

El peso corporal, la estatura, variables del estilo de vida y cardiovasculares predicen el VO₂ máx. en estudiantes universitarios

Body weight, height, lifestyle and cardiovascular variables predict the VO₂ max in college student

Vásquez Gómez, Jaime A^{1,4,5}; Castillo Retamal, Marcelo E²; Faundez Casanova, Cesar P²; Souza de Carvalho, Ricardo²; Valdes Badilla, Pablo^{3,6}

1 Vicerrectoría de Investigación y Postgrado, Universidad Católica del Maule, Talca, Chile.

2 Departamento de Ciencias de la Actividad Física, Universidad Católica del Maule, Talca, Chile.

3 Instituto de Actividad Física y Salud, Universidad Autónoma de Chile, Temuco, Chile.

4 Recerca de l'Educació Física i l'Esport (EDUFISES), Universitat de Barcelona, España.

5 ELHOC Research Group - Epidemiology of Lifestyle and Health Outcomes in Chile.

6 Programa de Doctorado en Ciencias de la Actividad Física, Facultad de Ciencias de la Educación, Universidad Católica del Maule, Chile.

Recibido: 27/junio/2018. Aceptado: 5/octubre/2018.

RESUMEN

Introducción: se puede utilizar medios simples para predecir el VO₂ máx., como a través de las características corporales y el estilo de vida.

Objetivos: elaborar una ecuación para estimar el VO₂ máx. en base al peso, estatura, variables del estilo de vida y cardiovasculares en estudiantes universitarios.

Métodos: participaron 35 hombres y 35 mujeres de 22,5±1,9 años a quienes se les midió el peso corporal, estatura, se registró el consumo de alcohol, tabaco y medicamentos, variables cardiorrespiratorias en reposo y el VO₂ máx. en una prueba en cicloergómetro hasta el agotamiento. Se determinó la correlación entre variables, se incluyeron en una ecuación multivariada y se verificó la concordancia del modelo con el diagrama de Bland-Altman. Se asignó una significancia de p<0,05 con el programa SPSS v.20.

Resultados: la ecuación de predicción es VO₂ máx. (ml·min⁻¹) = -1268,945 + (1305,94 × Sexo [Mujer= 2; Hombre= 1]) + (17,868 × Peso) + (1034,204 × Estatura) + (-97,223 × Medicamentos [SI= 1; NO= 2]) + (3,867 × Presión arterial sistólica [PAS]) + (-5,574 × frecuencia cardíaca reposo [FCr]) (r= 0,892; r²= 0,795; p<0,001). Según Bland-Altman no hay diferencias entre la ecuación y el test en cicloergómetro (p= 0,644) y ningún valor del VO₂ máx. estuvo fuera de los límites de concordancia.

Discusión: el principal hallazgo es que el peso y la estatura tienen el mayor poder predictivo, junto al sexo, y las demás variables lo aumentan, además, es un estudio pionero en Chile. Algunas investigaciones utilizan características corporales y estilos de vida para predecir el VO₂ máx., pero solo dos incluyen el tabaquismo, una la FC y ninguna la presión arterial.

Conclusiones: variables antropométricas, del estilo de vida y cardiovasculares predicen el VO₂ máx. Se puede utilizar el modelo predictivo considerando las diferencias entre las características de las personas y entre países.

PALABRAS CLAVE

Peso corporal, estatura, estilo de vida, procesos fisiológicos cardiovasculares, consumo de oxígeno.

Correspondencia:
Jaime A. Vásquez Gómez
jvasquez@ucm.cl

ABSTRACT

Introduction: To predict VO_2 max it can be used simple means such as body characteristics and lifestyle.

Aim: To elaborate an equation to estimate the VO_2 max based on body weight, height, lifestyle and cardiovascular variables in college students.

Methods: In a sample of 35 men and 35 women of 22.5 ± 1.9 years body weight, height, consumption of alcohol, tobacco and medications, cardiorespiratory variables at rest and VO_2 max in a cycle ergometer test until exhaustion were measured. A correlation between variables was determined, which were included in a multivariate equation and the agreement of the model with the Bland-Altman diagram was verified. A significance of $p < 0.05$ was assigned with the SPSS v.20 program.

Results: the prediction equation is VO_2 max ($ml \cdot min^{-1}$) = $-1268.945 + (1305.94 \times \text{Sex [Female = 2, Male = 1]}) + (17.868 \times \text{Weight}) + (1034.204 \times \text{Height}) + (-97.223 \times \text{Medications [YES = 1, NO = 2]}) + (3.867 \times \text{Systolic blood pressure}) + (-5.574 \times \text{Resting heart rate [HRr]})$ ($r = 0.892$, $r^2 = 0.795$, $p < 0.001$). According to Bland-Altman there are no differences between the equation and the cycle ergometer test ($p = 0.644$) and no values of VO_2 max were outside the limits of agreement.

Discussions: the main finding is that weight and stature have the greatest predictive power, along with sex, and the other variables increase it, in addition, it is a pioneering study in Chile. Some research uses body characteristics and lifestyles to predict VO_2 max, but only two include smoking, one HR and none blood pressure.

Conclusions: Anthropometric, lifestyle and cardiovascular variables predict VO_2 max. The predictive model can be used considering the differences between the characteristics of people and between countries.

KEY WORDS

Body weight, body height, life style, cardiovascular physiological processes, oxygen consumption.

ABREVIATURAS

- AF: actividad física.
- IMC: índice de masa corporal.
- FC: frecuencia cardíaca.
- FCr: Frecuencia cardíaca de reposo.
- PAS: presión arterial sistólica.
- PAD: presión arterial diastólica.
- PSE: percepción subjetiva del esfuerzo.
- SPSS: Statistical Package for the Social Sciences.
- VO_2 máx.: consumo máximo de oxígeno.

INTRODUCCIÓN

Una baja aptitud cardiorrespiratoria se ha asociado con enfermedades crónicas en la población, por lo que se hace pertinente hacer evaluaciones para el control de dicha aptitud. Cuando se trata de abordar estudios con grandes muestras esto tiene algunas limitaciones debido a la cantidad de tiempo utilizado en hacer las evaluaciones, a los aspectos técnicos, por el material e infraestructura, e inclusive por el elevado coste económico. Ante esto, es necesario disponer de medios más simples que reemplacen a los test que requieren esfuerzo físico, y que como alternativa consideren características físicas de las personas o sus hábitos de vida para poder evaluar¹.

Desde hace varios años se ha intentado desarrollar ecuaciones de predicción de la capacidad cardiorrespiratoria comparando las fórmulas de predicción que no incorporan el ejercicio físico con algunos test estandarizados que miden el consumo de oxígeno². Esta idea se ha podido materializar más tarde en un estudio epidemiológico para predecir el VO_2 máx.³, de echo en la última década Ramírez et al.⁴, concluyen que los modelos de predicción pueden ser viables para evaluar el VO_2 máx. en estudios poblacionales. Las variables que generalmente se han utilizado para predecir el VO_2 máx. desde los años 90 hasta la década del 2000 en diferentes muestras de la población han sido la edad, el sexo, el índice de masa corporal (IMC), el nivel de actividad física (AF) y el porcentaje de grasa corporal⁵.

OBJETIVOS

Elaborar un modelo predictivo del VO_2 máx. a partir del peso corporal, la estatura, variables del estilo de vida y cardiovasculares en estudiantes universitarios de ambos sexos.

MÉTODOS

Estudio transversal, descriptivo y correlacional. Participaron estudiantes universitarios de diferentes carreras excepto de educación física, 35 mujeres y 35 hombres de $22,5 \pm 1,9$ años con un IMC de $24,2 \pm 2,6$ kg/m^2 quienes firmaron un consentimiento informado que se guio por los resguardos éticos de la declaración de Helsinki expuestos en los documentos del Comité de Ética de la Universidad Católica del Maule (87/2017). Se procedió en una sola sesión en que se midió el peso corporal y estatura (báscula/estadímetro DETECTO 3P7044 de 140 kg, EEUU), se registró el consumo de medicamentos, alcohol y tabaco por auto-reporte (SÍ - NO), la PAS y la PAD, la FCr (monitor OMRON modelo BP760, Japón) y saturación de oxígeno (oxímetro Carewell modelo F1, China), todas en reposo. Posteriormente se estimó el VO_2 máx. con el test de Storer⁶ (cicloergómetro Monark Ergomedic 282E, Suecia) que consistió en pedalear a 60 revoluciones/minuto a ritmo de un metrónomo iniciándose con 15 vatios y aumentando 15 vatios cada minuto donde se consideró la última carga soportada (vatios) para estimar el VO_2 máx. En el aná-

lisis estadístico se comprobó el supuesto de normalidad con el test de Kolmogorov-Smirnov o Shapiro-Wilk, según corresponda, y la homocedasticidad con la prueba de Levene. Para las posibles diferencias entre hombres y mujeres se utilizó la prueba T-Student para muestras independientes o el test de Wilcoxon, cuando corresponda, y la correlación entre el VO₂ máx. y las variables independientes se estableció con la correlación de Spearman o Pearson, según corresponda, para así utilizar las variables en una regresión multivariada. Se determinó la bondad de ajuste con el coeficiente de determinación (r²) y se verificó la concordancia entre lo observado del VO₂ máx. en el test en cicloergómetro y lo previsto en la ecuación multivariada por medio del diagrama de Bland-Altman. La significancia fue p<0,05 con el programa SPSS v.20 (IBM, EEUU).

RESULTADOS

El VO₂ máx. fue explicado por las variables independientes de sexo, peso corporal, estatura, consumo de medicamentos, PAS y FCr. Las características corporales de hombres y muje-

res, variables de estilo de vida y cardiorrespiratorias se detallan en la tabla 1.

La ecuación de predicción es VO₂ máx. (ml·min⁻¹) = -1268,945 + (1305,94 × Sexo) + (17,868 × Peso) + (1034,204 × Estatura) + (-97,223 × Medicamentos) + (3,867 × PAS) + (-5,574 × FCr), con r = 0,892 y un r² = 0,795 (p<0,001). En la ecuación, el sexo para mujeres es 2 y para hombres 1, el peso en kg, la estatura en metros, el consumo de medicamentos es SI= 1, o NO= 2, la PAS en mmHg y la FCr en pulsaciones/minuto. Los predictores y el modelo de regresión se muestran en la tabla 2.

El diagrama de Bland-Altman mostró que no hubo diferencias significativas entre el VO₂ máx. observado en el test de Storer y el que se estimó con la ecuación (p=0,644) y que ningún par del VO₂ máx. estuvo fuera de los límites de concordancia (Figura 1), los que fueron entre - 2766,48 y 2614,32 ml·min⁻¹. Además, la diferencia de medias entre la ecuación y el test de Storer fue -76,08 ± 1372,65 ml·min⁻¹ (sesgo promedio cercano a cero) con un intervalo de con-

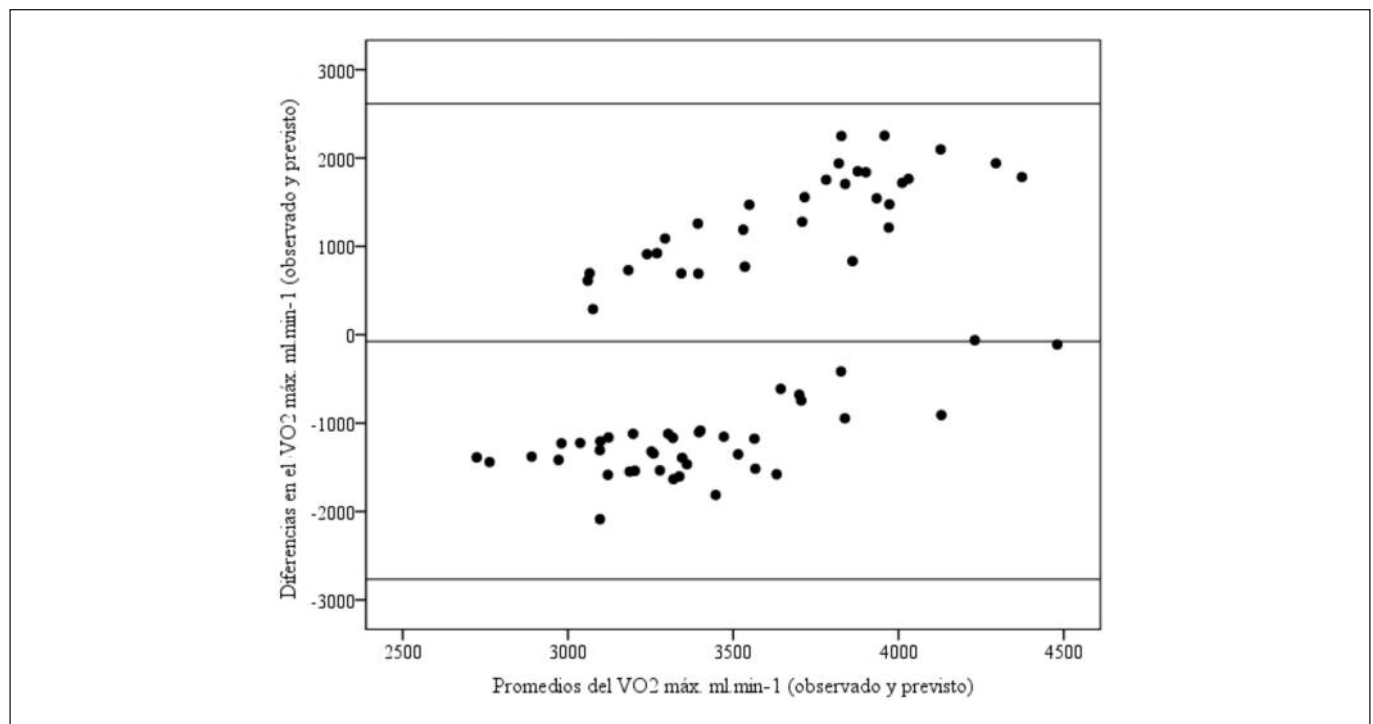
Tabla 1. Características corporales, del estilo de vida y cardiorrespiratorias.

Variables	Total (n=70)		Hombres (n=35)		Mujeres (n=35)		p-valor ^a
	Media	DE	Media	DE	Media	DE	
Edad (años)	22,6	1,9	22,5	2	22,6	1,9	0,806 ^c
Peso (kg)	67,3	10,1	72,1	9	62,4	8,8	<0,001 ^c
Estatura (m)	1,66	0,08	1,72	0,06	1,61	0,06	<0,001 ^b
IMC (kg/m ²)	24,2	2,65	24,3	2,6	24,1	2,7	0,841 ^b
PAS reposo (mmHg)	118,2	13,9	123,2	13,2	113,1	12,9	0,002 ^b
PAD reposo (mmHg)	73,4	8,6	72,5	8,9	74,3	8,2	0,398 ^b
FCr (p/m)	77,3	12,7	71,8	11,2	82,7	12	0,001 ^c
Saturación O ₂ reposo (%)	97,7	2	97,6	1,8	97,9	2,3	0,272 ^c
Storer, FC máx. (p/m)	182,9	4,4	183,1	3,8	182,7	4,9	0,893 ^c
Storer, PSE (6 a 20)	16,2	2,3	4303,9	604,8	15,7	2,5	0,092 ^c
Storer, VO ₂ máx. (ml·min ⁻¹)	3472,5	974,7	16,7	2	2641,2	373,1	<0,001 ^b
	n	%	n	%	n	%	
Medicamentos (sí)	20	28,6	3	8,6	17	48,6	
Tabaco (sí)	13	18,6	7	20	6	17,1	
Alcohol (sí)	24	34,3	14	40	10	28,6	

^a: diferencias entre hombres y mujeres; ^b: T-Student; ^c: Wilcoxon.

Tabla 2. Predictores univariables y modelo de regresión que explica el VO₂ máx.

Variables	r ²	p-valor	Coeficientes no estandarizados		95% intervalo de confianza para B	
			B	Error estándar	Límite inferior	Límite superior
Constante			-1268,945	1816,985	-4899,9	2362,01
Sexo	0,72	<0,001	1305,94	175,137	955,957	1655,923
Peso	0,36	<0,001	17,868	8,353	1,175	34,56
Estatura	0,54	<0,001	1034,204	1213,574	-1390,93	3459,338
Medicamentos	0,11	0,004	-97,223	139,779	-376,589	182,143
PAS	0,17	<0,001	3,867	4,862	-5,85	13,583
FCr	0,19	<0,001	-5,574	4,875	-15,316	4,167

Figura 1. Diagrama de Bland-Altman, acuerdo entre lo observado y la predicción.

fianza del 95% (-403,37 a 251,218) que indica que la ecuación predice el VO₂ máx. entre -403,37 y 251,21 ml·min⁻¹.

DISCUSIÓN

El principal hallazgo de este estudio es que las variables de peso corporal y estatura son las que tienen mayor poder predictivo del VO₂ máx. junto a la variable sexo. También, que el estilo de vida como el consumo de medicamentos y las variables cardiovasculares como la PAS y la FCr explican el VO₂ máx. y potencian el poder de predicción de la ecuación. Esto

es el aporte en nuevo conocimiento respecto a otros modelos para la estimación del VO₂ máx., ya que en investigaciones reportadas en la literatura algunas variables han sido poco estudiadas, como el consumir o no medicamentos, la PAS y FCr, de modo que este estudio puede ser un complemento. También recalamos la importancia de medir la capacidad cardiorrespiratoria en esta población ya que es un indicador de enfermedades coronarias y que al tener este nuevo modelo de predicción es más fácil y más rápido que realizarlo con test de esfuerzo físico. Otro hecho muy importante es que, según

nuestra revisión, este es el primer estudio que se realiza en el contexto chileno, y sobre todo en universitarios.

Los datos reportados en las investigaciones sobre el tema indican que la predicción del VO₂ máx. se ha realizado en base a variables como la edad, sexo, IMC, porcentaje de grasa corporal y cuestionarios de AF^{7,8,9}, otra investigación incorpora en su ecuación la FCr, pero en otro modelo no la adhiere¹⁰, inclusive se ha añadido la AF de tiempo libre para predecir el VO₂ máx.¹¹, y recientemente se ha sumado el tiempo e intensidad dedicados a la AF y el hábito de fumar¹². Estos resultados coinciden con algunas de las variables que encontramos en nuestro estudio y que tienen relación con el VO₂ máx., aunque otras como la edad, IMC y variables de la AF podrían ser potencialmente predictoras. Pocas de estas investigaciones (las que son más actuales) incluyen, por un lado, la FCr en su ecuación¹⁰ la que también está presente en nuestro trabajo, pero que solo explicó el VO₂ máx. en un bajo porcentaje y, por otro lado, se incorpora el hábito de fumar¹², el que no tuvo una relación significativa con la variable de interés ($p=0,432$) en los universitarios.

Recientemente algunos estudios han utilizado como variables independientes el peso corporal, el porcentaje de grasa, la AF y la AF de tiempo libre¹³, y además el IMC¹⁴, de estas el peso corporal se relacionó significativamente con el VO₂ máx. lo que también ha ocurrido en los resultados de este estudio. En el contexto sudamericano Cáceres et al.¹⁵, predicen el VO₂ máx. con el peso corporal, la estatura, la edad, tabaquismo, y ser sedentario o activo, en donde el peso tuvo una relación con el VO₂ máx. que osciló entre -0,29 y -0,36. Esta variable ha tenido una relación de 0,608 en nuestra investigación, y junto a la estatura también han sido predictores del VO₂ máx. Los modelos predictivos para hombres y mujeres elaborados por estos autores tienen una correlación entre 0,65 y 0,72 que es menor a la encontrada en los universitarios chilenos ($r=0,89$).

La principal limitación de esta investigación es que se realizó una estimación del VO₂ máx. en el test en cicloergómetro, pues idealmente se debería constatar de manera directa.

CONCLUSIONES

Se concluye que algunas variables antropométricas, del estilo de vida y cardiovasculares pueden predecir el VO₂ máx. en los estudiantes universitarios chilenos de ambos sexos. Consideramos que la utilidad práctica del estudio es que los profesionales de la salud puedan utilizar el modelo en el contexto de los estudiantes universitarios, considerando que las ecuaciones elaboradas en otros contextos responden a características corporales, del estilo de vida, ambientales y genéticas propias de las diferencias entre países.

BIBLIOGRAFÍA

1. Neto GAM, Farinatti PDTV. Non-exercise models for prediction of aerobic fitness and applicability on epidemiological studies: descriptive review and analysis of the studies. *Rev Bras Med Esporte*. 2003;9(5):304-14. DOI:10.1590/S1517-86922003000500006.
2. Jackson AS, Blair SN, Mahar MT, Wier LT, Ross RM, Stuteville JE. Prediction of functional aerobic capacity without exercise testing. *Med Sci Sports Exerc*. 1990;22(6):863-70.
3. Cardinal BJ. Predicting cardiorespiratory fitness without exercise testing in epidemiologic studies: a concurrent validity study. *J Epidemiol*. 1996;6(1):31-5. DOI:10.2188/jea.6.31.
4. Ramírez Vélez R, Agredo Zuñiga RA, Ortega Ávila JG, Dosman González VA, López Alban CA. Análisis comparativo del VO₂máx estimado mediante las ecuaciones desarrolladas por Jackson et al y el American College of Sport Medicine en corredores de maratón. *Apunts Med Esport*. 2009;44(162):57-65.
5. Akay MF, Inan C, Bradshaw DI, George JD. Support vector regression and multilayer feed forward neural networks for non-exercise prediction of VO₂max. *Expert Syst Appl*. 2009;36(6):10112-19. DOI:10.1016/j.eswa.2009.01.009.
6. Storer T, Davis J, Caiozzo V. Accurate prediction of VO₂ max in cycle ergometry. *Med Sci Sports Exerc*. 1990;22(5):704-12.
7. Williford HN, Scharff-Olson M, Wang N, Blessing DL, Smith FH, Duey WJ. (1996). Cross-validation of non-exercise predictions of VO₂peak in women. *Med Sci Sports Exerc*. 1996;28(7):926-930. DOI:10.1097/00005768-199607000-00022.
8. George JD, Stone WJ, Burkett LN. Non-exercise VO₂max estimation for physically active college students. *Med Sci Sports Exerc*. 1997;29(3):415-23. DOI:10.1097/00005768-199703000-00019
9. Schembre SM, Riebe DA. Non-exercise estimation of VO₂max using the international physical activity questionnaire. *Meas Phys Educ Exerc Sci*. 2011;15(3):168-81. DOI:10.1080/1091367X.2011.568369.
10. Sloan RA, Haaland BA, Leung C, Padmanabhan U, Koh HC, Zee A. Cross-validation of a non-exercise measure for cardiorespiratory fitness in Singaporean adults. *Singapore Med J*. 2013;54(10):576-80. DOI:10.11622/smedj.2013186.
11. Duque IL, Parra JH, Duvallet A. A new non exercise-based VO₂max prediction equation for patients with chronic low back pain. *J Occup Rehabil*. 2009;19(3):293-99. DOI:10.1007/s10926-009-9180-5.
12. Jang TW, Park SG, Kim HR, Kim JM, Hong YS, Kim BG. Estimation of maximal oxygen uptake without exercise testing in Korean healthy adult workers. *Tohoku J Exp Med*. 2012;227(4):313-19. DOI:10.1620/tjem.227.313.
13. Sullivan K, Shikuma CM, Chow D, Cornelius E, Romine RK, Lindsey RA, et al. Aerobic Fitness Levels and Validation of a Non Exercise VO₂max Prediction Equation for HIV-Infected Patients on HAART. *HIV Clin Trials*. 2014;15(2):69-77. DOI:10.1310/hct1502-69.
14. Kalyanshetti SB, Veluru S. A cross-sectional study of association of body mass index and VO₂ max by nonexercise test in medical students. *Natl J Physiol Pharm Pharmacol*. 2017;7(2):228-31. DOI:10.5455/njppp.2017.7.0825804092016.
15. Cáceres JMS, Ulbrich AZ, Panigas TF, Benetti M. Equações de predição da aptidão cardiorrespiratória de adultos sem teste de exercícios físicos. *Rev Bras Cineantropom Desempenho Hum*. 2012;14(3):287-95. DOI:10.5007/1980-0037.2012v14n3p287.