



Original Article

Validation of Two-Minute Step Test and Development of VO_{2max} Prediction Equation in Older Korean Adults

Soyoung Park¹, Jungjun Lim¹ and On Lee^{2*}

¹Seoul National University

²Korea Institute of Sports Science

Article Info

Received 2023. 08. 08.

Revised 2023. 09. 12.

Accepted 2023. 09. 12.

Correspondence*

On Lee

fair27@kspo.or.kr

Key Words

Older adults, Two-minute step test, VO_{2max} validation, Prediction equation

PURPOSE This study aimed to verify the criterion validity of the two-minute step test in older Korean adults, develop an equation for predicting VO_{2max} , and verify cross-validation. **METHODS** A submaximal exercise test and the two-minute walk test were performed on 150 older adults (74 males and 74 females) aged 65 years or older. Correlation analysis was performed to confirm criterion validity. An equation for estimating VO_{2max} was developed through multiple regression analysis, and cross-validation was confirmed by performing a correlation analysis between measured and predicted values of VO_{2max} . **RESULTS** The correlation coefficient between VO_{2max} and the two-minute step test was 0.457 ($p < .001$). The adjusted R^2 of the developed VO_{2max} prediction equation was 0.430 ($p < .001$), and the explanatory variables finally selected were sex, age, number of steps in the two-minute step test, and percentage of body fat. The correlation coefficient between the measured VO_{2max} (19.08 ± 4.36) and the predicted VO_{2max} (19.73 ± 3.36) was 0.654 ($p < .001$). **CONCLUSIONS** This study confirmed the criterion validity of the two-minute step test in older Korean adults, and the cross-validation of the developed VO_{2max} prediction formula was verified. The explanatory variables of the prediction equation will be easy to apply in the field, and more meaningful results will be derived if the validity of the prediction equation developed for a larger number of participants is verified.

서론

지난 수십 년 동안 전 세계적으로 고령화가 관찰되고 있으며, 고령자와 초고령자의 수가 상당히 증가하고 있다(Veronese, 2020). 고령화는 크게 두 가지 이유로 인해 비롯되는데 첫번째는 출생아 수의 감소이고, 두 번째는 낮은 사망률이다(Cheng et al., 2020). 통계청에 따르면 2022년 대한민국의 출생아 수는 24만 9천명으로 전년도에 비해 약 4.4%가 감소하였고, 합계출산율(여자 1명이 평생 낳을 것으로 예상되는 평균 출생아 수)은 0.78명으로 전년도에 비해 0.03명 감소하였다(Statistics Korea, 2023). 사망 또한 인구구조의 변화에 직접적으로 영향을 미치는데 보건 환경이 개선되고 의학 기술이 점차 발전함에 따라 고령층의 기대수명이 지속적으로 증가하면서 사

망률을 감소시키고 있다(Kim, 2020). 이에 따라 세계의 주된 관심사는 연장된 수명이 건강한 삶 또는 높은 삶의 질과 관련이 있는지 여부이다(Langhammer et al., 2018).

최근 연구에서 체계적이고 적절한 양의 신체활동은 노화를 지연시킬 수 있으며(Gopinath et al., 2018; Rebelo-Marques et al., 2018), 만성질환을 감소시키고, 건강하고 활동적인 삶을 가능하게 한다는 것이 증명되었다(Bouaziz et al., 2016, 2017). 그 뿐만 아니라 노화는 근육의 기능 및 심폐 기능의 감소와 관련이 있으므로 노인들이 일상적인 활동을 수행하고 독립적인 기능을 유지할 수 있는 능력이 저하된다(Izquierdo et al., 2021).

심폐체력은 지속적인 신체활동 중에 에너지를 생산하기 위해 골격근에 산소를 전달하는 호흡 및 순환 능력을 의미하며(Kim, 2022). 노화로 인하여 1회 박출량 및 심박수의 감소, 동정맥 산소 차의 변화 등으로 인하여 심폐 기능이 감소하게 된다(Heppele et al., 1996). 그러나 규칙적인 운동을 하는 경우 연령의 증가에 따른 근육 및 유산소 능력의 감소가 상당히 약화되고 신체조성, 근력, 신체활동 수준, 인

© 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.

Table 1. Participant characteristics(Mean \pm SD)

Variables	Total (n=150)	Training set (n=120)	Test set (n=30)
Male (n)	74 (49.33%)	56 (46.67%)	18 (60.00%)
Age (years)	74.89 \pm 5.71	74.98 \pm 5.77	74.50 \pm 5.51
Height (cm)	159.39 \pm 8.37	158.89 \pm 8.17	161.37 \pm 8.99
Weight (kg)	62.08 \pm 8.86	61.65 \pm 8.30	63.79 \pm 10.83
BMI (kg/m ²)	24.47 \pm 2.54	24.39 \pm 2.52	24.77 \pm 2.61
Body fat (%)	29.85 \pm 7.70	30.32 \pm 7.19	27.97 \pm 9.38
LBM (kg)	43.08 \pm 9.03	42.47 \pm 8.48	45.49 \pm 10.76
GXT - VO_{2max} (mL/kg/min)	19.18 \pm 4.33	19.08 \pm 4.35	19.58 \pm 4.29
2MST - No. of steps	107.56 \pm 16.53	107.79 \pm 16.70	106.63 \pm 16.07

BMI: Body mass index, LBM: Lean body mass, GXT: Graded exercise test, 2MST: 2-minute step test

지기능 등을 긍정적으로 개선시킨다(Izquierdo et al., 2021). 따라서 심폐체력은 사망률에 영향을 줄 수 있는 수정 가능한 지표이므로 노인에게 있어서 심폐체력은 매우 중요한 요인이다(Mandsager et al., 2018).

트레드밀을 사용한 점증운동부하검사는 심폐체력을 측정하는데 가장 널리 사용되는 방법인 동시에 기준이 되는 객관적인 측정 방법이다(Mandsager et al., 2018). 그러나 실험실 이외의 장소에서 항상 사용할 수 있는 측정 방법이 아니기 때문에 임상에서 실용적이고 측정하기에 용이한 6분 또는 2분 걷기 검사, YMCA 스텝 테스트 등의 현장 검사가 개발되었다(Bohannon & Crouch, 2019; Wu et al., 2003).

6분 걷기와 2분 걷기는 노인의 유산소 지구력을 측정하기 위해 상호 교환적으로 사용되며(Węgrzynowska-Teodorczyk et al., 2016), 일반적으로 2분 걷기는 여러 가지 이유로 6분 걷기를 수행할 수 없는 경우에 수행되는 대체 측정 방법이다(Garcia et al., 2013; Rikli & Jones, 1999). 2분 걷기는 6분 걷기에 비해 매우 좁은 장소에서도 가능하고, 비용이 적게 들며, 시간적인 소요도 짧기 때문에 현장에서 활용하기에 용이하며 장거리 보행이 어려운 노인에게 적합한 검사 방법이다(Oliveros et al., 2022).

이러한 이점에도 불구하고 2023년 8월 6일 기준으로 PubMed 검색 결과 'six-minute walking test'는 15,124건, 'two-minute step test'는 141건만 존재해 2분 걷기에 관한 선행연구가 부족한 실정이다. 또한 다양한 인종을 대상으로 2분 걷기의 타당도 연구가 존재하나, 한국인을 대상으로는 검사-재검사 신뢰도 연구만 존재한다. 따라서 본 연구의 목적은 한국 노인을 대상으로 측정이 용이한 2분 걷기의 타당도를 확인하고, 최대산소섭취량의 추정식을 개발한 후 현장으로의 적용을 위해 교차타당도를 검증하는 데 있다.

연구방법

연구대상

본 연구의 대상자는 의학적으로 실험 참여에 결격사유가 없는 65세 이상의 노인으로 모집하였다. 표본의 규모는 200명으로 성별과 연

령(5세 단위)에 따라 설계하여 모집하였다. 이들 중에 점증운동부하 검사 및 2분 걷기 검사의 수행이 어렵거나 측정치가 유효하지 않은 대상자 36명과 정형외과적 수술로 인하여 정상적인 보행이 어려워 검사를 중도 포기한 대상자 14명을 제외하고 총 150명(남 74명, 여 76명)이 최종 분석에 포함되었다. 연구대상자들의 신체적인 특성은 <Table 1>과 같다.

연구절차

모든 연구대상자는 검사 장소에 방문하면 처음에 연구의 목적, 검사 내용, 연구에 참여하게 됨으로써 얻을 수 있는 이득 및 부작용 등에 대하여 설명하고 동의서를 받았으며, 건강 상태, 병력 사항 등에 대하여 문진을 진행하였다. 이후에 혈압을 측정하고, 신체조성을 측정하였다. 본 연구는 소속 기관의 연구윤리심의를 통과하였다(KISS-20034 -2007-01).

1. 신체조성

신체조성은 체성분 분석장비(Inbody 720, Inbody, Korea)를 이용하여 체중, 체지방량, 체지방률을 측정하였고, 신장계로 신장을 측정하였다.

2. 최대산소섭취량 (VO_{2max})

최대산소섭취량 측정은 트레드밀을 이용한 최대하운동검사를 수행하였으며, 프로토콜은 Modified Bruce 프로토콜을 사용하였다. Modified Bruce 프로토콜은 초기 경사도는 0%이며, 2단계와 3단계는 5%씩 증가하다가 4단계부터 2%씩 증가한다. 초기 부하 속도는 2.7km/h이며, 3단계까지 유지되다가 4단계부터 1.3-1.4km/h씩 증가한다. 대상자는 무선 심박 측정장비(Polar S610i, Kemple, Finland)를 부착하고 안정을 취한 뒤 Warm-up 단계에서 적응시간을 가진 다음에 호흡가스분석기(TrueOne 2400, ParvoMedics, Salt Lake City, UT)로 최대산소섭취량을 측정하였고, 운동자각도는 Borg CR10(0-10 scale)으로 측정하였다. 미국스포츠의학회(ACSM)에 근거하여 여유심박수 또는 여유산소섭취량의 50-70%, 연령으로 예측한 최대심박수의 70-85%에 도달했을 때, 운동자각도가 7을 초과할 때, 호흡교환율이 1.1 이상일 때, 운동량이 증가함에

도 심박수 또는 산소섭취량(VO_{2max})이 더 이상 증가하지 못할 때, 대상자가 종료 의사를 밝힐 때 등 여러 가지 상황을 고려하여 결정하였다(ACSM, 2021). 심박수의 항정상태는 각 단계별 마지막 1분 동안 심박수가 ± 5 bpm 이내에 있는 경우에 중간 값으로 결정하였다.

3. 2분 걷기

2분 걷기는 유산소 지구력을 평가하는 검사이며, 공간적인 제약으로 인해 6분 걷기를 수행하기 어려운 경우에 대안으로 수행되는 검사이다(Rikli & Jones, 1999). 대상자별로 높이를 다르게 하여 2분 동안 제자리에서 완료한 전체 걸음 수를 측정하며, 설정한 높이에 양쪽 무릎이 모두 번갈아 도달하면 1회로 측정한다. 무릎을 들어 올리는 높이는 대상자의 슬개골(Patella, kneecap)과 장골능(Iliac crest, top hip bone) 사이의 중간 지점이다(Jones & Rikli, 2002).

통계 처리

본 연구에서 수집된 자료는 STATA 17.0(StataCorp, College Station, TX, USA) 통계 프로그램을 이용하여 평균, 표준편차, 비율을 제시하였다. 최대산소섭취량과 2분 걷기의 준거타당도를 확인하기 위하여 상관분석을 수행하였다. 최대산소섭취량 추정식을 개발하기 위해 전체 데이터를 무작위로 Training set(80%)와 Test set(20%)

로 나누었다(Lee et al., 2019). Training set를 이용하여 다중회귀분석(Multiple regression analysis)을 수행하였고, Durbin-Watson 검정으로 잔차의 자기상관을 확인하였고, VIF(Variance inflation factors) 값으로 다중공선성(Multicollinearity)을 확인하였다. Test set를 이용하여 개발된 최대산소섭취량의 교차타당도를 확인하였으며, 모든 통계적 유의 수준은 $\alpha=.05$ 로 설정하였다.

연구 결과

2분 걷기 준거타당도 분석

최대산소섭취량과 2분 걷기의 준거타당도 분석 결과는 <Table 2>, <Figure 1>과 같다. 전체 대상자 150명으로 2분 걷기의 준거타당도를 분석한 결과, 피어슨 상관계수(Pearson correlation coefficient)는 0.457로 유의하게 나타났다($p<.001$). 성별에 따라서는 상관계수가 남자는 0.428($p<.001$), 여자는 0.482($p<.001$)로 나타났다. 연령에 따라서는 상관계수가 65-69세는 0.504($p=.002$), 70-74세는 0.459($p=.003$), 75-79세는 0.325($p=.027$), 80세 이상은 0.418($p=.022$)로 모두 유의하게 나타났다.

최대산소섭취량 추정식 개발

Training set를 이용하여 최대산소섭취량 추정식을 개발하기 위해 단계적 선택법으로 설명변수를 투입하여 다중회귀분석을 수행하였으며, 결과는 <Table 3>과 같다. 설명변수로는 다중공선성을 고려하여 고혈압 약 투약 여부, 체지방량을 제외하고 성, 연령, 신장, 체중, 체지방량, 체지방률, BMI, 2분 걷기 총 횟수, 심장질환 진단 유무, 근골격계 질환 진단 유무, 고혈압 진단 유무, 당뇨병 진단 유무를 투입하였다. 분석 결과, 다중상관계수는 0.656이며 모형의 설명력은 43.0%($p<.001$)로 나타났다. Durbin-Watson 값이 1.275로 잔차들이 서로 독립적임이 검증되었고, VIF 값을 통해 다중공선성이 나타나지 않았다. 최종적으로 개발된 최대산소섭취량 추정식은 다음과 같다.

$$VO_{2max} \text{ (mL/kg/min)} = 29.255 - 2.678 \text{ (Sex[male:0, female:1])} - 0.180 \text{ (Age)} - 0.133 \text{ (Body fat[\%])} + 0.081 \text{ (2MST[No. of steps])}$$

개발된 최대산소섭취량 추정식의 교차타당도 분석

실제로 측정된 최대산소섭취량과 다중회귀분석을 수행하여 개발된 추정식을 통해 예측된 최대산소섭취량 간의 교차타당도 분석을 위해 Test set를 이용하였고, 결과는 <Table 4>, <Figure 2>와 같다. 측정을 통해 얻어진 최대산소섭취량은 19.73 ± 3.36 mL/kg/min으로 나타났고, 개발된 추정식을 통해 얻어진 예측된 최대산소섭취량은 19.08 ± 4.36 mL/kg/min으로 나타났으며, 상관계수는 0.654($p<.001$)로 유의하게 나타났다.

Table 2. Correlation between VO_{2max} and 2-minute step test

	Variables	r	p
Sex	Male (n=74)	.428**	< .001
	Female (n=76)	.482**	< .001
Age group	65-69 years (n=35)	.504**	.002
	70-74 years (n=39)	.459**	.003
	75-79 years (n=46)	.325*	.027
	over 80 years (n=30)	.418*	.022

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

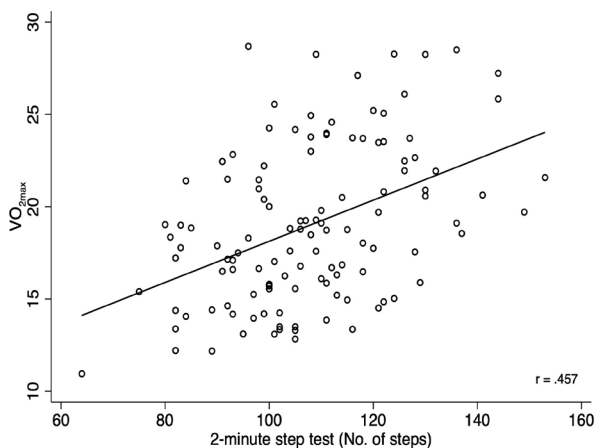


Fig. 1. Criterion validity of VO_{2max} and two-minute step test

Table 3. Multiple regression analysis for prediction of VO_{2max} by 2-minute step test in training set (n=120)

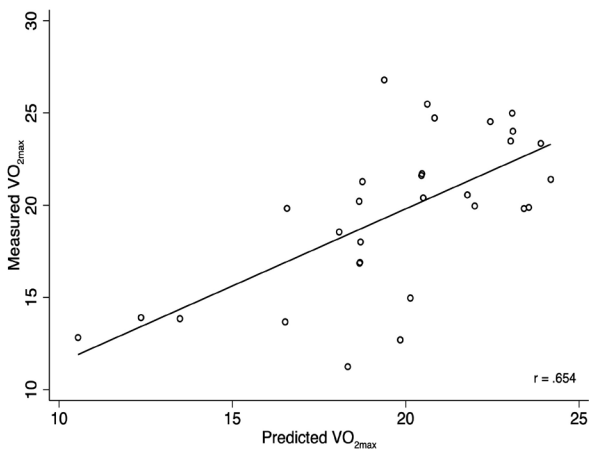
R	Adjusted R ²	SEE	F	p	Durbin-Watson	
.656	.430	3.230	23.25	< .001	1.275	
Unstandardized coefficients		Standardized coefficients		p	Collinearity statistics	
	β	Standard error		< .001	Tolerance	VIF
(Constant)	29.255	5.197		< .001		
Age	-.180	.054	-.243	.001	.903	1.11
Sex	-2.678	.735	-.313	< .001	.653	1.53
2MST	.081	.019	.318	< .001	.899	1.11
Body fat	-.133	.051	-.223	.010	.672	1.49

2MST: Number of steps in 2-minute step test

Table 4. Analysis of the cross-validation between predicted and measured VO_{2max} in test set (n=30)

(Mean \pm SD)			
Predicted VO_{2max}	Measured VO_{2max}	r	p
19.73 \pm 3.36	19.08 \pm 4.36	0.654**	< .001

** $p < .01$

**Fig. 2.** Scatter plots of cross-validation between measured and predicted VO_{2max} in test set (n=30)

의의

본 연구는 65세 이상의 한국인 노인을 대상으로 2분 걷기의 준거타당도를 검증하고, 2분 걷기 측정 결과와 인구학적 변인을 사용하여 최대산소섭취량의 추정식을 개발한 후 교차타당도를 검증하고자 하였다.

노인의 건강을 개선하고 심혈관질환을 예방하는데 있어서 심폐력은 중요한 요소이므로(Kaminsky et al., 2019; Nauman et al., 2017; Young et al., 2015) 이를 평가하기 위해 질환 유무에 관계없이 점증운동부하검사로 최대하검사(submaximal test)를 수행하는 것은 필수적이다(Berlanga et al., 2023). 그러나 장비가 고가이

면서, 측정 방법이 어렵고, 한 사람당 측정 시간이 오래 소요되는 등 여러 가지 제한점이 존재하므로 간편한 현장 검사로 대체할 필요성이 있다(Dourado et al., 2021). 직접 측정된 최대산소섭취량과 간접적으로 측정된 2분 걷기 간의 타당도는 기존의 선행연구들을 통해 검증되었는데, 2분 걷기와 Modified Balke 프로토콜을 이용한 최대하 트레드밀검사는 강한(strong) 상관관계($r=0.74$)가 있었고(Rikli & Jones, 1999), Bruce 프로토콜을 이용한 최대 운동부하검사와도 강한 상관관계($r=0.70$, $p < .001$)가 있다고 보고되었다(Ricci et al., 2019). 본 연구에서 2분 걷기의 준거타당도 분석 결과 상관계수가 0.457로 기존의 선행연구들에 비해 다소 낮으나 통계적으로 유의하게 나타나($p < .001$) 노인 대상의 심폐체력을 측정하기에 타당한 방법이라고 판단된다.

2분 걷기는 6분 걷기 수행이 어려운 경우에 대안으로 사용되는 측정 방법이며(Garcia et al., 2013), 이 두 가지 검사 간의 타당도를 심장재활 중인 노인인 건강한 노인을 대상으로 검증한 결과 상관계수가 각각 0.87($p < .001$), 0.696($p < .001$)으로 강한 상관관계가 나타난a(Berlanga et al., 2023; Chow et al., 2023) 두 검사를 상호 교환적으로 사용해도 문제가 없다는 것이 확인되었다. 일부 연구에서는 2분 걷기가 심폐체력 수준이 낮아 오래 걷는데 어려움이 있는 고혈압(Pedrosa & Holanda, 2009), 관상동맥 질환(Oliveros et al., 2022), 말초동맥 질환(Braghieri et al., 2021), 심부전(Alosco et al., 2012), 무릎 골관절염(de Morais Almeida et al., 2022) 등이 있는 노인에게 6분 걷기보다 더 적합하다고 보고하고 있다.

본 연구에서 5세 단위의 연령 집단으로 구분하여 최대산소섭취량과 2분 걷기의 상관관계를 분석한 결과 여자($r=0.482$)에 비해 남자($r=0.428$)의 상관계수가 낮았으며, 연령대가 증가할수록 75-79세 그룹을 제외하고 상관계수가 점차 낮아지는 경향성을 보였다. 최대산소섭취량은 일생동안 일정하게 감소하지는 않지만 매 10년마다 가속화되어 감소하였고 여자보다 남자의 감소율이 더 크게 나타났다(Fleg et al., 2005; Izquierdo et al., 2021). 남자는 여자보다 초기에 최대산소섭취량이 더 높지만 10년 동안의 감소율이 14.7%인데 반해 여자는 55세에서 84세 사이에 감소율이 7%로 나타났는데(Stathokostas et al., 2004) 이러한 결과가 초래된 이유는 최대 심박출량과 동정맥 산소차가 감소하였기 때문이다(Weiss et al., 2006).

Milanović et al.(2013)의 연구에서 2분 걷기 횟수는 70-80세 그룹이 60-69세 그룹에 비해 유의하게 낮게 나타났다($p < .05$). 40세

이후부터 유산소 능력이 현저하게 감소되기 시작하여 65세에는 약 30% 정도가 감소된다(Kostić et al., 2011). 이는 노인이 나이가 들어가면서 최대산소섭취량이 매년 약 0.5-1.0%가 감소하기 때문에 걷기, 달리기 등의 활동을 할 수 있는 유산소 능력이 저하된다는 것을 의미한다(Martin & Morgan, 1992). 이러한 이유로 연령이 증가됨에 따라 상관계수가 낮아졌을 것이라 사료된다. 본 연구에서 2분 걷기 횟수는 65-69세가 112±15.49회, 70-74세가 113.67±14.61회, 75-79세가 104.17±17.28회, 80세 이상이 99.77±14.95회로 선행연구와 유사하게 연령에 따라 감소하는 경향성을 보였으나 75-79세 그룹의 표준편차가 다른 연령대 그룹에 비해 크게 나타났기 때문에 상관계수가 다른 연령 그룹에 비해 상대적으로 낮게 나온 것이라 생각된다.

최대산소섭취량의 추정식 개발을 위해 설명변수로 성, 연령, 신장, 체중, 체지방량, 체지방률, 제지방량, BMI, 2분 걷기 총 횟수, 심장질환, 근골격계 질환, 고혈압, 당뇨병 진단 여부, 고혈압 약 투약 여부를 모두 투입하였으나 체지방량과 고혈압 약 투약 여부 변인의 다중 공선성이 높게 나타나 이 두 가지 변인을 제외하고 단계적 선택법으로 회귀분석을 수행하였다. 그 결과 최종적으로 성, 연령, 2분 걷기 시 총 횟수, 체지방률이 설명변수로 채택되었다(Adjusted $R^2=0.430$, $p<.001$).

노화가 진행됨에 따라 심폐체력, 근력, 지구력, 민첩성, 유연성 등의 체력 요인이 감소하는 경향이 있으며, 이로 인해 정상적인 기능에 문제가 발생하여 일상생활에 어려움을 초래한다(Riebe et al., 2009). Hurley & Roth(2000)의 연구에 따르면 체력 요인들 중 근력은 50세 이후에 10년 마다 약 12-14%가 감소한다고 하였고, Daley & Spinks(2000)의 연구에서는 근력과 근육량이 30-80세 사이에 30-50% 정도 감소한다고 하였다. 이처럼 근력 또는 근육량이 감소하는 임상적인 증상을 근감소증(Sarcopenia)이라고 정의하고 있으며(Marzetti et al., 2017) 여러 선행연구에서 질병의 이환율, 사망률, 신체적 장애, 낙상, 골절, 우울증, 삶의 질 저하 등과 관련이 있다고 보고하고 있다(Landi et al., 2010, 2012; Lang et al., 2010). 그 뿐만 아니라 근감소증은 본 연구에서 사용된 심폐체력 측정 도구인 2분 걷기에도 부정적인 영향을 미칠 수 있다.

2분 걷기 측정 시 양쪽 무릎을 일정 높이 이상으로 번갈아 가며 지속적으로 올려야 하며, 한 쪽 무릎이 올라갔다가 다시 지면에 닿을 때 까지 반대쪽 다리가 안정적으로 지지해야 하는 시간이 필요하기 때문에 평소에 걷는 동작에 비해 강도가 높다(Zhao & Chung, 2016). 노인 51명을 대상으로 2분 걷기와 6분 걷기를 모두 수행한 선행연구(Berlanga et al., 2023)에서 2분 걷기의 운동자각도(5.82 ± 1.87)가 6분 걷기의 운동자각도(4.11 ± 2.03)에 비해 통계적으로 유의하게 높은 것으로 나타났다($p<.001$). Senior Fitness Test를 개발한 Rikli & Jones(1999)의 연구에 따르면 2분 걷기 측정 시, 대상자가 스스로 보행 속도(cadence)를 조절해서 2분 동안 유지해야 하지만 파일렛 테스트 결과 많은 노인들이 보행 속도를 끝까지 유지하기 어려웠던 것으로 나타났다. 또한 2분 걷기($r=0.61$, $p<.001$)는 6분 걷기($r=0.48$, $p<.001$)에 비해 하지 근력과 긍정적인 상관관계가 더욱 강하게 나타났는데 이는 6분 걷기가 평평한 지면 위를 걷는 동작으로 측정이 이루어지는 반면에 2분 걷기는 평지가 아닌 계단을 오르는 것과 같은 동작을 지속적으로 수행해야 하므로 심폐체력 평가뿐만 아니라 하지 근지구력 평가에도 적합한 측정 도구라고 보고하였다(Węgrzynowska-Teodorczyk et al., 2016).

교차타당도 분석 결과, 상관계수가 0.654($p<.001$)로 나타나 개발된 추정식의 타당도가 검증되어 현장에서 활용이 가능할 것으로 사료된다. 그러나 2분 걷기는 대상자 스스로가 측정이 이루어지는 2분 내내 보행 속도를 빠르면서도 일정하게 유지시키지 못한다면 정확한 측정이 이루어지지 않을 수 있다. 또한 연령의 증가, 하지 근육량 감소, 근골격계 질환 등으로 인하여 하지 근력이 저하되면 무릎을 들어 올리는 고강도의 동작을 지속적으로 수행하는데 어려움이 있으므로 심폐체력보다 하지 근력이 2분 걷기 횟수에 더 큰 영향을 미칠 수 있을 것이다. 하지만 2분 걷기는 좁은 공간에서도 측정이 가능하고 측정 시간이 짧기 때문에 많은 인원을 측정하기에 보다 적합한 도구일 것이라 판단된다. 본 연구에서 표본의 규모를 연령에 따라 설계하여 모집하였으나 총 대상자 수가 150명으로 다양한 특성을 가진 노인을 모두 대표하기에는 어려움이 있다는 제한점이 있으므로 더 많은 대상자를 모집하여 측정한다면 보다 의미 있는 결론을 도출할 수 있을 것이라 생각된다.

결론 및 제언

본 연구는 한국 노인을 대상으로 2분 걷기 타당도를 처음으로 검증한 연구이다. 직접 측정된 최대산소섭취량과 2분 걷기 간의 준거타당도를 검증한 결과 상관계수가 유의하게 나타났으며, 본 연구를 통해 개발된 추정식을 검증한 교차타당도 또한 모두 상관계수가 유의하게 나타났다. 최종적으로 개발된 최대산소섭취량 추정식의 설명변수는 성, 연령, 2분 걷기 시 총 횟수, 체지방률인 것으로 나타났으며, 이 변수들은 측정하기에 간단하고 현장에서 활용하기에 용이한 변인들인 것으로 판단된다. 그러나 본 연구의 대상자 수보다 더 많은 수의 대상자들을 측정할 후 개발된 추정식의 타당도 검증이 한 번 더 이루어진다면 보다 현장에서 유용하게 활용할 수 있을 것이라 예상된다.

CONFLICT OF INTEREST

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

AUTHOR CONTRIBUTION

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

참고문헌

- Alosco, M. L., Spitznagel, M. B., Raz, N., Cohen, R., Sweet, L. H., Colbert, L. H., ... & Gunstad, J. (2012). The 2-minute step test is independently associated with cognitive function in older adults with heart failure. *Aging Clinical and Experimental Research*, 24(5), 468-474.
- ACSM(American College of Sports Medicine. (2021). ACSM's guidelines for exercise testing and prescription. Philadelphia, PA: Lippincott Williams & Wilkins.
- Berlanga, L. A., Matos-Duarte, M., Abdalla, P., Alves, E., Mota, J., & Bohn, L. (2023). Validity of the two-minute step test for healthy older adults. *Geriatric Nursing*, 51, 415-421.
- Bohannon, R. W., & Crouch, R. H. (2019). Two-minute step test of exercise capacity: systematic review of procedures, performance, and clinimetric properties. *Journal of Geriatric Physical Therapy*, 42(2), 105-112.
- Bouaziz, W., Lang, P. O., Schmitt, E., Kaltenbach, G., Geny, B., & Vogel, T. (2016). Health benefits of multicomponent training programmes in seniors: A systematic review. *International Journal of Clinical Practice*, 70(7), 520-536.
- Bouaziz, W., Vogel, T., Schmitt, E., Kaltenbach, G., Geny, B., & Lang, P. O. (2017). Health benefits of aerobic training programs in adults aged 70 and over: A systematic review. *Archives of Gerontology and Geriatrics*, 69, 110-127.
- Braghieri, H. A., Kanegusuku, H., Dal Corso, S., Cucato, G. G., Monteiro, F., Wolosker, N., ... & Ritti-Dias, R. M. (2021). Validity and reliability of 2-min step test in patients with symptomatic peripheral artery disease. *Journal of Vascular Nursing*, 39(2), 33-38.
- Cheng, X., Yang, Y., Schwebel, D. C., Liu, Z., Li, L., Cheng, P., ... & Hu, G. (2020). Population ageing and mortality during 1990-2017: A global decomposition analysis. *PLoS Medicine*, 17(6), e1003138.
- Chow, J. J. L., Fitzgerald, C., & Rand, S. (2023). The 2 min step test: A reliable and valid measure of functional capacity in older adults post coronary revascularisation. *Physiotherapy Research International*, 28(2), e1984.
- Daley, M. J., & Spinks, W. L. (2000). Exercise, mobility and aging. *Sports Medicine*, 29(1), 1-12.
- de Moraes Almeida, T. F., Dibai-Filho, A. V., de Freitas Thomaz, F., Lima, E. A. A., & Cabido, C. E. T. (2022). Construct validity and reliability of the 2-minute step test in patients with knee osteoarthritis. *BMC Musculoskeletal Disorders*, 23, 159.
- Dourado, V. Z., Nishiaka, R. K., Simões, M. S. M. P., Lauria, V. T., Tanni, S. E., Godoy, I., ... & Arantes, R. L. (2021). Classification of cardiorespiratory fitness using the six-minute walk test in adults: Comparison with cardiopulmonary exercise testing. *Pulmonology*, 27(6), 500-508.
- Fleg, J. L., Morrell, C. H., Bos, A. G., Brant, L. J., Talbot, L. A., Wright, J. G., & Lakatta, E. G. (2005). Accelerated longitudinal decline of aerobic capacity in healthy older adults. *Circulation*, 112(5), 674-682.
- Garcia, S., Alosco, M. L., Spitznagel, M. B., Cohen, R., Raz, N., Sweet, L., ... & Gunstad, J. (2013). Cardiovascular fitness associated with cognitive performance in heart failure patients enrolled in cardiac rehabilitation. *BMC Cardiovascular Disorders*, 13, 29.
- Gopinath, B., Kifley, A., Flood, V. M., & Mitchell, P. (2018). Physical activity as a determinant of successful aging over ten years. *Scientific Reports*, 8, 10522.
- Hepple, R. T., Mackinnon, S. L. M., Thomas, S. G., Goodman, J. M., & Plyley, M. J. (1996). Quantitating the capillary supply and the response to resistance training in older men. *Pflügers Archiv*, 433(3), 238-244.
- Hurley, B. F., & Roth, S. M. (2000). Strength training in the elderly: Effects on risk factors for age-related diseases. *Sports Medicine*, 30(4), 249-268.
- Izquierdo, M., Merchant, R. M., Morley, J. E., Anker, S. D., Aprahamian, I., Arai, H., ... & Singh, M. F. (2021). International exercise recommendations in older adults (ICFSR): Expert consensus guidelines. *The Journal of Nutrition, Health & Aging*, 25(7), 824-853.
- Jones, C. J., & Rikli, R. E. (2002). Measuring functional fitness of older adults. *The Journal on Active Aging, March-April*, 24-30.
- Kaminsky, L. A., Arena, R., Ellingsen, Ø., Harber, M. P., Myers, J., Ozemek, C., & Ross, R. (2019). Cardiorespiratory fitness and cardiovascular disease - The past, present, and future. *Progress in Cardiovascular Diseases*, 62(2), 86-93.
- Kim, S. (2022). Association between cardiorespiratory fitness and metabolic syndrome in Korean older adults. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 19(6), 3671.
- Kim, S.-Y. (2020). A study on the decomposition of contributions by age to changes in life expectancy at birth in Korea and visualization of mortality improvement. *Journal of Korean Official Statistics*, 25(3), 1-31.
- Kostić, R., Uzunović, S., Pantelić, S., & Đurašković, R. (2011). A comparative analysis of the indicators of the functional fitness of the elderly. *Facta Universitatis: Series Physical Education & Sport*, 9(2), 161-171.
- Landi, F., Liperoti, R., Russo, A., Giovannini, S., Tosato, M., Capoluongo, E., ... & Onder, G. (2012). Sarcopenia as a risk factor for falls in elderly individuals: Results from the iSIRENTE study. *Clinical Nutrition*, 31(5), 652-658.
- Landi, F., Russo, A., Liperoti, R., Pahor, M., Tosato, M., Capoluongo, E., ... & Onder, G. (2010). Midarm muscle circumference, physical performance and mortality: Results from the aging and longevity study in the Sirente geographic area (iSIRENTE study). *Clinical Nutrition*, 29(4), 441-447.
- Lang, T., Streeper, T., Cawthon, P., Baldwin, K., Taaffe, D. R., & Harris, T. B. (2010). Sarcopenia: Etiology, clinical consequences,

- intervention, and assessment. *Osteoporosis International*, 21, 543-559.
- Langhammer, B., Bergland, A., & Rydwick, E. (2018).** *The importance of physical activity exercise among older people.* BioMed research international, 2018, 7856823.
- Lee, O., Lee, S., Kang, M., Mun, J., & Chung, J. (2019).** Prediction of maximal oxygen consumption using the young men's christian association-step test in Korean adults. *European Journal of Applied Physiology*, 119(5), 1245-1252.
- Mandsager, K., Harb, S., Cremer, P., Phelan, D., Nissen, S. E., & Jaber, W. (2018).** Association of cardiorespiratory fitness with long-term mortality among adults undergoing exercise treadmill testing. *JAMA Network Open*, 1(6), e183605.
- Martin, P. E., & Morgan, D. W. (1992).** Biomechanical considerations for economical walking and running. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 24(4), 467-474.
- Marzetti, E., Calvani, R., Tosato, M., Cesari, M., Di Bari, M., Cherubini, A., ... & Landi, F. (2017).** Sarcopenia: An overview. *Aging Clinical and Experimental Research*, 29(1), 11-17.
- Milanović, Z., Pantelić, S., Trajković, N., Sporiš, G., Kostić, R., & James, N. (2013).** Age-related decrease in physical activity and functional fitness among elderly men and women. *Clinical Interventions in Aging*, 8, 549-556.
- Nauman, J., Nes, B. M., Lavie, C. J., Jackson, A. S., Sui, X., Coombes, J. S., ... & Wisløff, U. (2017).** Prediction of cardiovascular mortality by estimated cardiorespiratory fitness independent of traditional risk factors: The HUNT study. *Mayo Clinic Proceedings*, 92(2), 218-227.
- Oliveros, M. J., Seron, P., Román, C., Gálvez, M., Navarro, R., Latin, G., ... & Muñoz, S. (2022).** Two-minute step test as a complement to six-minute walk test in subjects with treated coronary artery disease. *Frontiers in Cardiovascular Medicine*, 9, 848589.
- Pedrosa, R., & Holanda, G. (2009).** Correlation between the walk, 2-minute step and TUG tests among hypertensive older women. *Brazilian Journal of Physical Therapy*, 13(3), 252-256.
- Rebello-Marques, A., De Sousa Lages, A., Andrade, R., Ribeiro, C. F., Mota-Pinto, A., Carrilho, F., & Espregueira-Mendes, J. (2018).** Aging hallmarks: The benefits of physical exercise. *Frontiers in Endocrinology*, 9, 258.
- Ricci, P. A., Cabiddu, R., Jürgensen, S. P., André, L. D., Oliveira, C. R., Di Thommazo-Luporini, L., ... & Borghi-Silva, A. (2019).** Validation of the two-minute step test in obese with comorbidities and morbidly obese patients. *Brazilian Journal of Medical and Biological Research*, 52(9), e8402.
- Riebe, D., Blissmer, B. J., Greaney, M. L., Garber, C. E., Lees, F. D., & Clark, P. G. (2009).** The relationship between obesity, physical activity, and physical function in older adults. *Journal of Aging and Health*, 21(8), 1159-1178.
- Rikli, R. E., & Jones, C. J. (1999).** Development and validation of a functional fitness test for community-residing older adults. *Journal of Aging and Physical Activity*, 7(2), 129-161.
- Stathokostas, L., Jacob-Johnson, S., Petrella, R. J., & Paterson, D. H. (2004).** Longitudinal changes in aerobic power in older men and women. *Journal of Applied Physiology*, 97(2), 781-789.
- Statistics Korea. (2023).** 2022 population trend survey birth and death statistics (provisional). Retrieved from https://kostat.go.kr/board.es?mid=a10301020300&bid=204&act=view&list_no=423833
- Veronese, N. (2020).** *Frailty and cardiovascular diseases.* Cham, Switzerland: Springer.
- Węgrzynowska-Teodorczyk, K., Mozdzanowska, D., Josiak, K., Siennicka, A., Nowakowska, K., Banasiak, W., ... & Woźniewski, M. (2016).** Could the two-minute step test be an alternative to the six-minute walk test for patients with systolic heart failure? *European Journal of Preventive Cardiology*, 23(12), 1307-1313.
- Weiss, E. P., Spina, R. J., Holloszy, J. O., & Ehsani, A. A. (2006).** Gender differences in the decline in aerobic capacity and its physiological determinants during the later decades of life. *Journal of Applied Physiology*, 101(3), 938-944.
- Wu, G., Sanderson, B., & Bittner, V. (2003).** The 6-minute walk test: How important is the learning effect? *American Heart Journal*, 146(1), 129-133.
- Young, J., Angevaren, M., Rusted, J., & Tabet, N. (2015).** Aerobic exercise to improve cognitive function in older people without known cognitive impairment. *Cochrane Database of Systematic Reviews*, 4, CD005381.
- Zhao, Y., & Chung, P.-K. (2016).** Differences in functional fitness among older adults with and without risk of falling. *Asian Nursing research*, 10(1), 51-55.

한국 노인의 2분 걷기 타당도 확인 및 최대산소섭취량 추정식 개발

박소영¹, 임정준², 이은³

¹서울대학교, 강사

²서울대학교, 학술연구교수

³한국스포츠정책과학원, 연구위원

[목적] 본 연구는 한국 노인 대상의 2분 걷기 준거타당도를 확인하고, 최대산소섭취량 추정식을 개발한 후 교차타당도를 검증하는 데 있다.

[방법] 65세 이상 노인 150명 (남자 74명, 여자 74명)을 대상으로 최대하 운동부하검사와 2분 걷기를 실시한 후 상관분석을 수행하여 준거타당도를 확인하였다. 다중회귀분석을 통해 최대산소섭취량 추정식을 개발하였으며, 최대산소섭취량의 측정값과 예측값 간의 상관분석을 수행하여 교차타당도를 확인하였다.

[결과] 최대산소섭취량과 2분 걷기 간의 상관계수는 0.457 ($p < .001$)로 유의하게 나타났다. 개발된 최대산소섭취량 추정식의 Adjusted R^2 는 0.430 ($p < .001$)으로 유의하게 나타났으며, 최종적으로 선택된 설명변수는 성, 연령, 2분 걷기 횟수, 체지방률이었다. 측정된 최대산소섭취량 (19.08 ± 4.36)과 추정식으로 예측된 최대산소섭취량 (19.73 ± 3.36) 간의 상관계수는 0.654 ($p < .001$)로 유의하게 나타났다.

[결론] 본 연구를 통해 한국 노인을 대상으로 2분 걷기의 준거타당도가 검증되었으며, 개발한 최대산소섭취량 추정식의 교차타당도가 검증되었다. 추정식의 설명변수는 현장에서 적용하기에 용이할 것이라 판단되며, 더 많은 수의 인원을 대상으로 개발된 추정식의 타당도 검증이 이루어진다면 보다 의미 있는 결과가 도출될 것이다.

주요어

노인 2분 걷기, 최대산소섭취량, 타당도, 추정식