



Artículo de investigación

Relación del consumo de VO_2 pico y el porcentaje de masa muscular en adultos que habitan sobre 2600 M.S.N.M

Relationship of VO_2 max consumption and muscle mass among adults living in altitudes over 2600 MAMSL

Juan Carlos Galvis MD^a
Juan Carlos Arévalo MD^b

^a Instructor Asistente. Servicio de Medicina de la Actividad Física y del Deporte, Fundación Universitaria de Ciencias de la Salud. Bogotá DC, Colombia.

^b Medicina de la Actividad Física y del Deporte. Fundación Universitaria de Salud. Bogotá DC, Colombia.

RESUMEN

Introducción: la reducción de la capacidad oxidativa del músculo con el envejecimiento parece jugar un papel importante en la vejez disminuyendo hasta 50%. En zonas elevadas sobre el nivel del mar se producen cambios en la dinámica del oxígeno arterial que se relacionan con el metabolismo del músculo y la sarcopenia. **Objetivos:** determinar si hay relación entre el VO_2 pico y el porcentaje de masa muscular, nivel de actividad física e IMC, en adultos que habitan en regiones superiores a 2600 metros sobre el nivel del mar. **Metodología:** estudio descriptivo de tipo transversal, se incluyeron participantes sin sarcopenia mayores de 50 años, con mínimo un año de residencia en Bogotá, Colombia. Se excluyeron participantes con terapia de reemplazo hormonal, tensión arterial elevada durante la prueba, enfermedad coronaria, valvular o trastornos de la conducción. Se determinó el nivel de actividad física aplicando la encuesta Ainsworthy col, la composición corporal con bioimpedanciometría y VO_2 pico mediante ergoespirometría. **Resultados:** la muestra fue de 21 participantes. La mitad de la

INFORMACIÓN DEL ARTÍCULO

Historia del artículo:
Fecha recibido: enero 15 de 2020
Fecha aceptado: marzo 3 de 2021

Autor para correspondencia:
Juan Carlos Arévalo
jegalvisr@gmail.com

DOI
10.31260/RepertMedCir.01217372.1168

población mostró VO_{2pico} de 23.7 ml/k/min, IMC de 27.2g/m² y porcentaje de masa muscular de 35.5%; hay baja correlación entre VO_{2pico} y el porcentaje de masa muscular. La mitad de la población saludable tiene un VO_{2pico} de 28.9 ml/k/min, sedentaria saludable 23.7 ml/k/min y sedentaria riesgosa 21.6 ml/k/min. *Conclusiones:* el presente estudio mostró que hay baja correlación entre el porcentaje de masa muscular y el VO_{2pico} , sin embargo estos resultados pudieron estar influenciados por el tamaño de la muestra y otros factores.

Palabras clave: masa muscular, VO_{2pico} , actividad física, IMC, sarcopenia.

© 2021 Fundación Universitaria de Ciencias de la Salud - FUCS.

Este es un artículo Open Access bajo la licencia CC BY-NC-ND (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>).

ABSTRACT

Introduction: the decrease of muscle oxidative capacity with aging appears to play an important role in old age and is observed to decline by 50%. Changes in arterial oxygen dynamics related to muscle metabolism and sarcopenia are evidenced in high altitudes. Objectives: to determine if there is a relationship between VO_{2max} and muscle mass, physical activity and BMI, in adults living in altitudes over 2600 MAMSL. *Methodology:* descriptive cross-sectional study in older than 50 years subjects without sarcopenia, who had lived in Bogota, Colombia for at least one year. Subjects with hormone replacement therapy or high blood pressure during this test, coronary artery or valvular heart disease or conduction disorders, were excluded. Physical activity was determined applying the Ainsworthy et al. survey, body composition by bioelectrical impedance analysis and VO_{2max} by ergospirometry. *Results:* sample size was 21 participants. Half of the population showed a VO_{2max} of 23.7 ml/k/min, BMI of 27.2g/m² and muscle mass of 35.5%. A low correlation between VO_{2max} and muscle mass was evidenced. Half of the healthy population had a VO_{2max} of 28.9 ml/k/min, healthy sedentary subjects 23.7 ml/k/min and sedentary subjects with risk factors 21.6 ml/k/min. *Conclusions:* this study showed a low correlation between muscle mass and VO_{2max} . However, these results could have been influenced by the sample size and other factors.

Keywords: muscle mass, VO_{2max} , physical activity, BMI, sarcopenia.

© 2021 Fundación Universitaria de Ciencias de la Salud - FUCS.

This is an open access article under the CC BY-NC-ND license (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>).

INTRODUCCIÓN

El músculo como órgano tiene diversas funciones mecánicas, endocrinas, inmunológicas y una relación directa con la capacidad funcional del individuo, por lo tanto la pérdida de masa muscular implica la reducción de la fuerza, que puede conducir de manera progresiva a una dependencia funcional, es decir que se comprometería la actividad física del individuo.¹

La medición de la masa muscular ha empezado a tener gran importancia clínica, debido a que su determinación en forma precisa permite diagnosticar patologías como la sarcopenia, entidad descrita por el Consenso Europeo de Sarcopenia (EWGSOP) como un síndrome que se caracteriza por pérdida gradual y generalizada de la masa muscular esquelética y de la fuerza, con riesgo de presentar resultados adversos como discapacidad física, calidad de vida deficiente y mortalidad.² Sin embargo, se ha visto que hay limitaciones importantes para poder medir de forma efectiva el porcentaje de masa muscular como criterio diagnóstico de esta enfermedad. Teniendo en cuenta que el estándar de oro podría ser el peso neto de cada músculo esquelético, se han utilizado alternativas indirectas como la resonancia

magnética o la absorciometría dual por rayos X (DEXA), que por su alto costo no se utilizan con frecuencia.³ También existen estudios que han analizado la precisión de la medida mediante bioimpedancia, concluyendo que los resultados son muy similares con los métodos antes mencionados.⁴ La patogénesis de entidades como la sarcopenia es multifactorial y abarca factores sistémicos, perturbaciones del entorno local y procesos específicos intramusculares entre otros.⁵ La reducción del suministro de oxígeno muscular, en especial debido a la disminución o mala distribución del gasto cardíaco, parecen desempeñar el papel dominante hasta la edad mediana. Además hay disminución de la capacidad oxidativa del músculo esquelético con el envejecimiento, debido en parte a la disfunción mitocondrial que parece jugar un papel importante en la vejez extrema (senescencia), cuando se observa que el consumo máximo de oxígeno ($VO_{2máx}$) del músculo esquelético disminuye en cerca de 50%, incluso en condiciones de suministro de oxígeno similar al músculo del adulto joven.⁶

Por otro lado, la capacidad aeróbica relacionada con el ($VO_{2máx}$) también disminuye con la edad, 18% por década

para mujeres y 24% hombres⁷ y alrededor de 5% por década en las personas activas físicamente.⁸ Este hallazgo requiere atención ya que las personas que mantienen la capacidad aeróbica adecuada son menos propensas a enfermedades crónicas no transmisibles⁹ y mantienen mayor capacidad funcional.

El consumo de oxígeno (VO_2) es la cantidad medida en volumen que es transportada, captada, transformada y utilizada por los tejidos en la fracción de un minuto. La forma más común para calcular el VO_2 es la ecuación de Fick¹⁰ que demuestra que el VO_2 equivale al gasto cardiaco [$GC=VS$ (volumen sistólico) x FC (frecuencia cardiaca)], por la diferencia de concentración arterial y venosa de O_2 ($CaO_2 - CvO_2$). También existen métodos directos que requieren un equipo de análisis de gases inspirados y espirados (ergoespirometría) cuyos resultados tienen alta precisión.¹¹ Por otro lado, los métodos de evaluación indirectos que son de bajo costo pueden proporcionar una estimación del VO_2 basados en la extrapolación de la frecuencia cardíaca, el trabajo realizado en una cifra fija de tiempo o el tiempo para completar una determinada cantidad de trabajo.¹¹ En cuanto a la masa muscular se puede medir como porcentaje de la masa muscular total. La bioimpedancia eléctrica (Biody Manager-Biody Expert) realiza un análisis no invasivo de la composición corporal en forma rápida y económica, por tal motivo los riesgos durante su realización son mínimos. Dentro de los datos que arroja está el porcentaje muscular.

La sarcopenia se entiende como un síndrome que se fundamenta en la pérdida gradual y generalizada de la masa muscular esquelética, aumentando el riesgo de padecer efectos y/o resultados adversos en las personas, que se manifiestan finalmente en el deterioro de la capacidad física y la alteración de la calidad de vida. Los estudios de investigación publicados a la fecha mencionan diversos aspectos relacionados con los límites humanos para el consumo máximo de oxígeno durante el ejercicio, como lo contempló el autor Hill en 1924, o bien los relacionados con el consumo del oxígeno, como por ejemplo la edad según lo estudiado por Sid Robinson¹², es evidente que existe alguna evidencia a nivel del mar, pero no la hay en alturas superiores a 2600 m.s.n.m. En consecuencia, la propuesta de evaluar la posible relación entre los 2 parámetros VO_{2pico} y porcentaje de masa muscular que pudieran ser directamente proporcionales sería un hallazgo que permitiría estratificar y definir de forma más precisa enfermedades como la sarcopenia. Para profesionales de la salud y de la actividad física sería un parámetro para tener en cuenta no sólo en atletas entrenados, sino en la población que tiene mayor riesgo de padecerla por hábitos inadecuados como el sedentarismo. Este estudio hace parte del proyecto de investigación “Consumo pico de oxígeno y su relación con la presentación de sarcopenia en adultos que habitan sobre los 2600 m.s.n.m”, que tiene por objeto analizar el comportamiento del consumo máximo de oxígeno en participantes con y sin sarcopenia, y fue aprobado por los comités de ética e investigación de la facultado de medicina

de la Fundación Universitaria de Ciencias de la Salud. Este trabajo presenta una primera aproximación a la relación entre el consumo de oxígeno y la masa muscular en personas sin sarcopenia que viven en alturas mayores a las del nivel del mar, como línea de base para la comparación de estas variables en pacientes con sarcopenia.

MÉTODOS

Diseño y participantes

Se realizó un estudio descriptivo de tipo transversal en el cual se analizaron las posibles relaciones entre el consumo máximo de O_2 y la masa muscular en adultos que viven a 2600 m.s.n.m. Se incluyeron participantes sin sarcopenia, mayores de 50 años, residentes en Bogotá por lo menos durante un año previo al estudio, quienes firmaron el consentimiento informado. Para participar en el estudio original se calculó un tamaño de muestra de 25 pacientes con sarcopenia y 25 sin esta para estudios transversales, pero debido a que solo se logró reclutar pacientes sin sarcopenia la muestra se redujo. Se excluyeron participantes con reemplazo hormonal, uso de corticoides o insulina, tensión arterial elevada durante la prueba ($TAS >140$ mmHg y $TAD >90$ mmHg) o bien enfermedad coronaria, valvular, pulmonar o trastornos de la conducción.

Se realizó una búsqueda activa de participantes que cumplieran criterios de inclusión en los servicios de consulta externa de medicina del deporte de la unidad de medicina de la actividad física y el deporte de los hospitales Infantil Universitario de San José y de San José, a quienes se invitó a participar del estudio. Se registraron datos telefónicos con la debida protección según la ley estatutaria 1581 de 2012.

PROCEDIMIENTO

Los datos fueron recolectados por los especialistas en medicina de la actividad física y del deporte en formación académica, vinculados al trabajo se dio explicando el proyecto a los participantes y resolviendo las dudas generadas. Se procedió a la firma del consentimiento informado y se determinó el grado de sedentarismo, para lo cual se realizó una valoración de la actividad física utilizando la encuesta del estudio Ainsworth y col. (2000)¹³ que describe las actividades físicas por categorías (ocupación, transporte, etc.) y las actividades específicas con su intensidad, definida ésta como la proporción de la tasa metabólica de trabajo sobre la tasa metabólica en reposo estándar (MET), así como el gasto energético en MET-minutos, MET-horas, kilocalorías (kcal) por kilogramo de peso corporal, según el tipo o intensidad de METs.

Después se indicó al participante que se retirara zapatos, medias y ropa dejando solo la interior, y que además guardaran los materiales metálicos como reloj, joyería, ganchos de pelo, etc., y se les entregó una bata desechable

de examen única para cada participante, la cual fue utilizada durante todo el tiempo de la medición. Luego se procedió a anotar la talla y medir la composición corporal mediante impedanciometría (Biody Manager-Biody Expert. Se determinó la velocidad de la marcha con la marcación y señalización previa de una distancia de 6 metros, evitando el riesgo de caídas o traumatismos; se dio la orden de salida cronometrando el recorrido con una caminata rápida sin llegar al trote. La medición de fuerza se realizó por medio de dinamometría (CAMRY modelo: EH 101) con la indicación de sostener el dinamómetro con la mano dominante, codo extendido y hombro a 90 grados realizando la aprehensión máxima en esta posición y después se hizo lo mismo con la mano contralateral.

Una vez registrados los parámetros descritos se procedió a la medición de la capacidad funcional o de VO₂ (ergoespirometría con equipo COSMED, Fitmate PRO equipo). Al participante se le colocó una máscara facial además de un monitor de frecuencia cardíaca, luego se inició la caminata en la banda sin fin (METS, Sportfitness, Modelo JS-5000B-1) a una velocidad de 3 kilómetros/hora, incrementándola cada minuto 1 kilómetro/hora dependiendo de la capacidad del individuo se aumentó la inclinación de la banda de 1 grado, hasta lograr la capacidad máxima de ejercicio de cada participante.

ANÁLISIS ESTADÍSTICO

El análisis de las variables cualitativas se realizó mediante frecuencias absolutas y relativas. Las cuantitativas se calcularon con medidas de tendencia central (medianas y rangos intercuartílicos).

Para evaluar la relación entre el VO₂pico y el porcentaje de masa muscular, se calculó el índice de correlación de Spearman.

RESULTADOS

Entre el 1 de febrero y el 10 de julio de 2019 se invitaron 30 sujetos (de acuerdo con el tamaño de muestra calculado para el estudio original), de los cuales 28 aceptaron y 7 se retiraron por presentar algún criterio de exclusión.

La muestra final estuvo constituida por 21 participantes, 13 de ellos mujeres (61,9%). La edad mediana fue 65 años (min 50, max 86), 19% de la población se clasificó como saludable, 62% sedentaria no saludable y 19% sedentaria no riesgosa. En cuanto al IMC, 24% corresponde a población normal, 43% sobrepeso y 33% obesidad (tabla 1).

La mediana de VO₂pico en esta población fue 23.7 ml/k/min (min 16.7, max 37.3), 27.2 k/m² (min 19.7, max 33.8) para IMC y 35.5% (min 23.4, max 47.4) para porcentaje de masa muscular (tabla 2).

Los resultados muestran baja correlación entre VO₂pico y el porcentaje de masa muscular debido a la alta variabilidad en los resultados (figura 1).

En cuanto al porcentaje de masa muscular según el nivel de actividad física de los individuos, se reportó una mediana para los niveles de saludable (36.9% min, 35.5% max, 47.4%), sedentario saludable (32.6% min, 23.4% max, 44.7%) y sedentario en riesgo (33.5% min, 28.8% max, 42.3%) (tabla 3).

Tabla 1. Características demográficas y antropométricas

| Variables (n=21) | Frecuencia | % |
|-------------------------|------------|------|
| Género | | |
| femenino | 13 | 61.9 |
| masculino | 8 | 38 |
| Sedentarismo | | |
| saludable | 4 | 19 |
| sedentario no saludable | 13 | 62 |
| sedentario riesgoso | 4 | 19 |
| IMC | | |
| normal | 5 | 24 |
| sobrepeso | 9 | 43 |
| obesidad | 7 | 33 |

Fuente: los autores.

Tabla 2. Características demográficas y antropométricas

| Variables (n=21) | Medianas (rangos intercuartílicos) |
|--------------------------------|------------------------------------|
| VO ₂ max(ml/kg/min) | 23.7 (16.7-37.3) |
| IMC (kg/m ²) | 27.2(19.7-33.8) |
| % masa muscular | 35.5 (23.4-47.4) |

Fuente: los autores.

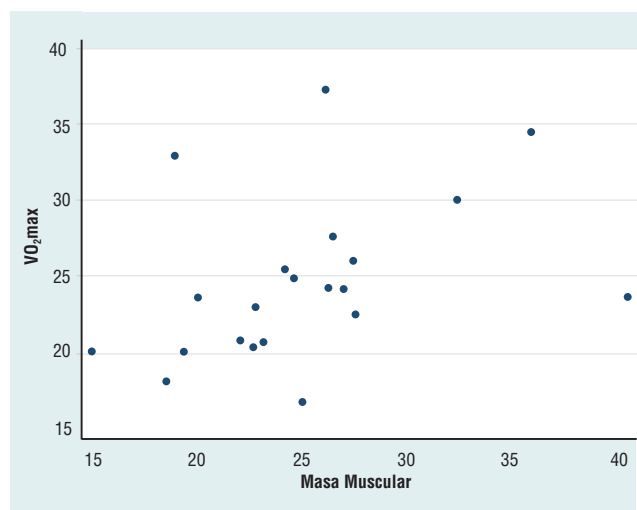


Figura 1. Relación del porcentaje de masa muscular y el VO₂pico Índice de correlación de 0.5166. Fuentes: los autores.

En cuanto a la posible relación entre el VO₂ y IMC, se encontró una mediana para la población de estudio con IMC normal de 24,2 ml/k/min (min 18.1, max. 37.3), mientras que en sobrepeso fue 25 ml/k/min (min.20.1, max.34.5) y para sujetos con obesidad de 22.6 ml/k/min (min. 16.7, max. 25.5) (tabla 3).

En cuanto al VO₂pico y el nivel de actividad física, se encontró una mediana para la población saludable de 28.9 mL/k/min (min 24.3, max 37.3), en la población sedentaria saludable fue 23.7 mL/k/min (min.17.7, max.34.5) y en la población sedentaria riesgosa de 21.6 mL/k/min (min.20.4, max.30.1) (tabla 3)

Tabla 3. Porcentaje de masa muscular y Vo₂pico para el nivel de actividad física e IMC

| Variables (n=21) | Nivel de actividad física | | | IMC | | |
|---------------------|---------------------------------|--------------------------------|--------------------------------|-------------|-------------|-------------|
| | Saludable | Sedentario no saludable | Sedentario riesgos | Normal | Sobrepeso | Obeso |
| % masa muscular | 36.9 | 32.6 | 33.5 | 24,2 | 22.6 | 25 |
| VO2 pico (ml/k/min) | (35.5-47.4) 28.9 (24.3-37.3) | (23.4-44.7) 23.7(16.7-34.5) | (28.8-42.3) 21.6(20.4-30.1) | (18.1-37.3) | (20.1-34.5) | (16.7-25.5) |

Fuente: los autores.

DISCUSIÓN

El principal hallazgo de este estudio fue lograr una aproximación a la posible relación entre el consumo de oxígeno pico y el porcentaje de masa muscular en individuos sin sarcopenia que residen a 2600 m.s.n.m. Los resultados mostraron baja correlación entre el VO₂pico y el porcentaje de masa muscular, sin embargo hay que tener en cuenta algunos aspectos diferenciadores con la literatura previa, además del tamaño de la muestra que pudo haber influenciado en el resultado. Estudios anteriores han reportado una correlación estrecha entre los valores espirométricos y el porcentaje de masa muscular pero esta última fue medida mediante absorciometría dual por rayos x (Dexa).¹⁴

Existen muchas técnicas disponibles para la evaluación de la composición corporal, que van desde simples medidas indirectas hasta las volumétricas directas más sofisticadas. Algunos de los métodos que se usan hoy incluyen antropometría, dilución de trazadores, densitometría, absorciometría de rayos X de doble energía, pletismografía de desplazamiento de aire y análisis de impedancia bioeléctrica, técnica realizada en este estudio, los cuales varían en precisión y exactitud. Las técnicas de imagen como la resonancia magnética nuclear y la tomografía computarizada se han convertido en herramientas poderosas debido a su capacidad de visualizar y cuantificar tejidos, órganos o componentes como el músculo y el tejido adiposo. Sin embargo, todavía se consideran herramientas de investigación por su alto costo y complejidad de uso. Lo anterior sugiere que los procedimientos utilizados en la medición de la composición corporal pueden influir en los resultados, lo cual podría explicar la diferencia de nuestros hallazgos con estudios previos. Hay otro estudio que mostró también una correlación lineal entre el VO₂pico y la masa muscular medida por resonancia magnética.¹⁵ Sin embargo,

estos fueron evaluados en deportistas de alto rendimiento y no se podría extrapolar a toda la población, ya que este grupo de alto rendimiento tiene una adaptación al ejercicio y fisiológicamente responden con cambios funcionales¹⁶ como un VO₂pico más elevado.

Un estudio japonés realizado en 1463 personas entre 20 y 80 años sugiere que la masa muscular del muslo está estrechamente asociada con el pico de VO₂ y/o umbral ventilatorio en hombres y mujeres, y afirman que la disminución del umbral ventilatorio con la edad se debe en esencia a la reducción de la masa muscular relacionada con la edad¹⁷, que contrasta con los resultados del presente estudio, probablemente porque se trata de una población con rango de edad mayor, factor que debe tenerse en cuenta para estudios posteriores.

El porcentaje de masa muscular con relación al nivel de actividad física mostró que las personas saludables tienen un mayor porcentaje muscular que las sedentarias saludables. Sin embargo, las sedentarias riesgosas tuvieron un porcentaje de masa muscular mayor que las sedentarias saludables y menor que las personas saludables.

Existe un estudio con resultados similares en el cual el objetivo fue describir las diferencias de actividad física, masa muscular y fuerza muscular en 415 mujeres mayores. Los resultados reportaron que el nivel de actividad física mostró variabilidad en su asociación con el porcentaje de masa muscular¹⁸, medida mediante bioimpedancia como se realizó en el presente estudio, lo cual sugiere que no es concluyente la correlación directa entre la masa muscular y los diferentes niveles de actividad física.

Adicionalmente, el VO₂pico en relación con el nivel de actividad física mostró que los participantes saludables tienen un VO₂pico mayor que los sedentarios saludables y sedentarios riesgosos. Esto se podría explicar porque el

ejercicio físico causa cambios funcionales y estructurales en el organismo, que pueden considerarse como un estrés frente al cual éste responde como un síndrome adaptativo, fenómeno que podría estar sucediendo con participantes saludables. Por otro lado, la intensidad del ejercicio, en este caso medido en mets de actividad física en 24 horas, marca la capacidad individual para hacer un trabajo y define indirectamente el sistema y la calidad de transporte de oxígeno desde que se inhala del aire atmosférico hasta su utilización en su acción muscular. Este estudio confirma esa capacidad mediante la medición del VO_{2pico} .

En cuanto a la relación del VO_{2pico} y el índice de masa corporal (IMC), el presente estudio reportó que los participantes con rangos normales lo tenían por encima de los participantes con obesidad; aquellos con sobrepeso obtuvieron un VO_{2pico} mayor que los participantes con IMC normal. Al respecto existe un estudio donde el objetivo fue verificar las relaciones entre el $VO_{2máx}$, el IMC y la flexibilidad de 99 personas, de ambos sexos y edades entre 30 y 64 años. Los resultados revelaron que las personas con un VO_{2} máximo elevado presentaban mayores posibilidades de tener IMC y flexibilidad dentro de los patrones considerados adecuados.¹⁹ Sin embargo en esa investigación se utilizó un monitor de frecuencia cardíaca como forma indirecta de medición de VO_{2max} , técnica diferente a la usada en este estudio, además del diferente rango de edad. La gran limitación del presente estudio consistió en un tamaño de muestra pequeño.

Aunque se había calculado incluir 50 individuos en el proyecto original, la muestra se redujo por la imposibilidad de recolectar sujetos con sarcopenia y gran parte de los participantes invitados no aceptaron o tuvieron criterios de exclusión. En conclusión, el presente estudio mostró que hay baja correlación entre el porcentaje de masa muscular y el VO_{2pico} .

Sin embargo, estos resultados pudieron estar influenciados por el tamaño de la muestra y por otros factores como la técnica de medición de las variables, la edad y el tipo de población analizada. Adicionalmente el estudio sugiere una relación estrecha entre el nivel de actividad física y el VO_{2pico} , de manera que los pacientes saludables tienen un consumo pico de oxígeno más elevado que los sedentarios saludables o riesgosos, lo cual concluye que entre mayor sea la actividad física será más alto el nivel de VO_{2pico} , que ayudaría a un mejor transporte de oxígeno para la acción muscular y como consecuencia podría ser un factor de prevención de caídas tanto en pacientes con sarcopenia como en la vejez.

Este estudio podría tomarse como referencia para el diseño de otras investigaciones en pacientes con o sin sarcopenia en alturas de 2600 m.s.n.m, segmentando los análisis por sexo, diferentes grupos etarios, técnicas de evaluación y población deportista y no deportista, que permitan precisar las conclusiones, dado que de acuerdo con este estudio, hay factores que pueden influir en la variabilidad de la correlación que reporta la literatura.

AGRADECIMIENTOS

El presente trabajo de investigación fue realizado bajo la supervisión (ergoespiometría) del doctor José Gabriel León Higuera, y la colaboración de las doctoras Elica Paola Cepeda Jurado y Rosa Leonor Gómez Rodríguez, a quienes agradecemos sus aportes y opiniones.

CONFLICTO DE INTERÉS

Los autores del presente estudio declaramos no tener conflicto de interés

DECLARACIÓN DE FINANCIACIÓN DEL PROYECTO

El presente artículo fue financiado por la Fundación Universitaria de Ciencias de la Salud mediante convocatoria interna, realizada por el comité de investigaciones.

REFERENCIAS

1. Nielsen S, Pedersen BK. Skeletal muscle as an immunogenic organ. *Curr Opin Pharmacol*. 2008;8(3):346-51. doi: 10.1016/j.coph.2008.02.005
2. Cruz-Jentoft AJ, Baeyens JP, Bauer JM, Boirie Y, Cederholm T, Landi F, et al. Sarcopenia: European consensus on definition and diagnosis: Report of the European Working Group on Sarcopenia in Older People. *Age Ageing*. 2010;39(4):412-23. doi: 10.1093/ageing/afq034
3. Kuriyan R. Body composition techniques. *Indian J Med Res*. 2018;148(5):648-658. doi: 10.4103/ijmr.IJMR_1777_18
4. Janssen I, Heymsfield SB, Baumgartner RN y Ross R. Estimation of skeletal muscle mass by bioelectrical impedance analysis. *J Appl Physiol* (1985). 2000;89(2): 465-471. doi: 10.1152/jappl.2000.89.2.465
5. Marzetti E, Calvani R, Cesari M, Buford TW, Lorenzi M, Behnke BJ, et al. Mitochondrial dysfunction and sarcopenia of aging: from signaling pathways to clinical trials. *Int J Biochem Cell Biol*. 2013;45(10):2288-301. doi: 10.1016/j.biocel.2013.06.024
6. Betik AC y Hepple RT. Determinants of VO_2 max decline with aging: an integrated perspective. *Applied physiology, nutrition, and metabolism*. 2008;33(1):130-140. doi: 10.1139/H07-174
7. Hollenberg M, Yang J, Haight TJ, Tager IB. Longitudinal changes in aerobic capacity: implications for concepts of aging. *J Gerontol A Biol Sci Med Sci*. 2006;61(8):851-8. doi: 10.1093/gerona/61.8.851

8. Bale P. Running performance and physiological characteristics of one man over a twenty- year period. *Br J Sports Med.* 1988;22(1):39-40. doi: 10.1136/bjism.22.1.39.
9. Cress ME, Meyer M. Maximal voluntary and functional performance levels needed for independence in adults aged 65 to 97 years. *Phys Ther.* 2003;83(1):37-48.
10. Mardimae A, Han JS, Preiss D, Rodrigues L, Chennapragada SM, Slessarev M, et al. Exaggerated increase in cardiac output during exercise in patients with peripheral high-flow arteriovenous malformations. *J Vasc Interv Radiol.* 2011;22(1):40-6. doi: 10.1016/j.jvir.2010.09.020
11. McGregor RA, Cameron-Smith D, Poppitt SD. It is not just muscle mass: a review of muscle quality, composition and metabolism during ageing as determinants of muscle function and mobility in later life. *Longev Healthspan.* 2014;3(1):9. doi: 10.1186/2046-2395-3-9. eCollection 2014
12. Robinson S. Experimental studies of physical fitness in relation to age. *Arbeitsphysiologie.* 1938;10:251-323. doi: 10.1007/BF02011412
13. Ainsworth BE, Haskell WL, Whitt MC, Irwin ML, Swartz AM, Strath SJ, et al. Compendium of physical activities: an update of activity codes and MET intensities. *Med Sci Sports Exerc.* 2000;32(9 Suppl):S498-504. doi: 10.1097/00005768-200009001-00009
14. Holguera, RM, Nieves AIT, Torres RR y Alonso MC. Asociación de la masa muscular determinada mediante DEXA con los resultados espirométricos de individuos sanos. *Archivos de Bronconeumología.* 2017;53(7):375-380. doi: 10.1016/j.arbres.2016.11.020
15. Sanada K., Kearns CF, Kojima K y Abe T. Peak oxygen uptake during running and arm cranking normalized to total and regional skeletal muscle mass measured by magnetic resonance imaging. *Eur J Appl Physiol.* 2005;93(5-6):687-93. doi: 10.1007/s00421-004-1250-y
16. Marqueta PM, Bonafonte LF, Orellana JN, Cuixart DB, Nogués JC, Soto CC, y Galilea P. Pruebas de esfuerzo en medicina del deporte. *Revista de la Federación Española de Medicina del Deporte y de la Confederación Iberoamericana de Medicina del Deporte (SEMED-FEMEDE).* *Arch Med Deporte.* 2016;33(Supl 1):5-83.
17. Sanada K, Kuchiki T, Miyachi M, McGrath K, Higuchi M y Ebashi H. Effects of age on ventilatory threshold and peak oxygen uptake normalised for regional skeletal muscle mass in Japanese men and women aged 20–80 years. *Eur J Appl Physiol.* 2007;99(5):475-83. doi: 10.1007/s00421-006-0375-6
18. Reyna MCE, Bautista DC y Orocio RN. Nivel de actividad física, masa y fuerza muscular de mujeres mayores de la comunidad: Diferencias por grupo etario. *Retos: nuevas tendencias en educación física, deporte y recreación.* 2019;35:121-125. doi: 10.47197/retos.v0i35.59956
19. Conte M, De Tarso Domingues SP, De Godoi VJ, Más ÉF, Vazatta R, Teixeira LFM. Interação entre VO2 máx, índice de massa corporal e flexibilidade. *Revista Mackenzie de Educação Física e Esporte.* 2003;2(2):23-30.

