



저체중 노인의 추정 심폐체력과 모든 원인 사망과의 연관성

이인환¹ PhD, 김병로² PhD

성균관대학교 스포츠과학대학¹, 창원대학교 체육학과²

Association between Estimated Cardiorespiratory Fitness and All-cause Mortality in Underweight Older Adults

Inhwan Lee¹ PhD, Byungroh Kim² PhD

¹College of Sports Science, Sungkyunkwan University, Suwon; ²Department of Physical Education, Changwon National University, Changwon, Korea

PURPOSE: This study investigated the association between estimated cardiorespiratory fitness (eCRF) and all-cause mortality in underweight older adults.

METHODS: Data from the 2006 Korean longitudinal study of aging (KLoSA) involving 348 study participants aged 60 years and older (58.0% women) was analyzed in this study. CRF was estimated with sex- and age-specific algorithms developed by the fitness registry and the importance of exercise national database (FRIEND). Participants were classified into lowest 25% (Q1), lower 25% (Q2), middle 25% (Q3), and highest 25% (Q4) on the basis of individual eCRF distributions. Cox proportional hazards regression was used to calculate hazard ratio (HR) and 95% confidence interval (CI) according to eCRF levels.

RESULTS: During 7.8±3.2-year follow-up period, a total of 175 deaths occurred from all causes. Cox regression analysis showed that HR of all-cause mortality was 0.686 (95% CI, 0.474-0.991, $p=.045$) for Q2, 0.382 (95% CI, 0.253-0.575, $p<.001$) for Q3, and 0.248 (95% CI, 0.155-0.397, $p<.001$) for Q4 compared to Q1 as reference (HR=1). The HR of Q4 for all-cause mortality remained significant even after adjustments for covariates, including age and marital status.

CONCLUSIONS: The current findings suggest that high eCRF is associated with a decreased risk of all-cause mortality in underweight older adults.

Key words: Cardiorespiratory fitness, Mortality, Older adults, Underweight

서론

전 세계적으로 급격한 고령화 사회가 진행되고 있는 가운데 우리나라는 2019년을 기준으로 전체 인구 중 노인 인구 비율이 14.9%에 해당하는 것으로 나타났으며, 이와 같은 추세라면 2030년에는 25.0%까지 증가할 것으로 예상된다[1]. 노인 인구 증가와 더불어 건강한 노화를 위해 노년기 사망과 관련된 요인에 대한 연구가 활발히 진행되고 있

며, 최근 국내 대단위 역학조사 보고에 따르면 우리나라 노인의 사망 위험요인 1위가 저체중인 것으로 보고되어 이에 대한 국가 및 사회적 관심이 증가하고 있는 실정이다[2].

저체중(underweight)은 신장 및 체중에 근거한 체질량지수가 18.5 kg/m² 미만인 경우로 정의하고 있으며[3], 과거 건강문제에 대한 체중의 악영향을 비만에만 국한했던 반면, 최근 연구에서 저체중 노인은 과체중 및 비만 노인에 비해 근감소증, 골다공증, 인지기능 저하 등 노

Corresponding author: Byungroh Kim Tel 055-213-3521 E-mail brkim@cwnu.ac.kr

*이 논문은 2019-2020년도 창원대학교 자율연구과제연구비 지원으로 수행된 연구결과임.

Keywords 심폐체력, 사망률, 노인, 저체중

Received: 22 Apr 2020 **Revised:** 20 May 2020 **Accepted:** 25 May 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.

년기 질병 위험이 높을 뿐만 아니라 조기사망 위험 또한 유의하게 높은 것으로 보고되어 이에 대한 연구가 지속적으로 진행되고 있다[4]. 이에 저체중의 대표적인 위험인자로는 성별, 교육수준, 소득 등 사회경제적 요인과 결식 및 영양불균형, 저작 능력 저하, 신체활동 부족 등 생활습관 요인이 있는 것으로 알려져 있으며[8,9], 국외 대단위 역학조사에서 심폐체력은 노년기 저체중과 밀접한 연관성이 있다는 결과가 보고되면서 노년기 심폐체력 증진의 중요성이 제기되고 있다[10,11].

심폐체력(cardiorespiratory fitness, CRF)은 일상생활 및 신체활동을 오랜 시간 지속할 수 있는 능력으로 정의되며[12], 호흡·순환계의 산소 운반 능력과 근·골격계 기능적 상태에 따라 결정된다[13]. 심폐체력을 증진하기 위해 가장 효과적인 수단은 유산소 운동 및 신체활동으로 알려져 있으며[14], 노년기 높은 심폐체력은 저체중을 예방할 뿐만 아니라 사망 위험 감소에도 긍정적인 역할을 하는 것으로 보고되고 있다[15,16]. 이와 관련하여 MaAuley et al. [17]은 미국 중·고령자를 대상으로 체질량지수에 따른 심폐체력을 조사한 결과, 저체중 집단의 심폐체력이 가장 낮게 나타났다고 보고한 바 있으며, Greening et al. [18]은 영국 폐질환 노인을 대상으로 체질량지수에 따른 왕복 걷기 지구력을 조사한 결과, 저체중 및 비만 집단의 심폐지구력이 가장 낮게 나타났다고 보고한 바 있다. 또한 심폐체력과 사망의 연관성에 대해 조사한 Jensen et al. [19]의 연구와 Gupta et al. [20]의 연구에서 심폐체력이 낮아질수록 모든 원인, 암, 심혈관질환으로 인한 사망 위험은 유의하게 높은 것으로 나타났다고 보고된 바 있다. 이러한 결과들을 미루어 보면, 노년기 심폐체력은 저체중 및 조기사망과 밀접한 연관성이 있을 뿐만 아니라 저체중 노인의 사망 위험에 대해 중요한 역할을 할 것으로 판단되지만, 저체중 노인의 사망 위험에 있어 심폐체력의 역할을 검증한 연구는 전무한 실정이다.

한편, 국외 대단위 역학조사에서는 비용 및 인력 문제 등 심폐체력 측정의 제한점을 보완하고자 비운동성 심폐체력 추정 공식(non-exercise cardiorespiratory fitness equation)이 개발되고 있다. 비운동성 추정 심폐체력은 운동을 하지 않고 연령, 성별, 체질량지수, 안정 시 심박수, 신체활동 등과 같은 변인을 이용하여 최대 산소섭취량을 추정하는 방법이며[21], 집단 분류에 대한 오류가 매우 낮은 것으로 보고되어 국외 대단위 역학 조사에서 노년기 사망 위험에 대한 추정 심폐체력의 역할 검증이 지속적으로 이루어지고 있다[22,23]. 이와 관련하여 영국 중·고령자를 대상으로 실시한 Stamatakis et al. [24]의 연구와 미국 성인을 대상으로 실시한 Imboden et al. [16]의 연구에서 추정 심폐체력 수준이 낮아질수록 모든 원인, 암, 심혈관질환으로 인한 사망 위험은 유의하게 높았다고 보고한 바 있다. 이러한 결과들을 보면, 직접적으로 측정한 심폐체력 혹은 추정 심폐체력은 조기사망과 밀접한 연관성이 있는 것으로 판단된다. 이에 과체중 및 비만 노인에 비해 저체중 노인의 사망 위험이 높다는 사실을 감안할 때, 저체중 노인의 조기사망에 있

어 비운동성 추정 심폐체력의 역할을 검증하는 것은 노년기 체질량지수와 관련된 건강문제에 있어 중요한 기초자료가 될 수 있을 것으로 생각된다.

따라서 본 연구에서는 노년기 건강상의 위험이 과체중 및 비만에 비해 저체중 집단에서 높게 나타난다는 점에 착안하여, 우리나라 성인의 대표성을 반영하여 조사된 국가기초자료를 통해 저체중 노인의 모든 원인 사망 위험에 있어 비운동성 추정 심폐체력이 어떠한 역할을 하는지 검증하는 것을 주요 목적으로 하였다.

연구 방법

1. 연구 대상

본 연구의 대상자는 우리나라 45세 이상 중·고령자를 대상으로 행동양식 및 습관에 대한 기초자료를 파악하기 위해 2년마다 추적 조사의 형식으로 실시되고 있는 고령화연구패널조사(Korean longitudinal study of ageing, KLoSA)의 1차 조사인 2006년 전체 대상자 10,254명 중 60세 이상 노인 5,549명을 최초 대상자로 선정하였다. 이후 신장 및 체중 설문 누락으로 인해 체질량지수 계산 불가 250명, 저 체중에 해당하지 않는 대상자(정상, 과체중 및 비만) 4,951명을 포함하여 총 5,201명을 제외하였으며, 최종적으로 348명(남성: 146명, 여성: 202명)에 대해 자료 분석을 실시하였다. 본 연구의 대상자 특성은 Table 1에 제시한 바와 같다.

2. 측정 항목 및 방법

1) 저체중

저체중 집단을 선별하기 위해 우선적으로 체질량지수를 산출하였으며, 체질량지수(body mass index, BMI)는 자기 보고형 설문을 통해 조사된 신장과 체중을 이용하여 체중(kg)/신장(m²) 공식을 이용하여 산출하였다. 이후 체질량지수 18.5 kg/m² 미만에 해당할 경우 대한비만학회의 기준에 근거하여 저체중으로 정의하였다[25].

2) 비운동성 추정 심폐체력

비운동성 추정 심폐체력(estimated cardiorespiratory fitness, eCRF)은 국외 fitness registry and the importance of exercise national database (FRIEND) 연구에서 제시한 추정식에 근거하여 나이, 성별, 체중을 추정 변수로 포함하여 산출하였으며[26], 본 연구에 사용된 추정식은 다음과 같다.

$$VO_2\max \text{ (mL/kg/min)} = 79.9 - 0.39 \times \text{age (years)} - 13.7 \times \text{sex} \\ \text{(male} = 0, \text{female} = 1) - 0.127 \times \text{weight (lbs)}$$

Table 1. Characteristics of study participants

Variables	Total (n=348)	Men (n=146)	Women (n=202)	p value
Age (yr)	74.5±8.6	73.0±8.0	75.5±8.9	.007
Weight (kg)	44.8±6.2	48.9±4.6	41.9±5.4	<.001
BMI (kg/m ²)	17.2±1.2	17.3±1.2	17.2±1.2	.852
eCRF (METs)	8.1±1.9	10.0±0.9	6.6±0.9	<.001
Socio-economic status				
Income (10,000 won/month)	104.0±137.0	86.5±121.4	117.0±146.7	.055
Education, n (%)				<.001
Low than elementary	288 (82.8)	98 (67.1)	190 (94.1)	
Middle/high	48 (13.8)	36 (24.7)	12 (5.9)	
Over than college	12 (3.4)	12 (8.2)	0 (0.0)	
Marital status, n (%)				<.001
Married	203 (58.3)	129 (88.3)	74 (36.6)	
Widow/divorced	143 (41.1)	16 (11.0)	127 (62.9)	
Unmarried	2 (0.6)	1 (0.7)	1 (0.5)	
Region, n (%)				.848
Urban	234 (67.2)	99 (67.8)	135 (66.8)	
Rural	114 (32.8)	47 (32.2)	67 (33.2)	
Type of housing, n (%)				.487
Apartment	112 (32.2)	44 (30.1)	68 (33.7)	
General house	236 (67.8)	102 (69.9)	134 (66.3)	
Health behavior factors				
Smoking, n (%)	122 (35.1)	100 (68.5)	22 (10.9)	<.001
Heavy alcohol, n (%)	24 (6.9)	17 (11.6)	7 (3.5)	.003
Regular exercise, n (%)	82 (23.6)	47 (32.2)	35 (17.3)	.001
Health condition factors				
Co-morbidity, n (%)				
0	148 (42.5)	65 (44.5)	83 (41.1)	
1	136 (39.1)	53 (36.3)	83 (41.1)	
2≤	64 (18.4)	28 (19.2)	36 (17.8)	.665
Cognitive impaired, n (%)	188 (54.0)	50 (34.2)	138 (68.3)	<.001
Depressive symptoms, n (%)	176 (50.6)	75 (51.4)	101 (50.0)	.801
ADL impaired, n (%)	61 (17.5)	24 (16.4)	37 (18.3)	.649
Fall experience, n (%)	26 (7.5)	3 (2.1)	23 (11.4)	.001

BMI, body mass index; eCRF, estimated cardiorespiratory fitness; MET, metabolic equivalents; ADL, activities of daily living.

또한 대상자의 추정 심폐체력에 근거하여 성별 사분위수(quartile)로 집단을 분류하였으며, 이에 하위 25% (Q1), 중하위 25% (Q2), 중상위 25% (Q3), 상위 25% (Q4)로 집단을 분류하였다.

3) 사망 정의 및 추적 기간

모든 원인 사망(all-cause mortality)은 만성질환, 자살, 자연사, 사고사, 기타 사망 등을 모두 포함하였으며, 사망에 대한 정보는 가족 및 친인척을 통해 조사된 사망자 자료에 근거하여 2006년 1차 조사부터 2016년 6차 조사 사이에 발생한 사망자로 한정하였다. 또한 사망에 대한 추적 기간(follow-up period)은 [사망 시기-2006년 조사 시기] 공식을 사용하여 월 단위로 산출하였으며, 사망하지 않은 대상자의 경우 최대 추적 기간은 120개월로 정의하였다.

4) 공변량

사회경제적 요인으로 가구 월 소득(income), 교육수준(education), 결혼상태(marital status), 거주지역(region), 주택 형태(type of house)에 대해 조사한 자료를 이용하였다. 건강행태 요인으로 흡연(smoking)은 현재 흡연 중이거나 과거 100개비 이상 흡연한 경험이 있는 경우로 정의하였으며[27], 과도한 음주(heavy alcohol)는 소주, 맥주, 막걸리, 와인, 양주에 대해 종류에 무관하게 남성은 주당 15잔 이상, 여성은 8잔 이상 마시는 경우로 정의하였다[28]. 또한 규칙적 운동(regular exercise)은 운동 형태 및 시간에 무관하게 최소 3개월 주당 1회 이상 규칙적 운동을 실시하는 경우로 정의하였다. 건강상태 요인으로 만성질환(co-morbidity)은 고혈압, 당뇨, 암, 폐질환, 간질환, 심장질환, 뇌혈관질환, 관절염, 정신질환에 대해 의사로부터 진단받은 수를 조사하였다. 인지기능저하(cognitive impaired)는 Korean version of mini mental state examination (K-MMSE) 점수 23점 이하로 정의하였으며[29], 우울증상(de-

pressive symptoms)은 center of epidemiological studies-depression scale (CES-D) 점수 10점 이상으로 정의하였다[30]. 일상생활 수행능력 저하 (activities of daily living impaired, ADL impaired)는 설문지를 통해 7문항 중 어느 하나의 질문에 '부분 도움 이상'이 필요한 경우로 정의하였다[31]. 또한 낙상(fall experience)은 최근 2년, 입원(hospitalization)은 최근 1년간 경험 여부로 정의하였다.

3. 자료처리방법

연속형 변인에 대해서는 평균과 표준편차(mean ± SD)로 표기하였으며, 범주형 변인에 대해서는 집단 별 비율(%)로 표기하였다. 추정 심폐 체력 수준에 따른 집단 간 범주형 변인의 비율 차이를 검증하기 위해

교차분석(cross-tabulation analysis)의 선형 대 결합(linear by linear) 방법을 이용하였으며, 연속형 변인은 집단 간 연령 차이를 보정한 선형 회귀 분석을 검증하기 위해 공분산분석(analysis of covariance, ANCOVA)의 대비 다항식(contrasts polynomial)을 이용하였다. 또한 모든 원인 사망에 대한 추정 심폐 체력의 역할을 검증하기 위해 콕스비례위험 회귀모델(Cox's proportional hazard regression model)을 이용하여 95% 신뢰수준(confidence interval, CI)에서 심폐체력 수준별 모든 원인 사망 위험도(hazard ratio, HR)를 산출하였다. 모든 통계 분석은 SPSS-PC version 23.0을 이용하였으며, 가설검정을 위한 유의 수준은 $\alpha=0.05$ 로 설정하였다.

Table 2. Descriptive statistics of measured parameters according to eCRF levels

Variables	eCRF levels				p for linear trend
	Lowest Q1 (n=87)	Low Q2 (n=86)	Middle Q3 (n=89)	Highest Q4 (n=86)	
eCRF (METs)	6.9±1.9	7.8±1.7	8.4±1.7	9.1±1.7	.012
Age (yr)	84.7±5.7	77.2±4.4	71.1±4.1	64.8±3.6	<.001
Weight (kg)	46.0±7.1	44.5±6.2	44.9±5.9	43.8±5.3	<.001
BMI (kg/m ²)	17.5±1.0	17.1±1.3	17.1±1.2	17.3±1.3	.007
Women, n (%)	50 (57.5)	51 (59.3)	51 (57.3)	50 (58.1)	.993
Socio-economic status					
Income (10,000 won/month)	112.8±140.3	108.1±146.3	89.9±136.0	104.5±127.2	.906
Education, n (%)					.091
Low than elementary	75 (86.2)	72 (83.7)	75 (84.3)	66 (76.7)	
Middle/high	10 (11.5)	11 (12.8)	13 (14.6)	14 (16.3)	
Over than college	2 (2.3)	3 (3.5)	1 (1.1)	6 (7.0)	
Marital status, n (%)					<.001
Married	35 (40.2)	49 (57.0)	62 (69.7)	57 (66.3)	
Widow/divorced	52 (59.8)	37 (43.0)	26 (29.2)	28 (32.5)	
Unmarried	0 (0.0)	0 (0.0)	1 (1.1)	1 (1.2)	
Region, n (%)					.474
Urban	54 (62.1)	60 (69.8)	62 (69.7)	58 (67.4)	
Rural	33 (37.9)	26 (30.2)	27 (30.3)	28 (32.6)	
Type of housing, n (%)					.608
Apartment	25 (28.7)	35 (40.7)	28 (31.5)	24 (27.9)	
General house	62 (71.3)	51 (59.3)	61 (68.5)	62 (72.1)	
Health behavior factors					
Smoking, n (%)	30 (34.5)	29 (33.7)	33 (37.1)	30 (34.9)	.841
Heavy alcohol, n (%)	5 (5.7)	4 (4.7)	9 (10.1)	6 (7.0)	.449
Regular exercise, n (%)	16 (18.4)	19 (22.1)	23 (25.8)	24 (27.9)	.113
Health condition factors					
Co-morbidity, n (%)					.605
0	43 (49.4)	34 (39.5)	27 (30.3)	44 (51.2)	
1	28 (32.2)	32 (37.2)	44 (49.4)	32 (37.2)	
2 ≤	16 (18.4)	20 (23.3)	18 (20.3)	10 (11.6)	
Cognitive impaired, n (%)	59 (67.8)	48 (55.8)	42 (47.2)	39 (45.3)	.001
Depressive symptoms, n (%)	48 (55.2)	41 (47.7)	43 (48.3)	44 (51.2)	.631
ADL impaired, n (%)	30 (34.5)	18 (20.9)	10 (11.2)	3 (3.5)	<.001
Fall experience, n (%)	6 (6.9)	7 (8.1)	5 (5.6)	8 (9.3)	.715
Hospitalization, n (%)	12 (13.8)	21 (24.4)	16 (18.0)	13 (15.1)	.900
Death, n (%)	64 (73.6)	51 (59.3)	36 (40.4)	24 (27.9)	<.001

eCRF, estimated cardiorespiratory fitness; MET, metabolic equivalents; BMI, body mass index; ADL, activities of daily living.

연구 결과

1. 추정 심폐체력 수준에 따른 측정 변인 비교

Table 2는 추정 심폐체력 수준에 따른 집단 간 측정 변인을 비교한 결과이다. 그 결과, 심폐체력 수준이 높아질수록 나이($p < .001$), 체중($p < .001$), 체질량지수($p = .007$), 사별 및 이혼($p < .001$), 인지기능 저하($p = .001$), 일상생활수행능력 저하($p < .001$)가 유의하게 낮아지는 선 경향이 있는 것으로 나타났으며, 그 외 변인은 통계적으로 유의한 차이가 없는 것으로 나타났다.

2. 추정 심폐체력 수준에 따른 모든 원인 사망 위험도

Table 3은 추정 심폐체력 수준에 따른 모든 원인 사망 위험도를 산출한 결과이다. 그 결과, 모델 1에서 하위 25% 집단(ref)에 비해 중하위 25% 집단(HR=0.686, 95% CI=0.474-0.991, $p = .045$), 중상위 25% 집단(HR=0.382, 95% CI=0.253-0.575, $p < .001$), 상위 25% 집단(HR=0.248, 95% CI=0.155-0.397, $p < .001$)의 사망 위험이 유의하게 낮은 것으로 나타났으며(Figure 1), 모델 2에서 나이를 보정한 뒤 사망 위험도를 산출한 결과, 하위 25% 집단(ref)에 비해 상위 25% 집단(HR=0.462, 95% CI=0.247-0.863, $p = .016$)의 사망 위험이 유의하게 낮은 것으로 나타났다. 또한 모델 3에서 모델 2에 추가적으로 결혼상태를 보정한 뒤 사망 위험도를 산출한 결과, 하위 25% 집단(ref)에 비해 상위 25% 집단(HR=0.463, 95% CI=0.248-0.865, $p = .016$)의 사망 위험이 유의하게 낮은 것으로 나타났으며, 모델 4에서 모델 3에 추가적으로 인지기능 및 일상생활수행능력 저하를 보정한 뒤 사망 위험도를 산출한 결과, 집단 간 사망위험에는 유의한 차이가 없는 것으로 나타났다.

논 의

본 연구는 우리나라 고령화연구패널조사의 60세 이상 저체중 노인 348명을 대상으로 모든 원인 사망에 있어 비운동성 추정 심폐체력이

어떠한 역할을 하는지 검증하는 것을 주요 목적으로 하였다. 먼저 대상자들의 평균 추적 기간은 7.8 ± 3.2 년이었으며, 사망률은 50.3% ($n = 175$)인 것으로 나타났다. 또한 대상자들의 성별 추정 심폐체력에 근거하여 하위 25%, 중하위 25%, 중상위 25%, 상위 25%로 집단을 분류한 뒤, 모든 원인 사망 위험도를 산출한 결과, 심폐체력이 높을수록 사망 위험은 유의하게 낮아지는 것으로 나타났다.

급격한 고령화 사회가 진행되고 있는 가운데 높은 심폐체력은 노년기 질환을 예방할 뿐만 아니라 조기사망과도 밀접한 연관성이 있는 것으로 보고되어 노년기 심폐체력 증진에 대한 관심이 지속적으로 제기

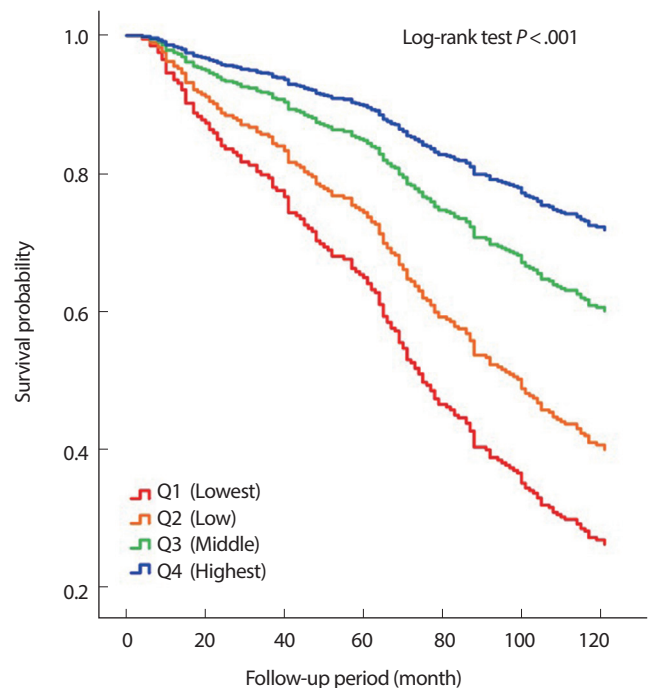


Fig. 1. Kaplan-Meier survival curve according to eCRF levels in underweight older adults. Shown are curves for the Lowest quartile (Q1), Low quartile (Q2), Middle quartile (Q3), and Highest quartile (Q4) groups, with the red, orange, green, and blue colors, respectively.

Table 3. Relative risk of all-cause mortality according to eCRF levels

eCRF categories		Model 1		Model 2		Model 3		Model 4	
		HR (95% CI)	p-value	HR (95% CI)	p-value	HR (95% CI)	p-value	HR (95% CI)	p-value
Lowest	Q1	1 (ref)		1 (ref)		1 (ref)		1 (ref)	
Low	Q2	0.686 (0.474-0.991)	.045	0.795 (0.546-1.158)	.231	0.792 (0.544-1.153)	.224	0.840 (0.575-1.228)	.368
Middle	Q3	0.382 (0.253-0.575)	<.001	0.628 (0.377-1.048)	.075	0.626 (0.376-1.044)	.072	0.693 (0.414-1.162)	.164
Highest	Q4	0.248 (0.155-0.397)	<.001	0.462 (0.247-0.863)	.016	0.463 (0.248-0.865)	.016	0.540 (0.286-1.019)	.057

Model 1: unadjusted.

Model 2: adjusted for age.

Model 3: adjusted for Model 2 plus marital status.

Model 4: adjusted for Model 3 plus cognitive impaired and ADL impaired.

eCRF, estimated cardiorespiratory fitness; HR, hazard ratio; CI, confidence interval; ADL, activities of daily living.

되고 있다[32,16]. 또한 최근 국외 선행연구에서는 심폐체력 측정의 제한점을 보완하기 위해 비운동성 심폐체력 추정식이 제시되고 있으며 [26], 이에 본 연구에서도 국외 선행연구의 추정 공식에 근거하여 비운동성 심폐체력을 산출한 결과, 대상자의 심폐체력은 남성 10.0 ± 0.9 MET, 여성 6.6 ± 0.9 MET인 것으로 나타났다. 이러한 본 연구의 심폐체력 수준은 국외 선행 연구에 비해 낮게 나타난 결과이며, 이러한 결과는 본 연구에서 사용된 추정식이 국외 성인을 대상으로 개발되었다는 점과 본 연구의 대상자가 정상 체중 노인이 아닌 저체중 노인이었다는 점에서 기인한 것으로 생각된다[33].

최근 국내의 대단위 역학조사에서 노인의 경우 과체중 및 비만에 비해 저체중에 노출될 경우 주요 질환 및 사망 위험이 높아진다고 보고되고 있으며[7,34], 저체중의 주요 위험인자로는 사회경제적 요인 및 생활습관 요인이 있는 것으로 알려져 있다[8,9]. 이에 최근 연구에서 유산소 운동 및 신체활동을 통해 증진된 심폐체력은 노년기 조기사망 뿐만 아니라 저체중과 밀접한 연관성이 있는 것으로 보고되고 있다 [15]. 그러나 노년기 높은 심폐체력은 저체중 및 사망 위험에 대해 각각의 독립예측인자로 작용한다는 점과 저체중과 조기사망이 밀접한 연관성이 있다는 사실을 고려하였을 때, 저체중 노인의 사망 위험에 대한 심폐체력의 보호적 역할이 예견되지만 이에 대한 선행연구는 전무한 실정이다. 이에 본 연구에서는 추정 심폐체력을 성별 사분위수로 분류한 뒤 모든 원인 사망률을 비교한 결과, 심폐체력 수준이 높아질수록 사망률은 유의하게 낮아지는 것으로 나타났다. 이러한 본 연구의 결과는 미국 노인에서 저체중과 낮은 심폐체력은 모든 원인 사망 위험 증가에 있어 상호작용 효과가 있다고 보고한 McAuley et al. [35]의 연구와 영국 중·고령자에서 기능 체력이 낮고 저체중 집단에 해당할 경우 기대여명이 가장 낮았다고 보고한 Zaccardi et al. [36]의 연구와 유사한 결과이다. 이러한 결과들을 볼 때, 노년기 심폐체력을 포함한 체력 요인은 저체중 및 체중감소를 예방할 뿐만 아니라 노인의 체질량지수와 관련된 사망 위험에 대해 매개 작용을 할 수 있다고 보고한 연구들과 유사한 맥락에서 해석할 수 있다[18,37].

또한 세분화한 추정 심폐체력 집단에 근거하여 모든 원인 사망 위험을 산출한 결과, 심폐체력이 높아질수록 사망 위험은 유의하게 낮아지는 것으로 나타났다. 또한 나이, 결혼상태를 보정한 후에도 심폐체력 증가에 따른 사망 위험은 유의하게 낮아지는 것으로 나타났으며, 인지 기능 및 일상생활수행능력 저하를 보정한 뒤에는 유의한 차이가 없는 것으로 나타났다. 이러한 본 연구의 결과는 미국 중·고령자의 체질량지수와 심폐체력 변화 수준에 따른 사망 위험을 11.4년간 추적 조사한 결과, 체질량지수 및 심폐체력 감소는 모든 원인 사망 위험 증가에 대해 유의한 상호작용이 나타났다는 Lee et al. [38]의 연구와 홍콩 노인을 대상으로 체질량지수 및 체력수준에 따른 사망 위험을 7년간 추적 조사한 결과, 저체중 및 하위 체력은 정상 체중 및 상위 체력에 비해 모

든 원인 사망 위험이 3.3배 가량 높은 것으로 나타났다고 보고한 Woo et al. [39]의 연구와 유사한 결과이다. 이에 본 연구의 결과는 규칙적인 신체활동 및 운동을 통한 심폐체력 증진은 저체중 및 허약노인의 사망 위험 감소에 긍정적인 역할을 유도한다고 보고한 연구들과 유사한 맥락에서 해석되며[10], 노년기 인지 및 신체기능 저하는 사망위험에 있어 심폐체력과 함께 고려해야 할 요인임을 시사한다[40].

그러나 본 연구는 다음과 같은 몇 가지 제한점을 가진다. 첫째, 추정 심폐체력을 국외 연구의 추정식에 근거하였기에 추후 국내 성인 및 노인을 대상으로 개발된 추정식을 통해 보다 객관화된 연구가 이루어져야 할 것으로 생각된다. 둘째, 사망의 정의를 모든 원인으로 국한하였기에 추후 보다 대단위 조사의 자료를 통해 모든 원인 및 원인 별 사망 위험에 대한 심폐체력의 역할 검증이 이루어져야 할 것으로 생각된다. 셋째, 사망 위험에 대한 심폐체력의 역할을 단편적으로 검증하였기에 추후 영양상태, 기저질환 및 약물복용 등 저체중 및 조기사망과 밀접한 연관성이 있는 위험인자를 추가적으로 고려하여 보다 세밀한 검증이 이루어져야 할 것으로 생각된다. 마지막으로, 본 연구에서 정의한 저체중은 체질량지수에 근거한 단순 저체중이므로 추후 근감소증 및 근감소성 비만과 관련된 신체조성을 추가적으로 고려한 연구가 진행되어야 할 것으로 생각된다.

결론

본 연구는 노년기 과체중 및 비만에 비해 저체중에 기인한 건강문제가 크다는 점에 근거하여 저체중 노인의 조기사망에 있어 심폐체력의 역할을 검증한 결과, 저체중 노인의 심폐체력은 모든 원인 사망에 대한 주요 독립예측인자인 것으로 나타났다. 따라서 규칙적인 유산소 운동 및 신체활동을 통한 심폐체력의 증진은 노년기 저체중으로 인한 조기사망을 지연시킬 수 있는 효과적인 대안이 될 수 있을 것으로 판단된다.

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, Methodology: I Lee. Project administration: B Kim, Writing - original draft: I Lee, B Kim, Writing - review & editing: I Lee, B Kim.

REFERENCES

1. Statistics Korea. 2019 statistics of elderly. Statistics Korea. 2019; 21-5.
2. Lee SE, Lee E. Effects of nutrition related factors on mortality risk among community-residing older adults in Korea. *Journal of Digital Convergence*. 2018; 16(10): 343-50.
3. WHO. Appropriate body-mass index for Asian populations and its implications for policy and intervention strategies. *Lancet* 2004; 363(9403):157-63.
4. Tanaka S, Kuroda T, Saito M, Shiraki M. Overweight/obesity and underweight are both risk factors for osteoporotic fractures at different sites in Japanese postmenopausal women. *Osteoporos Int* 2013;24(1): 69-76.
5. Kim S, Kim Y, Park SM. Body mass index and decline of cognitive function. *PLoS One*. 2016;11(2):e0148908.
6. Minagawa Y, Saito Y. The role of underweight in active life expectancy among older adults in Japan. *J Gerontol B Psychol Sci Soc Sci*. 2020; pii: gbaa013.
7. Wu CY, Chou YC, Huang N, Chou YJ, Hu HY et al. Association of body mass index with all-cause and cardiovascular disease mortality in the elderly. *PLoS One*. 2014;9(7):e102589.
8. Mamhidir AG, Ljunggren G, Kihlgren M, Kihlgren A, Wimo A. Underweight, weight loss and related risk factors among older adults in sheltered housing-a Swedish follow-up study. *J Nutr Health Aging*. 2006;(4):255-62.
9. Gupta A, Kapil U, Khandelwal R, Khenduja P, Sareen N, et al. Prevalence and risk factors of underweight, overweight and obesity among a geriatric population living in a high-altitude region of rural Uttarakhand, India. *Public Health Nutr*. 2018;21(10):1904-11.
10. Yerrakalva D, Mullis R, Mant J. The associations of "fatness," "fitness," and physical activity with all-cause mortality in older adults: a systematic review. *Obesity (Silver Spring)*. 2015;23(10):1944-56.
11. Woo J, Leung J, Kwok T. BMI, body composition, and physical functioning in older adults. *Obesity (Silver Spring)*. 2007;15(7):1886-94.
12. Blair SN, Kohl HW, Barlow CE, Paffenbarger RS Jr, Gibbons LW et al. Changes in physical fitness and all-cause mortality. a prospective study of healthy and unhealthy men. *JAMA*. 1995;273(14):1093-8.
13. Lee DC, Artero EG, Sui X, Blair SN. Mortality trends in the general population: the importance of cardiorespiratory fitness. *J Psychopharmacol* 2010;24(4):27-35.
14. Lin X, Zhang X, Guo J, Roberts CK, McKenzie S et al. Effects of exercise training on cardiorespiratory fitness and biomarkers of cardio-metabolic health: a systematic review and meta-analysis of randomized controlled trials. *J Am Heart Assoc*. 2015;4(7):e002014.
15. Zeiher J, Manz K, Kuntz B, Perumal N, Keil T, et al. Individual and interpersonal correlates of cardiorespiratory fitness in adults-Findings from the German Health Interview and Examination Survey. *Sci Rep*. 2020;10(1):445.
16. Imboden MT, Harber MP, Whaley MH, Finch WH, Bishop DL, et al. Cardiorespiratory fitness and mortality in healthy men and women. *J Am Coll Cardiol*. 2018;72(19):2283-92.
17. McAuley PA, Kokkinos PF, Oliveira RB, Emerson BT, Myers JN. Obesity paradox and cardiorespiratory fitness in 12,417 male veterans aged 40 to 70 years. *Mayo Clin Proc*. 2010;85(2):115-21.
18. Greening NJ, Evans RA, Williams JE, Green RH, Singh SJ, et al. Does body mass index influence the outcomes of a waking-based pulmonary rehabilitation programme in COPD? *Chron Respir Dis*. 2012; 9(2):99-106.
19. Jensen MT, Holtermann A, Bay H, Gyntelberg F. Cardiorespiratory fitness and death from cancer: a 42-year follow-up from the Copenhagen Male Study. *Br J Sports Med*. 2017;51(18):1364-9.
20. Gupta S, Rohatgi A, Ayers CR, Willis BL, Haskell WL, et al. Cardiorespiratory fitness and classification of risk of cardiovascular disease mortality. *Circulation*. 2011;123(13):1377-83.
21. Nes BM, Janszky I, Vatten LJ, Nilsen TIL, Aspenes ST, et al. Estimating VO₂peak from a non-exercise prediction model; The HUNT Study. *Med Sci Sports Exerc*. 2011;43(11):2024-30.
22. Schembre SM, Riebe DA. Non-exercise estimation of VO₂ max using the international physical activity questionnaire. *Meas Phys Educ Exerc Sci* 2011;15(3):168-81.
23. Martinez-Gomez D, Guallar-Castillón P, Hallal PC, Lopez-Garcia E, Rodríguez-Artalejo F. Nonexercise cardiorespiratory fitness and mortality in older adults. *Med Sci Sports Exerc*. 2015;47(3):568-74.
24. Stamatakis E, Hamer M, O'Donovan G, Batty GD, Kivimaki M. A non-exercise testing method for estimating cardiorespiratory fitness: associations with all-cause and cardiovascular mortality in a pooled analysis of eight population-based cohorts. *Eur Heart J*. 2013;34(10): 750-8.
25. Korean Society for the Study of Obesity. Obesity treatment guidelines 2014. Korean society for the study of obesity. 2014;21-8.
26. Myers J, Kaminsky LA, Lima R, Christle JW, Ashley E, et al. A Reference equation for normal standards for VO₂ max: analysis from the

- Fitness Registry and the Importance of Exercise National Database (FRIEND Registry). *Prog Cardiovasc Dis.* 2017;60(1):21-9.
27. Centers for Disease Control and Prevention (CDC). Cigarette smoking among adults--United States, 1992, and changes in the definition of current cigarette smoking. (MMWR) *Morb Mortal Wkly Rep.* 1994; 43(19):342-6.
 28. Xi B, Veeranki SP, Zhao M, Ma C, Yan Y, et al. Relationship of alcohol consumption to all-cause, cardiovascular, and cancer-related mortality in U.S. adults. *J Am Coll Cardiol.* 2017;70(8):913-22.
 29. Kang YW, Na DL, Hahn SH. A validity study on the Korean minimal state examination (K-MMSE) in dementia patients. *J Korean Neurol Assoc.* 1997;15(2):300-8.
 30. Cho MJ, Kim KH. Diagnostic Validity of the CES-D (Korean Version) in the assessment of DSM-III-R major depression. *J Korean Neuro-psychiatr Assoc.* 1993;32(3):381-99.
 31. 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. *Ann Geriatr Med Res.* 2002; 6(2):107-20.
 32. Boots EA, Schultz SA, Oh JM, Larson J, Edwards D, et al. Cardiorespiratory fitness is associated with brain structure, cognition, and mood in a middle-aged cohort at risk for Alzheimer's disease. *Brain Imaging Behav.* 2015;9(3):639-49.
 33. Zhang Y, Zhang J, Zhou J, Ernstsens L, Lavie CJ, et al. Nonexercise estimated cardiorespiratory fitness and mortality due to all causes and cardiovascular disease: the NHANES III study. *Mayo Clin Proc Innov Qual Outcomes.* 2017;1(1):16-25.
 34. Lee Y, Kim J, Han ES, Ryu M, Cho Y, et al. Frailty and body mass index as predictors of 3-year mortality in older adults living in the community. *Gerontology* 2014;60(6):475-82.
 35. McAuley P, Pittsley J, Myers J, Abella J, Froelicher VF. Fitness and fatness as mortality predictors in healthy older men: the veterans exercise testing study. *J Gerontol A Biol Sci Med Sci.* 2009;64(6):695-9.
 36. Zaccardi F, Davies MJ, Khunti K, Yates T. Comparative relevance of physical fitness and adiposity on life expectancy: a UK biobank observational study. *Mayo Clin Proc.* 2019;94(6):985-94.
 37. Al Snih S, Markides KS, Ray L, Ostir GV, Goodwin JS. Handgrip strength and mortality in older Mexican Americans. *J Am Geriatr Soc.* 2002;50(7):1250-6.
 38. Lee DC, Sui X, Artero EG, Lee IM, Church TS, et al. Long-term effects of changes in cardiorespiratory fitness and body mass index on all-cause and cardiovascular disease mortality in men: the aerobics center longitudinal study. *Circulation.* 2011;124(23):2483-90.
 39. Woo J, Yu R, Yau F. Fitness, fatness and survival in elderly populations. *Age (Dordr).* 2013;35(3):973-84.
 40. Schupf N, Tang MX, Albert SM, Costa R, Andrews H, et al. Decline in cognitive and functional skills increases mortality risk in nondemented elderly. *Neurology.* 2005; 65(8):1218-26.