

Asociación entre el síndrome metabólico y el gasto energético total diario en adultos: Análisis transversal de pobladores peruanos

Association between metabolic syndrome and daily total energy expenditure in adults: A cross-sectional analysis of Peruvian dwellers

Jamee GUERRA VALENCIA¹, Antonio CASTILLO-PAREDES², Eduardo MORÁN-QUIÑONES³, Karen V. QUIROZ CORNEJO³

¹ Facultad de Ciencias de la Salud, Universidad Privada del Norte, Lima, Perú.

² Facultad de Ciencias Humanas, Universidad Arturo Prat, Iquique, Chile.

³ Programa Académico de Nutrición y Dietética, Universidad Le Cordon Bleu, Lima, Perú.

Recibido: 26/enero/2024. Aceptado: 22/abril/2024.

RESUMEN

Introducción: El gasto energético total (GET) desempeña un papel crucial en el balance energético y la regulación del peso corporal, pero se ha investigado poco sobre su relación con el síndrome metabólico (SM). Recientemente, el Instituto de Medicina (IOM) de los Estados Unidos publicó ecuaciones de regresión actualizadas, validadas con el agua doblemente marcada, ofreciendo herramientas precisas para su aplicación en el escenario clínico.

Objetivo: Analizar la asociación entre el síndrome metabólico y el GET en la población peruana adulta de 30-59 años.

Metodología: Estudio analítico observacional, de corte transversal con datos del estudio PERU MIGRANT. Se incluyeron un total de 700 participantes de 30-59 años (promedio 43,44 y desviación estándar 8,41), sin antecedentes de diabetes e hipertensión. El 53,86% fueron mujeres. Se estimó el GET a través de las ecuaciones del IOM (2023) expresándolo en kcal/día, kcal/kg y kcal/kg de masa libre de grasa (MLG). El SM se definió según el consenso armonizado donde se consideró SM a aquellos con ≥ 3 factores de riesgo cardio-metabólicos. Se realizó un modelo lineal generalizado con enlace

identidad y familia Gaussian, para obtener los coeficientes beta crudos y ajustados con IC95%.

Resultados: La prevalencia de SM fue 23,00%. La regresión múltiple reveló que el SM se asoció positiva y significativamente con el GET absoluto, en ambos sexos. Sin embargo, la presencia de SM mostró asociaciones negativas con el GET relativo a masa total para ambos sexos. El SM y el GET relativo a MLG mostró relación inversa y solo fue significativo en mujeres.

Conclusiones: El SM se asocia positivamente con el GET absoluto. Contrariamente, la presencia de SM se relaciona de forma negativa con el GET relativo a la masa total y MLG.

PALABRAS CLAVE

Energy Expenditure, Energy Metabolism [Mesh], Body Composition [Mesh], Metabolic Syndrome [Mesh].

ABSTRACT

Introduction: Total energy expenditure (TEE) is crucial in energy balance and body weight regulation, yet its relationship with metabolic syndrome (MetS) has been underexplored. Recently, the Institute of Medicine (IOM) in the United States published updated regression equations, validated with doubly labeled water, providing precise tools for clinical application.

Correspondencia:
Jamee Guerra Valencia
Jamee.guerra@upn.pe

Objective: To analyze the association between metabolic syndrome and TEE in the adult population of Peru aged 30-59 years.

Methods: A cross-sectional analytical study was conducted using data from the PERU MIGRANT study. A total of 700 participants aged 30-59 years (average 43.44 and standard deviation 8.41) with no history of diabetes or hypertension were included. Females represented 53.86% of the sample.

TEE was estimated using IOM equations (2023), expressed in kcal/day, kcal/kg, and kcal/kg of fat-free mass (FFM). MetS was defined using the harmonized criteria, considering MetS positive if ≥ 3 cardio-metabolic risk factors were present. A generalized linear model with identity link and Gaussian family was employed to obtain crude and adjusted beta coefficients with 95% confidence intervals.

Results: MetS prevalence was 23.00%. Multiple regression revealed that MetS was positively and significantly associated with absolute TEE in both sexes. However, MetS individuals negatively associated relative TEE to body mass (kcal/kg) in both sexes. Only significant negative associations were observed in women for MetS and TEE relative to FFM (kcal/FFM).

Conclusions: MetS is positively associated with absolute TEE regardless of sex. Conversely, MetS showed an inverse relationship with relative TEE to total body mass, while only a significant inverse relation was observed for women between MetS and relative TEE to FFM.

KEYWORDS

Energy Expenditure, Energy Metabolism [Mesh], Body Composition [Mesh], Metabolic Syndrome [Mesh].

LISTA DE ABREVIATURAS

- GET: Gasto energético total.
- ECV: Enfermedades cardiovasculares.
- PCR: Proteína C-reactiva.
- SM: Síndrome Metabólico.
- IOM: Instituto de Medicina de los Estados Unidos.
- IPAQ: Cuestionario internacional de actividad física.
- PAS: Presión arterial sistólica.
- PAS: Presión arterial diastólica.
- HOMA-IR: Modelo homeostático para evaluación de resistencia a insulina.
- IMC: Índice de masa corporal.
- MLG: Masa libre de grasa.
- DC: Densidad corporal.

INTRODUCCIÓN

El gasto energético total (GET) comprende la suma del gasto energético en procesos metabólicos basales, termorregulación, digestión, actividad física y todas las demás tareas fisiológicas¹. Es una variable crítica en la regulación del peso corporal ya que la compleja patogénesis de la obesidad se sintetiza en la falta de regulación entre la ingesta y el gasto energético, como plantea el modelo teórico del balance energético². Debido a las comorbilidades asociadas a la obesidad, tales como las alteraciones metabólicas y el enfermedades cardiovasculares (ECV)³, medir con precisión el GET es crucial para diseñar estrategias nutricionales y terapéuticas que promuevan un balance energético negativo y, por ende, contribuyan a la gestión efectiva del peso corporal.

Entre los distintos factores de riesgo que contribuyen a la prevalencia de las ECV, destacan las alteraciones metabólicas tales como dislipidemia, disglucemia y elevación de la presión arterial³. Consecuentemente, este conglomerado de factores metabólicos junto con la obesidad abdominal se ha utilizado como criterio para definir el síndrome metabólico (SM)⁴, el cual se estima que duplica el riesgo de mortalidad cardiovascular⁵. En América Latina, estos factores contribuyeron con más de 2500 años de vida ajustados por discapacidad estandarizados por edad para el 2020 por ECV³ y se ha reportado que la prevalencia de SM en América Latina afectaría a más de una cuarta parte de su población⁶.

Aunque la relación entre el gasto energético y SM ha sido objeto de interés, la mayoría de los estudios ha enfocado su análisis en los componentes basales y de actividad física del gasto energético⁷⁻¹¹. Estos estudios han revelado un potencial rol de la presencia de alteraciones metabólicas tales como resistencia a la insulina⁷ y otras¹¹, sobre el gasto energético basal. Sin embargo, la exploración de la relación entre el GET y SM¹²⁻¹⁴ ha sido limitada, con la mayoría de estas investigaciones provenientes de poblaciones diferentes a la latinoamericana. Dado que la expresión de los componentes del SM está influenciada por la interacción genotipo-GET¹⁵, y este último varía entre poblaciones, surge un vacío de conocimiento en la comprensión de cómo el SM se relaciona con el GET, tanto en términos absolutos como relativos, en la población latina.

El estándar de referencia para medir el GET, el agua doblemente marcada¹⁶, presenta desafíos significativos en términos de costo y aplicabilidad práctica¹⁶. En este contexto, las ecuaciones predictivas han emergido como una alternativa accesible y valiosa para estimar el GET. En el año 2005, el Instituto de Medicina (IOM) de los Estados Unidos publicó ecuaciones predictivas validadas con la técnica de agua doblemente marcada, y recientemente, en 2023, presentó una actualización de estas ecuaciones¹⁷. Considerando que esta última incluyó sujetos con diferentes categorías de índice de masa corporal, así como participantes de origen latinoameri-

cano para la construcción de sus ecuaciones predictivas¹⁷, su exploración de es de relevancia, más aun considerando que en la práctica clínica las ecuaciones predictivas representan un método fundamental para intervenciones nutricionales¹⁶. Por ello, el objetivo del presente estudio fue analizar la asociación entre el síndrome metabólico y el GET, medido por estas ecuaciones, en la población peruana adulta entre los 30 y 59 años.

METODOLOGÍA

Diseño

Estudio analítico de corte transversal utilizando la base de datos del estudio de cohorte PERU MIGRANT (estudio primario), publicado por el Centro CRÓNICAS Centro de Excelencia en Enfermedades Crónicas entre los años 2007-2008.

Población y muestra

La población original del estudio incluyó a residentes de San José de Secce, una localidad rural en Ayacucho, provincia ubicada en los Andes del Perú, y a individuos de Pampas de San Juan de Miraflores, una zona urbana en Lima, capital del Perú. Se seleccionaron participantes de 30 años o más, sin antecedentes de enfermedad mental o embarazo, mediante un muestreo aleatorio simple basado en los censos realizados en 2006 y 2007. Información detallada sobre los criterios de selección, las variables evaluadas, el tamaño de la muestra y las tasas de participación se encuentra publicada previamente en el protocolo del estudio original¹⁸.

El presente estudio incluyó adultos entre 30 a 59 años de ambos sexos. Se excluyó a participantes de 60 años o más, con antecedentes de diabetes mellitus, hipertensión arterial y valores faltantes de interés. Estas exclusiones se realizaron considerando que: i) el gasto energético sufre una inflexión negativa desde los 60 años en adelante¹⁹ y ii) las ecuaciones predictivas de GET no incluyeron sujetos con enfermedades crónicas como diabetes mellitus e hipertensión arterial¹⁷.

Se excluyeron 289 sujetos del total de participantes del estudio PERU MIGRANT (n=989). Las causas de exclusión fueron i) edad ≥ 60 años (n=85), ii) historia de diabetes mellitus (n=41), iii) historia de hipertensión (n=146) y iv) valores faltantes (n=17). Finalmente, se incorporaron 700 participantes en el análisis de datos del presente estudio, para los cuales el promedio de edad fue 44,44 (8,41) años, con la participación de un 53,86% de mujeres.

Variables y medidas

Variable respuesta

La variable respuesta fue el gasto energético total (GET) expresado en términos absolutos en kilocalorías por día (kcal/día) y en términos relativos en kilocalorías por cada

kilo de masa corporal (kcal/kg) y por cada kilo de masa libre de grasa (kcal/MLG). El GET se calculó con las ecuaciones de regresión publicadas por el Instituto de Medicina de los Estados Unidos el 2023. Estas incorporan el peso, estatura, edad y nivel de actividad física en su modelo y fueron validadas con la metodología del agua doblemente marcada¹⁷. El presente estudio utilizó las categorías de "inactivo", "poco activo" y "activo" de las ecuaciones de regresión. Los participantes clasificados por el Cuestionario Internacional de Actividad Física (IPAQ) con niveles de actividad física "bajo", "moderado" y "alto", se computaron como "inactivo", "poco activo" y "activo", respectivamente. Se eligieron estos niveles para evitar la sobre estimación del GET, ya que el nivel "muy activo" de las ecuaciones se diseñó para un nivel de actividad física entre 1.8 y 2.5¹⁷ y el IPAQ tiende a sobre estimar la actividad física¹⁹. Las ecuaciones se muestran en la Figura 1.

Variable de exposición

La variable de exposición fue el síndrome metabólico, el cual fue definido según los criterios armonizados para SM⁴. Se consideró como SM a quienes presentaran ≥ 3 de 5 de los siguientes criterios: perímetro de cintura ≥ 80 cm para mujeres o ≥ 90 cm para hombres, triglicéridos ≥ 150 mg/dl, glucosa en ayunas ≥ 100 mg/dl o en tratamiento hipoglucemiante, presión arterial sistólica (PAS) ≥ 130 mmHg o presión arterial diastólica (PAD) ≥ 85 mmHg o en tratamiento para disminuir los niveles de presión arterial y HDL-colesterol < 50 mg/dl en mujeres o < 40 mg/dl en hombres. Adicionalmente, se categorizó la presencia de alteraciones metabólicas en cuatro grupos, sin alteraciones metabólicas, una alteración metabólica, dos alteraciones metabólicas y tres o más alteraciones metabólicas.

Covariables

Se consideró como covariables el sexo, estado socioeconómico, grupo de migración, estado actual de fumador, consumo de alcohol y nivel de actividad física. El grupo de migración rural comprendió a aquellos que nacieron y vivían en Ayacucho, el grupo urbano incluyó a quienes nacieron y vivían en Lima, y el grupo migrante abarcaba a aquellos nacidos en Ayacucho pero que residían en Lima en el momento de la recolección de información. Las respuestas para el tabaquismo y el consumo de alcohol se reportaron utilizando una versión adaptada del cuestionario STEPS de la OMS²⁰, mientras que los niveles de actividad física se definieron siguiendo el protocolo del Cuestionario IPAQ²¹. Las mediciones de PAS y PAD se realizaron en sedestación, en el brazo derecho localizado a nivel del tórax. Se registraron tres mediciones separadas de al menos 5 minutos cada una, con un oscilómetro validado previamente en población adulta (Omron M5-i, Omron, Japón). Se utilizó la media de las dos últimas mediciones de PAS y PAD para el análisis.

Nivel de actividad física	Varones ≥19 años	Mujeres ≥19 años
Inactivo	GET = 753.07 – (10.83 × edad) + (6.50 × talla) + (14.10 × peso)	GET = 584.90 – (7.01 × edad) + (5.72 × talla) + (11.71 × peso)
Poco activo	GET = 581.47 – (10.83 × edad) + (8.30 × talla) + (14.94 × peso)	GET = 575.77 – (7.01 × edad) + (6.60 × talla) + (12.14 × peso)
Activo	GET = 1,004.82 – (10.83 × edad) + (6.52 × talla) + (15.91 × peso)	GET = 710.25 – (7.01 × edad) + (6.54 × talla) + (12.34 × peso)
Muy activo	GET = – 517.88 – (10.83 × edad) + (15.61 × talla) + (19.11 × peso)	GET = 511.83 – (7.01 × edad) + (9.07 × talla) + (12.56 × peso)

GET: Gasto energético total (kcal/día). Las ecuaciones de predicción en varón reportan R² = 0.73 y R² ajustado = 0.73. En la mujer R² = 0.71; R² adj = 0.70.

Figura 1. Ecuaciones de predicción del gasto energético total diario del IOM 2023 para varones y mujeres de 19 años a más

Medidas antropométricas

El perímetro de cintura fue medido en el punto medio entre la costilla inferior y la cresta ilíaca con una cinta antropométrica SECA 201, diseñada para medir perímetro de cintura²² con precisión de 1 mm. La estatura fue medida con el participante ubicado en el plano de Frankfurt y con una precisión de 0,1 cm utilizando un estadiómetro y taburetes estándar. El peso se registró con una precisión de 0,05 kg, y se evaluó al individuo vestido con ropa ligera, mediante el uso de una balanza electrónica (marca SECA modelo 940). El IMC se calculó aplicando la fórmula (Peso/Talla en metros²). El proceso de estandarización de las mediciones antropométricas se basó en la metodología de calcular el promedio de todas las observaciones realizadas por el mismo observador de forma mensual antes del inicio del estudio, y se estableció como requisito que cada observador en el campo realizara mediciones en duplicado en un mínimo de 10 sujetos. Se midieron cuatro pliegues cutáneos (bicipital, tricipital, subescapular, suprailíaco y su suma combinada) realizados en triplicado por un trabajador de campo utilizando un calibrador HoltainTanner/Whitehouse calibrado a 0,2 mm más cercano. Todos los pliegues cutáneos fueron medidos hasta completar un circuito de mediciones, por triplicado. Se garantizó que no se midiera el mismo pliegue cutáneo de manera consecutiva, para evitar posibles sesgos en la medición. Se calculó y se utilizó el promedio de las tres mediciones de cada pliegue cutáneo para las estimaciones posteriores.

La masa libre de grasa (MLG) se calculó como la diferencia entre la masa corporal y la masa grasa. El porcentaje de grasa

corporal se calculó con la sumatoria de pliegues cutáneos (bíceps + tríceps + subescapular + supra-espinal), que se transformó en densidad corporal (DC) con la ecuación de Durnin & Womersley²³. Luego, se calculó el porcentaje de grasa corporal con la ecuación de Siri: % Masa grasa = (495/DC) – 450. Posteriormente se calculó la masa grasa a partir del porcentaje de grasa y la masa corporales total. Finalmente, la MLG se obtuvo por diferencia.

Medidas invasivas

Todas las evaluaciones de laboratorio fueron llevadas a cabo por personal capacitado. Las muestras venosas fueron recolectadas en la mañana, después de un período mínimo de ayuno de 8 horas. Las mediciones de glucosa e insulina en ayunas se realizaron en plasma y sangre total, respectivamente. La glucosa e insulina fueron medidas mediante la técnica enzimática colorimétrica (GOD-PAP; modular P-E/Roche-cobas, Grenzach-Wyhlen, Alemania), y electroquimioluminiscencia (modular P-E/Roche-cobas) respectivamente. Se valoró la presencia de resistencia mediante el índice HOMA-IR, calculado utilizando la fórmula = [Glucosa (mg/dL) * Insulina (uU/ml)] / 405 y categorizado como positivo si HOMA-IR ≥ 2,80²⁴. Los niveles de triglicéridos y HDL-colesterol fueron determinados en suero con un analizador automatizado Cobas® Modular Platform y reactivos suministrados por Roche Diagnostic, mientras que la proteína C reactiva se midió utilizando látex (Tina-quant CRP-HS Roche/Hitachi analyzer, Indianápolis, IN, EE. UU.) y fue categorizada con el punto de corte ≥ 3 mg/dl²⁵.

Análisis estadístico

Se empleó STATA v17.0. Los análisis descriptivos se presentaron como frecuencias absolutas y porcentajes para las variables categóricas, y con la media y desviación estándar para las variables numéricas. El análisis bivariado se realizó con la prueba de Chi-cuadrado de independencia y la prueba de ANOVA de un factor, para las variables categóricas y numéricas, respectivamente. Para el análisis de regresión, se ajustó un modelo lineal generalizado con enlace identidad y familia Gaussian. Se obtuvo el coeficiente beta crudo y ajustado (β crudo y β ajustado) por las covariables de estudio, con IC95%. Dentro de las covariables de ajuste no se incluyeron el nivel de actividad física, el sexo y la edad debido a que estas se utilizaron para el cálculo de la variable desenlace. Con la finalidad de analizar la potencial contribución del número de alteraciones metabólicas, se ejecutaron regresiones considerando la cantidad de estas (0 vs 1 vs 2 vs 3 o más alteraciones) como exposición y al GET como desenlace. Todos los modelos de regresión fueron se estratificaron por sexo. Se consideró significativo $p < 0,05$ para todos los análisis.

Consideraciones éticas

El estudio original obtuvo aprobación ética de la Universidad Peruana Cayetano Heredia (Código de aprobación de comité número 60014). Se explicó a los participantes detalladamente el propósito del estudio y se obtuvo el consentimiento informado. Se cumplieron los estándares éticos de la Declaración de Helsinki. Dado que este estudio consistió en un análisis de datos secundarios de acceso abierto²⁶, no hubo interacción directa con los participantes, evitando riesgos potenciales.

RESULTADOS

La edad promedio fue 44,44 (8,41) años. Aproximadamente de los participantes dos tercios fueron migrantes rural-urbanos. Más del 50% tenía educación secundaria. Respecto al estilo de vida, el tabaquismo y el consumo de alcohol fueron poco prevalentes (11,00% y 9,29%, respectivamente). Las alteraciones metabólicas más comunes fueron el bajo HDL-c (57,29%) y la obesidad abdominal (50,14%) (Tabla 1). La prevalencia de síndrome metabólico fue de 23,00%.

El análisis bivariado reveló que todas las características, excepto el nivel de educación y consumo de tabaco, se asociaron al síndrome metabólico. El porcentaje de grasa corporal, la MLG (kg), el GET por kilo de peso y GET por kilo de MLG fueron mayores en los participantes con síndrome metabólico respecto de los pares sin síndrome metabólico (Tabla 1).

En ambos sexos se observó que los participantes con síndrome metabólico presentaron mayores promedios de edad, peso corporal, porcentaje de grasa, MLG y GET total y relativo a masa corporal y MLG (Tabla 2).

El análisis de regresión múltiple ajustado reveló que la presencia de síndrome metabólico se asoció positivamente al GET absoluto en ambos sexos (120,49 IC95%: 80,32 a 160,66; y 102,32 IC95%: 38,64 a 165,99 kcal, en mujeres y varones respectivamente). Contrariamente, el GET relativo a la masa corporal mostró una asociación negativa con el síndrome metabólico (-3,53 IC95%: -4,29 a -2,77; y 3,93 IC95%: -5,13 a -2,73 kcal/kg, en mujeres y varones respectivamente), mientras que para el GET relativo a la MLG solo se observó asociación significativa en las mujeres (Tabla 3).

Se observó una relación positiva entre el número de alteraciones metabólicas y el GET absoluto para ambos sexos. La presencia de ≥ 2 alteraciones metabólicas para la mujer y ≥ 3 para los varones, respectivamente, se asoció positivamente con el GET absoluto. De forma inversa, el número de alteraciones metabólicas y el GET relativo mostró una relación negativa. Para las mujeres esta relación se observó tanto con el GET relativo a la masa corporal (kcal/kg) como para el GET relativo a MLG (kcal/MLG) y de forma creciente con cada unidad de alteración metabólica. Sin embargo, en los varones este patrón solo fue evidente para el GET relativo a masa corporal y mostró relación significativa solo en aquellos con ≥ 3 alteraciones metabólicas (Tabla 4).

DISCUSIÓN

El presente estudio tuvo como objetivo analizar la asociación entre SM y el GET. Los resultados revelaron una asociación positiva entre SM y el GET absoluto (kcal/día) para ambos sexos. En contraposición, se observó una relación inversa entre el SM y el GET relativo a la masa corporal (kcal/kg) en ambos sexos, con una mayor fuerza de asociación en las mujeres. Sin embargo, la asociación entre el SM y GET relativo a MLG (kcal/MLG) no resultó significativa en los varones. Adicionalmente, se encontró asociación entre el número de alteraciones metabólicas y el GET absoluto y relativo, en ambos sexos.

Pocos estudios han examinado el GET en la población latinoamericana. Destaca el Estudio Latinoamericano en Nutrición y Salud, cuyas medias de GET para el conjunto de países de estudio (1915 kcal/día), como para Perú (1889 kcal/día)²⁷ fueron inferiores a los observados en nuestro estudio. Estas discrepancias pueden atribuirse a la metodología utilizada, método factorial, la cual tiende a sesgar más la estimación del GET en comparación con las ecuaciones basadas en agua doblemente marcada¹⁶ usadas en el presente trabajo.

El hallazgo de un mayor GET absoluto (kcal/día) en los participantes con SM no es inesperado, considerando que el gasto energético basal, componente esencial del GET, aumenta con la masa corporal, especialmente con la MLG¹⁷. De hecho, en aquellos con SM se observaron valores más elevados de MLG en comparación con sus pares sin SM. Sin em-

Tabla 1. Características de la muestra y análisis bivariado en función a la presencia de síndrome metabólico

Características	Total n (%)	Síndrome metabólico		p**
		No (n=539)	Si (n=161)	
		n (%)	n (%)	
Edad*	43,44 (8,41)	42,72 (8,50)	45,86 (7,60)	< 0,001
Sexo				< 0,001
Mujer	377 (53,86)	263 (69,76)	114 (30,24)	
Hombre	323 (46,14)	276 (85,45)	47 (14,55)	
Grupo de migración				< 0,001
Rural	149 (21,29)	134 (89,93)	15 (10,70)	
Migrante	432 (61,71)	324 (75,00)	108 (25,00)	
Urbano	119 (17,00)	81 (68,07)	38 (31,93)	
Nivel de educación				0,598
Ninguna/Primaria incompleta	193 (27,57)	144 (74,61)	49 (25,39)	
Primaria completa	106 (15,14)	81 (76,42)	25 (25,58)	
Secundaria completa/incompleta	401 (57,29)	314 (78,30)	87 (21,70)	
Nivel Socioeconómico				0,025
Bajo	241 (34,43)	198 (82,16)	43 (17,84)	
Medio	238 (34,00)	183 (76,89)	55 (23,11)	
Alto	221 (31,57)	158 (71,49)	63 (28,51)	
Actividad de fumador				0,437
No	623 (89,00)	477 (76,57)	146 (23,43)	
Si	77 (11,00)	62 (80,52)	15 (19,48)	
Bebedor de Alcohol				0,014
Bajo	635 (90,71)	481 (75,75)	154 (24,25)	
Alto	65 (9,29)	58 (89,23)	7 (10,77)	
Nivel de actividad física				0,012
Bajo	169 (24,14)	127 (75,75)	42 (24,85)	
Moderado	211 (30,14)	150 (71,09)	61 (28,91)	
Alto	320 (45,71)	262 (81,88)	58 (18,13)	

GET: Gasto energético total.

* Se presenta como media (desviación estándar). Analizado con la prueba T Student.

** Evaluado con la prueba Chi cuadrado de independencia.

Tabla 1 continuación. Características de la muestra y análisis bivariado en función a la presencia de síndrome metabólico

Características	Total n (%)	Síndrome metabólico		p**
		No (n=539)	Si (n=161)	
		n (%)	n (%)	
Categoría de IMC				< 0,001
Normal	298 (42,57)	286 (95,97)	12 (4,03)	
Sobrepeso/obesidad	402 (57,43)	253 (62,64)	149 (37,06)	
Obesidad abdominal				< 0,001
No	349 (49,86)	338 (96,85)	11 (3,15)	
Si	351 (50,14)	201 (57,26)	150 (42,74)	
Hipertrigliceridemia				< 0,001
No				
Si	256 (36,57)	113 (44,14)	143 (55,86)	
Disglucemia				< 0,001
No	664 (94,86)	533 (80,27)	131 (19,73)	
Si				
Presión Arterial Alterada				< 0,001
No	628 (89,71)	505 (80,41)	123 (19,59)	
Si	72 (10,29)	34 (47,22)	38 (52,78)	
Bajo HDL-c				< 0,001
No	299 (42,71)	296 (99,00)	3 (1,00)	
Si	401 (57,29)	243 (60,60)	158 (39,40)	
Resistencia a insulina				< 0,001
No	597 (85,29)	504 (84,42)	93 (15,58)	
Si	103 (14,71)	35 (33,98)	68 (66,02)	
Alta Proteína C-reactiva				< 0,001
No	549 (78,43)	441 (80,33)	108 (19,67)	
Si	151 (21,57)	98 (64,90)	53 (35,10)	
MG (%)*	31,88 (8,62)	29,99 (8,37)	38,21 (6,00)	< 0,001
MLG (kg)*	42,46 (7,22)	42,10 (7,15)	43,67 (7,34)	0,016
GET (kcal/día)*	2228,91 (296,44)	2227,01 (299,16)	2235,26 (287,99)	0,757
GET por kg (Kcal/kg)*	36,06 (5,24)	37,31 (4,95)	31,88 (3,82)	< 0,001
GET por MLG (Kcal/MLG)*	52,99 (4,59)	53,38 (4,54)	51,67 (4,55)	< 0,001

GET: Gasto energético total.

* Se presenta como media (desviación estándar). Analizado con la prueba T Student.

** Evaluado con la prueba Chi cuadrado de independencia.

Tabla 2. Análisis bivariado de la composición corporal y GET de la muestra en función a la presencia de síndrome metabólico y estratificado por sexo

Mujeres (n=377)				
Características	Total Media (D.E)	Síndrome metabólico		p**
		No (n=263)	Si (n=114)	
		Media (D.E)	Media (D.E)	
Edad	43,22 (8,43)	42,19 (73,93)	45,59 (7,53)	< 0,001
Peso (kg)	61,09 (11,50)	57,55 (9,61)	69,25 (11,40)	< 0,001
MG (%)	37,32 (5,66)	35,77 (5,65)	40,90 (3,77)	< 0,001
MLG (kg)	37,85 (5,29)	36,61 (4,55)	40,73 (5,75)	< 0,001
GET (kcal/día)	2023,25 (188,22)	1988,05 (167,53)	2104,46 (208,01)	< 0,001
GET por kg (Kcal/kg)	33,83 (4,52)	35,15 (4,33)	30,79 (3,33)	< 0,001
GET por MLG (Kcal/MLG)	53,90 (4,48)	54,70 (4,37)	52,07 (4,17)	< 0,001
Hombres (n=323)				
Características	Total Media (D.E)	Síndrome metabólico		p**
		No (n=276)	Si (n=47)	
		Media (D.E)	Media (D.E)	
Edad	43,69 (8,39)	43,21 (8,40)	46,51 (7,82)	0,013
Peso (kg)	64,85 (9,63)	63,19 (8,76)	74,73 (8,77)	< 0,001
MG (%)	25,53 (6,97)	24,47 (6,66)	31,70 (5,42)	< 0,001
MLG (kg)	47,84 (5,15)	47,34 (4,89)	50,79 (5,73)	< 0,001
GET (kcal/día)	2468,95 (205,14)	2454,72 (204,20)	2552,51 (192,22)	0,002
GET por kg (Kcal/kg)	38,65 (4,81)	39,36 (4,63)	34,52 (3,67)	< 0,001
GET por MLG (Kcal/MLG)	51,92 (4,51)	52,13 (4,34)	50,69 (5,28)	0,042

MG(%): %Masa grasa. MLG(kg): Masa libre de grasa. GET: Gasto energético total.

** Evaluado con la prueba T student.

bargo, se ha documentado un mayor gasto energético basal en adultos con SM respecto a sus pares sanos, en aproximadamente 200 kcal/día, incluso después de ajustar por MLG y porcentaje de grasa corporal^{7,11}. Concordante con este hallazgo, nuestro estudio reveló que los sujetos con SM presentaban un GET absoluto mayor que sus pares sin SM de aproximadamente 100 kcal/día.

Aunque la magnitud de las diferencias observadas entre participantes con y sin SM en nuestro estudio fue menor que lo reportado por estudios que valoraron estas diferencias en

el gasto basal mediante calorimetría indirecta^{7,11}, conjuntamente los hallazgos sugieren que la alteración metabólica podría ser un factor independiente que eleve el GET, posiblemente a través de la modificación del gasto basal. En respaldo de lo anterior, nuestros resultados evidenciaron que para ambos sexos el número de alteraciones metabólicas se asoció positivamente con el GET absoluto. Las mujeres con dos o más y tres o más alteraciones metabólicas presentaron 120 y 200 kcal/día más de GET, respectivamente, que sus pares sin alteración metabólica. Para los varones esta diferencia fue de 134 kcal/día solo en aquellos con tres o más alteracio-

Tabla 3. Regresión múltiple de la relación entre síndrome metabólico y gasto energético total según sexo

Gasto energético total (kcal/día)			
	Síndrome metabólico	Modelo crudo	Modelo ajustado*
		β (IC 95%)	β (IC 95%)
Mujeres	No	Ref.	Ref.
	Si	116,41 (76,70 a 156,12)	120,49 (80,32 a 160,66)
Hombres	No	Ref.	Ref.
	Si	97,79 (35,16 a 160,43)	102,32 (38,64 a 165,99)
Gasto energético total por kg (Kcal/kg)			
	Síndrome metabólico	Modelo crudo	Modelo ajustado*
		β (IC 95%)	β (IC 95%)
Mujeres	No	Ref.	Ref.
	Si	-4,36 (-5,25 a -3,47)	-3,53 (-4,29 a -2,77)
Hombres	No	Ref.	Ref.
	Si	-4,83 (-6,22 a -3,44)	-3,93 (-5,13 a -2,73)
Gasto energético total por MLG (Kcal/MLG)			
	Síndrome metabólico	Modelo crudo	Modelo ajustado*
		β (IC 95%)	β (IC 95%)
Mujeres	No	Ref.	Ref.
	Si	-2,63 (-3,58 a -1,68)	-2,48 (-3,44 a -1,51)
Hombres	No	Ref.	Ref.
	Si	-1,44 (-2,83 a -0,06)	-1,31 (-2,69 a 0,08)

*Ajustado por grupo de migración, nivel socioeconómico, actividad de fumador y consumo de alcohol. En negrita se muestran las regresiones con $p < 0.05$.

nes metabólicas. Sin embargo, no todos los estudios han replicado estos hallazgos, especialmente en población femenina^{8,9,14,28}. Aunque estas diferencias se pueden explicar tanto el estado ovárico (pre vs post menopausia) de las participantes^{14,28} como por la presencia o no de alteraciones metabólicas^{8,9}, y las metodologías utilizadas para la valoración del GET^{8,14,28}, se requieren más estudios para esclarecer estos resultados.

Contrario a lo observado entre el GET absoluto y SM, el GET relativo a la masa corporal total y a la MLG mostró relaciones negativas. Comparado con aquellos sin SM, los participantes con SM presentaron un menor GET por cada kilo de masa cor-

poral, con un menor coeficiente de regresión en mujeres que en hombres. De forma similar el GET expresado por kilo de MLG, evidenció una relación inversa con SM en mujeres pero no en varones. Estos hallazgos pueden atribuirse a los mayores valores de adiposidad y MLG entre los sujetos con SM respecto de sus pares sin SM. Se ha reportado que en adultos, el GET se relaciona con la MLG de forma logarítmica¹⁹ lo que sugiere que la proporción del gasto energético/masa tiende a disminuir para individuos más grandes. En línea con esta idea, la falta de significancia en estos últimos puede explicarse considerando que la diferencia de MLG entre varones con y sin SM fue menor que la observada en las mujeres. Patrones similares fueron observados para el número de alteraciones

Tabla 4. Regresión múltiple de la relación entre el número de alteraciones metabólicas y el gasto energético total según sexo

Gasto energético total (kcal/día)			
	Número de alteraciones metabólicas	Modelo crudo	Modelo ajustado*
		β (IC 95%)	β (IC 95%)
Mujeres	0	Ref.	
	1	49,13 (-16,31 a 114,58)	64,50 (-1,19 a 130,19)
	2	108,73 (44,34 a 173,13)	120,45 (56,18 a 184,73)
	≥3	185,23 (120,48 a 249,97)	200,26 (135,62 a 264,90)
Hombres	0	Ref.	
	1	52,51 (-4,27 a 109,28)	50,94 (-6,32 a 108,20)
	2	45,90 (-12,88 a 104,67)	47,85 (-11,86 a 107,56)
	≥3	128,77 (59,10 a 198,43)	133,67 (62,74 a 204,60)
Gasto energético total por kg (Kcal/kg)			
	Número de alteraciones metabólicas	Modelo crudo	Modelo ajustado*
		β (IC 95%)	β (IC 95%)
Mujeres	0	Ref.	
	1	-2,69 (-4,11 a -1,28)	-2,57 (-3,74 a -1,40)
	2	-4,59 (-5,98 a -3,20)	-4,37 (-5,52 a -3,22)
	≥3	-7,52 (-8,91 a -6,12)	-6,51 (-7,67 a -5,36)
Hombres	0	Ref.	
	1	-1,83 (-3,02 a -0,64)	-1,82 (-2,83 a -0,80)
	2	-4,28 (-5,51 a -3,05)	-3,60 (-4,66 a -2,54)
	≥3	-6,70 (-8,15 a -5,24)	-5,64 (-6,90 a -4,38)
Gasto energético total por MLG (Kcal/MLG)			
	Número de alteraciones metabólicas	Modelo crudo	Modelo ajustado*
		β (IC 95%)	β (IC 95%)
Mujeres	0	Ref.	
	1	-1,70 (-3,26 a -0,13)	-1,60 (-3,19 a -0,02)
	2	-2,53 (-4,07 a -0,98)	-2,41 (-3,96 a -0,86)
	≥3	-4,45 (-6,00 a -2,90)	-4,19 (-5,75 a -2,63)
Hombres	0	Ref.	
	1	-0,49 (-1,75 a 0,77)	-0,41 (-1,65 a 0,84)
	2	-1,25 (-2,55 a 0,05)	-1,10 (-2,40 a 0,20)
	≥3	-1,97 (-3,52 a -0,43)	-1,78 (-3,33 a -0,24)

*Ajustado por grupo de migración, nivel socioeconómico, actividad de fumador y consumo de alcohol. En negrita se muestran las regresiones con $p < 0.05$.

metabólicas, donde las mujeres presentaron una relación negativa y creciente en función al número de alteraciones para el GET relativo a la masa corporal y MLG, mientras que para los varones esta relación dependiente del número de alteraciones solo se observó para el GET relativo a masa corporal.

Este estudio tiene importantes implicaciones para la práctica clínica en nutrición. Dada la alta prevalencia de SM en Latinoamérica, que afecta a más del 25% de la población adulta⁶ y duplica el riesgo de mortalidad cardiovascular⁵, es imperativo optimizar las estrategias de manejo nutricional destinadas a mitigar este riesgo. En este contexto, la evaluación precisa del GET se torna esencial para calcular de manera efectiva el déficit energético requerido en el abordaje nutricional del SM²⁹, por lo que las ecuaciones de regresión, como método primordial para la estimación del GET¹⁶, adquieren un papel clave para esta evaluación, lo que destaca su importancia en la práctica profesional de la nutrición.

Es esencial reconocer las limitaciones del presente estudio. El diseño transversal impide establecer relaciones causales entre las variables. Aunque la valoración del consumo de alcohol, tabaco y el nivel de actividad física fue auto reportado, estas fueron evaluadas con cuestionarios validados previamente^{20,21}. A pesar de la importancia de la ingesta calórica en la regulación del balance energético, no se evaluaron variables dietéticas. La valoración de la composición corporal se basó en la estimación del porcentaje de grasa a partir de la medición de pliegues cutáneos, que miden adiposidad subcutánea pero no la visceral, misma que guardaría mayor relación con el gasto energético³⁰. Sin embargo, la presencia del perímetro de cintura como marcador de adiposidad visceral y criterio de alteración metabólica minimizaría el potencial sesgo. Finalmente, aunque el GET no fue medido por métodos objetivos, el presente trabajo utilizó ecuaciones predictivas previamente validadas y publicadas por el IOM de los Estados Unidos¹⁷, que han reportado un mínimo sesgo comparadas con otras metodologías de estimación del GET, incluso en poblaciones con exceso de peso¹⁶. Futuras investigaciones podrían considerar estas limitaciones para una evaluación más completa.

CONCLUSIONES

Este estudio proporciona evidencia de la asociación entre la presencia de síndrome metabólico y el gasto energético total. Nuestros hallazgos sugieren que la presencia de síndrome metabólico se comportaría como un factor independiente que aumentaría el gasto energético. Además, observamos que incluso en mujeres sin síndrome metabólico, la presencia de dos o más alteraciones metabólicas se asoció positivamente con un mayor GET absoluto, sugiriendo un papel independiente de estas alteraciones en el gasto energético. Contrariamente, el síndrome metabólico se relacionó de forma inversa con el gasto energético relativo a la masa corporal y libre de grasa. Se requieren más estudios para confirmar estos hallazgos.

AGRADECIMIENTOS

Los autores expresan su agradecimiento a CRÓNICAS Centro de Excelencia en Enfermedades Crónicas por poner a disposición pública la base de datos del estudio PERU MIGRANT

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

1. Rimbach R, Yamada Y, Sagayama H, Ainslie PN, Anderson LF, Anderson LJ, et al. Total energy expenditure is repeatable in adults but not associated with short-term changes in body composition. *Nat Commun.* 2022;13(1):99.
2. Hall KD, Farooqi IS, Friedman JM, Klein S, Loos RJF, Mangelsdorf DJ, et al. The energy balance model of obesity: beyond calories in, calories out. *Am J Clin Nutr.* 2022;115(5):1243-54.
3. Vaduganathan M, Mensah George A, Turco Justine V, Fuster V, Roth Gregory A. The Global Burden of Cardiovascular Diseases and Risk. *J Am Coll Cardiol.* 2022;80(25):2361-71.
4. Alberti KGMM, Eckel RH, Grundy SM, Zimmet PZ, Cleeman JI, Donato KA, et al. Harmonizing the Metabolic Syndrome. *Circulation.* 2009;120(16):1640-5.
5. Mottillo S, Filion KB, Genest J, Joseph L, Pilote L, Poirier P, et al. The Metabolic Syndrome and Cardiovascular Risk: A Systematic Review and Meta-Analysis. *J Am Coll Cardiol.* 2010;56(14):1113-32.
6. Márquez-Sandoval F, Macedo-Ojeda G, Viramontes-Hörner D, Fernández Ballart JD, Salas Salvadó J, Vizmanos B. The prevalence of metabolic syndrome in Latin America: a systematic review. *Public Health Nutr.* 2011;14(10):1702-13.
7. Calton EK, Pathak K, Soares MJ, Alfonso H, Keane KN, Newsholme P, et al. Vitamin D status and insulin sensitivity are novel predictors of resting metabolic rate: a cross-sectional analysis in Australian adults. *Eur J Nutr.* 2016;55(6):2075-80.
8. Conus F, Allison DB, Rabasa-Lhoret Rm, St-Onge M, St-Pierre DH, Tremblay-Lebeau Aa, et al. Metabolic and Behavioral Characteristics of Metabolically Obese but Normal-Weight Women. *J Clin Endocrinol Metab.* 2004;89(10):5013-20.
9. Karkhaneh M, Qorbani M, Ataie-Jafari A, Mohajeri-Tehrani MR, Asayesh H, Hosseini S. Association of thyroid hormones with resting energy expenditure and complement C3 in normal weight high body fat women. *Thyroid Res.* 2019;12(1):9.
10. Lee JC, Westgate K, Boit MK, Mwaniki DL, Kiplamai FK, Friis H, et al. Physical activity energy expenditure and cardiometabolic health in three rural Kenyan populations. *Am J Hum Biol.* 2019;31(1):e23199.
11. Soares M, Zhao Y, Calton E, Pathak K, Chan She Ping-Delfos W, Cummings N, et al. The Impact of the Metabolic Syndrome and Its Components on Resting Energy Expenditure. *Metabolites.* 2022; 12(8):722.
12. Dalleck L VGG, Richardson T, Bredle D, Janot J. A community-based exercise intervention transitions metabolically abnormal obese adults to a metabolically healthy obese phenotype. *Diabetes Metab Syndr Obes* 2014;7:369-80.

13. Kaino W, Daimon M, Sasaki S, Karasawa S, Takase K, Tada K, et al. Lower physical activity is a risk factor for a clustering of metabolic risk factors in non-obese and obese Japanese subjects: The Takahata study. *Endocr J*. 2013;60(5):617-28.
14. Karelis AD, Lavoie M-È, Messier V, Mignault D, Garrel D, Prud'homme D, et al. Relationship between the metabolic syndrome and physical activity energy expenditure: a MONET study. *Appl Physiol Nutr Metab*. 2008;33(2):309-14.
15. Santos DMV, Katzmarzyk PT, Diego VP, Souza MC, Chaves RN, Blangero J, et al. Genotype by Energy Expenditure Interaction with Metabolic Syndrome Traits: The Portuguese Healthy Family Study. *PLoS One*. 2013;8(11):e80417.
16. Macena MdL, Paula DTdC, da Silva Júnior AE, Praxedes DRS, Pureza IRdOM, de Melo ISV, et al. Estimates of resting energy expenditure and total energy expenditure using predictive equations in adults with overweight and obesity: a systematic review with meta-analysis. *Nutr Rev*. 2022;80(11):2113-35.
17. National Academies of Sciences Engineering, and Medicine. Dietary Reference Intakes for Energy. Development of Prediction Equations for Estimated Energy Requirements. Washington (DC): Health and Medicine Division; Food and Nutrition Board; Committee on the Dietary Reference Intakes for Energy; 2023.
18. Miranda JJ, Gilman RH, García HH, Smeeth L. The effect on cardiovascular risk factors of migration from rural to urban areas in Peru: PERU MIGRANT Study. *BMC Cardiovasc Disord*. 2009;9(1):23.
19. Pontzer H, Yamada Y, Sagayama H, Ainslie PN, Andersen LF, Anderson LJ, et al. Daily energy expenditure through the human life course. *Science*. 2021;373(6556):808-12.
20. Riley L, Guthold R, Cowan M, Savin S, Bhatti L, Armstrong T, et al. The World Health Organization STEPwise Approach to Noncommunicable Disease Risk-Factor Surveillance: Methods, Challenges, and Opportunities. *Am J Public Health*. 2015; 106(1):74-8.
21. IPAQ website. Guidelines for data processing and analysis of the International Physical Activity Questionnaire (IPAQ)—Short and Long Forms. [Available from: <https://sites.google.com/view/ipaq/score>].
22. Higgins PB, Comuzzie AG. Measures of Waist Circumference. In: Preedy VR, editor. *Handbook of Anthropometry: Physical Measures of Human Form in Health and Disease*. New York, NY: Springer New York; 2012. p. 881-91.
23. Durnin JVGA, Womersley J. Body fat assessed from total body density and its estimation from skinfold thickness: measurements on 481 men and women aged from 16 to 72 Years. *Br J Nutr*. 1974;32(1):77-97.
24. Carrillo-Larco RM, Miranda JJ, Gilman RH, Checkley W, Smeeth L, Bernabe-Ortiz A, et al. The HOMA-IR Performance to Identify New Diabetes Cases by Degree of Urbanization and Altitude in Peru: The CRONICAS Cohort Study. *J Diabetes Res*. 2018;2018:7434918.
25. Myers GL, Rifai N, Tracy RP, Roberts WL, Alexander RW, Biasucci LM, et al. CDC/AHA Workshop on Markers of Inflammation and Cardiovascular Disease. *Circulation*. 2004;110(25):e545-e9.
26. Miranda JJB-O, Antonio; Carrillo Larco, Rodrigo. PERU MIGRANT Study | Baseline and 5yr follow-up dataset. In: Figshare., editor. 2017.
27. Yépez García MC, Herrera-Cuenca M, Ferrari G, Sanabria LY, Hernández P, Almeida RY, et al. Energy Imbalance Gap, Anthropometric Measures, Lifestyle, and Sociodemographic Correlates in Latin American Adults—Results from the ELANS Study. *Int J Environ Res Public Health*. 2022; 19(3): 1129.
28. Messier V, Karelis AD, Prud'homme D, Primeau V, Brochu M, Rabasa-Lhoret R. Identifying Metabolically Healthy but Obese Individuals in Sedentary Postmenopausal Women. *Obesity*. 2010;18(5):911-7.
29. Leão LSCdS, Moraes MMd, Carvalho GXd, Koifman RJ. Intervenções nutricionais em Síndrome Metabólica: uma revisão sistemática. *Arq Bras Cardiol*. 2011;97(3): 260-5.
30. Bettini S, Favaretto F, Compagnin C, Belligoli A, Sanna M, Fabris R, et al. Resting Energy Expenditure, Insulin Resistance and UCP1 Expression in Human Subcutaneous and Visceral Adipose Tissue of Patients With Obesity. *Front Endocrinol (Lausanne)*. 2019;10: 548.