

Article

# Estimación del VO<sub>2</sub>máx Para Mujeres Adultas Mayores

Rodolfo de Alkmim Moreira Nunes<sup>1,2</sup>, Juliana Brandão Pinto de Castro<sup>1</sup>, Alexandre Fernandes Machado<sup>3</sup>, Jurandir Baptista da Silva<sup>1,2</sup>, Erik Salum de Godoy<sup>1,2</sup>, Luciana de Souza Menezes<sup>1,2</sup>, Danilo Sales Bocalini<sup>3</sup> y Rodrigo Gomes de Souza Vale<sup>1,2,4</sup>

<sup>1</sup>Instituto de Educación Física y Deportes / Programa de Posgrado en Ciencias del Deporte y del Ejercicio / Universidad Estatal de Río de Janeiro, Río de Janeiro, Brasil

<sup>2</sup>Laboratorio de Deportes / Universidad Estatal de Río de Janeiro, Río de Janeiro, Brasil

<sup>3</sup>Laboratorio de Fisiología Translacional/ Universidad São Judas Tadeu, São Paulo, Brasil

<sup>4</sup>Laboratorio de Fisiología del Ejercicio / Universidad Estácio de Sá, Cabo Frio, RJ, Brasil

## RESUMEN

Nunes RAM, Castro JBP, Machado AF, Silva JB, Godoy ES, Menezes LS, Bocalini DS, Vale RGS. Estimación del VO<sub>2</sub>máx Para Mujeres Adultas Mayores. JEPonline 2016;19(6):180-190. El objetivo de este estudio fue desarrollar y validar un modelo de estimación de VO<sub>2</sub>máx basado en el umbral ventilatorio submáximo en un protocolo de prueba ergométrico en mujeres adultas mayores. Los sujetos consistieron en 130 mujeres que tenían 60 años de edad o más. Cada sujeto fue probado en un cicloergómetro usando un protocolo incremental máximo. Los sujetos fueron asignados aleatoriamente a uno de dos grupos: grupo A (estimación) y grupo B (validación). Las variables independientes fueron la masa corporal en kilogramos (masa corporal), el segundo umbral de carga de trabajo (UC2) y la frecuencia cardíaca en el segundo umbral (FCU2). El método de validación cruzada se utilizó en el grupo B, con el grupo A sirviendo de base para el modelo y el conjunto de datos de validación. Se aplicó un modelo de regresión lineal múltiple a los resultados para predecir el VO<sub>2</sub>máx ( $VO_{2máx} = 32.158 + 0.22 (UC2) - 0.333 (masa\ corporal) - 0.016 (edad)$  en mL O<sub>2</sub>•kg<sup>-1</sup>•min<sup>-1</sup>;  $r = 0.998$  y  $SEE = 0,311$  mL O<sub>2</sub>•kg<sup>-1</sup>•min<sup>-1</sup>). La validación de este modelo se confirmó mediante el análisis de concordancia de Bland y Altman. Este modelo demuestra la capacidad de estimar el VO<sub>2</sub>máx con un error mínimo ( $SEE < 1,00$ ) basado en los indicadores del umbral ventilatorio obtenidos a partir de pruebas incrementales de mujeres adultas mayores sanas no deportistas.

**Palabras Clave:** Umbral Ventilatorio, Frecuencia Cardíaca, Adultos Mayores

## INTRODUCCIÓN

Antes de iniciar un programa de actividad física, es importante que los adultos mayores obtengan recomendaciones de un profesional médico que se basan en un test de esfuerzo máximo realizado como parte de un análisis de diagnóstico anual. Para mantener el acondicionamiento físico y el estado físico general, es importante que los tests no sean un esfuerzo máximo para minimizar los riesgos inherentes asociados con el ejercicio de carga máxima (16). Se debe tener cuidado al prescribir un programa de acondicionamiento físico a este grupo de edad (24,32) porque las enfermedades cardiovasculares representan la principal causa de mortalidad de los adultos mayores (34).

La evaluación de la capacidad cardiorrespiratoria en los adultos mayores tiene los mismos objetivos principales que para los adultos no mayores, es decir, definir el grado de riesgo asociado a cada carga de trabajo y establecer los niveles de

intensidad apropiados para la actividad física. En consecuencia, un programa de acondicionamiento físico debe proporcionar a un profesional de la salud suficiente información para planificar actividades físicas apropiadas basadas en las necesidades de una persona mayor (17).

El tipo y protocolo del test pueden ser modificados según sea necesario. Al evaluar personas mayores, por ejemplo, la evaluación debe comenzar a un nivel de intensidad más bajo debido a la baja capacidad aeróbica máxima total ( $VO_{2\text{máx}}$ ) del grupo de edad. Además, el examinador puede desear acortar la duración del test para evitar aumentar la fatiga y puede utilizar un cicloergómetro de extremidades inferiores para monitorizar el electrocardiograma, la presión arterial y la frecuencia cardíaca (30). El  $VO_{2\text{máx}}$  representa la mayor cantidad de oxígeno que el cuerpo de una persona puede capturar, transportar y usar para los músculos requeridos, en asociación con otros parámetros fisiológicos, neurológicos y musculares (15,19). Así, el  $VO_{2\text{máx}}$  es un parámetro importante a tener en cuenta al prescribir ejercicio físico (26).

A lo largo del progreso de envejecimiento, es probable que el  $VO_{2\text{máx}}$  de un individuo disminuya en promedio aproximadamente  $0,4 \text{ mL}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$  al año. Debido a que la disminución del  $VO_2$  es equivalente a aproximadamente  $3,5 \text{ mL}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$  en menos de una década, se pierde 1 equivalente metabólico de la tarea (EMT) relativo al valor del  $VO_{2\text{máx}}$  (3).

La medición del  $VO_{2\text{máx}}$  facilita la prescripción eficiente del ejercicio y permite una evaluación precisa del acondicionamiento físico del individuo. Esta evaluación puede estar influenciada por variables que afectan al ejercicio submáximo, tales como las variables hemodinámicas, metabólicas y pulmonares. Estas variables adicionales pueden y deben ser utilizadas como parte de la evaluación del acondicionamiento físico y la prescripción del entrenamiento físico (8,18).

El umbral se basa en la observación de nuevos fenómenos en la respuesta metabólica del cuerpo al ejercicio de una intensidad progresivamente creciente. Este umbral, llamado evento de modificación, es un cambio relativamente abrupto en la relación entre el incremento ventilatorio y el consumo de oxígeno (29). De esta manera, el consumo de oxígeno ( $VO_2$ ) durante el ejercicio de esfuerzo máximo y el umbral ventilatorio (UV) se convierten en indicadores de referencia para medir la capacidad pulmonar (14). Es importante destacar que se han probado nuevos protocolos submáximos para la estimación del  $VO_{2\text{máx}}$  mediante la identificación del umbral ventilatorio utilizando metodologías simples (1,8,12,18,22,28).

Teniendo en cuenta lo anterior, este estudio tuvo como objetivo diseñar un protocolo de prueba ergométrica y desarrollar un modelo de ecuación para la estimación del  $VO_{2\text{máx}}$  en mujeres adultas mayores no deportistas basado en el umbral ventilatorio submáximo, minimizando así los riesgos cardiovasculares asociados con el test de esfuerzo máximo en esta población.

## MÉTODOS

---

### Sujetos

La muestra estaba compuesta por 130 mujeres de edades comprendidas entre 60 y 77 años. Las participantes fueron evaluadas de marzo de 2014 a febrero de 2016. Los sujetos fueron divididos al azar en dos grupos: Grupo A (estimación), con 98 sujetos (edad:  $65,31 \pm 4,31$  años; altura:  $1,59 \pm 0,52$  m; masa corporal:  $63,18 \pm 4,32$  kg; IMC:  $25,06 \pm 2,11 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-2}$ ) y Grupo B (validación), con 32 sujetos (edad:  $65,33 \pm 4,88$  años; altura:  $1,58 \pm 0,41$  m; masa corporal  $62,34 \pm 4,14$  kg; IMC:  $25,02 \pm 2,14 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-2}$ ).

Para ser incluido en el estudio, un sujeto tenía que cumplir los siguientes criterios de inclusión: mujer sana y no deportista que tuviera 60 años de edad o más. Se excluyeron a las mujeres con enfermedades pulmonares o endócrino-metabólicas, aquellas con anomalías músculo-esqueléticas y aquellas que utilizaron medicación alteradora del rendimiento o no pudieron adaptarse al ergómetro.

### Procedimientos

Antes de someterse al test de esfuerzo, todos los sujetos recibieron un examen clínico, fueron informados verbalmente y por escrito sobre los procedimientos del test, los riesgos y los beneficios, y fueron invitados a participar. Aquellos que estuvieron de acuerdo en participar firmaron un formulario de consentimiento informado según las directrices relativas a la investigación humana delineadas en la Declaración de Helsinki (33). Se les pidió a los sujetos que durmieran toda la noche el día anterior al test y que no participaran en actividades físicas de alta intensidad. El día de la evaluación, los

sujetos no debían consumir alimentos o cafeína durante 2 horas antes del test.

Al llegar al laboratorio, se midieron y registraron la altura y la masa corporal según las directrices de la Sociedad Internacional para el Avance de la Kinanthropometry (ISAK) (11). Cada sujeto completó un test de esfuerzo máximo en un cicloergómetro (Cateye ergociser, modelo EC 1600, Osaka, Japón). Se aplicó un protocolo incremental continuo con una cadencia de 60 rev·min<sup>-1</sup> (18). Los sujetos completaron un calentamiento de 2 minutos. Durante el primer minuto, pedalearon sin carga para poder adaptarse al ergómetro; durante el segundo minuto, pedalearon con una carga de 0,5 kg·m<sup>-1</sup>. Después del segundo minuto, el test comenzó con una carga de 1,0 kg·m<sup>-1</sup>, que aumentó en incrementos de 0,2 kg·m<sup>-1</sup>·min<sup>-1</sup> hasta que se alcanzó el agotamiento. La carga en el primer minuto fue 60 W (60 rev·min<sup>-1</sup> x 1,0 kg·m<sup>-1</sup>); se añadieron continuamente incrementos de 12 W·min<sup>-1</sup> hasta que se alcanzó el esfuerzo máximo.

Durante el test de esfuerzo máximo, se midieron los gases exhalados con un analizador Aerosport VO<sub>2</sub>000 (Medgraphics, St. Paul, Minnesota, EE.UU.). Antes de cada evaluación, se graduaron los ajustes de calibración del equipo. Además, se determinó la frecuencia cardíaca en el segundo umbral ventilatorio (FCU2), junto con la frecuencia cardíaca máxima durante el test (FCmáx), utilizando un trazado de electrocardiograma (ELITE Software, Micromed biotecnología, Brasil).

Utilizamos el método V-Slope para determinar el segundo umbral ventilatorio (UV2) mediante la inspección visual de la segunda ruptura en linealidad de la curva VE y/o el punto de subida continua de la curva después de la rotura lineal en VE/VCO<sub>2</sub> (9,10,23,27). Basadas en el análisis visual del UV2, se identificaron las variables de los parámetros del test de esfuerzo máximo y del siguiente grupo de muestras: FC máx - frecuencia cardíaca máxima durante la prueba; FCU2 - frecuencia cardíaca en el segundo umbral ventilatorio; Cmáx - carga máxima durante el test; y UC2 - masa corporal en el segundo umbral de carga de trabajo.

### Análisis Estadísticos

Los datos, presentados como media y desviación estándar, se analizaron utilizando el SPSS Statistics 20 para Windows. Se utilizó el test de Kolmogorov-Smirnov para verificar la distribución normal de los datos. Utilizamos la regresión lineal múltiple para desarrollar el modelo de ecuación para la estimación del VO<sub>2</sub>máx usando el método escalonado directo para seleccionar variables predictoras para el modelo. Como criterio de corte para las variables independientes en la construcción del modelo se adoptó un coeficiente mínimo de determinación (R<sup>2</sup>) de 0,80.

Se utilizó el coeficiente de correlación de Pearson (r) para analizar la relación entre el VO<sub>2</sub>máx observado y estimado. La fiabilidad del modelo de regresión se midió por el error estándar de estimación (SEE), expresado en mL·kg<sup>-1</sup>·min<sup>-1</sup>. Además de utilizar el análisis de concordancia de Bland y Altman, usamos el método de validación cruzada para la validación de modelos, utilizando el grupo A como base para la construcción del modelo y el grupo B como su conjunto de datos de validación. Este estudio consideró P < 0,05 como el nivel de significación.

## RESULTADOS

Los niveles de significación de las variables identificadas del test se examinaron utilizando regresiones lineales múltiples con el método escalonado directo. La Tabla 1 presenta los modelos de ecuación para los criterios de selección de variables. Para cada uno de los tres modelos, se obtuvo un coeficiente de determinación (R<sup>2</sup>) mayor a 0,80.

**Tabla 1.** Modelos de Ecuación para los Criterios de Selección

VO <sub>2</sub> máx Modelo de Ecuación	R	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Ajustado	SEE
1- 10.367 + 0.213 (UC2)	0.948	0.898	0.897	1.479
2- 31.168 + 0.22 (UC2) - 0.335 (masa corporal)	0.998	0.995	0.995	0.317
3- 32.158 + 0.22 (UC2) - 0.333 (masa corporal) - 0.016 (edad)	0.998	0.996	0.995	0.311

UC2 = Segundo umbral de carga de trabajo; VO<sub>2</sub>máx = máximo consumo de oxígeno, mL·kg<sup>-1</sup>·min<sup>-1</sup>; SEE = error estándar de estimación.

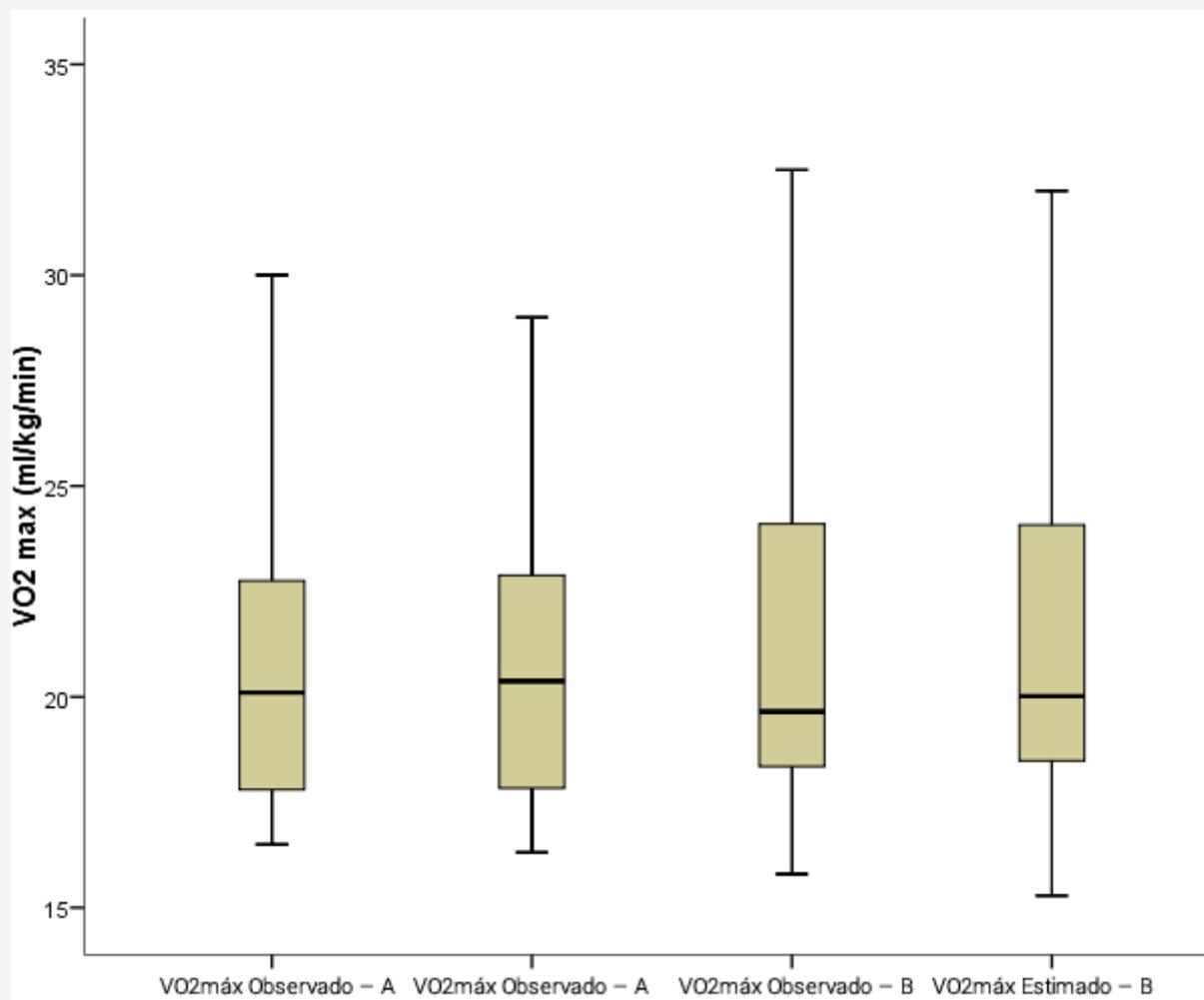
Al elegir el modelo de ecuación que mejor se ajuste a los datos de este estudio, se adoptaron dos reglas: (a) R<sup>2</sup> ajustado

mayor; y (b) menor error estándar de estimación (SEE). Por lo tanto, el modelo que mejor satisfaga estos requisitos puede expresarse en la siguiente ecuación:

$$VO_2\text{máx} = 32.158 + 0.22 (\text{UC2}) - 0.333 (\text{masa corporal}) - 0.016 (\text{edad})$$

con un SEE  $\pm 0.311 \text{ mL}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$

Después de elegir el modelo, el  $VO_2\text{máx}$  estimado se evaluó en ambos grupos. Los resultados observados y estimados del  $VO_2\text{máx}$  tanto en los grupos de estimación (A) como de validación (B) presentaron distribuciones similares con valores medianos similares (Figura 1).



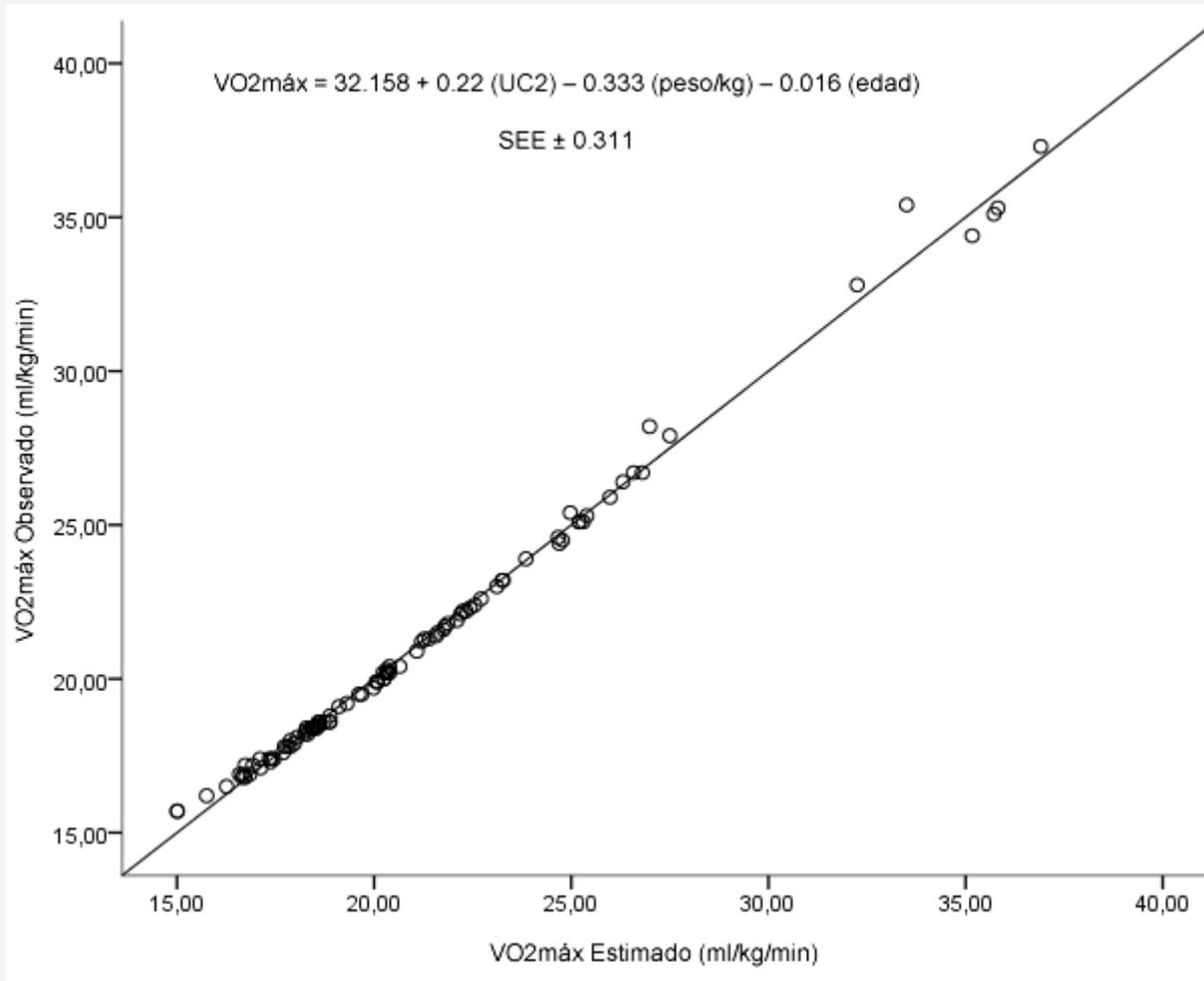
**Figura 1.**  $VO_2\text{máx}$  Observado y Estimado de los Grupos de Estimación (A) y Validación (B).

El test de correlación de Pearson entre el  $VO_2\text{máx}$  observado y el  $VO_2\text{máx}$  estimado en los grupos de validación (B) y de estimación (A) dio como resultado un coeficiente de correlación significativo alto ( $P < 0,001$ ) (Tabla 2).

**Tabla 2. Validación Cruzada del Modelo de Ecuación para la Estimación del  $VO_2\text{máx}$ .**

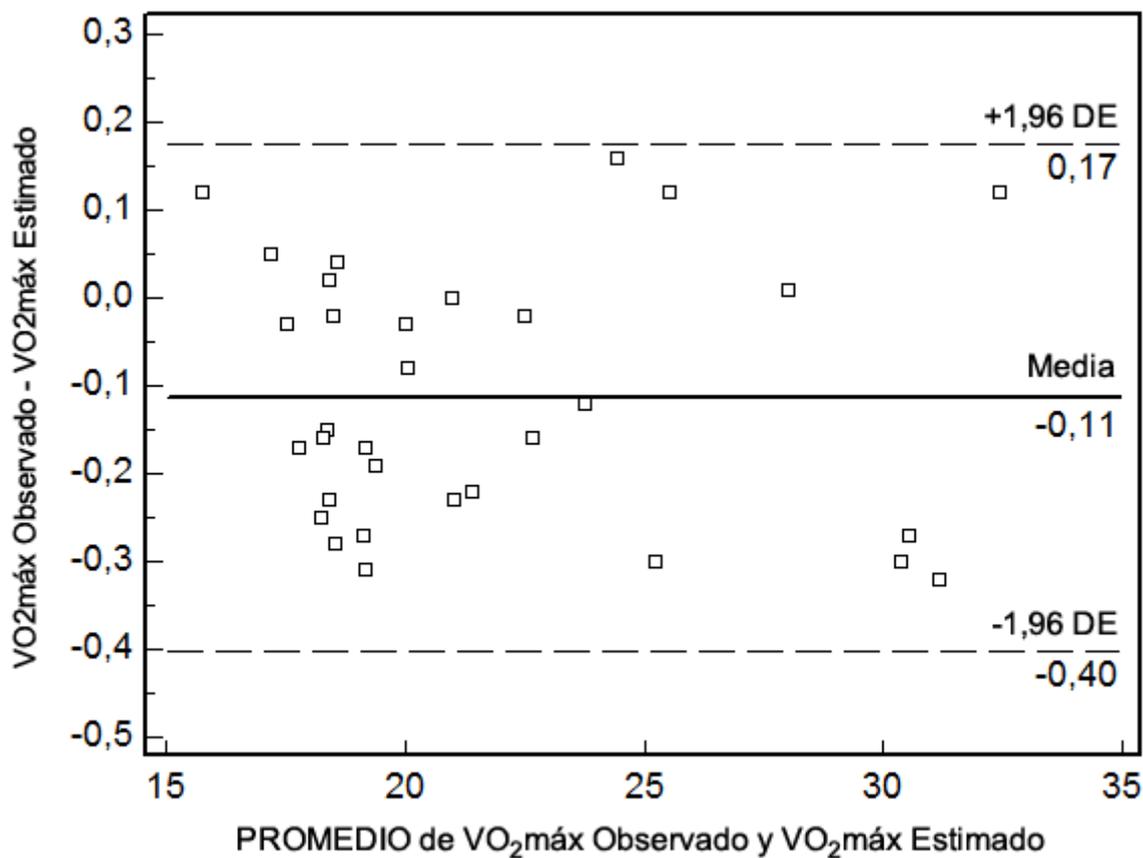
Grupo	$VO_2\text{máx}$ Observado	$VO_2\text{máx}$ Estimado	Diferencia	R
A	$21.20 \pm 4.61$	$21.25 \pm 4.62$	$-0.049 \pm 0.306$	0.998
B	$21.57 \pm 4.86$	$21.64 \pm 4.92$	$-0.069 \pm 0.308$	0.998

La combinación de los resultados de  $VO_2\text{máx}$  observado y  $VO_2\text{máx}$  estimado en el grupo de validación (B) mostró simetría entre los valores medios. Este resultado ilustra la magnitud de la relación colineal entre los dos grupos de muestra (Figura 2), respaldada por el alto coeficiente de determinación ( $R^2$ ).



**Figura 2.** Regresión Lineal Entre el  $VO_2\text{máx}$  Observado y Estimado en el Grupo de Validación (B).

La validación de modelos se confirmó con la prueba de concordancia de Bland y Altman. (Figura 3).



**Figura 3.** Resultado de la Prueba de Concordancia de Bland y Altman.

El gráfico de Bland y Altman se utilizó para evaluar la repetibilidad de la medida de  $VO_2$ máx y verificar la precisión del modelo mediante una comparación de medidas repetidas utilizando el método único para grupos individuales. De este modo, es posible observar que la diferencia de medias entre el  $VO_2$ máx observado y el  $VO_2$ máx estimado estaba dentro del límite aceptable (inferior a  $\pm 1,96$ ) y no fue clínicamente significativa. Por lo tanto, este modelo puede utilizarse para la estimación del  $VO_2$ máx.

## DISCUSIÓN

El  $VO_2$ máx se puede predecir sin ejercicios de esfuerzo máximo usando ecuaciones de regresión basadas en variables independientes evaluadas con cuestionarios. Wier et al. (31), con  $r = 0,81$  y  $SEE = 4,80 \text{ ml}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$ , y Sanada et al. (25), con  $R^2 = 0,83$ , desarrollaron un modelo de ecuación para predecir el  $VO_2$ máx sin observar el ejercicio físico. Usando este método, los individuos evaluados no se ponen en riesgo de tener un evento pulmonar. Sin embargo, no experimentan el beneficio de haber participado en un test de ejercicio individual, que es un paso importante en la prescripción de ejercicio físico. Además, el protocolo de prueba descrito en este estudio carece de la precisión de un test basado en el ejercicio físico real. Sin embargo, el presente estudio, con  $r = 0,998$ ,  $R^2 = 0,996$  y  $SEE = 0,311 \text{ mL}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$ , logró construir un modelo más preciso usando un test submáximo. Este test puede aplicarse ampliamente a las mujeres adultas mayores, ya que implica menos riesgo que aquel asociado con ejercicios de esfuerzo máximo y no requiere que lleguen al agotamiento físico, como lo requieren los tests de esfuerzo máximo.

Muchas ecuaciones consideran la masa corporal como una variable independiente para estimar el  $VO_2$ máx. Para un cicloergómetro, la carga se refiere al acto de mover los pedales. La sustracción (- 0,333) del valor de la masa corporal en el presente estudio se utiliza para representar la influencia positiva de la resistencia mecánica de los pedales en las variables de predicción del  $VO_2$ máx. Por lo tanto, probablemente una mayor masa corporal, especialmente en las piernas, presentará

una mayor eficiencia mecánica con respecto a la carga de trabajo. Por lo tanto, si la FC se reduce a la misma carga, el  $\text{VO}_2$  absoluto ( $\text{L}\cdot\text{O}_2\cdot\text{min}^{-1}$ ) aumenta. La variable independiente más utilizada con un cicloergómetro es la adición (+ 0,22) del valor de la masa corporal a la carga de trabajo (7,20,31).

En un estudio validado en la Universidad de Bloomberg (13), se calculó una regresión para el  $\text{VO}_2$  máx en una muestra de 60 mujeres ( $26,5 \pm 14,4$  años). El test con el cicloergómetro utilizó aumentos de incrementos de 10 W cada 2 min, igual a  $23,461 - (0,272 \times \text{masa corporal}) + (0,403 \times \text{watts})$ , con  $R^2 = 0,82$  y  $\text{SEE} = 2,79 \text{ mL}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$ . Sin embargo, el presente estudio utilizó una carga de 60 W ( $60 \text{ rev}\cdot\text{min}^{-1} \times 1,0 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-1}$ ) en el primer minuto y aumentos incrementales continuos de  $12 \text{ W}\cdot\text{min}^{-1}$  hasta que se alcanzó el esfuerzo máximo en un cicloergómetro, con un tamaño de muestra y un  $R^2$  mayor y un error menor.

Similar al presente estudio, que encontró correlaciones significativas utilizando un protocolo con incrementos de  $12 \text{ W}\cdot\text{min}^{-1}$ , Storer et al. (28) llevó a cabo tests en 116 mujeres sanas utilizando  $\text{C}_{\text{máx}}$ , masa corporal y edad como variables modelo y aumentos de  $15 \text{ W}\cdot\text{min}^{-1}$ , obteniendo la siguiente ecuación:  $[(9,39 \text{ W}) + (7,7 \times \text{masa corporal}) - (5,88 \times \text{edad}) + 136,7] / \text{masa corporal}$  ( $R = 0,932$ ;  $\text{SEE} = 147 \text{ mL}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$ ). Storer et al. (28) fue un precursor del protocolo de rampa en los tests de cicloergómetro utilizando incrementos de carga graduales, que respaldan los resultados encontrados en ambos tests.

Para evitar el riesgo de un evento pulmonar y la incomodidad asociada con un test máximo, que puede complicar la secuencia de entrenamiento, se podría utilizar el protocolo de prueba submáximo ideado en el presente estudio, en el que se termina el test después de la identificación del segundo umbral ventilatorio. En Nunes et al. (18), también se utilizaron indicadores ventilatorios submáximos para desarrollar una ecuación de regresión de  $\text{VO}_2$  máx ( $r = 0,995$  y  $\text{SEE} = 0,68 \text{ mL}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$ ) usando una metodología similar en 4.640 mujeres voluntarias sanas, todas ellas de más de 20 años de edad. Aunque Nunes et al. (18) incorporó un amplio rango de edad, mostró menos especificidad para las mujeres adultas mayores. Sin embargo, el presente estudio se centró en mujeres de 60 años de edad o más y encontró un mayor coeficiente de correlación ( $r = 0,998$ ) con un error menor ( $\text{SEE} = 0,311 \text{ mL}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$ ). Por lo tanto, la capacidad aeróbica máxima de las mujeres adultas mayores puede estimarse y evaluarse con precisión y con menor riesgo de evento pulmonar utilizando la ecuación específica desarrollada en la presente investigación.

La prueba de concordancia de Bland y Altman (4,5) enfatiza que la repetibilidad de cada medida también debe ser evaluada para que los resultados presenten un nivel aceptable de concordancia. El presente estudio logró lo siguiente: la diferencia entre los valores medios del  $\text{VO}_2$  máx observado y el  $\text{VO}_2$  máx estimado se encontraba dentro de los límites aceptables de concordancia.

Peterson et al. (21) evaluó sujetos adultos mayores sedentarios en una muestra de 59 hombres ( $72,6 \pm 4,8$  años) y 114 mujeres ( $71,0 \pm 5,1$  años), utilizando una cinta ergométrica. El  $\text{VO}_2$  máx se analizó utilizando un protocolo normalizado con medidas de intercambio gaseoso. Estos valores de  $\text{VO}_2$  máx se compararon con los calculados usando ecuaciones de estimación a través del análisis de diferencia de medias. El sesgo se exploró como en la presente investigación utilizando el enfoque de Bland y Altman. Al comparar las ecuaciones para la estimación del  $\text{VO}_2$  máx utilizado por el ACSM (2) y Foster et al. (6), los autores concluyeron que la ecuación del ACSM no es apropiada para probar a adultos mayores en una caminadora. Sin embargo, la ecuación de predicción de  $\text{VO}_2$  máx de Foster et al. (6) resultó ser aceptable, con  $R^2 = 0,70$ .

La ecuación de estimación del  $\text{VO}_2$  máx basada en una muestra de mujeres adultas mayores presentada en este estudio demostró ser superior a otras ecuaciones referenciadas en Peterson et al. (21). El uso del cicloergómetro permite una fácil monitorización del electrocardiograma, la presión arterial y la frecuencia cardíaca y resulta en un  $R^2$  más alto, junto con un menor error de estimación y menores diferencias de medias dentro de los niveles aceptables de concordancia.

## CONCLUSIONES

---

La construcción de este modelo demuestra que en mujeres adultas mayores sanas, no deportistas, es posible estimar el  $\text{VO}_2$  máx con error mínimo ( $\text{SEE} < 1,00$ ) usando indicadores de umbral ventilatorio en un test incremental submáximo en un cicloergómetro. Utilizando este modelo, un test de esfuerzo progresivo puede ser detenido antes de que los sujetos experimenten el estrés extremo que a menudo caracteriza la fase/minuto final de un test de esfuerzo máximo. Así, el test minimiza el riesgo.

El modelo de regresión construido en este estudio ofrece una estimación precisa de los valores que se alcanzarían si se hubiera permitido continuar un test hasta el agotamiento. Por lo tanto, los profesionales del ejercicio físico pueden utilizar este modelo para estimar los resultados del test de esfuerzo máximo sin el riesgo adicional asociado con dichos tests. Este

test es más apropiado y viable en varios ambientes del ejercicio y puede mejorar la eficiencia de la prescripción de ejercicios para las mujeres adultas mayores, debido a que permite a los profesionales evitar los riesgos sin sacrificar la precisión y disminuir la probabilidad de complicaciones pulmonares del test.

**Dirección de correo:** Juliana Brandão Pinto de Castro, Postgraduate Program in Exercise and Sport Sciences, State University of Rio de Janeiro, Rua São Francisco Xavier, 524, Pavilhão João Lira Filho, Bloco F, 9th floor, Maracanã, Rio de Janeiro, RJ, Brazil, zip-code: 20550-900, Email: [julianabrandaoflp@hotmail.com](mailto:julianabrandaoflp@hotmail.com)

## REFERENCIAS

1. Akalan C, Robergs RA, Kravitz L. (2008). Prediction of VO<sub>2</sub> max from an individualized submaximal cycle ergometer protocol. *JEPonline*. 2008;11(2):1-17.
2. American College of Sports Medicine. (2000). Guidelines for Exercise Testing and Prescription. (6th Edition). Philadelphia: Lippincott, Williams & Wilkins
3. Åstrand PO, Rodahl K, Dahl HA, Strømme, SB. (2006). Tratado de fisiologia do trabalho: bases fisiológicas do exercício. (4th Edition). Porto Alegre: Artmed
4. Bland JM, Altman DG. (1986). Statistical methods for assessing agreement between two methods of clinical measurement. *Lancet*. 1986;327(8476):307-310.
5. Bland JM, Altman DG. (1999). Measuring agreement in method comparison studies. *Stat Methods Med Res*. 1999;8(2):135-160.
6. Foster C, Crowe AJ, Daines E, Dumit M, Green MA, Lettau S, et al. (1996). Predicting functional capacity during treadmill testing independent of exercise protocol. *Med Sci Sports Exerc*. 1996;28(6):752-756.
7. Jones NJ, Makrides L, Hitchcock C, Chypchar T, McCartney N. (1985). Normal standards for an incremental progressive cycle ergometer test. *Am Rev Resp Dis*. 1985;131(5):700-708.
8. Lamberts RP, Swart J, Noakes TD, Lambert MI. (2011). A novel submaximal cycle test to monitor fatigue and predict cycling performance. *Br J Sports Med*. 2011;45(10):797-804.
9. Lourenço TF, Tessutti LS, Martins LEB, Brenzikofer R, Macedo DV. (2007). Metabolic interpretation of ventilatory parameters during maximal effort test and their applicability to sports. *Rev Bras Cineantropom Desempenho Hum*. 2007;9(3):310-317.
10. Malek MH, Berger DE, Housh TJ, Coburn JW, Beck TW. (2004). Validity of VO<sub>2</sub>max equations for aerobically trained males and females. *Med Sci Sports Exerc*. 2004; 36(8):1427-1432.
11. Marfell-Jones M, Olds T, Stewart A, Carter L. (2006). International Standards for Anthropometric Assessment. *Potchefstroom, South Africa: ISAK*
12. Mauger AR, Sculthorpe N. (2012). A new VO<sub>2</sub> max protocol allowing self-pacing in maximal incremental exercise. *Br J Sports Med*. 2012;46(1):59-63.
13. Mookerjee S, Surmacz C, Till M, Weller B. (2005). Validation of an equation for predicting energy cost of arm ergometry in women. *Eur J Appl Physiol*. 2005;95(2-3):115-120.
14. Mourot L, Perrey S, Tordi N, Rouillon JD. (2004). Evaluation of fitness level by the oxygen uptake efficiency slope after a short-term intermittent endurance training. *Int J Sports Med*. 2004;25(2):85-91.
15. Noakes TD. (2000). Physiological models to understand exercise fatigue and the adaptations that predict or enhance athletic performance. *Scand J Med Sci Sports*. 2000;10(3): 123-145.
16. Nunes RAM. (2010). Reabilitação Cardíaca. São Paulo: Ícone
17. Nunes RAM, Pontes GFR, Dantas PMS, Fernandes Filho J. (2005). Tabela referencial de condicionamento cardiorrespiratório. *Fit Perf J*. 2005;4(1):27-33.
18. Nunes RAM, Vale RGS, Simão R, Salles BF, Reis VM, Novaes JS et al. (2009). Prediction of VO<sub>2</sub>max during cycle ergometry based on submaximal ventilatory indicators. *J Strength Cond Res*. 2009;23(6):1745-1751.
19. Paavolainen L, Häkkinen K, Hämläinen I, Nummela A, Rusko H. (1999). Explosive-strength training improves 5-km running time by improving running economy and muscle power. *J Appl Physiol*. 1999;86(5):1527-1533.
20. Patton JF, Vogel JA, Mello RP. (1982). Evaluation of a maximal predictive cycle ergometer test of aerobic power. *Eur J Physiol*. 1982;49(1):131-140.
21. Peterson MJ, Pieper CF, Morey MC. (2003). Accuracy of VO<sub>2</sub>max prediction equations in older adults. *Med Sci Sports Exerc*. 2003;35(1):145-149.
22. Pires FO, Silva AEL, Oliveira FR. (2005). Differences among variables of determination of ventilatory thresholds. *Rev Bras Cineantropom Desempenho Hum*. 2005;7(2):20-28.
23. Ribeiro JP. (1995). Metabolic and ventilatory thresholds during exercise. *Physiological and methodological aspects*. *Arq Bras Cardiol*. 1995;64(2):171-181.
24. Robergs RA, Roberts SO. (2002). Princípios fundamentais de fisiologia do exercício para aptidão, desempenho e saúde. São Paulo: Phorte
25. Sanada K, Midorikawa T, Yasuda T, Kearns CF, Abe T. (2007). Development of non-exercise prediction models of maximal oxygen uptake in healthy Japanese young men. *Eur J Appl Physiol*. 2007;99(2):143-148.
26. Santos TM, Furtado LFL, Ribeiro LG, Cabral LF, Novaes JS. (2008). Comparison between the gait and running modalities in the oxygen maximal uptake prediction. *Rev Bras Med Esporte*. 2008; 14(5): 412-415.
27. Schneider DA, Phillips SE, Stoffolano S. (1993). The simplified V-slope method of detecting the gas exchange threshold. *Med Sci*

- Sports Exerc.* 1993;25(10):1180-1184.
28. Storer TW, Davis JA, Caiozzo VJ. (1990). Accurate prediction of VO<sub>2</sub>max in cycle ergometry. *Med Sci Sports Exerc.* 1990;22(5):704-712.
  29. Tanaka H, Swensen T. (1998). Impact of resistance training on endurance performance. *A new form of cross-training? Sports Med.* 1998;25(3):191-200.
  30. Vale RGS, Pernambuco CS, Dantas EHM. (2016). Manual de avaliação do idoso. *São Paulo: Ícone*
  31. Wier LT, Jackson AS, Ayers GW, Arenare B. (2006). Nonexercise models for estimating VO<sub>2</sub>max with waist girth, percent fat, or BMI. *Med Sci Sports Exerc.* 2006;38(3):556-561.
  32. Williams PT. (2013). Inadequate exercise as a risk factor for sepsis mortality. *PLoS ONE.* 2013;8(12):e79344.
  33. World Medical Association. (2008). Declaration of Helsinki. *Ethical principles for medical research involving human subjects. 59th WMA general assembly*
  34. Wu C-Y, Chou Y-C, Huang N, Chou Y-J, Hu H-Y, Li C-P. (2014). Association of body mass index with all-cause and cardiovascular disease mortality in the elderly. *PLoS ONE.* 2014;9(7):e102589.