Older Koreans. *International Journal of Environmental Research and Public Health*. 2019;16(5)pii:E740.
21. Centers for Disease Control and Prevention (CDC). Cigarette smoking among adults--United States, 1992, and changes in the definition of current cigarette smoking. *Morbidity and Mortality Weekly Report (MMWR)*. 1994;43(19):342-46.
22. Kang YW, Na DL, Hahn SH. A validity study on the korean minimal state examination (K-MMSE) in dementia patients. *Journal of the Korean Neurological Association*. 1997;15(2):300-8.
23. Cho MJ, Kim KH. Diagnostic Validity of the CES-D (Korean Version) in the Assessment of DSM-III-R Major Depression. *Journal of Korean Neuropsychiatric Association*. 1993;32(3):381-99.
24. Won CW, Yang KY, Rho YG, Kim SY, Lee EJ et al. The Development of Korean Activities of Daily Living (K-ADL) and Korean Instrumental Activities of Daily Living (K-IADL) Scale. *Journal of the Korean Geriatrics Society*. 2002;6(2):107-20.
25. Korea institute for health and social affairs. Domestic health and welfare trends. Korea Institute for Health and Social Affairs. 2015;93-122.
26. Korea centers for disease control & prevention. Chronic disease status and issues 2016 -chronic disease fact book-. Korea Centers for Disease Control & Prevention. 2016;6-7.
27. Wang HH, Wang JJ, Wong SY, Wong MC, Li FJ et al. Epidemiology of multimorbidity in China and implications for the healthcare system: cross-sectional survey among 162,464 community household residents in southern China. *BMC Medicine*. 2014;12:188.
28. Jackson CA, Dobson AJ, Tooth LR, Mishra GD. Lifestyle and Socio-economic Determinants of Multimorbidity Patterns among Mid-Aged Women: A Longitudinal Study. *PLoS One*. 2016;11(6):e0156804.
29. Willadsen TG, Siersma V, Nicolaisdóttir DR, Køster-Rasmussen R, Jarbøl DE, et al. Multimorbidity and mortality: A 15-year longitudinal registry-based nationwide Danish population study. *Journal of Comorbidity*. 2018;8(1):2235042X18804063.
30. Pati S, Swain S, Knottnerus JA, Metsmakers JFM, van den Akker M. Health related quality of life in multimorbidity: a primary-care based study from Odisha, India. *Health and Quality of Life Outcomes*. 2019; (1):116.
31. Hassapidou M, Papadopoulou SK, Vlahavas G, Kapantais E, Kaklamanou D, et al. Association of physical activity and sedentary lifestyle patterns with obesity and cardiometabolic comorbidities in Greek adults: data from the National Epidemiological Survey. *Hormones (Athens, Greece)*. 2013;12(2):265-74.
32. Park S, Cho J, Kim D, Jin Y, Lee I, et al. Handgrip strength, depression, and all-cause mortality in Korean older adults. *BMC Geriatrics*. 2019; 19(1):127.
33. Di Angelantonio E, Kaptoge S, Wormser D, Willeit P, Butterworth AS, et al. Association of Cardiometabolic Multimorbidity With Mortality. *JAMA*. 2015;314(1):52-60.
34. Lopez-Jaramillo P, Cohen DD, Gómez-Arbeláez D, Bosch J, Dyal L, et al. Association of handgrip strength to cardiovascular mortality in pre-diabetic and diabetic patients: a subanalysis of the ORIGIN trial. *International Journal of Cardiology*. 2014;174(2):458-61.
35. Hamasaki H, Kawashima Y, Katsuyama H, Sako A, Goto A, et al. Association of handgrip strength with hospitalization, cardiovascular events, and mortality in Japanese patients with type 2 diabetes. *Scientific Reports*. 2017;7(1):7041.
36. Artero EG, Lee DC, Ruiz JR, Sui X, Ortega FB, et al. A prospective study of muscular strength and all-cause mortality in men with hypertension. *Journal of the American College of Cardiology*. 2011;57(18):

- 1831-7.
37. Musalek C, Kirchengast S. Grip strength as an indicator of health-related quality of life in old age-a pilot study. *International Journal of Environmental Research and Public Health*. 2017;14(12). Pii: E1447.
38. Al Snih S, Markides KS, Ottenbacher KJ, Raji MA. Hand grip strength and incident ADL disability in elderly Mexican Americans over a seven-year period. *Aging Clinical and Experimental Research*. 2004; 16(6):481-6.