노인의 추정 심폐체력과 정신건강과의 연관성 분석

송문구, 김정현, 강현식

성균관대학교 스포츠과학과

The Association between Estimated Cardiorespiratory Fitness and Mental Health in Older Adults

Mun-Ku Song, Jeong-Hyun Kim, Hyun-Sik Kang

College of Sport Science, Sungkyunkwan University, Suwon, Korea

OBJECTIVE: This study examined the association between estimated cardiorespiratory fitness (eCRF) and mental health in Korean older adults. The present study was carried out using data from the 2008 Living Profiles of Older People Survey.

METHODS: A total of 13,333 participants aged 60 years and older (57% women) completed the assessments (i.e., socioeconomic status, health behaviors and conditions, and mental health status) and were included for the final analyses. eCRF was assessed with sex-specific algorithms and classified as lower (lowest 25%), middle (middle 50%), and upper (highest 25%) categories. Korean version of Mini-Mental State Examine and short-form Geriatric Depression Scale were used to assess depressive symptoms and impaired cognition, respectively. Logistic regression analyses were conducted to estimate the odds ratio (OR) and 95% confidence interval (CI) for depressive symptoms and impaired cognition according to eCRF categories.

RESULTS: In the total study samples, the risk of having depressive symptoms was 24% lower for the middle eCRF group (OR, 0.76; CI, 0.69-0.84) and 49% lower for the upper eCRF group (OR, 0.51; CI, 0.45-0.59) compared with the lower eCRF group (reference, OR=1) and remained statistically significant even after adjustments for all the covariates included in this study. The risk of having impaired cognition was 18% lower for the middle eCRF group (OR, 0.82; CI, 0.74-0.91) and 26% lower for the upper eCRF group (OR, 0.74; CI, 0.66-0.84) compared with the lower eCRF group (OR=1) and remained statistically even after adjustments for all the covariates.

CONCLUSIONS: The current findings of the study suggest that eCRF may have an independent predictor of both depressive symptoms and impaired cognition in this Korean older adults, underscoring the importance of promoting physical fitness via regular exercise to maintain good mental health later in life.

Key words: Physical fitness, Mental health, Depressive symptoms, Cognitive function

서론

저출산과 함께 베이비부머 세대(baby boomer generation)의 은퇴 그리고 의료기술의 발달 등 여러 가지 원인이 복합적으로 작용하여 우리

나라는 세계에서 가장 빠른 속도로 고령화가 진행되고 있다[1]. 고령화는 생산 가능한 인구의 감소를 의미하고 고령 복지비용을 증가시키며, 인구절벽으로 인한 소비인구의 감소는 경기침체의 원인으로도 작용할 수 있기에 사회적으로 문제가 될 수 있다[2]. 하지만 생물학적 노

Corresponding author: Hyunsik Kang Tel +82-31-299-6911 Fax +82-31-299-6942 E-mail hkang@skku.edu

*이 논문 또는 저서는 2014년 정부(교육부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 연구임(NRF-2014S1A5B8065977).

Keywords 체력, 정신건강, 우울증상, 인지기능

Received 31 Aug 2019 **Revised** 18 Oct 2019 **Accepted** 4 Nov 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.

화를 경험하는 노인이 겪게 되는 가장 큰 문제는 고혈압(hypertension), 당뇨병(diabetes), 관절염(arthritis) 등과 같은 만성질환(chronic disease)으로 인한 건강의 악화라고 할 수 있다. 특히 건강악화와 그로 인한 사회적 격리, 배우자 사별에 따른 상실감, 독거로 인한 외로움, 좋지 않은 생활습관, 빈곤 등은 노인에게서 특징적으로 나타나는 현상으로 우울증(depression)과 치매(dementia)와 같은 정신건강(mental health)과 관련된 문제를 증가시키는 것으로 알려져 있다[3,4].

노년기 우울증은 자살과 밀접한 관련이 있으며[5], 종종 장기간 신체적 질환에 노출되어 이차적으로 발생하여 이를 더욱 악화시키는 결과를 초래함으로써[6] 노인의 조기 사망 위험을 높이는 직간접적인 원인으로도 작용한다. 치매 또한 우울증과 마찬가지로 노인이 임상적으로 겪게 되는 가장 흔한 정신과적 문제로 사망위험을 높이며[7], 다른 질병에 비해 이환 후 사망까지의 기간이 길어 환자뿐 아니라 가족들의 삶까지도 피폐하게 만드는 파괴적인 질병이라고 할 수 있다[8]. 최근 발표된 통계에 따르면, 우리나라 노인의 약 21%가 우울증상(depressive symptoms)을 가지고 있으며[9], 치매 유병률은 약 10% 정도인 것으로 보고되는 등[10] 노인들의 정신건강 상태가 위험한 수준이라는 것을 짐작할 수 있다. 문제는 우리나라의 노인인구가 빠른 속도로 증가하고 있다는 것이며, 특히 75세 이상의 고령자 비율이 높아진다는 것이다. 우울과 치매는 노인 중에서도 나이가 많을수록 발병률이 높아지기 때문에 향후 우울증과 치매로 이환될 노인의 수와 그로 인한 사망률 또한 증가할 것으로 전망된다.

노인의 정신건강 문제가 심각해지고 있는 상황 가운데 많은 종류의 항우울제(antidepressant)와 항치매성(antidementia) 약물이 개발되었지만, 여전히 완치가 어렵고 효용성과 안전성에 대한 논란도 있다[11]. 따라서 노인의 우울증과 치매의 경우 조기 선별검사를 통해 위험군을 사전에 발견하여 치료하거나 이환을 예방하는 것이 효과적이며, 건강한 생활습관을 유지하는 것이 도움이 되는 것으로 알려져 있다[7]. 이에 노인을 대상으로 한 여러 역학조사 및 임상에서 치매 선별용 간이 정신상태 검사와 노인우울척도 등을 이용하여 치매 및 우울증을 조기에 선별하려는 시도가 이루어지고 있으며[12,13], 정신건강에 영향을 미치는 생활습관 위험인자들을 밝히려는 노력이 이루어지고 있다.

특히 생활습관 요인 중 신체활동은 우울과 치매를 예방하고 임상증상을 완화 혹은 치료하는 데 있어 효과적인 역할을 할 뿐만 아니라[14-19] 우울과 치매를 독립적으로 예측하는 것으로도 보고되고 있다[20,21]. 생리학적으로 신체활동은 세로토닌과 도파민의 분비를 자극하고 우울과 연관된 염증성 사이토카인의 분비를 낮추며[22-24], 뉴런의 세포 사멸을 억제하고 기억형성에 도움이 되는 뇌유래신경영양인자(BDNF)의 생성을 유도하는[25,26] 기전 등을 통해 정신건강에 도움이 되는 것으로 알려져 있다.

이러한 맥락 가운데 운동부하검사 중 분당 최대산소섭취량(VO_{2max})

으로 측정되는 심폐체력 또한 신체활동과 더불어 우울과 치매를 포함한 여러 가지 정신건강 상태와 밀접한 관련이 있는 것으로 보고되고 있다. 구체적으로 Sui et al. [27]은 심폐체력 수준이 높을수록 다른 위험 예측인자와 무관하게 우울증상의 위험이 감소한다고 보고하였고, Kurl et al. [28]은 심폐체력 수준이 높은 집단은 낮은 집단에 비해 나이와 추적 기간에 상관없이 치매의 발생위험이 감소하는 것으로 보고하였다. 이러한 사실은 규칙적인 운동을 통해 심폐체력을 높일 수 준으로 유지하는 것은 노인의 정신건강을 유지하고 개선하는 데 있어 효과적인 전략이 될 수 있음을 의미하는 것이다. 하지만 심폐체력과 정신건강과의 연관성을 검증한 대부분의 선행연구에서는 그 대상자가 성인으로 제한되어 있으며, 우울과 치매와 같은 정신건강 문제에 취약한 노인을 대상으로 한 연구는 미흡한 실정이다.

지금까지 노인인구를 대상으로 심폐체력과 정신건강의 연관성을 밝힌 연구가 미흡했던 이유는 심폐체력 측정의 한계 때문일 것으로 생각된다. 즉, 건강이 취약한 노인을 대상으로 운동부하검사를 통해 심폐체력을 측정하는 것은 위험할 수 있으며, 노인인구를 대표하는 대규모 조사에서 운동검사방법으로 심폐체력을 측정하는 것은 시간과 비용적인 측면에서 상당한 어려움이 따를 수 있다[29]. 따라서 국외의 선행연구에서는 이러한 측정의 제한점을 우회하기 위해 운동을 하지 않고도 심폐체력을 추정할 수 있는 다양한 회귀식을 개발하여 사용하고 있으며[30,31], 최근에는 국가차원의 대규모 역학조사 자료를 이용하여 추정 심폐체력과 건강관련 변인과의 연관성에 대한 분석을 시도하고 있다[29,32].

최근 우리나라에서도 국민의 건강상태를 관찰하기 위한 다양한 형태의 역학조사가 진행되고 있다. 특히 '노인실태조사'는 우리나라 노인들의 생활환경과 건강상태 변화 추이를 관찰하기 위한 국가차원의 대규모 역학조사로서, 조사의 표본은 우리나라 노인 전체를 대표하는 특성을 갖고 있다[9]. 이 자료를 이용하여 노인들의 심폐체력을 추정하고 우울증상 및 인지기능저하와의 연관성을 분석한다면 우리나라 노인의 심폐체력 수준과 정신건강과의 전반적인 경향성을 파악할 수 있을 것으로 기대되기에 본 연구의 필요성이 있다.

연구 방법

1. 자료 및 연구 대상

본 연구에서는 보건복지부의 '2008년 노인실태조사' 자료를 활용하였다. 노인실태조사는 우리나라 노인의 생활환경과 건강 및 복지상태의 변화 추이를 관찰하기 위해 3년마다 시행되는 대규모 역학조사이다. 2008년 노인실태조사의 목표 모집단은 전국 16개 시도의 일반주거 시설에 거주하는 만 60세 이상 노인으로, 층화 2단 집락추출법을 통해 표본을 선정하였다. 먼저 7개 특별·광역시와 9개 도지역으로 1차 층화

하고, 9개 도지역에 대해서는 동부와 읍면부로 2차 층화하여 총 25개 층으로 표본수를 배정하였다. 또한, 조사구 내 남녀의 성비, 평균 연령 등을 보조 층화지표로 이용하여 우리나라 노인의 대표성을 갖는 표본을 추출하였다[33].

현장조사는 2008년 8월 11일부터 2009년 1월 10일까지 진행되었으며, 조사방법은 면접원에 의해 방문 면접 형식으로 이루어졌다. 이에 전체 12,257가구에 거주하고 있는 노인 15,146명에 대해 현장조사가 완료되었다. 이후 우울증상(176명)과 인지기능(705명) 자료 누락자를 먼저 제외하였고, 심폐체력 추정에 필요한 자료 누락자(859명)를 추가로 제외하였다. 이에 총 1,740명을 제외한 13,406명을 대상으로 개인 표준가중치를 반영하여 최종적으로 13,333명(남자 5,780명, 여자 7,553명)을 대상으로 분석하였다. 본 연구는 연구윤리심의위원회(Institutional Review Board, IRB)의 승인(IRB File No. SKKU 2018-06-010)을 받은 후 진행하였다.

2. 측정 변인

1) 비운동적 추정 심폐체력(non-exercise estimated cardiorespiratory fitness)

비운동적 추정 심폐체력은 나이(age), 성별(sex), 심박수(heart rate), 체질량지수(body mass index), 신체활동량(physical activity)과 같이 임상에서 비교적 쉽게 구할 수 있는 정보를 이용하여 심폐체력을 추정하는 방법이다[34]. 회귀식을 이용한 추정 심폐체력은 운동부하검사를 통해 측정된 실측값과 비교해 10-20% 정도의 추정오차는 있지만[35], 운동검사가 불가능한 대상 및 대단위 역학 연구에서 질병과 사망을 예측하고 초기 임상적 위험을 선별하는 목적으로 유용하게 사용될 수 있는 것으로 보고되었다[30,31]. 본 연구에서는 연령, 성별, 체질량지수, 신체활동량(physical activity rating, PAR)을 이용하여 최고산소섭취량(VO_{2peak})을 산출하는 Jackson et al. [36]의 회귀식을 사용하였다. 회귀식의 결정계수(R^2)는 .61, 표준오차(standard error)는 5.6 mL/kg/min이었다.

추정 회귀식(남자): $67.350 + 1.921(PAR점수) - 0.381(연령) - 0.754(체질량지수)$

추정 회귀식(여자): $56.363 + 1.921(PAR점수) - 0.381(연령) - 0.754(체질량지수)$

위의 추정 회귀식을 이용하여 심폐체력을 추정한 다음 남녀 각각 심폐체력 수준에 따라 사분위수(quartiles)로 분류하였고, 최종적으로 심폐체력 수준의 양극단 값의 차이를 분명히 하고자 1사분위를 하위 집단(lowest 25%, Lower), 2-3사분위를 중간집단(middle 50%, Middle), 4사분위를 상위집단(highest 25%, Upper)으로 분류하였다.

한편 노인실태조사에서 한국어판 단축형 국제신체활동설문지(IPAQ short form)를 통해 조사된 신체활동량은 대상자가 일주일간 참여하는 신체활동의 종류와 강도, 시간에 따라 0점에서 7점까지 부여되는

PAR 점수로 변환하여 사용하였고, 체질량지수는 조사원에 의해 측정된 신장과 체중을 이용하여 신장의 제곱(m^2)을 체중(kg)으로 나누어 산출하였다.

2) 정신건강(mental health)

본 연구에서는 노인이 임상적으로 흔히 겪게 되는 정신과적 문제인 우울과 치매를 정신건강 변인으로 국한하였으며, 우울증상과 인지기능저하를 측정 변인으로 하였다.

(1) 우울증상(depressive symptoms)

대상자의 우울증상을 평가하기 위해 한국어판 단축형 노인우울척도(Short-form Geriatric Depression Scale, S-GDS)가 사용되었다. S-GDS는 총 15문항으로 구성되며 점수가 높을수록 우울증상도 높은 것을 의미한다. 총 15점 중 8점 이상에 해당할 경우 우울증상이 있는 것으로 정의하였다[13].

(2) 인지기능저하(impaired cognition)

대상자의 인지기능저하를 평가하기 위해서 한국어판 간이정신상태검사(Mini Mental State Examination in the Korea version of CERAD assessment packet, MMSE-KC)가 사용되었다. MMSE-KC는 시간지남력, 장소지남력, 기억등록, 주의집중력, 언어능력, 시공간구성력, 판단 및 추상적 사고력 등의 내용을 평가하며, 총 30문항으로 구성되어 있다. 점수가 높을수록 인지기능이 높은 것을 의미하며, 인지기능 기준에 따라 정상과 인지기능저하로 분류하였다[12].

3. 자료처리방법

본 연구에서 사용된 '2008년 노인실태조사'의 표본은 우리나라 전체 노인을 대표하는 표본으로, 분석에 앞서 개인 표준가중치를 반영하였다. 모든 연속형 자료는 평균과 표준편차($M \pm SD$)로 표기하였고 범주형 자료에 대해서는 집단별 비율(%)로 표기하였다. 남녀 각각 추정 심폐체력 수준에 따른 모든 종속변인의 비교는 일원변량분석(one-way ANOVA)의 대비다항식(contrasts polynomial) 및 카이제곱 검정의 선형 대 결합(linear by linear)을 이용하여 분석하였다. 추정 심폐체력 수준에 따라 우울증상 및 인지기능저하에 노출될 수 있는 상대적 위험도(odds ratio, OR)와 95% 신뢰구간(confidence interval, CI)을 산출하기 위해 이분형 로지스틱 회귀분석(logistic regression)을 사용하였고, 추가적으로 사회경제적 요인(교육수준, 가구 월 소득, 독거 유무), 건강행태 요인(영양관리위험, 흡연, 알코올 섭취), 건강상태 요인(고혈압, 당뇨, 관상동맥질환, 뇌졸중의 의사진단 유무 및 일상생활수행능력 저하)을 공변량(covariates)으로 하는 다변량(multivariate) 분석을 실시하였다. 한편, 연령과 체질량지수는 심폐체력 추정식에 포함되어 있으며

로 중복하여 보정하지 않았다. 모든 통계처리는 SPSS-PC (version 23.0)를 사용하였고, 통계적 유의수준은 $\alpha=.05$ 로 설정하였다.

연구 결과

1. 남성 노인의 추정 심폐체력 수준에 따른 종속 변인 비교

Table 1은 남성 노인의 추정 심폐체력 수준에 따른 측정 변인을 비교한 결과이다. 노인실태조사에 참여한 남성 노인의 추정 심폐체력은 평균값이 27.9 ± 5.3 mL/min/kg 수준이고, 집단별로 세분화한 결과 하위집단 21.9 ± 2.3 mL/min/kg, 중간집단 27.3 ± 1.8 mL/min/kg, 상위집단 35.2 ± 3.0 mL/min/kg 수준인 것으로 나타났다. 심폐체력 수준별 종속 변인을 비교한 결과, 평균 연령($p<.001$)과 체질량지수($p<.001$)는 심폐체력 수준이 증가할수록 유의하게 감소하는 선 경향이 있는 것으로 확인되었다. 교육수준($p<.001$)과 가구 월 소득($p<.001$), 흡연($p<.001$)과 음주($p<.001$) 비율은 심폐체력 수준이 증가할수록 유의하게 증가하는 선 경향이 있고, 반면 독거($p<.001$), 영양관리위험($p<.001$), 일상생활수행능력 저하($p<.001$), 고혈압($p<.001$), 당뇨($p<.001$), 관상동맥질환($p=.001$), 뇌졸중($p<.001$)의 비율은 심폐체력 수준이 증가할수록 유의하게 감소하는 선 경향이 나타났다. 우울증상($p<.001$)과 인지기능저하($p<.001$)를 포함한 정신건강 지표는 심폐체력 수준이 증가할수록 유의하게 감소하는 선 경향이 있는 것으로 나타났다.

2. 여성 노인의 추정 심폐체력 수준에 따른 종속 변인 비교

Table 2는 여성 노인의 추정 심폐체력 수준에 따른 측정 변인을 비교한 결과이다. 노인실태조사에 참여한 여성 노인의 추정 심폐체력은 평균값이 14.3 ± 4.8 mL/min/kg 수준이고, 집단별로 세분화한 결과 하위집단 8.5 ± 2.1 mL/min/kg, 중간집단 14.1 ± 1.6 mL/min/kg, 상위집단 20.5 ± 3.2 mL/min/kg 수준인 것으로 나타났다. 심폐체력 수준에 따라 종속 변인을 비교한 결과 평균 연령($p<.001$)과 체질량지수($p<.001$)는 심폐체력 수준이 증가할수록 유의하게 감소하는 선 경향이 있는 것으로 확인되었다. 교육수준($p<.001$)과 가구 월 소득($p<.001$)은 심폐체력 수준이 증가할수록 유의하게 증가하는 선 경향이 있고, 반면 흡연율($p<.001$), 독거($p<.001$), 영양관리위험($p<.001$), 일상생활수행능력 저하($p<.001$), 고혈압($p<.001$), 당뇨($p<.001$), 관상동맥질환($p<.001$), 뇌졸중($p=0.019$)의 비율은 심폐체력 수준이 증가할수록 유의하게 감소하는 선 경향이 나타났다. 우울증상($p<.001$)과 인지기능저하($p=.041$)를 포함한 정신건강 지표는 심폐체력 수준이 증가할수록 유의하게 감소하는 선 경향이 있는 것으로 나타났다. 한편, 음주율과 심폐체력 수준과는 유의한 상관관계가 없는 것으로 나타났다($p=.351$).

3. 추정 심폐체력 수준과 우울증상

Table 3은 노인의 추정 심폐체력 수준에 따라 우울증상에 노출될 상대적 위험도를 산출한 결과이다. 전체 노인에서 추정 심폐체력 수준 하위집단을 기준(reference, OR=1)으로 했을 때, 중간집단(OR=0.530,

Table 1. Descriptive statistics of study participants according to eCRF categories in men

	Total (N=5,780)	eCRF categories			p for linear trends
		Low (n=1,430)	Middle (n=2,899)	Upper (n=1,451)	
Age (yr)	68.6 $\pm$ 6.5	74.8 $\pm$ 6.8	67.0 $\pm$ 5.0	65.4 $\pm$ 4.5	<.001
BMI (kg/m ²)	23.3 $\pm$ 2.9	24.8 $\pm$ 3.1	23.0 $\pm$ 2.6	22.7 $\pm$ 2.9	<.001
PAR (score)	2.23 $\pm$ 2.09	0.88 $\pm$ 0.54	1.47 $\pm$ 1.01	5.09 $\pm$ 1.98	<.001
EstimatedVO ₂ (mL/min/kg)	27.9 $\pm$ 5.3	21.9 $\pm$ 2.3	27.3 $\pm$ 1.8	35.2 $\pm$ 3.0	<.001
Socioeconomic status					
Education (yr)	8.7 $\pm$ 4.6	7.6 $\pm$ 5.0	8.8 $\pm$ 4.4	9.5 $\pm$ 4.3	<.001
Income (1,000 won)	1,833.0 $\pm$ 2,119.9	1,541.7 $\pm$ 2,337.6	1,813.2 $\pm$ 1,791.8	2,163.4 $\pm$ 2,521.6	<.001
Solitary (%)	330 (5.7)	123 (8.5)	146 (5.1)	61 (4.2)	<.001
Health behaviors					
Nutritional risk (%)	2,255 (39.0)	726 (50.2)	1,103 (38.2)	426 (29.5)	<.001
Smoking (%)	4,184 (72.4)	970 (67.1)	2,155 (74.6)	1,059 (73.2)	<.001
Alcohol intake (%)	1,947 (33.7)	388 (26.9)	1,027 (35.5)	532 (36.8)	<.001
Health conditions					
Impaired ADL (%)	339 (5.9)	171 (11.8)	135 (4.7)	33 (2.3)	<.001
Hypertension (%)	2,260 (39.1)	728 (50.4)	1,068 (37.0)	464 (32.1)	<.001
Diabetes (%)	817 (14.1)	247 (17.1)	429 (14.8)	141 (9.8)	<.001
CAD (%)	403 (7.0)	127 (8.8)	194 (6.7)	82 (5.7)	.001
Stroke (%)	358 (6.2)	155 (10.7)	170 (5.9)	33 (2.3)	<.001
Mental health					
Depressive symptoms (%)	1,127 (19.5)	440 (30.4)	552 (19.1)	135 (9.3)	<.001
Impaired cognition (%)	1,452 (25.1)	476 (32.9)	692 (24.0)	284 (19.6)	<.001

eCRF, estimated cardiorespiratory fitness; PAR, physical activity rating; ADL, activities of daily living; CAD, coronary artery disease.

Table 2. Descriptive statistics of study participants according to eCRF categories in women

	Total (N = 7,553)	eCRF categories			<i>p</i> for linear trends
		Lower (n = 1,890)	Middle (n = 3,763)	Upper (n = 1,900)	
Age (yr)	70.1 ± 7.4	77.2 ± 7.1	69.3 ± 5.9	64.9 ± 4.4	< .001
BMI (kg/m ²)	24.1 ± 3.4	26.2 ± 3.7	24.0 ± 2.9	22.3 ± 2.9	< .001
PAR (score)	1.47 ± 1.45	0.69 ± 0.51	1.11 ± 0.72	2.97 ± 2.00	< .001
EstimatedVO ₂ (mL/min/kg)	14.3 ± 4.8	8.5 ± 2.1	14.1 ± 1.6	20.5 ± 3.2	< .001
Socioeconomic status					
Education (yr)	4.8 ± 4.4	2.9 ± 3.8	4.8 ± 4.3	6.6 ± 4.6	< .001
Income (1,000won)	1,433.4 ± 1729.5	1,316.0 ± 2144.2	1,390.8 ± 1511.6	1,635.8 ± 1656.1	< .001
Solitary (%)	1,871 (24.8)	674 (35.7)	913 (24.2)	284 (15.0)	< .001
Health behaviors					
Nutritional risk (%)	3,689 (48.8)	1,156 (61.2)	1,794 (47.5)	739 (39.1)	< .001
Smoking (%)	495 (6.6)	190 (10.1)	215 (5.7)	90 (4.8)	< .001
Alcohol intake (%)	347 (4.6)	87 (4.6)	161 (4.3)	99 (5.2)	.351
Health conditions					
Impaired ADL (%)	602 (8.0)	271 (14.3)	276 (7.3)	55 (2.9)	< .001
Hypertension (%)	3,631 (48.1)	1,171 (62.0)	1,734 (45.9)	726 (38.4)	< .001
Diabetes (%)	1,194 (15.8)	362 (19.2)	596 (15.8)	236 (12.5)	< .001
CAD (%)	601 (8.0)	208 (11.0)	272 (7.2)	121 (6.4)	< .001
Stroke (%)	342 (4.5)	102 (5.4)	168 (4.4)	72 (3.8)	.019
Mental Health					
Depressive symptoms (%)	2,178 (28.8)	800 (42.4)	1,039 (27.5)	339 (17.9)	< .001
Impaired cognition (%)	1,501 (19.9)	405 (21.4)	741 (19.6)	355 (18.8)	.041

eCRF, estimated cardiorespiratory fitness; PAR, physical activity rating; ADL, activities of daily living; CAD, coronary artery disease.

Table 3. Odds ratios of depressive symptoms according to eCRF categories

Group	Model 1 OR (95% CI)	<i>p</i>	Model 2 OR (95% CI)	<i>p</i>
Total				
eCRF categories				
Lower	1 (reference)		1 (reference)	
Middle	0.530 (0.484-0.580)	< .001	0.758 (0.685-0.839)	< .001
Upper	0.280 (0.248-0.316)	< .001	0.513 (0.449-0.586)	< .001
Men				
eCRF categories				
Lower	1 (reference)		1 (reference)	
Middle	0.540 (0.467-0.625)	< .001	0.791 (0.670-0.934)	.006
Upper	0.236 (0.191-0.291)	< .001	0.427 (0.339-0.539)	< .001
Women				
eCRF categories				
Lower	1 (reference)		1 (reference)	
Middle	0.517 (0.460-0.581)	< .001	0.717 (0.629-0.816)	< .001
Upper	0.298 (0.257-0.346)	< .001	0.524 (0.442-0.621)	< .001

eCRF, estimated cardiorespiratory fitness.

Model 1: Unadjusted; Model 2: Adjusted for socioeconomic status (i.e., education, income, and solitary), health behaviors (i.e., nutritional risk, smoking, and alcohol consumption) and conditions (i.e., impaired cognition, impaired ADL, hypertension, diabetes, CAD, and stroke).

95% CI = 0.484-0.580, $p < .001$)과 상위집단(OR = 0.280, 95% CI = 0.248-0.316, $p < .001$)의 승산비는 통계적으로 유의하게 낮은 것으로 나타났다. 중간집단과 상위집단의 승산비는 교육수준, 소득, 독거, 영양 흡연, 음주, 만성질환 등과 같은 공변량을 통계적으로 보정하고도 통계적 유

의도가 유지되었다. 남성 노인에서 하위집단을 기준(OR = 1)으로 했을 때, 중간집단(OR = 0.540, 95% CI = 0.467-0.625, $p < .001$)과 상위집단(OR = 0.236, 95% CI = 0.191-0.291, $p < .001$)의 승산비는 통계적으로 유의하게 낮은 것으로 나타났다. 중간집단과 상위집단의 승산비는 교육수

Table 4. Odds ratios of impaired cognition according to eCRF categories

Group	Model 1 OR (95% CI)	<i>p</i>	Model 2 OR (95% CI)	<i>p</i>
Total				
eCRF categories				
Lower	1 (reference)		1 (reference)	
Middle	0.763 (0.692-0.840)	<.001	0.816 (0.736-0.905)	<.001
Upper	0.660 (0.588-0.741)	<.001	0.744 (0.656-0.844)	<.001
Men				
eCRF categories				
Lower	1 (reference)		1 (reference)	
Middle	0.641 (0.558-0.737)	<.001	0.774 (0.667-0.899)	<.001
Upper	0.498 (0.420-0.590)	<.001	0.701 (0.583-0.843)	<.001
Women				
eCRF categories				
Lower	1 (reference)		1 (reference)	
Middle	0.895 (0.781-1.025)	.109	0.872 (0.753-1.009)	.066
Upper	0.849 (0.723-0.995)	.043	0.788 (0.660-0.942)	.009

eCRF, estimated cardiorespiratory fitness.

Model 1: Unadjusted; Model 2: Adjusted for socioeconomic status (i.e., education, income, and solitary), health behaviors (i.e., nutritional risk, smoking, and alcohol consumption) and conditions (i.e., depressive symptoms, impaired ADL, hypertension, diabetes, CAD, and stroke).

준, 소득, 독거, 영양, 흡연, 음주, 만성질환 등과 같은 공변량을 통계적으로 보정하고도 통계적 유의도가 유지되었다. 여성 노인에서 하위집단을 기준(OR=1)으로 했을 때, 중간집단(OR=0.517, 95% CI=0.460-0.581, $p<.001$)과 상위집단(OR=0.298, 95% CI=0.257-0.346, $p<.001$)의 승산비는 통계적으로 유의하게 낮은 것으로 나타났다. 중간집단과 상위집단의 승산비는 교육수준, 소득, 독거, 영양, 흡연, 음주, 만성질환 등과 같은 공변량을 통계적으로 보정하고도 통계적 유의도가 유지되었다.

4. 추정 심폐체력 수준과 인지기능저하

Table 4는 노인의 추정 심폐체력 수준에 따라 인지기능저하에 노출될 상대적 위험도를 산출한 결과이다. 전체 노인에서 추정 심폐체력 수준 하위집단을 기준(reference, OR=1)으로 했을 때, 중간집단(OR=0.763, 95% CI=0.692-0.840, $p<.001$)과 상위집단(OR=0.660, 95% CI=0.588-0.741, $p<.001$)의 승산비는 통계적으로 유의하게 낮은 것으로 나타났다. 중간집단과 상위집단의 승산비는 교육수준, 소득, 독거, 영양, 흡연, 음주, 만성질환 등과 같은 공변량을 통계적으로 보정하고도 통계적 유의도가 유지되었다. 남성 노인에서 하위집단을 기준(OR=1)으로 했을 때, 중간집단(OR=0.641, 95% CI=0.558-0.737, $p<.001$)과 상위집단(OR=0.498, 95% CI=0.420-0.590, $p<.001$)의 승산비는 통계적으로 유의하게 낮은 것으로 나타났다. 중간집단과 상위집단의 승산비는 교육수준, 소득, 독거, 영양, 흡연, 음주, 만성질환 등과 같은 공변량을 통계적으로 보정하고도 통계적 유의도가 유지되었다. 여성 노인에서 하위집단을 기준(OR=1)으로 했을 때, 상위집단(OR=0.849, 95% CI=0.723-0.995, $p=.043$)의 승산비는 통계적으로 유의하게 낮은 것으로 나타났다.

으며, 이러한 통계적 유의성은 교육수준, 소득, 독거, 영양, 흡연, 음주, 만성질환 등과 같은 공변량을 통계적으로 보정하고도 유지되었지만, 중간집단의 통계적 유의성은 유지되지 않았다.

논 의

본 연구에서는 2008년 노인실태조사를 이용하여 우리나라 노인의 심폐체력 수준과 정신건강과의 연관성을 분석하고자 하였다. 이를 검증하기 위해 개인 표준가중치가 반영된 노인 13,333명(남자 5,780명, 여자 7,553명)을 대상으로 비운동적 회귀식을 사용하여 심폐체력을 추정한 다음, 추정 심폐체력 수준과 우울증상 및 인지기능저하의 연관성에 대해 분석하였다. 그 결과, 남녀 노인 모두 심폐체력 수준이 낮은 집단을 기준으로 했을 때 중간집단과 상위집단은 잘 알려진 위험요인(교육수준, 가구 월 소득, 독거, 영양관리상태, 흡연, 알코올 섭취, 일상생활수행능력 저하, 당뇨, 고혈압, 관상동맥질환, 뇌졸중)에 상관없이 우울증상과 인지기능저하에 노출될 위험이 유의하게 낮은 것으로 나타났다. 이러한 연구 결과는 빅데이터를 활용하여 심폐체력과 우울 및 치매와 같은 정신건강과의 연관성을 분석한 여러 선행연구와 일치하는 결과이다.

구체적인 예로, 미국 ACLS의 자료를 이용하여 20-81세의 성인 14,343명(여자 3,085명)을 대상으로 평균 12년간 추적한 Sui et al. [27]에 따르면, 다른 위험요인(연령, 흡연, 알코올 섭취, 체질량지수, 고혈압, 당뇨 등)과 무관하게 심폐체력 수준이 낮은 남성 집단(OR, 1)에 비해 중간집단은 44% (OR, 0.56; 95% CI, 0.40-0.80), 상위집단은 54% (OR, 0.46; 95%

CI, 0.32-0.65) 정도 우울증상을 보고할 확률이 감소하는 것으로 나타났다. 이에 상응하는 여성 집단의 경우 각각 40%, 49% 정도 우울증상을 보고할 확률이 감소하는 것으로 나타났다. Shigdel et al. [32]은 노르웨이의 대규모 건강조사인 HUNT Study 자료들(HUNT 2, 1995-1997; HUNT 3, 2006-2008)을 활용하여 성인을 대상으로 추정 심폐체력과 우울증상과의 연관성에 대해 횡단적 및 종단적인 방법으로 분석한 결과, 나이, 성별, 결혼상태, 흡연, 음주, 교육수준, 당뇨, 고혈압, 불안 등을 모두 통제하고도 추정 심폐체력 수준이 낮은 집단에 비해 중간 집단은 21% (OR, 0.79; 95% CI, 0.71-0.89), 상위집단은 26% (OR, 0.74; 95% CI, 0.66-0.83) 정도 우울증상이 낮은 것으로 보고되었다. 또한, HUNT 2와 HUNT 3에 모두 참여한 14,020명(평균 연령 52.2세)을 대상으로 한 종단적 연구에서도 모든 공변량을 보정하고도 추정 심폐체력 수준이 낮은 집단에 비해 중간집단과 상위집단은 우울증상을 보고할 확률이 각각, 22% (OR, 0.78; 95% CI, 0.64-0.96), 19% (OR, 0.81; 95% CI, 0.66-0.99) 정도 낮은 것으로 보고되었다.

한국의 노인실태조사를 활용하여 60세 이상 노인을 대상으로 심폐체력과 우울증상과의 연관성에 대해 분석한 본 연구에서도, 측정된 모든 공변량을 보정한 후에도 추정 심폐체력 수준이 낮은 전체 노인 집단에 비해 중간집단과 상위집단은 우울증상에 노출될 위험이 각각 24%, 49% 정도 낮은 것으로 나타났으며, 이러한 결과는 성별에 상관없이 동일한 것으로 나타나 성인을 대상으로 한 일부 선행연구들과 일치하는 결과를 보였다. 하지만 아직까지 국외 선행연구에서도 노인을 대상으로 하여 심폐체력과 우울증상과의 연관성을 분석한 연구는 전무한 실정기에 향후 이와 관련된 연구가 충분히 진행된 상태에서 추가적인 논의가 필요할 것으로 판단된다. 다만 노인을 대상으로 한 연구에서 신체활동 수준이 우울증상을 독립적으로 예측하는 것으로 보고되고[20] 있다는 사실에 근거해 볼 때, 심폐체력 수준 또한 노인의 우울증상에 대한 주요 예측 변인으로 작용할 것으로 판단된다.

인지기능과 관련하여 Farrell et al. [37]은 2008년부터 2017년까지 미국 Cooper Center Longitudinal Study에 참여한 노인 4,931명(평균 연령 61.0세, 남성 3,557명)을 대상으로 Montreal Cognitive Assessment Score를 이용하여 인지기능을 측정하고 심폐체력과의 연관성을 분석하였다. 그 결과, 성별, 연령, 교육기간, 흡연, 알코올 섭취, 체질량지수, 공복혈당, 콜레스테롤, 수축기 혈압을 통계적으로 보정하고도 심폐체력 수준이 1-MET 증가할 때마다 인지기능저하에 노출될 수 있는 위험은 7% (OR, 0.93; 95% CI, 0.88-0.97) 정도 감소하는 것으로 보고하였고, 심폐체력 수준에 따라 5분위로 분류했을 때 최상위 집단은 최하위 집단에 비해 인지기능저하에 노출될 위험이 40% 정도 감소하는 것으로 보고하였다.

또한, Kurl et al. [28]은 1989년부터 1989년까지 핀란드의 Kuopio Ischaemic Heart Disease Risk Factor Study에 참여한 42-61세의 남성 2,031

명을 대상으로 심폐체력과 치매 발생위험에 대해 분석한 결과, 심폐체력 수준이 가장 높은 5분위수 그룹에 비해 가장 낮은 그룹은 치매 발생위험이 2배(OR, 1.95; 95% CI, 1.24-3.05) 정도 증가하는 것으로 보고하였다. 이 밖에도 1999-2002년 미국의 국민건강영양조사 자료를 이용하여 2,451명의 노인(평균 연령 69.8세)의 심폐체력을 추정하여 인지기능과의 연관성을 분석한 결과, 좌식행동을 줄이고 높은 수준의 심폐체력을 유지하는 것이 인지기능을 높게 유지하는 것과 관련이 있는 것으로 보고되었다[38]. 본 연구에서도 측정된 모든 공변량을 보정한 후에도 추정 심폐체력 수준이 낮은 전체 노인 집단에 비해 중간집단과 상위집단은 인지기능저하에 노출될 위험이 각각 18%, 26% 정도 낮은 것으로 나타났으며, 이러한 결과는 성별에 상관없이 비슷한 경향을 보여 빅데이터를 분석한 최근의 연구들을 지지하였다.

선행연구와 본 연구의 결과를 종합해 볼 때, 심폐체력은 노인에게서도 우울증상과 인지기능저하와 같은 정신건강 상태를 독립적으로 예측하는 것으로 판단된다. 이러한 사실은 심폐체력이 노인의 정신건강과 관련된 임상적 문제를 예측할 수 있는 중요한 변수라는 것을 의미하며, 중년에서 노년 시기에 심폐체력을 높은 수준으로 유지하는 것은 정신건강을 위한 중재 전략이 될 수 있음을 의미한다. 한편, 유산소성 능력을 나타내는 지표인 심폐체력이 우울증상과 인지기능저하를 예측할 수 있는 이유에 대해서는 신체활동이 인체에 미치는 생리학적 기전을 통해 설명될 수 있다. 즉, 신체활동은 뇌에서 기분을 좋게 만드는 신경전달물질인 세로토닌과 도파민의 분비를 자극하고[22,23] 우울과 연관된 인터류킨-6, TNF- α 등과 같은 염증성 사이토카인의 분비를 낮추며[24], 뉴런의 세포 사멸을 억제하고 기억형성에 도움이 되는 뇌유래신경영양인자(BDNF)의 생성을 유도하는[25,26] 메커니즘 등을 통해 정신건강에 도움이 되는 것으로 알려져 있다.

본 연구는 다음과 같은 제한점을 갖는다. 첫째, 2008년 노인실태조사에서 수집된 자료만으로는 연령과 체질량지수 외에 심박수, 허리둘레, 흡연 등을 포함하는 최신의 신뢰도 높은 추정식을 이용할 수가 없었다. 둘째, 본 연구에서 사용된 추정식은 사회경제적으로 중상위 계층에 있는 미국 성인들로부터 추정된 회귀식으로 우리나라 노인을 대상으로 적용했을 때 연령과 체질량지수 등의 차이로 인한 오차가 크게 발생했을 가능성이 있다. 특히 본 연구에서 추정된 여성노인의 추정 심폐체력 값이 과소평가된 것으로 보았을 때, 이러한 오차는 연령이 많은 여성노인일수록 높았을 것으로 생각된다. 셋째, 횡단적 연구로 심폐체력 수준과 우울 및 인지기능저하와의 인과관계를 설명할 수가 없었다. 즉, 대상자가 겪고 있는 우울증상과 인지기능저하로 인해 심폐체력 수준이 낮았을 가능성도 배제할 수 없기 때문에 추후에는 인과관계를 보다 명확하게 밝힐 수 있는 종단적 연구가 진행될 필요가 있다.

이러한 제한점에도 불구하고 본 연구는 우리나라 노인인구를 대표하는 표본조사인 노인실태조사를 활용하여 비운동적인 방법으로 심

폐체력을 추정하고, 추정 심폐체력과 정신건강과의 연관성을 분석한 최초의 연구로서 의미가 있다. 우울증상과 인지기능저하에 대한 추정 심폐체력의 진단적 가치를 고려해 볼 때, 먼저 우리나라 노인을 대상으로 하는 심폐체력 추정식을 개발할 필요가 있다고 판단된다. 끝으로 국민건강과 관련된 국가 차원의 대규모 역학조사에서 운동검사 방법으로 심폐체력을 측정할 수 없다면 적어도 추정에 필요한 변인에 대한 조사는 반드시 포함시킬 것을 제안하는 바이다.

결론

본 연구에서는 우리나라 노인 전체를 대표하는 표본을 이용하여 우리나라 노인의 추정 심폐체력 수준과 우울증상 및 인지기능저하를 포함하는 정신건강과의 연관성에 대해 분석하였다. 그 결과, 국외 선행연구와 마찬가지로 우리나라 노인에게서도 성별과 다른 위험요인에 상관없이 추정 심폐체력 수준이 높을수록 우울증상과 인지기능저하에 노출될 수 있는 위험이 낮아지는 것으로 확인되었다. 이러한 결과는 심폐체력이 노인의 정신건강과 관련된 임상적 문제를 예측할 수 있는 중요한 변수라는 것을 의미하며, 신체활동과 운동을 통해 심폐체력을 높은 수준으로 유지하는 것이 노인의 정신과적 문제를 예방하기 위한 효과적인 중재 전략이 될 수 있음을 시사한다.

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. National Statistical Office. 2017 senior citizen total rate. Seoul: National Statistical Office 2017.
2. Park MH. Comparative study on ageing society: Korea and EU. Asia Pacific Journal of EU Studies. 2011;16(1):99-126.
3. Shin HH, Han MA, Park J, Ryu SY, Choi SW, et al. The associations between social relations, activities of daily living, cognitive functions and depressive symptoms among the Korean elderly: 2014 Korean National Survey on Older Adults. Journal of Korean Geriatric Psychiatry. 2017; 21(2):47-54.
4. Chung HJ, Yun JY, Lee HS, Lee SH, Shim GW, et al. Factors associated with depression in the Korean elderly. Korean Journal of Clinical Geriatrics. 2001;2(2):81-95.
5. Kim DH. Geriatric depression. Journal of Korean Geriatric Psychiatry. 2004;8(2):90-5.
6. Read JR, Sharpe L, Modini M, Dear BF. Multimorbidity and depression: A systematic review and meta-analysis. J Affect Disord. 2017; 221(1):36-46.
7. Chen JH, Lin KP, Chen YC. Risk factors for dementia. J Formos Med Assoc. 2009;108(10):754-64.
8. Cho MJ. The Prevalence and risk factors of dementia in the Korean elderly. Health and Welfare Policy Forum 2009;156:43-8.
9. Ministry of Health Welfare. Report on the Korean national older adults life survey 2017. Sejong: Ministry of Health Welfare 2019.
10. Ministry of Health Welfare. The 2016 nationwide survey on dementia epidemiology of Korea. Sejong: Ministry of Health Welfare 2018.
11. Lee KK. Adverse effects and pharmacological management of newer antidepressants. The Korean Journal of Psychopharmacology. 2014; 25(1):11-20.
12. Lee DY, Lee KU, Lee JH, Kim KW, Jhoo JH, et al. A normative study of the mini-mental state examination in the Korean elderly. Journal of Korean Geriatric Psychiatry. 2002;41(3):508-25.
13. Cho MJ, Bae JN, Suh GH, Hahm BJ, Kim JK, et al. Validation of geriatric depression scale, Korean version(GDS) in the assessment of DSM-III-R major depression. J Korean Neuropsychiatr Assoc. 1999;38(1):48-63.
14. Schuch FB, Vancampfort D, Firth J, Rosenbaum S, Ward PB, et al. Physical activity and incident depression: A meta-analysis of prospective cohort studies. Am J Psychiatry. 2018;175(7):631-48.
15. Liu Y, Mitsuhashi T, Yamakawa M, Sasai M, Tsuda T, et al. Physical activity and incident dementia in older Japanese adults: The Okayama study. Int J Geriatr Psychiatry 2019;doi:10.1002/gps.5135. [Epub ahead of print].
16. Bae JJ, Park HC. The effect of exercise on senior's depression in local area. The Journal of Physical Education. 2014;53(3):549-67.
17. Pfaff JJ, Alfonso H, Newton RU, Sim M, Flicker L, et al. ACTIVEDEP: a randomised, controlled trial of a home-based exercise intervention to alleviate depression in middle-aged and older adults. Br J Sports Med. 2014;48(3):226-32.
18. Abd El-Kader SM, Al-Jiffri OH. Aerobic exercise improves quality of life, psychological well-being and systemic inflammation in subjects with Alzheimer's disease. Afr Health Sci. 2016;16(4):1045-55.
19. Karssemeijer EGA, Aaronson JA, Bossers WJ, Smits T, Olde Rikkert MGM, et al. Positive effects of combined cognitive and physical exer-

- cise training on cognitive function in older adults with mild cognitive impairment or dementia: A meta-analysis. *Ageing Res Rev.* 2017;40(1): 75-83.
20. Yasunaga A, Shibata A, Ishii K, Koohsari MJ, Oka K. Cross-sectional associations of sedentary behavior and physical activity on depression in Japanese older adults: an isotemporal substitution approach. *BMJ Open.* 2018;8(9):e022282.
 21. Buchman AS, Boyle PA, Yu L, Shah RC, Wilson RS, et al. Total daily physical activity and the risk of AD and cognitive decline in older adults. *Neurology.* 2012;78(17):1323-9.
 22. He SB, Tang WG, Tang WJ, Kao XL, Zhang CG, et al. Exercise intervention may prevent depression. *Int J Sports Med.* 2012; 33(7):525-30.
 23. Melancon MO, Lorrain D, Dionne IJ. Changes in markers of brain serotonin activity in response to chronic exercise in senior men. *Appl Physiol Nutr Metab.* 2014;39(11):1250-6.
 24. Amadio EM, Serra AJ, Guaraldo SA, Silva JA Jr, Antonio EL, et al. The action of pre-exercise low-level laser therapy (LLLT) on the expression of IL-6 and TNF- α proteins and on the functional fitness of elderly rats subjected to aerobic training. *Lasers Med Sci.* 2015;30(3):1127-34.
 25. Wu C, Yang L, Tucker D, Dong Y, Zhu L, et al. Beneficial effects of exercise pretreatment in a Sporadic Alzheimer's rat model. *Med Sci Sports Exerc.* 2018; 50(5):945-56.
 26. Li X, Inoue T, Hayashi M, Maejima H. Exercise enhances the expression of brain-derived neurotrophic factor in the hippocampus accompanied by epigenetic alterations in senescence-accelerated mice prone 8. *Neurosci Lett.* 2019;706:176-81.
 27. Sui X, Laditka JN, Church TS, Hardin JW, Chase N, et al. Prospective study of cardiorespiratory fitness and depressive symptoms in women and men. *J Psychiatr Res.* 2009;43(5):546-52.
 28. Kurl S, Laukkanen JA, Lonnroos E, Remes AM, Soininen H. Cardiorespiratory fitness and risk of dementia: a prospective population-based cohort study. *Age Ageing.* 2018;doi:10.1093/ageing/afy060.
 29. Wang Y, Chen S, Zhang J, Zhang Y, Ernsten L, et al. Nonexercise estimated cardiorespiratory fitness and all-cancer mortality: the NHANES III Study. *Mayo Clin Proc.* 2018;doi:10.1016/j.mayocp.2018.01.004.
 30. 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.
 31. McAuley E, Szabo AN, Mailey EL, Erickson K, Voss M, et al. Non-exercise estimated cardiorespiratory fitness: Associations with brain structure, cognition, and memory complaints in older adults. *Ment Health Phys Act.* 2011;4(1):5-11.
 32. Shigdel R, Stubbs B, Sui X, Ernsten L. Cross-sectional and longitudinal association of non-exercise estimated cardiorespiratory fitness with depression and anxiety in the general population: The HUNT study. *J Affect Disord.* 2019;252(1):122-9.
 33. Ministry of Health Welfare, Keimyung University Industry-Academic Cooperation Foundation. Report on the Korean National Older Adults life Survey 2008. Seoul: Ministry of Health Welfare 2009.
 34. Nes BM, Janszky I, Vatten LJ, Nilsen TIL, Aspenes ST, et al. Estimating VO₂peak from a non-exercise prediction model: The HUNT study. *Norway Med Sci Sports Exerc.* 2011;43(11):2024-30.
 35. Schembre SM, Riebe DA. Non-exercise estimation of VO₂max using the international physical activity questionnaire. *Measurement in Physical Education and Exercise Science.* 2011;15(3):168-81.
 36. Jackson AS, Blair SN, Mahar MT, Wier LT, Ross RM, et al. Prediction of functional aerobic capacity without exercise testing. *Med Sci Sports Exerc.* 1990;22(6):863-70.
 37. Farrell SW, Abramowitz AR, Willis BL, Barlow CE, Weiner M, et al. The relationship between cardiorespiratory fitness and montreal cognitive assessment scores in older adults. *Gerontology.* 2018;64(5):440-5.
 38. Edwards MK, Loprinzi PD. Combined associations of sedentary behavior and cardiorespiratory fitness on cognitive function among older adults. *Int J Cardiol.* 2017;229(1):71-4.