



**Universidad  
Zaragoza**

**TRABAJO FIN DE GRADO**

Grado en Ciencias de la Actividad Física y del Deporte

Validez de las ecuaciones del Colegio Americano de Medicina del Deporte para la estimación del consumo de oxígeno andando y corriendo en mujeres universitarias.

Validity of the equations of the American College of Sports Medicine for the estimation of oxygen consumption walking and running in university women.

Autor

**Javier Rico Lecina**

Tutor

**Gabriel Lozano Berges**

Área de Educación Física y Deportiva

Facultad de Ciencia de la Salud y el Deporte (Huesca)

24 de junio de 2022

## RESUMEN

**Introducción:** las ecuaciones del Colegio Americano de Medicina del Deporte (ACSM) para estimar el consumo de oxígeno ( $\text{VO}_2$ ) andando y corriendo han sido utilizadas ampliamente en la literatura científica, siendo por esta razón, por lo que se ha estudiado la validez de estas ecuaciones en diferentes estudios. Sin embargo, la validez de estas ecuaciones ha sido poco comprobada en estudios con mujeres.

**Objetivos:** el objetivo de este estudio fue comprobar la validez de las ecuaciones predictivas del  $\text{VO}_2$  para andar y correr del ACSM en una muestra de mujeres adultas.

**Métodos:** trece mujeres (entre 19 y 26 años) participaron en este estudio. El  $\text{VO}_2$  fue medido en tapiz rodante durante 4 velocidades distintas (6 km/h, 8 km/h, 10 km/h y 12 km/h) con un analizador de gases (Sistema de exploración funcional respiratoria MEDISOFT ErgoCard CPX<sup>Pro</sup>) para posteriormente poder comparar el  $\text{VO}_2$  obtenido con el  $\text{VO}_2$  estimado a través de las ecuaciones predictivas del ACSM. Para analizar las diferencias de  $\text{VO}_2$  obtenidos del analizador de gases y de las ecuaciones del ACSM a las diferentes velocidades estudiadas se utilizó la prueba T de Student para muestras relacionadas, calculando también el tamaño del efecto de la  $d$  de Cohen.

**Resultados y conclusiones:** La ecuación de andar del ACSM subestimó el  $\text{VO}_2$  frente al  $\text{VO}_2$  medido con el analizador de gases, mientras que la ecuación de correr del ACSM sobreestimó el  $\text{VO}_2$  estimado en todas las velocidades frente al  $\text{VO}_2$  medido de forma directa ( $p < 0,001$ ,  $d$  de Cohen entre 1,32 y 2,13). Aunque las ecuaciones del ACSM para estimar el  $\text{VO}_2$  han sido utilizadas ampliamente en la literatura científica, estos resultados demuestran que estas ecuaciones no son muy precisas para la población del estudio.

**Palabras clave:** andar, correr, ecuaciones predictivas, consumo de oxígeno, mujeres.

## **ABSTRACT**

**Introduction:** the equations of the American College of Sports Medicine (ACSM) to estimate oxygen consumption ( $\text{VO}_2$ ) during walking and running have been widely used in the scientific literature, and for this reason, the validity of these equations has been studied in different studies. However, the validity of these equations has been little studied in studies with women.

**Objectives:** the objective of this study was to test the validity of the ACSM predictive equations of  $\text{VO}_2$  for walking and running in a sample of adult women.

**Methods:** thirteen women (between 19 and 26 years old) participated in this study.  $\text{VO}_2$  was measured on a treadmill at 4 different speeds (6 km/h, 8 km/h, 10 km/h and 12 km/h) with a gas analyzer (MEDISOFT ErgoCard CPXPro Respiratory Functional Examination System) for later compare the  $\text{VO}_2$  obtained with the  $\text{VO}_2$  estimated with the ACSM predictive equations. To analyze the differences in  $\text{VO}_2$  obtained from the gas analyzer and from the ACSM equations at the different speeds studied, the paired Student's t-test was used for related samples, also calculating the effect size of Cohen's d.

**Results and conclusions:** The ACSM walking equation underestimated  $\text{VO}_2$  versus  $\text{VO}_2$  measured with the gas analyzer, while the ACSM running equation overestimated estimated  $\text{VO}_2$  at all speeds versus directly measured  $\text{VO}_2$  ( $p < 0.001$ , Cohen's d between 1.32 and 2.13). Although the ACSM equations for estimating  $\text{VO}_2$  have been widely used in the scientific literature, these results demonstrate that these equations are not very accurate for the study population.

**Keywords:** walking, running, predictive equations, oxygen consumption, women.

## ÍNDICE

LISTADO DE ABREVIATURAS .....	5
1. INTRODUCCIÓN .....	6
2. MATERIAL Y MÉTODOS .....	9
Participantes .....	9
Diseño del estudio .....	9
Protocolo.....	10
Evaluación del VO <sub>2</sub> .....	13
Estimación del VO <sub>2</sub> mediante las ecuaciones del ACSM .....	14
Análisis estadístico .....	14
3. RESULTADOS .....	15
4. DISCUSIÓN .....	16
Limitaciones del estudio .....	17
Fortalezas del estudio .....	17
5. CONCLUSIONES.....	17
6. APLICACIONES PRÁCTICAS .....	18
7. BIBLIOGRAFÍA .....	19

## LISTADO DE ABREVIATURAS

- ACSM: American College of Sport Medicine (Colegio Americano de Medicina del Deporte).
- CEICA: Comité de Ética de la Investigación de la Comunidad Autónoma de Aragón.
- CMJ: Counter Movement Jump (salto con contra movimiento).
- IPAQ: International Physical Activity Questionnaire (cuestionario internacional de actividad física).
- V: Velocidad.
- VO<sub>2</sub>: Consumo de oxígeno.

## 1. INTRODUCCIÓN

El ejercicio físico se puede definir según Escalante (2011) como la actividad física planificada, estructurada y repetida, cuyo objetivo es adquirir, mantener o mejorar la condición física. En la actualidad, se ha demostrado que el ejercicio físico es una de las actividades más beneficiosas para la salud, ya que los estudios epidemiológicos han demostrado una asociación inversa entre la aptitud física y la incidencia de cardiopatía coronaria o mortalidad por todas las causas en participantes sanos o asintomáticos (Kodama et al., 2009). Concretamente, algunos de los beneficios que nos puede aportar el ejercicio físico regular según Wilkin et al. (2012) son ayudar a controlar el peso, reducir el riesgo de desarrollar enfermedades cardiovasculares, diabetes tipo 2, síndrome metabólico, algunos tipos de cáncer, fortalecer los huesos y músculos, mejorar la salud mental y el estado de ánimo, mejorar la capacidad para realizar las actividades diarias, prevenir caídas sobre todo en personas mayores y aumentar las posibilidades de vivir más tiempo. Por todo ello, la práctica regular de ejercicio físico constituye una buena herramienta para mantener una buena salud.

Dentro de la práctica del ejercicio físico, dos de las actividades más comunes en la población por su sencillez y necesidad de escaso material para practicarlas son caminar y correr. Estas dos actividades han sido estudiadas y definidas en diferentes estudios (Loftin et al., 2010; Wilkin et al., 2012) concluyéndose que son actividades excelentes para aumentar el gasto energético, lo que acaba influyendo positivamente en la salud.

Por otra parte, el cálculo del mencionado gasto energético durante el ejercicio físico se realiza desde hace mucho tiempo debido a su relevancia para la prescripción de rutinas de ejercicio personalizadas, ya que contar con un conocimiento más preciso del gasto energético resulta útil tanto a la comunidad médica como a los entrenadores deportivos y a los pacientes (Bazuelo-Ruiz et al., 2021). De acuerdo con la literatura actual, los

métodos más fiables son la calorimetría directa, la calorimetría indirecta y el agua doblemente marcada, sin embargo, según Jin et al. (2021), estos métodos requieren equipos sofisticados y técnicos capacitados, por lo que acaban siendo métodos muy costosos para los profesionales y para la población en general. Como consecuencia, se han desarrollado diferentes ecuaciones predictivas con la ventaja de ser métodos simples, rápidos y de bajo costo.

Actualmente, existen diferentes ecuaciones que intentan predecir el gasto energético real del deportista, siendo diferentes para caminar y para correr, ya que se ha demostrado en diferentes estudios que estas dos actividades tienen diferentes gastos energéticos para un mismo deportista y misma distancia, siendo mayor el gasto energético al correr que al caminar (Bazuelo-Ruiz et al., 2021; Hall et al., 2004; Wilkin et al., 2012). Pese a la existencia de una gran variedad de ecuaciones predictivas (Bazuelo-Ruiz et al., 2021), las ecuaciones más utilizadas en la literatura por fisiólogos e investigadores son las del Colegio Americano de Medicina del Deporte (ACSM, por sus siglas en inglés) (Glass et al., 2007). Las ecuaciones de ACSM se crearon a partir de las variables de velocidad y pendiente, sin incorporar pendientes negativas ni transporte de carga como otras (Weyand et al., 2021).

La validez de estas ecuaciones ha sido estudiada en diferentes ámbitos para los que no estaban diseñadas, como estudios en los que se calculaba el consumo máximo de oxígeno ( $VO_{2max}$ ) (García et al., 2020; Koutlianos et al., 2013; Latin & Elias, 1993; Peterson et al., 2003), estudios del consumo de oxígeno ( $VO_2$ ) en personas con enfermedades coronarias (Milani et al., 1996) y estudios en personas con esclerosis múltiple (Agiovlasitis et al., 2010), de los cuales se sacaba la conclusión de que las ecuaciones del ACSM no eran precisas. Dicha conclusión no puede darse por válida, ya que las ecuaciones fueron diseñadas para un protocolo de estimación del  $VO_2$  y para una

población sana. Cabe destacar que varios estudios han comparado en población sana el  $\text{VO}_2$  estimado por las ecuaciones del ACSM y el  $\text{VO}_2$  real calculado a través de diferentes métodos “gold standard” (Bazuelo-Ruiz et al., 2021; Hall et al., 2004; Heden et al., 2012; Stoedefalke & Hawkins, 2020; Weyand et al., 2021; Xue et al., 2021). Dichos estudios observaron que las ecuaciones del ACSM para caminar y correr eran una de las mejores opciones, aunque no eran tan precisas como los métodos “gold standard”.

Por otra parte, según Xue et al. (2021), los hombres y las mujeres presentan un gasto energético al caminar y correr diferente, siendo mayor en hombres que en mujeres, por lo que sería interesante comprobar la validez de las ecuaciones en cada sexo. Sin embargo, hasta la fecha existen muy pocos estudios en los que se validen las ecuaciones del ACSM para la predicción del  $\text{VO}_2$  caminando o corriendo de en la población femenina (Hasegawa & Inui, 2007; Heden et al., 2012). Por lo tanto, el objetivo principal del presente trabajo fue comprobar la validez de las ecuaciones predictivas del  $\text{VO}_2$  del ACSM en una muestra de mujeres adultas.

Realizamos el presente estudio de la validez de las ecuaciones del ACSM para la estimación del  $\text{VO}_2$  caminando y corriendo en mujeres universitarias para probar una única hipótesis, la cual es que las ecuaciones del ACSM no serán tan precisas como el método “gold standard” (analyzer de gases).

## 2. MATERIAL Y MÉTODOS

### Participantes

Entre el mes de mayo y principios del mes de junio se llevó a cabo el estudio donde participaron 13 mujeres en edad universitaria (rango de edad: 19-26 años). El reclutamiento de dichas participantes se realizó en las inmediaciones de la Facultad de Ciencias de la Actividad Física y del Deporte, en la localidad de Huesca, informando de las diferentes características del estudio a diferentes mujeres que pudieran tener interés en participar en el estudio.

Los criterios de inclusión para la muestra incluyeron que fueran mujeres sanas con un nivel de vida activo (realizar actividad moderada al menos 150 minutos a la semana o actividad vigorosa al menos 75 minutos a la semana) y que estuvieran acostumbradas a entrenar regularmente todas las semanas, con una edad de entre 18-30 años, que corrieran mínimo 1 día a la semana y que no estuvieran tomando medicamentos en el momento del estudio.

Antes de empezar con las mediciones, se obtuvo de las diferentes participantes del estudio el consentimiento informado por escrito después de explicarles de manera detallada los posibles riesgos, beneficios, incomodidades y el completo desarrollo del protocolo que iban a realizar en este estudio.

### Diseño del estudio

El presente estudio se encuadra dentro de otro más grande, el cual fue revisado y aprobado por la Unidad de Protección de la Datos de la Universidad de Zaragoza y por el Comité de Ética de la Investigación de la Comunidad Autónoma de Aragón (CEICA; PI22/077; Anexo I). El presente estudio también sigue los principios de la declaración de Helsinki (revisión de Fortaleza, 2013). Dicho estudio consiste en un estudio aleatorizado, cruzado y doble ciego, donde los participantes un día tomaban 50 cl de agua sin suplementación

y otro día tomaban 50 cl de agua con 8 g de Citrulina Malato. Debido a este diseño, las mediciones de los participantes que se han tomado en cuenta para este estudio han sido las obtenidas a los días correspondientes a la toma de placebo, con el objetivo de minimizar la influencia del suplemento Citrulina Malato en el  $VO_2$  de los participantes.

La variable medida para este estudio en los días comentados es el  $VO_2$  mediante un analizador de gases, para posteriormente poder comparar la medición objetiva con la predicción de las ecuaciones del ACSM y, por consiguiente, poder valorar su validez. Las mediciones mencionadas fueron realizadas mediante un protocolo idéntico para todos los participantes, intentando de esta manera estandarizar las mediciones para todos los participantes.

### Protocolo

Aunque en el presente estudio solo se emplean las variables de  $VO_2$  a 6 km/h, 8 km/h, 10 km/h y 12 km/h en cinta rodante, se presenta el protocolo completo que tenían que completar las participantes hasta el último dato a tener en cuenta para este estudio, es decir, el  $VO_2$  a 12 km/h, el cual está resumido en la Tabla 1.

Cuando las participantes llegaban al laboratorio, se les entregaba y explicaba el consentimiento informado, es decir, se les comunicaban los riesgos, beneficios e incomodidades que podían sufrir en el estudio y todo el protocolo que tenían que seguir. Una vez firmado el consentimiento informado se empezaba con el protocolo.

El protocolo iniciaba con la medición del peso y la altura de la participante, la cual se realizaba con una báscula de plataforma SECA 635 y con un estadiómetro respectivamente.

Una vez obtenidas estas medidas se le daba la bebida a ingerir a la participante, la cual tenía como máximo 5 minutos para ingerirla entera. Durante este tiempo, se introducían

los datos de altura y peso en los diferentes aparatos de medición utilizados, los cuales eran el Sistema de exploración funcional respiratoria MEDISOFT ErgoCard CPX<sup>Pro</sup> (analizador de gases y único aparato usado en este trabajo final de grado), el sistema de obtención óptica de datos Optogait Microgate y la plataforma de contacto DIN-A3 Chonojump. También se le colocaban a la participante diferentes marcadores para evaluar la sentadilla over-head y los test de saltos (variables que no se analizarán en el presente trabajo).

Una vez terminada la bebida, se iniciaba un cronómetro para controlar y seguir todas las indicaciones del protocolo. Hasta el minuto 14 que era cuando la participante empezaba el calentamiento, esta realizaba la calibración del Optogait colocando un pie dentro de este. Además de realizar esta calibración, también contestaba el cuestionario Internacional de Actividad Física (IPAQ por sus siglas en inglés) para conocer su nivel de actividad física en los últimos siete días, así como las preguntas iniciales de historial médico y deportivo. Por último, se le realizaba la valoración de sentadilla over-head y se le explicaba la técnica del salto CMJ, el cual tendría que hacer en los test de saltos.

En el minuto 13 la participante subía al tapiz rodante para prepararla para el analizador de gases, es decir, para colocarle la mascarilla de neopreno mediana MedGraphics con el Neumotacógrafo MedGraphics y el pulsómetro Polar A300 para controlar las pulsaciones. Posterior a todo esto, se iniciaba el calentamiento en el minuto 14, donde la participante empezaba a andar a 6 km/h en el tapiz rodante durante 6 minutos para después de forma seguida correr a 8 km/h durante otros 6 minutos, acabando en el minuto 26 del protocolo y finalizando así el calentamiento en tapiz, dando paso a la segunda parte del calentamiento, el cual consistía en la realización de siete ejercicios de estiramientos dinámicos en forma de tabata, es decir, 20 segundos de trabajo y 10 segundos de descanso, realizando en total dos series por ejercicio, finalizando así el calentamiento. Una vez

finalizado el calentamiento, se procedía a realizar el test de saltos el cual consistía en realizar 3 saltos CMJ sobre la plataforma de contactos, los cuales también eran grabados desde 2 ángulos distintos por 2 cámaras, con el objetivo de obtener ángulos de las articulaciones (variables que no se usan en este estudio). Una vez terminado este test, la participante tenía hasta el minuto 44 para descansar, ya que en ese minuto es cuando se empezaba a correr a 10 km/h.

En el minuto 43 del protocolo, la participante subía al tapiz rodante para colocar la mascarilla de la misma manera que en el calentamiento. Posterior al minuto de preparación, la participante comenzaba a correr en el minuto 44 a 10 km/h durante 6 minutos para finalizar en el minuto 50 y realizar de manera seguida el test de saltos, para posteriormente descansar hasta el minuto 60 del protocolo, que es cuando empezaría a correr a 12 km/h.

Por último, en el minuto 59 del protocolo, la participante subía al tapiz rodante para colocarle de nuevo la mascarilla de la misma manera que en la prueba de 10 km/h en el tapiz rodante. Posterior al minuto de preparación, la participante comenzaba a correr en el minuto 60 a 12 km/h durante 6 minutos para finalizar en el minuto 66 el protocolo para este estudio.

Una vez finalizado todo el protocolo, se extraían los datos del analizador de gases en forma de la media del  $VO_2$  de cada minuto de la prueba, siendo las mediciones tomadas en cuenta para este estudio la media del  $VO_2$  del minuto 4 al 5 (dentro de los 6 minutos que dura cada velocidad del tapiz rodante) en las velocidades de 6 km/h, 8 km/h, 10 km/h y 12 km/h del tapiz rodante.

**Tabla 1.** Protocolo del estudio.

ACCIÓN	MINUTO DE COMIENZO	DURACIÓN	BLOQUES DE TIEMPO
-Explicar protocolo, leer y firmar. -Tallar y pesar. -Introducir datos de participantes en Optogait, analizador y plataforma.	Indiferente	Indiferente	Indiferente
<b>Bebida con placebo/citrulina</b>	<b>Inicio crono</b>	<b>Máx 5 min</b>	<b>Inicio crono</b>
-IPAQ. -Preguntas iniciales. -Explicar Recorrido. -Explicar técnica de salto (prueba). -Explicar calentamiento guiado. -Colocar pulsómetro.	Minuto 0	13'	14'
Subir cinta + colocar máscara	Minuto 13	1'	
Calentamiento andar a 6 km/h	Minuto 14	6'	12'
Calentamiento trote a 8 km/h	Minuto 20	6'	
Calentamiento guiado	Minuto 26	7'	
Colocar marcadores + 1º test de saltos	Minuto 33	10'	18'
Subir cinta + colocar máscara	Minuto 43	1'	
Carrera por debajo de umbral a 10 km/h	Minuto 44	6'	
Acaba carrera a 10 km/h	Minuto 50	20''	
Transición plataforma	Minuto 50,20	1'	16'
2º test de saltos	Minuto 51,20	Indiferente	
Subir cinta + colocar máscara	Minuto 59	1'	
Carrera por encima del umbral a 12 km/h	Minuto 60	6'	16'
Acaba carrera a 12 km/h	Minuto 66	20''	

### Evaluación del VO<sub>2</sub>

Todos los participantes realizaron las pruebas específicas del protocolo (específicas en cuanto a este estudio) usando el analizador de gases y utilizando una cinta rodante, de manera que el VO<sub>2</sub> se midió en las pruebas de cinta rodante de 6 km/h, 8 km/h, 10 km/h y 12 km/h. El VO<sub>2</sub> se midió a través de un sistema de exploración funcional respiratoria MEDISOFT ErgoCard CPX Pro, el cual era calibrado diariamente antes de las pruebas

usando una jeringa de 3,0 L a varios caudales y una mezcla de gases conocida de acuerdo con las especificaciones del fabricante.

Los valores de  $VO_2$  que se recogían para el presente estudio eran la media del  $VO_2$  medido por el analizador entre el minuto 4 y el minuto 5 para cada velocidad.

### Estimación del $VO_2$ mediante las ecuaciones del ACSM

La estimación del  $VO_2$  de los participantes se realizó con las ecuaciones del ACSM (Glass et al., 2007), utilizando para este estudio 2 ecuaciones diferentes, una para andar y otra para las velocidades de correr, las cuales se muestran en la Tabla 2.

**Tabla 2.** Ecuaciones del ACSM utilizadas en la estimación del  $VO_2$ .

Ecuación andar	$VO_2: 0,1*V+1,8*$ pendiente en decimal $*V+3,5$
Ecuación correr	$VO_2: 0,2*V+0,9*$ pendiente en decimal $*V+3,5$

$VO_2$ : Consumo de oxígeno; V: velocidad en m/min. Los datos del  $VO_2$  son expresados en ml/kg\*min.

### Análisis estadístico

Las diferentes pruebas estadísticas se llevaron a cabo con la versión 2.0 para Mac OS X del paquete estadístico The Jamovi project (2021). Se analizó la normalidad de las variables mediante los tests de Shapiro–Wilk y todas las variables mostraron una distribución normal. Por ello, se utilizaron análisis paramétricos en todas las variables del estudio. Todos los resultados del estudio se muestran como media (desviación estándar).

Para analizar las diferencias de  $VO_2$  obtenidos del analizador de gases y de las ecuaciones del ACSM a las diferentes velocidades estudiadas se utilizó la prueba T de Student para muestras relacionadas. También se calculó el tamaño del efecto de la  $d$  de Cohen. Este tamaño del efecto puede ser pequeño (0,2-0,5), medio (0,5-0,8) y grande ( $>0,8$ ). El nivel de significación se estableció en  $p<0,05$ .

### 3. RESULTADOS

La comparación entre el VO<sub>2</sub> medido de forma directa con el analizador de gases y el VO<sub>2</sub> estimado a través de las ecuaciones del ACSM en las participantes del estudio se presenta en la Tabla 3. La ecuación de andar del ACSM subestimó el VO<sub>2</sub> frente al VO<sub>2</sub> medido con el analizador de gases, mientras que la ecuación de correr del ACSM sobreestimó el VO<sub>2</sub> estimado en todas las velocidades frente al VO<sub>2</sub> medido de forma directa ( $p < 0,001$ .,  $d$  de Cohen entre 1,32 y 2,13).

**Tabla 3.** VO<sub>2</sub> medido y estimado para las velocidades 6 km/h, 8 km/h, 10 km/h y 12 km/h.

	Medición directa	Medición indirecta	Diferencia media	p	d de Cohen
VO <sub>2</sub> 6km/h (mL/kg*min)	15,44 (1,08)	13,51 (0,00)	1,93	< 0,001	1,79
VO <sub>2</sub> 6km/h (L/min)	0,90 (0,07)	0,79 (0,08)	0,11	< 0,001	1,85
VO <sub>2</sub> 8km/h (mL/kg*min)	27,98 (2,45)	31,40 (0,00)	-3,42	< 0,001	1,40
VO <sub>2</sub> 8km/h (L/min)	1,63 (0,13)	1,84 (0,18)	-0,21	< 0,001	1,32
VO <sub>2</sub> 10km/h (mL/kg*min)	34,20 (3,06)	38,34 (0,00)	-4,14	< 0,001	1,35
VO <sub>2</sub> 10km/h (L/min)	2,00 (0,21)	2,25 (0,22)	-0,25	< 0,001	1,29
VO <sub>2</sub> 12km/h (mL/kg*min)	38,20 (3,35)	45,32 (0,00)	-7,12	< 0,001	2,13
VO <sub>2</sub> 12km/h (L/min)	2,24 (0,16)	2,67 (0,27)	-0,43	< 0,001	1,87

VO<sub>2</sub>: Consumo de oxígeno; d de cohen: tamaño del efecto. La medición directa hace referencia a la medición del VO<sub>2</sub> a través de analizador de gases y la medición indirecta hace referencia a la estimación del VO<sub>2</sub> mediante las ecuaciones del Colegio Americano de Medicina del Deporte. Los datos se muestran como media y desviación estándar (media (desviación estándar)). La significación estadística fue fijada en  $p < 0,05$ .

#### 4. DISCUSIÓN

En el estudio se ha observado que la ecuación para la velocidad de caminar subestima el valor del  $\text{VO}_2$  frente al  $\text{VO}_2$  medido directamente con el analizador de gases. Otros estudios que han realizado una comparativa similar (Bazuelo-Ruiz et al., 2021; Hall et al., 2004; Hasegawa & Inui, 2007; Stoedefalke & Hawkins, 2020; Weyand et al., 2021; Xue et al., 2021) demostraron que la ecuación de caminar del ACSM no era válida porque subestimaba el  $\text{VO}_2$ , llegando a los mismos resultados que el presente estudio.

Por otra parte, en el estudio se ha observado que la ecuación para las velocidades de correr sobreestima el valor del  $\text{VO}_2$  frente al  $\text{VO}_2$  medido directamente con el analizador de gases. Mismos resultados se han observado en estudios de comparativa similar (Hall et al., 2004; Heden et al., 2012) donde se demostró que la ecuación para correr del ACSM sobreestimaba el  $\text{VO}_2$ . Esto puede deberse a que en nuestro estudio y en los estudios mencionados anteriormente se utilizó una población entrenada o recreativamente activa, lo que puede influenciar significativamente en un menor consumo de oxígeno en pruebas de correr, haciendo que de esta manera el  $\text{VO}_2$  real este por debajo del  $\text{VO}_2$  estimado.

Sin embargo, otros estudios (Bazuelo-Ruiz et al., 2021; Hasegawa & Inui, 2007) han observado que la ecuación de correr del ACSM subestimaba el  $\text{VO}_2$  estimado, resultado que difiere del presente estudio. Esto puede ser debido a que en el estudio de Bazuelo-Ruiz et al. (2021) la mitad de la población del estudio (10 participantes) presenta un alto índice de masa corporal ( $\text{IMC } 28,17 \pm 1,17 \text{ kg/m}^2$ ), lo que muestra que estos participantes no estaban entrenados ni acostumbrados a practicar ejercicio físico al igual que en el estudio de Hasegawa & Inui (2007), lo que puede haber afectado a aumentar considerablemente el  $\text{VO}_2$  de los participantes, haciendo que de esta manera supere el valor del  $\text{VO}_2$  real al del valor de  $\text{VO}_2$  estimado por la ecuación predictiva.

### Limitaciones del estudio

Entre las diferentes limitaciones que presenta el estudio, una de las más grandes es la pequeña muestra del estudio, ya que, al ser la muestra de tan solo 13 participantes, las conclusiones del estudio tienen poca potencia. Por otra parte, hay que comentar que la gran mayoría de las participantes no estaba acostumbrada a correr en tapiz rodante, además de que no se hizo periodo de adaptación a esta, por lo que este aspecto puede haber afectado a los resultados. Por último, las mediciones entre las diferentes participantes no se realizaron ni en el mismo momento del día ni con las mismas condiciones de temperatura, pudiendo afectar esta condición a las mediciones entre participantes.

### Fortalezas del estudio

Como fortalezas del estudio tenemos que este es uno de los pocos estudios en este ámbito que posee una población exclusiva de mujeres y que el protocolo del estudio se siguió de manera estricta para todas las participantes, aumentando de manera considerable la estandarización del estudio

## **5. CONCLUSIONES**

Aunque las ecuaciones del ACSM para estimar el  $\text{VO}_2$  han sido utilizadas ampliamente en la literatura científica, este estudio muestra que estas ecuaciones no son precisas para la población del estudio, ya que la ecuación de andar del ACSM subestimó el  $\text{VO}_2$  frente al  $\text{VO}_2$  medido de forma directa con el analizador de gases, mientras que la ecuación de correr del ACSM sobreestimó el  $\text{VO}_2$  estimado en todas las velocidades.

## **6. APLICACIONES PRÁCTICAS**

Desde una perspectiva práctica no parece recomendable el uso de las ecuaciones para la estimación del  $\text{VO}_2$  para caminar y correr del ACSM en mujeres en edad universitaria.

## 7. BIBLIOGRAFÍA

- Agiovlasitis, S., Motl, R. W., & Fernhall, B. (2010). Prediction of oxygen uptake during level treadmill walking in people with multiple sclerosis. *Journal of Rehabilitation Medicine*, 42(7), 650–655. <https://doi.org/10.2340/16501977-0570>
- Bazuelo-Ruiz, B., de Rosario, H., & Durá-Gil, J. v. (2021). Validation of oxygen consumption prediction equations and new formulas for interval training. *Apunts. Educacion Fisica y Deportes*, 143, 9–16. [https://doi.org/10.5672/APUNTS.2014-0983.ES.\(2021/1\).143.02](https://doi.org/10.5672/APUNTS.2014-0983.ES.(2021/1).143.02)
- Escalante, Y. (2011). Actividad física, ejercicio físico y condición física en el ámbito de la salud pública. *Revista española de salud pública*, 85(4), 325-328.
- García, R. C. F., Oliveira, R. M. de, Martínez, E. C., & Neves, E. B. (2020). VO2 Estimation Equation Accuracy to Young Adults. *Archivos de Medicina (Manizales)*, 20(1), 33–39. <https://doi.org/10.30554/ARCHMED.20.1.3476.2020>
- Glass, S., Dwyer, G. B., & Medicine, A. C. of S. (2007). *ACSM's Metabolic Calculations Handbook*. Lippincott Williams & Wilkins.
- Hall, C., Figueroa, A., Fernhall, B., & Kanaley, J. A. (2004). Energy expenditure of walking and running: Comparison with prediction equations. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 36(12), 2128–2134. <https://doi.org/10.1249/01.MSS.0000147584.87788.0E>
- Hasegawa, H., & Inui, F. (2007). Influence of higher-grade walking on metabolic demands in young untrained Japanese women. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 21(2), 405–408. <https://doi.org/10.1519/R-22106.1>
- Heden, T. D., LeCheminant, J. D., & Smith, J. D. (2012). Influence of weight classification on walking and jogging energy expenditure prediction in women. *Research Quarterly for Exercise and Sport*, 83(3), 391–399. <https://doi.org/10.1080/02701367.2012.10599873>
- Jin, X. I., Carithers, T., & Loftin, M. (2021). Prediction and Cross-validation of an Energy Expenditure Equation in Walking or Running in Asian Adults. *International Journal of Exercise Science*, 14(7), 932. [/pmc/articles/PMC8439706/](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC8439706/)

- Kodama, S., Saito, K., Tanaka, S., Maki, M., Yachi, Y., Asumi, M., Sugawara, A., Totsuka, K., Shimano, H., Ohashi, Y., Yamada, N., & Sone, H. (2009). Cardiorespiratory Fitness as a Quantitative Predictor of All-Cause Mortality and Cardiovascular Events in Healthy Men and Women: A Meta-analysis. *JAMA*, *301*(19), 2024–2035. <https://doi.org/10.1001/JAMA.2009.681>
- Koutlianos, N., Dimitros, E., Metaxas, T., Deligiannis, A. S., & Kouidi, E. (2013). Indirect estimation of VO<sub>2</sub>max in athletes by ACSM's equation: valid or not? *Hippokratia*, *17*(2), 136. [/pmc/articles/PMC3743617/](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/23743617/)
- Latin, R. W., & Elias, B. A. (1993). Predictions of maximum oxygen uptake from treadmill walking and running. *The Journal of Sports Medicine and Physical Fitness*, *33*(1), 34–39. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/8350605/>
- Loftin, M., Waddell, D. E., Robinson, J. H., & Owens, S. G. (2010). Comparison of energy expenditure to walk or run a mile in adult normal weight and overweight men and women. *Journal of Strength and Conditioning Research*, *24*(10), 2794–2798. <https://doi.org/10.1519/JSC.0B013E3181CC26CD>
- Milani, J., Fernhall, B., & Manfredi, T. (1996). Estimating oxygen consumption during treadmill and arm ergometry activity in males with coronary artery disease. *Journal of Cardiopulmonary Rehabilitation*, *16*(6), 394–401. <https://doi.org/10.1097/00008483-199611000-00009>
- Peterson, M. J., Pieper, C. F., & Morey, M. C. (2003). Accuracy of VO<sub>2</sub>(max) prediction equations in older adults. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, *35*(1), 145–149. <https://doi.org/10.1097/00005768-200301000-00022>
- Stoedefalke, K., & Hawkins, M. A. (2020). The accuracy of the ACSM prediction equations, for determining walking caloric expenditure, in college-aged males and females. <https://doi.org/10.1080/07448481.2020.1727910>, *70*(1), 130–133. <https://doi.org/10.1080/07448481.2020.1727910>
- Weyand, P. G., Ludlow, L. W., Nollkamper, J. J., & Buller, M. J. (2021). Real-world walking economy: can laboratory equations predict field energy expenditure? *Journal of Applied Physiology*, *131*(4), 1272. <https://doi.org/10.1152/JAPPLPHYSIOL.00121.2021>

- Wilkin, L. D., Cheryl, A., & Haddock, B. L. (2012). Energy expenditure comparison between walking and running in average fitness individuals. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 26(4), 1039–1044. <https://doi.org/10.1519/JSC.0B013E31822E592C>
- Xue, J., Li, S., Wen, R., & Hong, P. (2021). Energy Expenditure of Level Overground Walking in Young Adults: Comparison With Prediction Equations. *Journal of Physical Activity & Health*, 18(8), 965–972. <https://doi.org/10.1123/JPAH.2020-0283>