

노인의 6분걷기 검사 타당도 검증 및 최대산소섭취량 추정식 개발

박소영^{1,3} PhD, 류승호² PhD, 이온³ PhD

¹서울대학교 체육교육과, ²부산대학교 스포츠과학과, ³한국스포츠정책과학원

Validation of 6-Minute Walk Test and Development of VO_{2max} Prediction Equation in the Elderly

Soyoung Park^{1,3} PhD, Seungho Ryu² PhD, On Lee³ PhD

¹Department of Physical Education, Seoul National University, Seoul; ²Department of Sport Science, Pusan National University, Busan; ³Korea Institute of Sport Science, Seoul, Korea

PURPOSE: Cardiorespiratory fitness is closely related to cardiovascular and chronic diseases and is an important predictor of mortality. Despite the significance of cardiorespiratory fitness, currently, a lack of research exists that validates the effectiveness of the 6-minute walk test, specifically in the Korean population. Therefore, the purpose of this study was to verify the validity of the 6-minute walk test for Korean older individuals and to develop a maximum oxygen consumption (VO_{2max}) prediction equation.

METHODS: A total of 167 participants were included in the final analysis, after excluding 33 of the 200 participants. Moreover, VO_{2max} was measured by performing a submaximal exercise test on a treadmill, and the total distance and heart rate were measured using a 6-minute walk test. Pearson's correlation coefficient was calculated to verify the criterion validity between VO_{2max} and total distance in the 6-minute walk test. To develop a VO_{2max} prediction equation, multiple regression analysis was conducted and cross-validation of the developed prediction equation was confirmed.

RESULTS: The correlation coefficient between VO_{2max} and the 6-minute walk test was 0.575 ($p < .001$). The adjusted R^2 of the VO_{2max} prediction equation using the 6-minute walk test was 0.449 ($p < .001$). The difference between the predicted VO_{2max} and measured VO_{2max} was 1.184 ± 1.331 mL/kg/min, and the correlation coefficient was 0.594 ($p < .001$).

CONCLUSION: The developed prediction equation consisted of explanatory variables that can be measured easily and were practical in the field. As entry into a post-aged society is imminent, managing older adult's physical fitness has become a significant issue. In the future, if the validity verification is performed with a large number of people, the prediction formula developed in this study will be useful.

Key words: 6-minute walk test, Treadmill test, VO_{2max} , Validation, Prediction equation

서론

체력과 신체활동은 삶의 질과 건강 상태를 향상시킬 수 있는 요소이며[1], 조금만 향상되더라도 심혈관계 질환(Cardiovascular Disease, CVD) 및 모든 원인으로 인한 사망률(all-cause mortality) 감소와 관련

이 있다[2-4]. 이들은 상호 밀접한 관계이며 사망률을 예측하는데 있어서 흡연, 고혈압, 당뇨병 등의 임상 데이터보다 연관성이 더 높다[5]. 특히 체력은 신체활동보다 더욱 강력한 예측 변인이며[6], 체력 요인 중 심폐체력은 CVD와 같은 만성질환의 발생률과 사망률에 상당한 영향을 미친다[5,7]. 따라서 심폐체력을 정확하게 측정하는 것은 건강과 관

Corresponding author: On Lee **Tel** +82-2-970-9559 **Fax** +82-2-970-9686 **E-mail** fair27@kspo.or.kr

Keywords 6분걷기 검사, 트레드밀 검사, 최대산소섭취량, 타당도, 추정공식

Received 20 Jul 2023 **Revised** 17 Aug 2023 **Accepted** 25 Aug 2023

© 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.

련한 위험을 진단하고 이를 개선시키기 위해 매우 중요하다[8].

통계청[9]에 따르면 현재 우리나라는 65세 이상의 고령인구가 18.4% 이고 2025년에는 20.6%로 초고령사회로의 진입이 예상되고 있다. 체력 수준 저하, 고령사회로의 진입 및 기대수명 연장으로 인한 사회간접비용이 증가함에 따라 ‘국민체력’과 ‘기대수명 100세’가 결합되어 만들어진 국민체력100은 국가 차원에서 시행하고 있는 사업이며, 2023년 7월 기준 총 76개소가 전국에서 운영 중이다[10,11]. 최근 고령화 인구가 증가함에 따라 노인들에게 부담이 되는 막대한 의료비 지출이 공중 보건 의 시급한 문제로 대두되고 있고[12,13], 이러한 상황을 고려한다면 노인 대상의 체계적인 체력관리가 추후 더욱 중요해질 것으로 판단된다. 어르신기의 체력검사 배터리는 우리나라 노인 600명을 대상으로 신뢰도가 검증되어 최종적으로 6가지(악력, 의자에앉았다일어서기, 앉아윗몸앞으로 굽히기, 6분걷기 또는 2분제자리걷기, 의자에앉아 3 m 표적돌아오기, 8자보행)의 측정항목이 선정되었다[14]. 특히 건강체력 (health-related fitness) 요소 중 중요한 심폐체력 항목[15,16]은 미국의 Senior Fitness Test (SFT)와 동일하게 6분걷기를 채택하고 있고 측정 공간을 확보하기 어려울 시 2분제자리걷기로 대체하여 측정하고 있다 [14,17,18].

심폐체력을 측정하기 위한 가장 정확한 방법은 트레드밀 또는 자전거 에르고미터를 이용한 점증운동부하검사(Graded Exercise Test, GXT)로 최대산소섭취량(VO_{2max})을 측정하는 것이다[19]. 그러나 이러한 직접측정법은 장비가 고가이면서 정교한 만큼 높은 수준의 교육을 받은 인력이 없으면 측정 및 결과 해석에 어려움이 있고, 장비가 크고 무거워 휴대가 용이하지 않으며, 한 번에 1명만 측정할 수 있어서 시간 소요가 크다. 또한 고령이거나 CVD, 만성질환, 근골격계 질환 등 다양한 질환으로 인하여 측정 시 사고가 발생할 위험성이 상대적으로 크기 때문에 6분걷기, 1마일 달리기 등과 같은 간접측정법으로 대체할 필요성이 있다[19]. 6분걷기 검사는 다양한 집단에서 검증된 검사이며, 실험실에서 직접 측정한 VO_{2max} 를 잘 예측하는 방법이라는 것이 여러 선행연구에서 입증되었다[20-22]. 또한 측정 방법이 간단하고 비용이 적게 들며 짧은 시간 내에 많은 인원을 측정할 수 있다는 장점이 있어 국민체력100을 비롯한 대규모의 인원을 측정하기에 적절한 평가도구 라고 할 수 있다.

그러나 국외의 다양한 인종을 대상으로 6분걷기 검사의 타당도를 검증하고 이를 근거로 추정식을 개발한 연구는 많으나, 한국인을 대상으로 6분걷기 검사의 타당도를 검증한 연구조차 없는 실정이다. 따라서 본 연구의 목적은 한국 노인을 대상으로 6분걷기 검사의 타당도를 검증하고, 이를 활용한 VO_{2max} 추정식을 개발한 후 추정식의 교차타당도를 확인하는 것이다.

연구 방법

1. 연구대상

본 연구의 대상은 1시 소재 65세 이상의 노인으로 심폐지구력 검사 수행이 의학적(신체적, 정신적)으로 가능하다고 판단되는 자로 선정하였다. 연구의 목적을 위해 성별(남, 여) 및 5세 단위의 연령 범주별(65-69세, 70-74세, 75-79세, 80세 이상) 25명씩 표본규모를 설계하여 총 200명의 대상자를 모집하였다. 실험 진행 과정에서 트레드밀을 활용한 GXT 검사가 진행되지 못한 경우(17명), VO_{2max} 값이 1.5 METs (5.25 mL/kg/min) 이하(1명), 총 검사 시간이 3분 이내(본 연구에서 사용한 프로토콜에서 각 Stage가 3분) (4명), 호흡교환율(Respiratory Exchange Ratio, RER)이 측정 시작 시부터 종료시까지 1.1 이상(2명), 측정 오류가 있었거나 측정자의 중단 요청이 있는 경우(9명)를 포함한 총 33명을 제외하고 167명(남 84명, 여 83명)을 최종 분석에 포함하였다. 본 연구는 소속기관의 연구윤리위원회로부터 승인을 받았으며(IRB approval no: KISS-20034-2007-01), 성, 연령 이외의 다른 인구학적 변인에 따라 구분하여 모집하지 않았으며, 실험대상자 모집 안내문을 보고 참여를 희망하는 대상자에게 연구의 목적과 내용, 예상 가능한 부작용 등을 설명하고 자발적으로 참여 동의를 받은 후에 연구를 진행하였다. 연구대상자의 특성은 Table 1과 같다.

2. 연구 절차

1) 설문조사 및 신체조성 측정

실험실에 처음 방문한 날 건강상태, 기저질환 유무, 생활 습관 등을 신체활동준비설문지(Physical Activity Readiness Questionnaire, PAR-Q)와 사전 정보 조사 설문지를 통해서 확인하고 안정 시 혈압, 심박수

Table 1. Participant characteristics

Variables	Total	Training set	Test set
Sample size (n)	167 (100%)	134 (80.24%)	33 (19.76%)
Age (yr)	74.66 ± 5.65	75.10 ± 5.72	72.85 ± 5.05
Male (n)	84 (50.30%)	65 (48.51%)	19 (57.58%)
Height (cm)	159.42 ± 8.31	158.83 ± 8.09	161.82 ± 8.91
Weight (kg)	62.30 ± 8.76	61.86 ± 8.53	64.09 ± 9.54
BMI (kg/m ²)	24.55 ± 2.58	24.60 ± 2.73	24.34 ± 1.89
Body fat (%)	29.72 ± 7.58	29.92 ± 7.89	28.89 ± 6.17
LBM (kg)	43.27 ± 8.81	42.70 ± 8.73	45.60 ± 8.88
Musculoskeletal disease (Y)	89 (53.29%)	70 (52.24%)	19 (57.58%)
GXT - Treadmills			
VO_{2max} (mL/kg/min)	19.31 ± 4.61	19.16 ± 4.50	19.92 ± 5.08
6-minute walk test			
Distance (m)	425.19 ± 67.61	422.84 ± 68.55	434.93 ± 63.68

Values are means and SD.

BMI, body mass index; LBM, lean body mass; Musculoskeletal disease, diagnosis of musculoskeletal disease(Y/N); GXT, graded exercise test.

를 측정하였다. 이 과정에서 모집 대상 기준에 부합하지 않는 대상자를 제외시킨 후 신장(cm)을 측정하였고 생체전기저항법(Bioimpedance Analysis, BIA)을 이용하여 체성분 분석장비(Inbody 720, Inbody, Korea)로 체중(kg), 체지방률(%), 체지방량(kg)을 측정하였다.

2) 트레드밀을 이용한 VO_{2max} 측정

VO_{2max} 측정은 연구 대상자의 연령을 고려하여 Modified Bruce 프로토콜을 이용한 트레드밀 최대하운동검사로 수행하였다. 대상자는 무선 심박수 측정기(Polar S610i, Kemple, Finland)를 착용하고 5분 동안 안정을 취한 뒤에 Warm-up stage에서 적응시간을 가진 후 호흡가스 분석장비(TrueOne 2400 Metabolic Measurement System, ParvoMedics, Salt Lake city, UT)를 이용하여 VO_{2max}를 측정하였다. Modified Bruce 프로토콜은 각 Stage가 3분 동안 진행되며 초기 부하 속도는 2.7 km/h 이고, 경사도는 0%이다. Stage 3까지는 초기 부하 속도로 유지되고 경사도가 5%씩 증가하며 이후에는 점증적으로 속도는 1.3-1.4 km/h씩, 경사도는 2%씩 증가한다. 운동자각도는(Rating of Perceived Exertion, RPE) 0-10 척도인 Borg CR10을 사용하였다. 운동 종료 시점은 ACSM의 기준 [23]에 근거하여 심박수가 여유심박수의 50-70% 또는 연령 예측 최대심박수의 70-85%에 도달했을 경우, 운동량 증가에도 불구하고 산소 섭취량(VO₂) 또는 심박수가 증가하지 못하는 경우, RPE가 7을 초과하는 경우, 최고 RER이 1.10 이상인 경우, 검사 대상자가 종료 의사를 밝히는 경우, 운동검사 중단을 위한 일반적인 적응증에 해당되는 등 여러가지 상황을 고려하여 결정하였다. 검사가 종료되면 측정 데이터를 15초 단위로 필터링한 후 심박수의 항정상태를 확인하였는데 이는 각 Stage에서 마지막 1분 동안의 심박수가 ±5 bpm 오차 이내에 있을 때 항정상태에 이른 것이라 판단하여 중간 값으로 결정하였다.

3) 6분걸기 검사

SFT 중 심폐지구력을 측정하기 위한 6분걸기 검사는 가로 20 m, 세로 5 m로 총 50 m인 직사각형 트랙을 만들어 각 모서리 안쪽에 고깔을 세우고 출발선에서부터 1 m 간격으로 마스킹 테이프로 표시해 두고 측정하였다. 대상자는 무선 심박수 측정기(Polar S610i, Kemple, Finland)를 착용하고 검사에 참여하였으며 안정 시와 1분 간격으로 매 분마다 심박수를 측정하였다. 총 이동 거리는 대상자가 출발 신호를 듣고 출발하여 가능한 가장 빠른 속도로 트랙을 걷되 달리지 않고 6분 동안 이동한 총 거리(m)로 기록하였다.

3. 자료처리 방법

본 연구를 통해 수집된 자료는 STATA version 17.0 (StataCorp., College Station, TX, USA) 프로그램을 이용하여 분석하였다. 연속형 변수는 평균(Mean)과 표준편차(Standard Deviation, SD)를 제시하였으며

범주형 변수는 비율(%)을 제시하였다. VO_{2max}와 6분걸기 검사의 준거타당도 확인을 위해 피어슨 상관계수(Pearson correlation coefficient)를 산출하였다. 상관분석 결과를 확인한 후 VO_{2max} 추정식 개발을 위해 무작위로 전체 데이터의 80%는 Training set, 20%는 Test set으로 나눈 후 Training set 데이터로 다중회귀분석(multiple regression analysis)을 수행하였으며[8], 단계적 선택법(stepwise method)으로 설명변수를 투입하였다. 회귀모형을 진단하기 위해 Durbin-Watson 검정으로 잔차(residuals)의 자기상관(autocorrelation)을 검정하였고, VIF (Variance Inflation Factors)로 다중공선성을 확인하였다. 또한 개발된 VO_{2max} 추정식의 교차타당도(cross-validation)를 확인하기 위하여 Test set 데이터로 검증을 수행하였다. 모든 통계 검증의 유의 수준(α)은 0.05로 설정하였다.

연구 결과

1. VO_{2max}와 6분걸기 검사의 준거타당도 분석

VO_{2max}와 6분걸기 검사의 준거타당도 분석 결과는 Table 2와 같다. 유효한 대상자 수는 총 167명이며 피어슨 상관계수는 0.575로 통계적으로 유의하게 나타났다($p < .001$). 성별, 연령 범주(5세)에 따라 상이하나 모두 통계적으로 유의한 정적 상관관계가 나타났다. 성별에 따라서 분석한 결과 남자는 상관계수가 0.604 ($p < .001$), 여자는 0.440 ($p < .001$)으로 나타났다. 5세 단위의 연령 범주에 따라서 분석한 결과 65-69세는 상관계수가 0.655 ($p < .001$), 70-74세는 0.308 ($p = .047$), 75-79세는 0.535 ($p < .001$), 80세 이상은 0.521 ($p = .002$)로 나타났다.

2. 6분걸기 검사를 이용한 VO_{2max} 추정식 개발

6분걸기 검사의 측정 결과를 바탕으로 인구학적 변인을 포함하여 VO_{2max} 추정식 개발을 위한 회귀분석을 수행하였으며 그 결과는 Table 3과 같다. 6분걸기 검사 측정 변인 중 총 이동 거리, 1분 간격의 측정 심박수를 설명변수로 선택하였고, 인구학적 변인 중에서는 성, 연령, 신

Table 2. Criterion validity of VO_{2max} and 6-minute walk test (n = 167)

	r	p-value
Total	0.575**	<.001
Sex		
Male (n=84)	0.604**	<.001
Female (n=83)	0.440**	<.001
Age group		
65-69 yr (n=41)	0.655**	<.001
70-74 yr (n=43)	0.308*	.047
75-79 yr (n=51)	0.535**	<.001
Over 80 yr (n=32)	0.521**	.002

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

Table 3. Multiple regression analysis for prediction of VO_{2max} by 6-minute walk test in training set (n = 134)

R	Adjusted R ²	SEE	F	p-value	Durbin-Watson	
0.670	0.449	3.281	27.93	<.001	1.574	
Unstandardized coefficients		Standardized coefficients		p-value	Collinearity statistics	
β	Standard error				Tolerance	VIF
(Constant)	24.108	6.149		<.001		
Sex	-3.220	0.619	-0.365	<.001	0.639	1.56
Musculoskeletal disease	-1.535	0.596	-0.172	.011	0.693	1.44
Age	-0.151	0.060	-0.196	.013	0.846	1.18
6MWT distance (m)	0.021	0.005	0.325	<.001	0.934	1.07

Musculoskeletal disease, diagnosis of musculoskeletal disease(Y/N); 6MWT, 6-minute walk test.

Table 4. Analysis of the cross-validation between predicted and measured VO_{2max} in test set (n = 33)

Equation	Predicted VO _{2max}	Difference	r	p-value
24.108-3.220 (male=0, female=1)-1.535 (no=0, yes=1) -0.151 (age)+0.021 (6MWT distance [m])	20.339±3.165	1.184±1.331	0.594**	<.001

Values are means and SD.

6MWT, 6-minute walk test.

Difference = Predicted VO_{2max} - Measured VO_{2max}.

*p < .05, **p < .01.

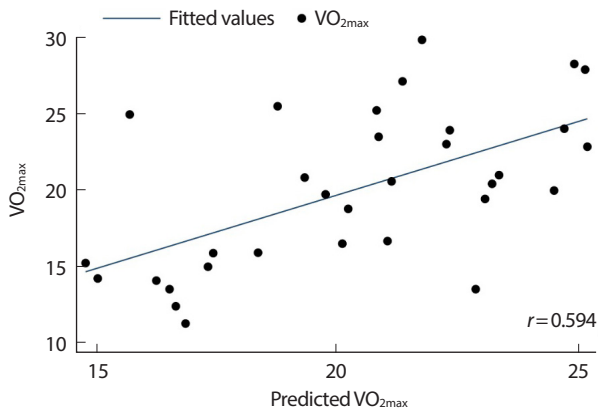


Fig. 1. Scatter plots of correlation between predicted and measured VO_{2max} in test set (n = 33).

장, 체중, 체지방량, 체지방률, 제지방량, BMI, 질환의 의학적 진단 및 약 복용 여부(심장질환, 고혈압, 당뇨병, 근골격계 질환, 기타 질환)를 설명변수로 선택하여 단계적 회귀분석(stepwise regression)을 수행하였다. Training set 데이터로 회귀모형을 산출한 결과 다중상관계수는 0.670, 모형의 설명력(r²)은 44.9% (p < .001), 추정값의 표준오차는 3.281이다. Durbin-Watson 검정 통계량이 1.574이므로 잔차들이 독립적임을 확인하였고, VIF 값이 모두 10을 초과하지 않으므로 다중공선성이 없음이 확인되었다. 따라서 추정식은 VO_{2max} = 24.108 - 3.220 (성별) - 1.535 (근골격계 질환 진단 유무) - 0.151 (연령) + 0.021 (6분걷기 총 이동 거리 [m])로 나타났다. 이때 성별은 남자가 0, 여자가 1의 값을 가지며, 근골격계 질환 진단 유무는 진단 받은 적이 없으면 0, 있으면 1의 값을 갖는

다(Table 4). 추정식에 활용된 근골격계 질환은 정상적인 보행에 영향을 미칠 수 있을 것이라 판단되는 질환으로 정의하였다.

3. 개발된 VO_{2max} 추정식의 교차타당도 분석

단계적 회귀분석을 통해 개발된 추정식으로 예측된 VO_{2max}와 트레드밀을 이용하여 측정된 VO_{2max} 간에 교차타당도를 확인하기 위하여 회귀분석 개발에 활용되지 않았던 Test set 데이터로 분석한 결과 통계적으로 유의한 정적 상관관계가 나타났으며(r=0.594, p < .001), 이는 Table 4, Fig. 1과 같다. VO_{2max}의 추정값과 실제 측정값의 차이는 1.184 ± 1.331 mL/kg/min로 나타났다.

논 의

본 연구는 한국 노인을 대상으로 6분걷기 검사의 타당도를 검증하고, 인구학적 변인과 6분걷기 검사 결과를 활용하여 VO_{2max} 추정식을 개발한 후 GXT로 측정된 VO_{2max}와 추정식을 통해 예측된 VO_{2max} 간의 교차타당도를 검증하였다.

6분걷기 검사는 중등도(moderate)에서 중증(severe)의 심장 또는 폐 질환이 있는 환자의 기능적 능력을 평가하기 위해 개발되었으며[24], 연령 및 질환 유무와 관계없이 다양한 대상자에게 적용이 가능한 심폐지구력 평가 도구이다[25,26]. 그 뿐만 아니라 6분걷기 검사는 수행하기 쉽고, 다른 걷기 검사보다 일상 생활의 활동을 더욱 잘 반영하며[27] 타당성과 재현성이 높다는 것이 증명되었다[28,29].

1마일 걷기 검사, AAHPERD 검사(American Alliance for Health,

Physical Education, Recreation and Dance functional fitness assessment battery) 중 880 yard 걷기, EPESE (Established Populations for Epidemiologic studies of the Elderly)에서 개발한 SPPB (Short Physical Performance Battery) 중 보행(gait) 검사 등 다양한 걷기 검사가 존재하나 6분걷기 검사에 비하여 상대적으로 정확한 측정값을 도출하기에 어려움이 있다. 실제로 통계에 따르면 70세 이상 성인의 40%가 1/4마일(440 yard)을 걷는데도 어려움을 겪는다는 보고가 있어 바닥 효과(floor effect)가 나타날 가능성이 높으므로 규정된 거리를 걷는 검사는 노인들에게 적절하지 않을 수 있다[17]. 또한 SPPB 보행 검사의 경우 4점 만점을 받는 대상자가 많아 천장 효과(ceiling effect)가 나타날 수 있으므로 건강한 노인이 대다수인 집단보다는 질환이 있거나 장애가 있는 노인을 측정하는 것이 더 적절한 것이라 판단된다[30]. 따라서 다양한 의학적 상태를 가진 노인 대상자의 심폐체력을 측정하는 데에는 6분걷기 검사가 매우 적합한 검사이다[31].

ACSM [32]에 의하면 노인의 경우 일반적으로 최대운동검사보다 최대하운동검사로 심폐체력을 측정하는 것이 적합하다. 심지어 트레이닝을 통해 최대 운동 시 VO_{2max} 또는 VO_{2peak} 의 변화를 관찰하기 어려울지라도 최대하에서의 심폐지구력은 향상될 수 있으며, 이러한 최대하 심폐지구력은 쇼핑, 레크레이션 활동 참여 등 일상 활동과 관련성이 높다고 보고되었다[33]. 트레드밀을 이용한 최대하운동검사와 6분 걷기 검사 간의 준거타당도를 확인한 선행연구에서 상관관계수가 0.78 (95% CI 0.62-0.88)로 나타났고 성별에 따라서 남자는 0.82 (95% CI 0.52-0.93), 여자는 0.71 (95% CI 0.40-0.88)로 나타났다[33]. 본 연구에서 상관관계수는 전체적으로 0.575 ($p < .001$), 남자는 0.604 ($p < .001$), 여자는 0.440 ($p < .001$)으로 선행연구보다는 낮으나 유의한 상관관계가 나타났다. 선행연구와 유사하게 남자가 여자보다 더 높은 상관관계를 보였으며 이는 인구학적 변인으로 인해 나타난 결과로 보여진다. 대체로 여자는 남자보다 신장이 작고, 체지방량이 적는데 신장이 작을수록[34], 체지방량이 많거나 체지방량이 적을수록[35,36], 보폭 및 보행속도가 줄어들 수 있어서 총 이동거리에 부정적인 영향을 미칠 수 있다. 그러나 여성들 중에 꾸준한 운동으로 기능이 향상되어 신장이 작음에도 불구하고 빠른 속도로 보행이 가능해져 많은 거리를 이동하는 경우가 발생할 수 있다. 이로 인해 총 이동거리의 편차가 커져서 상관관계수에 영향을 미쳤을 가능성이 있다고 판단된다. 본 연구 결과에서 5세 단위의 연령대별로 모두 유의한 상관관계를 보였으나 70-74세 연령대 그룹에서 다른 그룹에 비해 낮은 상관관계수가 나타났는데, 이는 상관관계수가 상대적으로 낮은 여성이 다른 연령대 그룹에 비하여 위의 그룹에 포함되는 비율이 55.8%로 가장 높았기 때문에 다른 연령대에 비해 상관관계수가 낮게 나타났을 것이라 사료된다.

연구진은 PAR-Q 설문지를 통해 모든 대상자의 사전 신체상태를 확인하였고, 추가적으로 심장질환, 고혈압, 근골격계 질환, 기타 질병 진단

여부 및 약물 복용 여부를 확인하였다. 체력 측정 시에는 안정 시 심박수, 수축기와 이완기 혈압을 측정하였고, 6분걷기 검사 시에는 매 분마다 심박수를 확인하였다. 이는 VO_{2max} 추정식 개발을 위한 다중회귀분석 수행 시 설명력을 높이기 위한 동시에 대상자가 최선을 다해서 측정에 참여했는지를 확인하기 위함이었다. 설명변수로 성, 연령, 체격 요인(신장, 체중, 체지방량, 체지방률, 체지방률, BMI), 체력 요인(안정 시 심박수, 1분 단위의 심박수, 6분걷기 시 총 이동거리), 질환 진단 여부 및 약물 복용 여부를 모두 투입하여 단계적 회귀분석을 수행하였다. 그 결과 성, 연령, 근골격계 질환 진단 유무, 6분걷기 시 총 이동거리가 설명변수로 채택되었으며 개발된 회귀식의 설명력은 약 45%인 것으로 나타났다($p < .001$). 표준화 회귀계수 값을 통해 성별, 6분걷기 시 총 이동거리, 연령, 근골격계 질환 진단 여부 순으로 변수의 영향력이 크다는 것을 확인할 수 있었다.

6분걷기 검사를 통해 VO_{2max} 를 추정하는 공식을 개발한 기존의 선행연구에서도 성, 연령, 총 이동거리는 대부분 설명변수에 최종적으로 포함되어[21,36-38] 본 연구와 유사하다는 것을 확인할 수 있었다. 그러나 본 연구와는 다르게 신장, 체중, 심박수가 회귀식의 설명변수로 포함된 선행연구가 존재하였다. 미국인 752명을 대상으로 개발한 추정식의 최종 모델에서 인종에 따른 차이가 있다고 하였으므로[36] 기존의 선행연구와 한국인을 대상으로 한 본 연구의 결과와는 차이점이 있을 수 있다. 프랑스, 미국, 핀란드, 브라질 등 여러 나라에서 다양한 인종을 대상으로 하였을 때 BMI는 평균적으로 26 kg/m^2 이상, 체중은 70 kg 이상인 것으로 나타났으나[21,36-38] 본 연구의 대상자인 한국인은 BMI가 24.6 kg/m^2 , 체중은 61.9 kg으로 서양인에 비해 비만과 연관성이 적은 비교적 건강한 체격상태인 것으로 판단되므로 신장, 체중 등의 변인이 설명변수로 채택되지 않았을 가능성이 있다.

심박수가 설명변수로 포함된 연구를 보면 측정 시간에 따라 심박수가 달라지므로 모든 대상자들을 정해진 시간에 측정하도록 해야 한다고 하였고[37], 다른 연구에서는 남성의 경우 심박수가 유의미한 예측 변수였으나 여성에게는 유의미하지 않은 예측 변수이므로 타당성을 높이기 위해 대규모 집단 연구에서는 심박수 측정을 생략하는 것을 고려해야 한다고 하였다[21]. 심혈관계 질환을 치료하기 위한 베타차단제(Beta-Blocker, BB), ACE 억제제(Angiotensin-converting enzyme inhibitors) 등의 약물은 심박수를 감소시키는 역할을 하기 때문에 최대 운동 시에도 심박수가 더 상승하지 못하고 낮게 유지된다[39,40]. 다시 말해 심박수에 영향을 주는 요소가 많고, 변동이 크기 때문에 심박수는 설명변수로 채택되지 않았을 가능성이 있다.

대다수의 노인은 보행, 자세 제어 메커니즘(근골격계, 감각신경계, 근신경계의 상호작용), 근력 등이 생리적 측면에서의 약화를 경험한다[41,42]. 파킨슨병, 치매 등의 신경학적 변화 및 고관절 및 무릎 관절의 관절염 등의 근골격계 변화는 보행에 부정적인 영향을 미칠 수 있다

[43,44]. 세계보건기구(World Health Organization, WHO)의 조사에 따르면 전 세계적으로 약 17억 1천만 명의 사람들이 근골격계 질환을 앓고 있으며 장애의 주요 원인이라고 보고하였다[45]. 국내의 건강보험통계연보의 2021년 질병통계 현황 자료에 의하면 만성질환으로 인하여 진료를 받은 인원은 1위가 고혈압 환자(706만 명)였고, 2위는 관절염 환자(500만 명)인 것으로 나타났다[46]. 이러한 근골격계 질환은 노인에게 극심한 통증을 유발시키고 이동성을 제한하는 등 환자의 삶을 저하시키는 질환이며[47], 고령화로 인해 근골격계 질환 유병률이 급격하게 증가되고 있기 때문에 노인에게 있어서 반드시 관리해야 할 중요한 요인이다[45]. 보행에서의 부정적 변화는 결국 심폐체력에도 영향을 미칠 수 있는 중요한 변인이므로 본 연구에서 근골격계 질환의 진단 여부가 설명변수로 채택되었을 가능성이 있다. 또한 본 연구에서 근골격계 질환의 진단을 받은 대상자의 비율이 53.3%로 과반수 이상을 차지하기 때문에 중요한 변인이 되었을 것으로 사료된다.

본 연구는 한국 노인을 대상으로 6분걷기 검사의 타당도를 입증한 연구이며, 성별, 연령, 근골격계 질환 진단 유무, 6분걷기 시 총 이동거리는 비싸지 않고 특별한 장비가 없어도 측정하기에 간단한 변인들이므로 개발된 추정식을 실제로 현장에 적용시키기에 적합할 것이다. 그러나 전체 대상자 수가 167명으로 한국인을 대표하기에는 부족하므로 다양한 특성을 가진 대상자로 구성된 대규모의 인원을 대상으로 측정 이 이루어진다면 더욱 정확한 결과를 도출할 수 있을 것이다.

결론

본 연구는 한국 노인을 대상으로 6분걷기 검사의 타당도를 확인한 첫 연구이다. 6분걷기 검사와 트레드밀을 이용한 최대하운동검사와의 준거타당도를 확인한 결과 심폐체력 검사로 6분걷기 검사의 타당도는 유의하게 나타났으며, 개발된 추정식과 교차타당도 모두 유의하게 나타났다. 본 연구에서 개발된 추정식은 특별한 장비 없이 간단하게 측정할 수 있는 변수들로 구성되어 있으므로 현장에서 활용도가 높을 것으로 판단된다. 초고령사회의 진입이 얼마 남지 않은 현 시점에서 건강한 삶을 영위하기 위해 노인의 체력 관리는 매우 강조되고 있다. 따라서 본 연구를 통해 개발된 추정식이 추후 더 많은 수의 다양한 인원들을 대상으로 타당도 검증이 이루어진다면 국민체력100을 비롯해 대규모의 인원을 측정해야 하는 상황에서 유용하게 사용될 수 있을 것이다.

CONFLICT INTEREST

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

음을 밝힌다.

AUTHOR CONTRIBUTIONS

Conceptualization: S Park, O Lee; Data curation: O Lee; Formal analysis: S Park, S Ryu; Methodology: O Lee, S Ryu; Visualization: S Park, S Ryu; Writing - original draft: S Park, S Ryu; Writing - review & editing: O Lee.

ORCID

Soyoung Park	https://orcid.org/0000-0002-3906-3653
Seungho Ryu	https://orcid.org/0009-0006-7988-6263
On Lee	https://orcid.org/0000-0001-9871-2310

REFERENCES

1. Department of Health and Human Services. 2018 Physical activity guidelines advisory committee scientific report. 2018.
2. Erikssen G, Liestøl K, Bjørnholt J, Thaulow E, Sandvik L, et al. Changes in physical fitness and changes in mortality. *Lancet*. 1998;352(9130):759-62.
3. Dorn J, Naughton J, Imamura D, Trevisan M. Results of a multicenter randomized clinical trial of exercise and long-term survival in myocardial infarction patients: the National Exercise and Heart Disease Project (NEHDP). *Circulation*. 1999;100(17):1764-9.
4. 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.
5. Myers J, Kaykha A, George S, Abella J, Zaheer N, et al. Fitness versus physical activity patterns in predicting mortality in men. *Am J Med*. 2004;117(12):912-8.
6. Williams PT. Physical fitness and activity as separate heart disease risk factors: a meta-analysis. *Med Sci Sports Exerc*. 2001;33(5):754.
7. Gulati M, Black HR, Shaw LJ, Arnsdorf MF, Merz CNB, et al. The prognostic value of a nomogram for exercise capacity in women. *N Engl J Med*. 2005;353(5):468-75.
8. Lee O, Lee S, Kang M, Mun J, Chung J. Prediction of maximal oxygen consumption using the Young Men's Christian Association-step test in Korean adults. *Eur J Appl Physiol*. 2019;119:1245-52.
9. Statistics Korea. Population Projections. 2021 23 Dec; Retrieved from:

- https://kosis.kr/statHtml/statHtml.do?orgId=101&tblId=DT_1BPA003&vw_cd=MT_ZTITLE&list_id=&scrId=&seqNo=&lang_mode=ko&obj_var_id=&itm_id=&conn_path=E1&docId=0268536215&markType=S&itmNm=
10. Korea Sports Promotion Foundation. National Fitness Award. [cited 2023 9 July]; Retrieved from: <https://nfa.kspo.or.kr/intro/centerList.kspo>.
 11. Min D. Perceived service quality, image, trust and word-of-mouth recommendation among participants of National Fitness Awards in South Korea. *KSSM*. 2021;26(1):31-48.
 12. Chen J, Zhao M, Zhou R, Ou W, Yao P. How heavy is the medical expense burden among the older adults and what are the contributing factors? A literature review and problem-based analysis. *Front Public Health*. 2023;11:1165381.
 13. Hajek A, Bock JO, Saum KU, Matschinger H, Brenner H, et al. Frailty and healthcare costs—longitudinal results of a prospective cohort study. *Age and ageing*. 2018;47(2):233-41.
 14. Choi KJ, Go BG, Song HS, Kim KJ, Park S, et al. The development of physical fitness test battery and evaluation criteria of it for Korean elderly person. *KMSE*. 2014;16(3):15-29.
 15. Saint-Maurice PF, Welk GJ, Finn KJ, Kaj M. Cross-validation of a PACER prediction equation for assessing aerobic capacity in Hungarian youth. *Res Q Exerc Sport*. 2015;86(sup1):S66-S73.
 16. 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.
 17. Rikli RE, Jones CJ. Development and validation of a functional fitness test for community-residing older adults. *J Aging Phys Act*. 1999;7(2):129-61.
 18. Rikli RE, Jones CJ. Functional fitness normative scores for community-residing older adults, ages 60-94. *J Aging Phys Act*. 1999;7(2):162-81.
 19. Dourado V, Nishiaka R, Simões M, Lauria V, Tanni S, et al. Classification of cardiorespiratory fitness using the six-minute walk test in adults: comparison with cardiopulmonary exercise testing. *Pulmonology*. 2021;27(6):500-8.
 20. Sperandio EF, Arantes RL, Matheus AC, Silva RPD, Lauria VT, et al. Intensity and physiological responses to the 6-minute walk test in middle-aged and older adults: a comparison with cardiopulmonary exercise testing. *Braz J Med Biol Res*. 2015;48:349-53.
 21. Mänttari A, Suni J, Sievänen H, Husu P, Vähä-Ypyä H, et al. Six-minute walk test: a tool for predicting maximal aerobic power (VO₂max) in healthy adults. *Clin Physiol Funct Imaging*. 2018;38(6):1038-45.
 22. Costa HS, Lima MMO, Alencar MCN, Sousa GR, Figueiredo PHS, et al. Prediction of peak oxygen uptake in patients with Chagas heart disease: Value of the Six-minute Walk Test. *Int J Cardiol*. 2017;228:385-7.
 23. American College of Sports Medicine, ACSM's guidelines for exercise testing and prescription. Lippincott Williams & Wilkins; 2021.
 24. ATS statement: guidelines for the six-minute walk test. *Am J Respir Crit Care Med*. 2002;166(1):111-7.
 25. Maher CA, Williams MT, Olds TS. The six-minute walk test for children with cerebral palsy. *Int J Rehabil Res*. 2008;31(2):185-8.
 26. Steffens D, Beckenkamp PR, Hancock M, Paiva DN, Alison JA, et al. Activity level predicts 6-minute walk distance in healthy older females: an observational study. *Physiotherapy*. 2013;99(1):21-6.
 27. Solway S, Brooks D, Lacasse Y, Thomas S. A qualitative systematic overview of the measurement properties of functional walk tests used in the cardiorespiratory domain. *Chest*. 2001;119(1):256-70.
 28. Harada ND, Chiu V, Stewart AL. Mobility-related function in older adults: assessment with a 6-minute walk test. *Arch Phys Med Rehabil*. 1999;80(7):837-41.
 29. Steffen TM, Hacker TA, Mollinger L. Age- and gender-related test performance in community-dwelling elderly people: Six-Minute Walk Test, Berg Balance Scale, Timed Up & Go Test, and gait speeds. *Phys Ther*. 2002;82(2):128-37.
 30. Guralnik JM, Simonsick EM, Ferrucci L, Glynn RJ, Berkman LF, et al. A short physical performance battery assessing lower extremity function: association with self-reported disability and prediction of mortality and nursing home admission. *J Gerontol*. 1994;49(2):M85-M94.
 31. Bittner V, Weiner DH, Yusuf S, Rogers WJ, McIntyre KM, et al. Prediction of mortality and morbidity with a 6-minute walk test in patients with left ventricular dysfunction. *Jama*. 1993;270(14):1702-7.
 32. American College of Sports Medicine, ACSM's exercise management for persons with chronic diseases and disabilities. Fourth ed, ed. GE Moore, JL Durstine, and PL Painter. Human Kinetics; 2016.
 33. Rikli RE, Jones CJ. The reliability and validity of a 6-minute walk test as a measure of physical endurance in older adults. *J Aging Phys Act*. 1998;6(4):363-75.
 34. Duncan MJ, Mota J, Carvalho J, Nevill AM. An evaluation of prediction equations for the 6 minute walk test in healthy European adults aged 50-85 years. *PLoS One*. 2015;10(9):e0139629.

35. Joo JY, Hwang Yh, Kim YK. The relationships among gait parameters and senior fitness variables in Korean elderly people. *JKAI*. 2020;21(1): 208-15.
36. Enright PL, McBurnie MA, Bittner V, Tracy RP, McNamara R, et al. The 6-min walk test: a quick measure of functional status in elderly adults. *Chest*. 2003;123(2):387-98.
37. Kervio G, Carre F, Ville NS. Reliability and intensity of the six-minute walk test in healthy elderly subjects. *Med Sci Sports Exerc*. 2003;35(1): 169-74.
38. Sperandio EF, Guerra RLF, Romiti M, Gagliardi ARdT, Arantes RL, et al. Reference values for the 6-min walk test in healthy middle-aged and older adults: from the total distance traveled to physiological responses. *Fisioterapia em Movimento*. 2019;32.
39. Saleem S, Khandoker AH, Alkhodari M, Hadjileontiadis LJ, Jelinek HF. Investigating the effects of beta-blockers on circadian heart rhythm using heart rate variability in ischemic heart disease with preserved ejection fraction. *Scientific Reports*. 2023;13(1):5828.
40. Cauwenberghs N, Sente J, Sabovčik F, Ntalianis E, Hedman K, et al. Cardiorespiratory fitness components in relation to clinical characteristics, disease state and medication intake: a patient registry study. *Clin Physiol Funct Imaging*. 2023.
41. Papa EV, Dong X, Hassan M. Skeletal muscle function deficits in the elderly: current perspectives on resistance training. *J Nat Sci*. 2017;3(1).
42. Lauretani F, Maggio M, Ticinesi A, Tana C, Prati B, et al. Muscle weakness, cognitive impairment and their interaction on altered balance in elderly outpatients: results from the TRIP observational study. *Clin Interv Aging*. 2018:1437-43.
43. Jahn K, Freiburger E, Eskofier BM, Bollheimer C, Klucken J. Balance and mobility in geriatric patients: assessment and treatment of neurological aspects. *Zeitschrift für Gerontologie und Geriatrie*. 2019;52(4).
44. Presta V, Paraboschi F, Marsella F, Lucarini V, Galli D, et al. Posture and gait in the early course of schizophrenia. *PLoS One*. 2021;16(1): e0245661.
45. World Health Organization. Musculoskeletal health. 2022 [cited 18 July 2023]; Retrieved from: <https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/musculoskeletal-conditions>.
46. Health Insurance Review & Assessment Service. 2021 National Health Insurance Statistical Yearbook. 2022 [cited 2023 18 July]; Retrieved from: <https://www.hira.or.kr/bbsDummy.do?pgmid=HIRAA020045020000&brdScnBltno=4&brdBltno=2314&pageIndex=1&pageIndex2=1>.
47. Park HJ, Lee SK. The association between osteoarthritis and health-related quality of life in women aged 50 years and over: using the Korea national health and nutrition examination survey (KNHANES) data. *KJHEP*. 2012;29(2):23-32.