

Artículo OriginalNutr. clín. diet. hosp. 2018; 38(3):25-33
DOI: 10.12873/383deossa

Comparación entre ecuaciones para estimar el requerimiento energético en mujeres antioqueñas con exceso de peso (Colombia)

Comparison between equations to estimate the energetic requirement in antioquia's women with overweight (Colombia)

Gómez Maquet, Sandro; Restrepo B, Luis Fernando; Velásquez V, John Edinson; Rodríguez Vargas, Daniela; Deossa R, Gloria C

Universidad de Antioquia; Medellín, Colombia.

Recibido: 11/mayo/2018. Aceptado: 1/octubre/2018.

RESUMEN

El gasto energético (GE) es la suma de la tasa metabólica basal (TMB), la termogénesis endógena (TE) y la actividad física (AF). La Calorimetría indirecta (CI) es uno de los métodos que se utiliza para medir el GE en los seres humanos, no obstante, existen más de 200 ecuaciones para estimarlo.

Objetivo: comparar el GE mediante CI vs algunas de las ecuaciones más usadas para estimar el GE en reposo.

Materiales y métodos: se seleccionaron 1178 mujeres entre 18 y 73 años, con exceso de peso, quienes asistieron durante 9 años (2006-2015) a consulta médica particular. Análisis estadístico: se efectuó un análisis descriptivo comparativo de tipo multidimensional de corte transversal. Para el análisis estadístico se empleó el MODELO LINEAL GENERAL, adicionalmente se efectuó estadística descriptiva de tipo unidimensional. Se utilizó el paquete estadístico SAS University.

Resultados: En la presente investigación se evidenció que a medida que aumenta la edad, disminuye la estatura y aumenta el peso promedio y el IMC. Al efectuar el análisis estadístico, no se detectó diferencia significativa en el GE deter-

minado por CI en los grupos analizados ($p > 0.05$). Se detectó diferencia significativa ($p < 0.05$) en el GE según la ecuación de Harris y Benedict (HB) entre las personas de menor edad.

Conclusión: al hacer el análisis general de todos los grupos, se encontró que la ecuación de Mifflin-St.Jeor determinó de manera significativa un menor GE, mientras que el GE obtenido por las fórmulas empíricas P2 y P3 (25 y 30 kcal/kg/día respectivamente) fue significativamente mayor en todos los grupos; no obstante el comportamiento del GE fue similar con las ecuaciones FAO-OMS, HB, P1 (20 kcal/kg/día) y CI.

PALABRAS CLAVE

Requerimiento de energía, calorimetría indirecta, gasto energético.

ABSTRACT

The Energy Expenditure (EE) is the sum of the Basal Metabolic Rate (BMR), Endogenous Thermogenesis (ET) and the Physical Activity (PA). The indirect calorimetric (IC) is one of the methods used to measure the EE in the human beings; however, there are more than 200 equations to estimate it.

Objective: To compare the EE using the IC with some of the most used equations to estimate the EE at rest.

Materials and Methods: There were selected 1,178 women between 18 and 73, with overweight, who assisted during 9 years (2006-2015) to private medical consultation. Statistical Analysis: It was carried out a descriptive-compara-

Correspondencia:
Gloria C. Deossa R
gloria.deossa@udea.edu.co

tive analysis of cross-section multidimensional type. For the statistical analysis, it was used the GENERALIZED LINEAR MODEL, furthermore, it was applied unidimensional descriptive statistics. SAS University program was employed.

Results: In the current investigation it was proven that as the age increases the height decreases and the average weight and BMI increases. By carrying out the statistical analysis, it was not detected any significant difference in the EE determined by the IC between the analyzed groups ($p > 0.05$). It was detected a significant difference ($p < 0.05$) in the EE, according to the Harris Benedict (HB) equation, among young people.

Conclusion: After the general analysis of all the groups was carried out, it was found that the Mifflin-St. Jeor equation significantly determined a lower EE, while the EE obtained by the Empirical formulas P2 and P3 (25 and 30 kcal / kg / day respectively) were significantly higher in all groups; however the behavior of the EE was similar with the equations FAO-OMS, HB, P1 (20 kcal / kg / day) and CI.

KEYWORDS

Energy Requirement, Indirect Calorimetric, Energy Expenditure.

INTRODUCCIÓN

La energía es la capacidad que poseen los cuerpos para realizar un trabajo y producir cambios en ellos mismos o en otros cuerpos¹. El balance energético se refiere a la relación entre el consumo y el gasto de energía; cuando el consumo de energía diaria es igual al gasto, se habla de equilibrio energético². Cuando hay un desequilibrio energético, el individuo ganará o perderá peso; al ingerir más cantidad de energía de la que se requiere, esta se depositará en el tejido adiposo como grasa, siendo un determinante para la aparición de obesidad y subsecuentemente de las enfermedades crónicas asociadas³.

El GE se mide por la suma de (TMB), la termogénesis endógena (TE) y la actividad física (AF). La TMB representa la suma de la energía consumida por la actividad mínima de todos los tejidos del cuerpo en condiciones de equilibrio y se expresa como producción de calor o consumo de oxígeno por unidad de tamaño corporal⁴, es la energía mínima necesaria para el mantenimiento de la vida, que se utiliza para llevar a cabo la actividad metabólica de células y tejidos, más la energía requerida para mantener los órganos y sistemas funcionando³.

Al momento de medir el GE en un individuo, es importante considerar también la TE, que hace referencia a la energía que se requiere para digerir, absorber y metabolizar los nutrientes, se divide en termogénesis facultativa y obligatoria⁵; la termogénesis facultativa ocurre durante las fases postpran-

dial y cefálica de la alimentación y presenta mayor actividad en el músculo esquelético, por la activación de los nervios del sistema simpático y de los receptores β -adrenérgicos, los cuales son necesarios para estimular el metabolismo celular⁵. La termogénesis obligatoria, la determinan factores como la actividad de los nervios del sistema simpático y la tolerancia a la glucosa. Esta fase representa las dos terceras partes de la TE, la cual constituye del 5% al 10% del GE total⁶.

Los dos factores anteriores varían muy poco y son difícilmente modificables, mientras que el tercero, la AF, es el factor en el cual se pueden hacer las modificaciones más importantes a la hora de buscar el equilibrio energético⁷.

Según la Organización mundial de la salud (OMS), la AF es "cualquier movimiento corporal producido por los músculos esqueléticos que exija gasto de energía". Cuando una persona realiza AF está reduciendo el riesgo de padecer de hipertensión, cardiopatía coronaria, accidente cerebro vascular, diabetes, cáncer de mama y de colon, depresión y caídas. Además, mejora la salud ósea y funcional y es un determinante clave del GE; por lo tanto, es fundamental para lograr el equilibrio calórico y el control del peso⁸.

La energía se convierte en un factor crucial para el mantenimiento de las funciones orgánicas en los seres humanos. A partir de ésta, se hacen numerosos estudios que tienen como eje el GE del organismo, con el objetivo de determinar, entre otros, el metabolismo específico de cada individuo y realizar modificaciones a partir de esta información. Los cambios en el requerimiento energético permiten el aumento, la disminución o el mantenimiento del peso, a través de la elaboración de planes de alimentación ajustados a las necesidades individuales⁹.

La CI es uno de los métodos que se utiliza para medir el GE en los seres humanos. Se trata de un examen no invasivo, que permite medir en forma exacta el GE en reposo de una persona; de esta manera, se puede evaluar el metabolismo, lo cual se convierte en la base para desarrollar y aplicar el tratamiento nutricional requerido^{10,11}.

Con este método se determina el GE por medio de los equivalentes calóricos del oxígeno (O₂) consumido y del dióxido de carbono (CO₂) producido, cuyas cantidades difieren según el sustrato energético que se esté usando. La producción de energía corresponde a la contenida en los nutrientes, almacenada como ATP y disipada como calor durante el proceso de oxidación⁴.

La cantidad de O₂ consumido se utiliza para oxidar los sustratos energéticos (proteínas, carbohidratos y lípidos) y el CO₂ producido se elimina por la respiración. Teniendo en cuenta esto, es posible calcular la energía total producida por los nutrientes¹².

El comprender los valores del GE, permite un panorama más amplio para la elaboración adecuada de planes de ali-

mentación, tanto en individuos sanos como enfermos. Para ello, es necesario implementar ecuaciones predictivas o métodos como la CI, para estimar el GE de los sujetos¹³.

Cuando no se dispone de métodos como la CI para determinar el GE, se puede hacer uso de ecuaciones predictivas, las cuales se han desarrollado con sujetos sanos, basadas en análisis de regresión, que incluyen variables independientes como peso, talla, sexo, edad y como variable dependiente se utiliza la CI¹⁰. No obstante, se han referido errores en la subestimación del GE y sobrestimación en la TMR (tasa metabólica en reposo), principalmente en adultos no obesos en relación a los obesos¹⁴.

Este trabajo tiene como objetivo estimar el GE en reposo, según CI y otras ecuaciones, en mujeres con índice de masa corporal (IMC) en exceso, (con sobre peso: IMC 25-29.9 u obesidad Grado I; IMC: 30-34,9) y comparar el GE estimado por CI con respecto a las ecuaciones más utilizadas para tal fin en el medio en mujeres con exceso de peso, en la ciudad de Medellín (Colombia).

Población y muestra

La población estuvo conformada por 1500 pacientes de sexo femenino, con edades comprendidas entre 18 y 73 años, que asistieron durante 9 años (2006-2015) a realizarse una CI en un consultorio médico particular, quienes en su mayoría presentaron exceso de peso; de este total de calorimetrías, se seleccionó una muestra de 1178, pertenecientes a mujeres que cumplían con el criterio de la edad y que presentaban exceso de peso según el IMC.

MATERIALES Y MÉTODOS

La CI se realizó con un calorímetro marca ReeVue, fabricado por Korr Medical Technologies Inc. Es un equipo eléctrico portátil, dispuesto en una unidad sellada, que tiene un filtro de aire, el cual se calibra automáticamente antes de cada prueba, para medir presión barométrica, humedad relativa, temperatura ambiente y concentración de oxígeno.

Una vez calibrado, se conecta al orificio receptor de una manguera corrugada de espirometría, donde se encuentra el filtro de aire, marca Metabreather, fabricado por la misma compañía constructora del calorímetro. En el extremo opuesto de la manguera se encuentra la boquilla y el sello de aire, que permite la entrada por un extremo del aire inspirado y la salida por el extremo opuesto hacia el medidor. Estas mangueras son estériles y se utiliza una por cada prueba. La medición se realizó en ayunas (última ingesta no mayor a 6 horas) y en reposo (sin actividad física intensa 5 horas previas a la prueba); antes de la prueba se debe evitar fumar, estar consciente y sin infecciones respiratorias. Para iniciar el procedimiento, se coloca la boquilla en la boca y una pinza nasal para garantizar que toda la respiración se realice a tra-

vés de la boca. Se debe respirar lo más normal posible, sin aumentar o disminuir la frecuencia respiratoria y asegurando que todo el aire expirado salga por la boquilla.

La duración de la prueba oscila en un intervalo de 10 a 20 minutos; una vez finalizada la medición de la concentración y el volumen de dióxido de carbono (CO₂) exhalado, el equipo calcula la concentración y volumen de oxígeno (O₂) inhalado, así como la frecuencia respiratoria. Se ingresan al equipo datos respecto a la edad, sexo, peso y estatura, con el fin de que el software realice la medición y la compare, con un estándar definido, que en este caso es la ecuación de Harris-Benedict.

Se obtiene entonces VO₂ (mililitros/minuto), FeO₂ (porcentaje de oxígeno gastado), Volumen por minuto (litros por minutos), Volumen de gas (mililitros) y Velocidad respiratoria (respiraciones/minuto) como parámetros respiratorios. El equipo realiza cálculos de REE (gasto energético en reposo), el cual se expresa en Kcal/día; PREE (gasto energético en reposo pronosticado, equivalente al gasto de energía calculado por Harris-Benedict) expresado en Kcal/día pronosticado y también hace la comparación entre REE/PREE y lo expresa en porcentaje por encima o debajo de PREE. Se obtiene, además, información de VO₂/Kg (mililitros/Kg/minuto) y el IMC.

En este estudio se compararon los valores de CI con el GE estimado por HB, método del pulgar 1, 2 y 3, (20, 25 y 30 kcal/kg/día), Mifflin-St.Jeor y FAO OMS. Todas las pruebas se realizaron de acuerdo a las condiciones establecidas por el fabricante para las mediciones y la duración de cada prueba fue de 10 minutos en promedio. Se aseguró la calibración del equipo antes de cada toma.

Análisis estadístico: se efectuó un análisis descriptivo comparativo, de tipo multidimensional, de corte transversal. Para llevar a cabo el proceso investigativo, se diseñó una base de datos en la hoja electrónica EXCEL 2010, teniendo en cuenta la información derivada de los resultados de 1178 CI. Las variables estudiadas se citan en la Tabla 1.

Para el análisis estadístico de los datos, se empleó el MO-DELO LINEAL GENERAL, donde las variables control fueron el tipo de ecuación y el grupo de edad en años: G1: 18-29.9 (n=287); G2: 30-39.9 (n=391); G3: 40-49.9 (n=260); G4: 50-59.9 (n=170); G5: 60-73 (n=70), como variable respuesta se midió el GE. El análisis se complementó mediante estadística descriptiva de tipo unidimensional, utilizando el paquete estadístico SAS University.

RESULTADOS

En la presente investigación participaron un total de 1178 mujeres, con edades comprendidas entre 18 y 73 años, como se aprecia en la Tabla 2. Se emplearon diversas fórmulas para

estimar GE, con el fin de compararlas con los datos arrojados por la CI, como fueron HB, las empíricas o "del pulgar" para hallar calorías; como era de esperar con el incremento de la edad, disminuyó la estatura y aumentó el peso promedio y el IMC; para el G1, el peso promedio fue de 70 ± 12.8 kg, mientras que para el G5 (más longevo), el peso promedio fue de 77.7 ± 13.6 kg, excediendo en 7.7 kg en promedio al G1. El mayor promedio de IMC (31.1 ± 5.4) se presentó en el G5 y el más bajo (26.6 ± 4.9) en el G1. Ver Tabla 2.

En la Tabla 2 se puede apreciar en el G1 que el GE determinado por las fórmulas empíricas P2 y P3 fueron las que presentaron los mayores valores de GE, mientras que con la ecuación pulgar 1 se estimó el GE más bajo. En el G2 la ecuación de Mifflin-St.Jeor estimó el más bajo GE, mientras P1 y P3 presentaron los mayores promedios. En el G3, el GE estimado por P1, P2 y P3 fueron los más altos; mientras que la estimación del GE por Mifflin-St.Jeor fue más bajo en comparación a las otras ecuaciones. En el G4 el GE

Tabla 1. Naturaleza de las variables.

VARIABLE	TIPO VARIABLE	MEDIDA
Grupo de edad	Cualitativa	Categórica
Ecuaciones	Cualitativa	Categórica
Edad	Cuantitativa Continua	Años
Estatura	Cuantitativa Continua	Metros
Peso	Cuantitativa Continua	Kilos
IMC	Cuantitativa Continua	Kilos/(metros) ²
Gasto de Energía	Cuantitativa Continua	Kcals/día

Tabla 2. Promedios y desviaciones estandar para la edad, las variables antropométricas y estimación del gasto de energía según grupo de edad.

Variables	Grupo de edad				
	G1	G2	G3	G4	G5
Edad	24.4±3.3	33.8±2.8	44.4±2.9	54.1± 2.8	63.7± 4.1
Estatura	1.62 ± 0.06	1.61 ± 0.06	1.60 ±0.06	1.60 ± 0.07	1.58 ± 0.06
Peso	70.0 ± 12.8	70.0 ± 12.1	73.2 ± 11.9	75.3 ± 14.8	77.7 ± 13.6
IMC	26.6 ± 4.9	26.9 ± 4.3	28.1 ± 4.5	29.4 ± 5.2	31.1 ± 5.4
REE (CI)	1491 ± 242	1429± 238	1396 ± 290	1338 ± 227	1333 ± 236
HB	1510 ± 126	1464± 119	1447 ± 125	1411 ± 165	1392 ± 131
Pulgar 1	1399 ± 256	1400± 242	1464 ± 239	1506 ± 296	1555 ± 273
Pulgar 2	1750 ± 300	1751± 303	1831 ± 299	1883 ± 370	1944 ± 341
Pulgar 3	2099 ± 384	2101± 363	2197 ± 359	2259 ± 445	2333 ± 409
FAO/OMS	1523 ±189	1414± 98.4	1440±97.3	1457 ± 120	1364±124
Mifflin-St.Jeor	1431 ± 143	1373±154	1358 ± 136	1313 ± 161	1287 ± 147

Fuente: elaboración propia. 2016. REE (Requerimiento de energía estimado mediante calorimetría indirecta); HB: Harris y Benedict; Pulgar 1: 20 kcal/kg/día; pulgar 2: 25 kcal/kg/día y pulgar 3: 30 kcal/kg/día.

Grupos de edad en años: G1: 18-29.9 (n= 287); G2: 30-39.9 (n= 391); G3: 40-49.9 (n=260); G4: 50-59.9 (n=170); G5: 60-73 (n=70).

obtenido por las ecuaciones P2 y P3, arrojaron los valores de GE más elevados y de nuevo la ecuación de Mifflin-St.Jeor, presentó los valores más bajos. Se puede apreciar en el G5 el GE determinado por las fórmulas empíricas P1, P2 y P3 fueron las que arrojaron los mayores valores de GE, mientras que con la ecuación de Mifflin-St.Jeor se estimó el GE más bajo.

Al efectuar el análisis comparativo entre grupos de edad, mediante el MODELO LINEAL GENERAL, para el GE, no se detectó diferencia significativa en la CI entre los grupos ($p>0.05$); se detectó diferencia significativa ($p<0.05$) en el GE según grupo de edad con la ecuación de HB, entre las personas de menor edad (G1, G2 y G3) en comparación con las de mayor edad (G4 y G5). El GE determinado por el método empírico pulgar 2 y 3, no presentó diferencias significativas entre los grupos ($p>0.05$), pero si se detectaron diferencias

significativas ($p<0.05$) en el GE determinado por el método de pulgar 1, según esta fórmula, el GE fue mayor de forma significativa en los grupos de mayor edad (G3, G4 y G5); según el GE determinado por FAO/OMS, se obtuvo un comportamiento mayor de energía de forma significativa en los grupos 1,2 y 4 respecto a los grupos de edad 2 y 5; con respecto al GE obtenido por la ecuación de Mifflin-St.Jeor; los grupos 5 y 4 presentaron los más bajos GE, con respecto a G1, G2 y G3 ($p<0.05$). Ver Tabla 3.

En la Tabla 4, se puede apreciar que para el G1 existe diferencia estadística entre la ecuación P3 respecto a las demás ecuaciones; el método HB y FAO/OMS, se comportaron de manera similar, al igual que P1 respecto a Mifflin-St.Jeor en el G1. Para el G2 la ecuación P3 se diferenció estadísticamente de las demás. REE (CI) y HB fueron similares entre sí. Lo mismo sucedió con P1 y Mifflin-St.Jeor. En general se

Tabla 3. Análisis comparativo entre grupos de edad, por ecuación del GE.

Ecuación	Grupo 1	Grupo 2	Grupo 3	Grupo 4	Grupo 5
REE (CI)	a	a	a	a	a
HB	a	a	a	b	b
PULGAR 1	b	b	a	a	a
PULGAR 2	a	a	a	a	a
PULGAR 3	a	a	a	a	a
FAO OMS	a	b	a	a	b
Mifflin-St.Jeor	a	a	a	b	b

Letras distintas indican diferencia estadística entre ecuaciones ($p<0.05$)

Tabla 4. Análisis comparativo de ecuaciones por grupo de edad.

Método para estimar GE	Grupo 1	Grupo 2	Grupo 3	Grupo 4	Grupo 5	General
REE (CI)	d	c	d	d	d	c
HB	c	c	d	d	d	c
PULGAR 1	e	e	c	c	c	c
PULGAR 2	b	b	b	b	b	b
PULGAR 3	a	a	a	a	a	a
FAO OMS	c	d	d	d	d	c
Mifflin-St.Jeor	e	e	e	e	d	d

Fuente: elaboración propia. 2016. Letras diferentes indican diferencias estadísticas. Nota: Grupos según edad (en años): G1: 18-29.9, (n= 287); G2: 30-39.9, (n= 391); G3: 40-49.9, (n= 260); G4: 50-59.9, (n=170); G5: 60-73, (n=70). REE (Requerimiento de energía estimado mediante calorimetría indirecta), HB: Harris y Benedict; Pulgar 1:20 kcal/kg/día; pulgar 2: 25 kcal/kg/día y pulgar 3: 30 kcal/kg/día.

aprecia que P3 presenta los mayores valores promedios en los diferentes grupos de edad, diferenciándose estadísticamente de las demás ecuaciones ($p < 0.05$), seguido de P2, mientras que el método de Mifflin-St.Jeor presenta el GE más bajo para los diferentes grupos de edad.

El análisis comparativo general permitió detectar diferencias estadísticas entre P3 respecto a todas las demás ecuaciones, es de anotar que el gasto energético estimado por REE(CI), HB, FAO-OMS no se presentó diferencia entre sí ($p > 0.05$). Ver Tabla 4.

En la Tabla 5, se puede apreciar que son las ecuaciones de Mifflin-St.Jeor y la de HB las que más se asemejan a los resultados obtenidos por CI, anotando que la primera subestima los requerimientos y la segunda los sobreestima, al compararlos con CI.

Al aplicar el método de correlación por la técnica de Spearman se encontró que existe una relación directa y significativa entre todos los métodos de medición ($p < 0.05$). Se pudo apreciar que los valores más bajos de asociación se presentaron en el método de la calorimetría respecto a las demás técnicas evaluadas. Ver Tabla 6.

DISCUSIÓN

Disponer de un valor de GE preciso, permite la elaboración e implementación de planes de alimentación acorde con los requerimientos de energía de cada individuo, lo cual facilita el logro de objetivos nutricionales de manera acertada, tanto para personas sanas como enfermas; en la literatura, se reportan cerca de 200 fórmulas para estimar los requerimientos calóricos; no obstante, en diversas ocasiones, la utilización de estas, varía, dependiendo de la condición o estado de salud del individuo; por ser la CI uno de los procedimientos más precisos para determinar el GE, es importante conocer la variabilidad de algunas de las ecuaciones más usadas en nuestro medio con respecto a la CI¹³, método preciso, no invasivo¹⁰, pero que requiere de un equipo costoso, personal capacitado y mayor inversión de tiempo¹¹.

Las ecuaciones para predecir el GE usualmente se han desarrollado a partir de sujetos sanos y se basan en análisis de regresión con variables independientes como peso, estatura, sexo, edad y como variable dependiente la CI (10). No obstante, se han referido errores por subestimación y principalmente sobrestimación de la TMR. Es así como el resultado de

Tabla 5. Sobreestimación o subestimación de calorías entre diversas ecuaciones con respecto a la CI, según grupos de edad.

Ecuaciones/Grupos	G1	G2	G3	G4	G5
HB	+19	+35	+51	+73	+59
P1	-92	-29	+68	+168	+222
P2	+259	+322	+435	+545	+611
P3	+608	+672	+801	+921	+1000
FAO OMS	+32	-15	+44	+119	+31
Mifflin-St.Jeor	- 60	- 56	- 38	- 25	- 46

Signos: + indica sobreestimación de requerimientos energéticos con respecto a la CI y el – indica subestimación.

Tabla 6. Análisis de correlación entre metodologías.

	CALORIMETRIA	HB	PULGAR1	PULGAR3	FAO-OMS	MIFFIN
CALORIMETRIA	1.0	0.55	0.49	0.49	0.52	0.50
HB		1.0	0.84	0.84	0.93	0.88
PULGAR1			1.0	1.0	0.88	0.75
PULGAR3				1.0	0.88	0.75
FAO-OMS					1.0	0.82
MIFFLIN						1.0

• Todas las relaciones fueron significativas ($p < 0.05$).

las ecuaciones predictivas, está determinado por el estado nutricional del individuo, donde se describe mayor precisión en la estimación de requerimientos de energía en adultos no obesos, en comparación con los obesos¹⁵.

Con respecto a la comparación de métodos para estimar el GE, se ha reportado sobreestimación con algunas ecuaciones, tal como lo demuestra un estudio realizado en un grupo de mujeres jóvenes y adultas sanas, en la ciudad de Chillán (Chile), donde se evidenció sobreestimación de la TMR de 220,0, 211,9, 235,8 y 79,4 Kcal/día, para las ecuaciones predictivas HB; FAO/OMS/UNU 1985; FAO/OMS/UNU 2004, y Mifflin-St-Jeor 1990, respectivamente vs. la estimada por CI, lo cual tuvo un comportamiento estadísticamente significativo para ambos grupos ($P < 0,0001$)¹⁴.

En nuestra investigación se detectaron diferencias significativas en el GE estimado por el método P3 respecto a los demás ($p < 0,05$).

En un grupo de mujeres adultas con normo peso, sobrepeso y obesidad de la ciudad de México, los resultados demostraron que las ecuaciones predictivas utilizadas HB, Mifflin-St. Jeor, FAO/OMS y las del Institute of Medicine (IOM), se correlacionaron positivamente con los datos obtenidos por la CI; sin embargo, la determinación de energía según el IOM, fue la que se correlacionó en gran proporción con las cuatro ecuaciones predictivas de GEB¹³. No obstante, en nuestro estudio se demostró que la ecuación que más se aproxima a la CI es la Mifflin-St. Jeor en el grupo de edad 5 mayores.

Asimismo, un estudio realizado en mujeres mexicanas con grados II y III de obesidad, mostró que las ecuaciones HB y FAO/OMS, fueron las que mejor predijeron el GER, sin diferencias significativas ($p > 0,05$), en contraste con los valores obtenidos mediante la CI, obteniendo con estas ecuaciones mejores valores de correlación y exactitud en la estimación del gasto de energía en reposo¹¹.

Por lo anterior, la ecuación de HB, no presentó diferencia estadística ($p < 0,05$) con respecto a CI, para los grupos de edad: 3; 4 y 5; a su vez, es la que más se utiliza en pacientes hospitalizados, tanto por su bajo grado de complejidad a la hora de su implementación, como por su costo nulo¹⁰. Aun así, un estudio reciente que se efectuó en Chile, denotó que esta ecuación realizada en adultos jóvenes, sobreestimaba el GE en más de 290,5 kcal/día, en comparación al resultado obtenido por CI¹⁴; caso similar ocurrió en nuestro estudio, ya que la ecuación de HB fue la que arrojó mayores promedios en todos los grupos respecto al comportamiento por CI. Paralelamente, se encontró que con el aumento de la edad, se aumentaba la sobrestimación (G1: 19kcal; G2: 35kcal; G3: 51kcal; G4: 73kcal) a excepción del G5, que a pesar de ser el grupo con mayor edad, reportó una sobreestimación de 59 Kcal, siendo esta menor que la del G4. Se debe tener en cuenta que la eficacia de esta ecuación para determinar GE

puede verse afectada por la etnia y por la evolución ponderal de los sujetos¹¹, por ello, aunque se presente un comportamiento medianamente adecuado, se tiende a sobreestimar el GE de los individuos¹⁶.

Por otra parte, la fórmula de FAO/OMS, se basa en los datos de Shofield (1985), en la cual se consideran tres niveles de actividad física y no se tiene en cuenta la talla, sin embargo, esta última contribuye a disminuir el error de predicción¹¹, lo cual indica que al incluir variables como peso y/o talla mejora la estimación del GE¹⁶. La fórmula FAO/OMS tiende a sobreestimar el GE en 235,8 Kcal/día con respecto a la CI en mujeres adultas con sobrepeso^{14,15}, y a su vez, como dicha fórmula se desarrolló teniendo en cuenta estudios de poblaciones Europeas y Norteamericanas¹⁴, puede explicar la divergencia encontrada en los datos de la presente investigación, es decir, las diferencias pueden posiblemente explicarse por las variaciones en la composición corporal que dependen de la etnia entre los países donde se generó la ecuación y el nuestro¹⁰.

Es pertinente retomar un estudio descrito en el año 2014, el cual analizaba la comparación entre diferentes ecuaciones predictivas para medir la TMR en adultos, donde la ecuación de Mifflin-St. Jeor es la que presenta mayor diferencia significativa en relación a la CI, en comparación con las otras ecuaciones analizadas¹⁷. No obstante, dicha ecuación presenta errores y limitaciones notables cuando se aplica en los individuos, y posiblemente cuando se generaliza a cierta edad y a grupos étnicos¹⁸. En nuestro estudio no se presentó diferencia estadística entre las ecuaciones antes citadas para el grupo de edad G5.

Evitar los sesgos que pueden surgir por medio de la utilización de las fórmulas predictivas y teniendo en cuenta la extrapolación de estas a otras poblaciones, ayuda al análisis determinado del GE específico para un grupo de personas, ya que se adecúa al contexto y a las necesidades de los individuos¹⁹. El comportamiento de las ecuaciones predictivas, es diferente si se aplican a personas sanas o enfermas, es por esto que es importante definir muy bien en quienes se van a utilizar¹⁷. Es así como un estudio realizado en el año 2015 por Pierre Jesús y colaboradores, demostró que dichas ecuaciones no pueden ser útiles para ciertos pacientes como es el caso de obesos severos, ya que tienden a sobreestimar las calorías necesarias, no obstante en este caso, la ecuación que más se acercaría para determinar el GEB en estos pacientes sería la Mifflin St. Jeor¹⁸.

Los estudios realizados con el fin de validar las fórmulas predictivas, presentan limitaciones de índole étnica y geográfica para Colombia, por lo que se sugiere una validación precisa para los requerimientos energéticos de la población¹⁰.

Adicionalmente, los cambios demográficos, afectan el metabolismo, la precisión y la fiabilidad de las ecuaciones de predicción tradicionales para determinar el GE, por lo cual, re-

sulta cuestionable su uso y por ende su resultado. Es por ello, que la CI ofrece un enfoque basado en la individualización de las necesidades de energía, y brinda un análisis más preciso a la hora de generar un soporte nutricional o médico, lo que permite mayores beneficios en la práctica clínica²⁰.

El uso de la CI ha disminuido recientemente, debido a los costos para su implementación, falta de personal y la de educación/formación y del equipo. No obstante, los avances recientes en tecnología, han permitido su uso y manejo asequible. Es por ello que un mayor uso de la CI, facilitaría el cuidado de los pacientes de manera individualizada, mejorando los resultados en el tratamiento integral²⁰.

Una sobreestimación o subestimación de los requerimientos energéticos en los individuos puede conllevar a un déficit o exceso en el aporte calórico, lo cual se reflejará en el estado nutricional. Por ello y como se mencionaba anteriormente, es necesario investigar más sobre este tema y realizar estudios específicos para nuestra población, que permitan estimar el GE, de acuerdo a los factores predictivos como etnia, clima, entre otros y que, a su vez, suministre información veraz para la construcción de una ecuación predictiva, acoplada a nuestra región o para tomar decisiones en cuanto a cuál es la ecuación que más se adapta al comportamiento del GE de nuestra población.

CONCLUSIÓN

La ecuación de Mifflin-St.Jeor, determina de manera significativa un menor GE mientras que el GE obtenido por P2 y P3, fue significativamente mayor en todos los grupos; el comportamiento del GE fue similar con las ecuaciones FAO OMS, HB, P1 y CI.

Una sobreestimación o subestimación en el cálculo del GE, puede contribuir a mediano o largo plazo, a un desequilibrio energético y por ende a una malnutrición por déficit o exceso, es por ello que se hace pertinente realizar más estudios que contribuyan a la determinación de una ecuación predictiva que se acople a las particularidades étnicas, demográficas y a factores potenciales de alteración del GE, que se presentan en nuestra población.

REFERENCIAS

- Mataix J, Martínez JA. Balance de energía corporal. En: Nutrición y alimentación humana. Mataix J Ed. Oceano/ Ergon. Barcelona. 2006:703-22.
- Hasson RE, Howe CA, Jones BL, Freedson PS. Accuracy of four resting metabolic rate prediction equations: effects of sex, body mass index, age, and race/ethnicity. *J Sci Med Sport*. 2011; 14(4): 344-51.
- Johannsen DL, Calabro MA, Stewart J, Franke W, Rood JC, Welk GJ. Accuracy of armband monitors for measuring daily energy expenditure in healthy adults. *Med Sci Sports Exerc*. 2010; 42: 2134-2140
- Bonfanti N, et al. Efecto de dos dietas hipocalóricas y su combinación con ejercicio físico sobre la tasa metabólica basal y la composición corporal. *Nutrición Hospitalaria*. 2014;29(3); 635-643.
- Osorio Murguía B. Efecto de la práctica de Tae Kwon Do contra Fútbol Asociación en el Índice de Masa Corporal (IMC), el porcentaje de grasa corporal, glucosa, colesterol triglicéridos y lipoproteínas de alta densidad en niños de 6 a 12 años de edad. 2012.[Especialidad en medicina del deporte].Mexico. Instituto Politecnico Nacional. 2012.
- Quiroz Olguín G. Fundamentos del gasto energético. [Internet]. [Consultado febrero 18 de 2018] Disponible en: <http://eprints.uanl.mx/9370/1/Documento0.pdf>.
- Perea-Martínez A, López-Navarrete GE, Padrón-Martínez M, Lara-Campos AG, Santamaría-Arza C, Ynga-Durand MA, Ballesteros-del Olmo JC. Evaluación, diagnóstico, tratamiento y oportunidades de prevención de la obesidad. *Acta pediátrica de México*. 2014; 35(4):316-337.
- Morales M, Pacheco V, Morales JA. Influencia de la actividad física y los hábitos nutricionales sobre el riesgo de síndrome metabólico. *Enferm. glob*. 2016; 15(44): 209-221.
- Blasco R. Gasto energético en reposo. Métodos de evaluación y aplicaciones. *Rev Esp Nutr Comunitaria*. 2015;21(Supl.1): 243-251.
- Vargas M, Lancheros L, Barrera MP. Gasto energético en reposo y composición corporal en adultos. *Rev Fac Med*. 2011; 59 (Supl 1):S43-58.
- Parra-Carriedo A, Cherem-Cherem L, Noriega D, Díaz-Gutiérrez M, Pérez-Lizaur A, Hernández-Guerrero C. Comparación del gasto energético en reposo determinado mediante calorimetría indirecta y estimado mediante fórmulas predictivas en mujeres con grados de obesidad I a III. *Nutrición Hospitalaria*. 2013; 28(2): 357-364.
- Cruz Marcos S, Mateo Silleras B, Camina Martín M, Carreño Enciso L, Miján de la Torre A, Galbani J, Redondo del Río. Concordancia entre Calorimetría indirecta y modelos predictivos en una población sana española. *Nutr Hosp*. 2015;32(2):888-896.
- Parra- Carriedo A, Pérez-Lizaur A. Comparación de la estimación del gasto energético basal por cuatro ecuaciones versus calorimetría indirecta en mujeres con peso normal, sobrepeso y obesidad. *Revista de Endocrinología y Nutrición*. 2012; 20(2): 63-66.
- Rodríguez A, et al. Comparación de tasa metabólica en reposo medida por calorimetría indirecta versus ecuaciones predictivas, en mujeres adultas jóvenes y adultas mayores de peso corporal normal. *Revista chilena de nutrición*. 2014; 41(1): 17-22.
- Hasson R, Howe CH, Jones B, Freedson P. Accuracy of four resting metabolic rate prediction equations: effects of sex, body mass index, age, and race/ethnicity. *J Sc Med Sport*. 2011; 14: 344-51.
- De la Cruz MS, de Mateo Silleras B, Alicia Camina Martín M, Enciso L, de la Torre A, Paz Redondo del Río M, et al. Concordancia entre calorimetría indirecta y modelos predictivos en una población sana española. *Nutrición Hospitalaria*. 2015; 32(2): 888-896.

17. Jésus P, Achamrah, N., Grigioni, S., Charles, J., Rimbart, A., Folope, V. & Coëffier, M. Validity of predictive equations for resting energy expenditure according to the body mass index in a population of 1726 patients followed in a Nutrition Unit. *Clinical Nutrition*. 2015;34(3): 529-535.
18. Frankenfield D, Roth-Yousey L, Compher C, Evidence Analysis Working Group. Comparison of predictive equations for resting metabolic rate in healthy nonobese and obese adults: a systematic review. *Journal of the American Dietetic Association*. 2005; 105(5):775-789.
19. PinheiroVolp A, de Oliveira F, Duarte Moreira Alves R, Esteves E, Bressan J. Energy expenditure: components and evaluation methods. *Nutrición Hospitalaria*. 2011; 26(3): 430-440.
20. Heather A, Lingtak-Neander C, Li F. Indirect Calorimetry: A Practical Guide for Clinicians. *Nutrition in Clinical Practice*. 2007;22(4):377-388.