



Original

Comparación del gasto energético en reposo determinado mediante calorimetría indirecta y estimado mediante fórmulas predictivas en mujeres con grados de obesidad I a III

Alicia Parra-Carriedo, Loren Cherem-Cherem, Daniela Galindo-De Noriega, Mary Carmen Díaz-Gutiérrez, Ana Bertha Pérez-Lizaur y César Hernández-Guerrero

Departamento de Salud. Universidad Iberoamericana Ciudad de México. México.

Resumen

Introducción: La determinación del gasto energético en reposo (GER) se calcula cotidianamente a partir de fórmulas predictivas aunque el resultado varía dependiendo de la población.

Objetivo: Comparar la determinación del GER mediante calorimetría indirecta y mediante las ecuaciones Harris-Benedict (HB), Mifflin (MF), Organización Mundial de la Salud (OMS), "Institute of Medicine" (IOM), Fórmula Rápida (FR) y Valencia (VA) en mujeres con grados de obesidad I a III.

Métodos: Mujeres adultas mestizas mexicanas se incluyeron en el estudio y formaron 3 grupos a partir del índice de masa corporal (IMC). Obesidad grado I (IMC 30,0-34,9; n = 42), grado II (IMC 35,0-39,9; n = 38) y grado III (IMC > 40; n = 41). Se determinó el GER mediante calorimetría indirecta y mediante las ecuaciones antes señaladas. ANOVA de Kruskal-Wallis y la prueba de Dunn's se emplearon para el análisis estadístico ($p < 0,05$ se aceptó como diferencia).

Resultados: No se observó diferencia estadística entre los valores de las fórmulas HB, OMS y VA respecto a la CI. La concordancia obtenida de dichas fórmulas fue 63%, 67% y 64%, respectivamente, al analizar los datos en un solo grupo de obesidad. Asimismo, las fórmulas IOM, ER y MF mostraron diferencia estadística significativa versus la CI, siendo la concordancia 58%, 53% y 54%, respectivamente. En el grado III de obesidad la concordancia de VA (78%) y FR (71%) fue la mayor obtenida.

Discusión: Las fórmulas HB, OMS y VA fueron las mejores para estimar el GER en mujeres mexicanas con IMC > 30. En el grado III VA y FR muestran el mejor desempeño.

(Nutr Hosp. 2013;28:357-364)

DOI:10.3305/nh.2013.28.2.6188

Palabras clave: Gasto energético en reposo. Fórmulas predictivas. Calorimetría indirecta. Obesidad.

Correspondencia: César Hernández Guerrero.
Departamento de Salud.
Universidad Iberoamericana Ciudad de México.
Prolongación Paseo de la Reforma 880, Lomas de Santa Fe.
C. P. 01219 México, Distrito Federal.
E-mail: cesar.hernandez@uia.mx

Recibido: 20-IX-2012.

Aceptado: 23-X-2012.

COMPARISON OF RESTING ENERGY EXPENDITURE DETERMINED BY INDIRECT CALORIMETRY AND ESTIMATED BY PREDICTIVE FORMULAS IN WOMEN WITH OBESITY DEGREES I TO III

Abstract

Introduction: The determination of resting energy expenditure (REE) is calculated in clinical practices by predictive formulas; however the result varies among the population due to several factors.

Objective: To compare the REE determination by indirect calorimetry and by Harris-Benedict (HB), Mifflin (MF), World Health Organization (WHO), Institute of Medicine (IOM), "Formula Rápida" (FR) and Valencia (VA) formulas, in women with obesity grades I to III.

Methods: Mexican mestizo adult women were included in the study and stratified in three groups according to their body mass index (BMI). Grade I obesity (BMI 30.0-34.9, n = 42), grade II (BMI 35.0-39.9, n = 38) and grade III (BMI > 40, n = 41). REE was determined by indirect calorimetry and by the aforementioned equations. Kruskal-Wallis ANOVA and Dunn's test were used for statistical comparison and $p < 0.05$ was accepted as a statistical difference.

Results: There were no statistical difference between the REE values estimated by formulas HB, WHO and VA regarding the CI. The accuracy obtained from these formulas was 63%, 67% and 64%, respectively, when data were analyzed in a single group. The IOM, ER and MF formulas showed statistically significant difference versus the CI and their accuracy were 58%, 53%, and 54%, respectively. In grade III obesity VA (78%) and FR (71%) accuracy were the highest obtained.

Discussion: HB, WHO and VA formulas were the best to estimate REE in Mexican women with BMI > 30. In obesity grade III FR and VA formulas showed the best performance.

(Nutr Hosp. 2013;28:357-364)

DOI:10.3305/nh.2013.28.2.6188

Key words: Resting energy expenditure. Predictive equations. Indirect calorimetry. Obesity.

Abreviaturas

CI: Calorimetría Indirecta.

FR: Fórmula Rápida.

GER: Gasto Energético en Reposo.

GET: Gasto Energético Total.

GEB: Gasto Energético Basal.

HB: Harris-Benedict.

IMC: Índice de Masa Corporal.

IOM: Institute of Medicine.

MSJ: Mifflin-St Jeor.

OMS: Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación y la Organización Mundial de la Salud.

VA: Valencia.

Introducción

La obesidad es una patología de etiología multifactorial caracterizada por el aumento de grasa corporal que se asocia con el riesgo de desarrollar diversas comorbilidades como diabetes mellitus, hipertensión arterial, síndrome metabólico, enfermedades cardiovasculares y cáncer¹. En la etiología destacan alteraciones del balance energético, características genéticas, factores emocionales y socio-ambientales².

Actualmente el sobrepeso y la obesidad son factores de morbilidad y mortalidad muy importantes en todo el mundo, ya que ambos se asocian con la aparición del 44% de diabetes, el 23% de cardiopatías isquémicas y entre el 7% y 41% de diversos cánceres³.

En México existe un serio problema de obesidad en la población ya que la prevalencia de sobrepeso y obesidad se triplicó desde 1980 a la fecha⁴. En la población adulta el 39,5% de los hombres y mujeres tienen sobrepeso y el 31,7% obesidad. Esto quiere decir que aproximadamente el 70% de la población tiene exceso de grasa³. México ocupa el segundo lugar a nivel mundial en obesidad en población adulta, y el primer lugar en obesidad infantil⁴. Esta alta prevalencia del fenómeno en la población mexicana contribuyen a que el 33% de los decesos en mujeres, y más del 26% en hombres se deban a diabetes mellitus y padecimientos cardiacos y cerebrovasculares; patologías fuertemente relacionadas con la presencia de obesidad⁴.

En los últimos años, la prevención y el tratamiento de la obesidad son aspectos que han tomado gran relevancia dentro de las actividades de la salud pública, ya que los países están en riesgo de enfrentar el colapso de sus sistemas de sanidad en las siguientes décadas, al aumentar en forma desproporcionada la prevalencia de enfermedades crónicas no transmisibles asociadas con obesidad⁵.

El tratamiento de la obesidad puede incluir diversas maniobras y técnicas dependiendo del grado en el que ésta se presenta. Al iniciar con una intervención nutricia es necesario tomar en cuenta los factores ambientales más relevantes en la etiología del fenómeno cómo

son los hábitos dietéticos, actividad física y grado de sedentarismos, debido a la frecuencia, magnitud y sobre todo a que existe la posibilidad de su intervención. Con ello es viable otorgar un tratamiento lo más integral posible, ya que dichos factores se encuentran íntimamente relacionados y son fuertemente influidos por el ambiente familiar como parte del ámbito socio-cultural en la que se desarrolla el individuo⁶. Sin embargo, será esencial modificar la ingesta calórica por debajo del gasto energético total (GET), el cual representa el gasto energético basal (GEB), la actividad física, la termogénesis generada por los alimentos, así como variaciones en la temperatura corporal derivada de procesos fisiológicos como el crecimiento, envejecimiento y lactancia^{7,8}. El GEB es el total de calorías gastadas por minuto u hora reportadas en un período de 24 horas, y representa entre el 60% al 70% del requerimiento energético diario de un individuo sedentario, y el 50% de individuos que realizan actividad física. El GEB es el principal componente del GET y no es fácil calcularlo, ya que su evaluación tiene que hacerse por la mañana, una vez que el individuo se ha despertado y ha pernoctado dentro de la unidad metabólica, no ha realizado actividad física alguna, después de un ayuno de 10-12 horas y bajo condiciones ambientales controladas de temperatura, humedad, luz y ruido. El GEB puede variar entre los individuos debido a diversos aspectos como el grupo étnico al que pertenecen, el peso, la grasa magra corporal, fumar, actividad física⁹.

No obstante, la forma más accesible y precisa para calcular el GEB en clínicas y centros hospitalarios es mediante calorimetría indirecta, la cual determina realmente el gasto energético en reposo (GER), ya que evalúa el gasto energético mínimo de una persona sana en reposo bajo condiciones ambientales confortables, y difiere muy poco con respecto al GEB⁹.

Debido a que la evaluación del GER mediante calorimetría indirecta (CI) requiere de equipo costoso y personal especializado, en la práctica clínica la determinación del GET se realiza mediante diversas ecuaciones predictivas, las cuales fueron desarrolladas en la gran mayoría empleando participantes sanos con normopeso en una población en particular. Por lo que su aplicación puede arrojar valores que sobre o subestimen a individuos de otra población o con características diferentes. De aquí que el empleo de la ecuación predictiva más precisa para estimar el GET de un individuo con obesidad en una población particular, es una necesidad imperante al aplicar la intervención nutricia orientada a detener y revertir el fenómeno¹⁰.

El presente estudio tuvo como objetivo comparar la determinación de GER mediante calorimetría indirecta y mediante las ecuaciones predictivas Harris-Benedict (HB), Mifflin-St Jeor (MSJ), Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación y la Organización Mundial de la Salud (OMS), "Institute of Medicine" (IOM), Fórmula Rápida (FR) y Valencia (VA), en individuos mestizos mexicanos del altiplano central con diversos grados de obesidad.

Material y métodos

Población de estudio

Se evaluaron a 121 mujeres que asistieron a la Clínica de Nutrición de la Universidad Iberoamericana de la Ciudad de México para recibir consulta de nutrición, las cuales fueron mayores de 18 años con obesidad de acuerdo a índice de masa corporal (IMC; kg/m²). No reportaron la presencia de enfermedades tiroideas, autoinmunes, alergias o trastornos de la conducta alimentaria. No presentaban tabaquismo, alcoholismo, variación de peso corporal, embarazo o se encontraban amamantando, ni presentaban enfermedades infecciosas al momento del estudio o tres meses anteriores a éste.

Las participantes se dividieron en 3 grupos de acuerdo a su IMC. El grupo con obesidad grado I (IMC 30-34,9; n = 42), el grupo con obesidad grado II (IMC 35-39,9; n = 38) y el grupo con obesidad grado III (IMC ≥ 40; n = 41).

Todas las participantes fueron informadas previamente sobre las características y alcances del estudio, firmaron una carta de consentimiento al aceptar participar y durante la realización del mismo se siguieron todos los lineamientos éticos de la Declaración de Helsinki.

Evaluación antropométrica

Se tomó la estatura en metros con un estadímetro marca Seca® Modelo 240 (Vogel & Halke GMBH & Co., Alemania) con una precisión ±2 mm y se determinó el peso en kilogramos de cada una de las participantes descalzas y con ropa ligera por medio de un ana-

lizador de composición corporal por bioimpedancia marca Tanita® modelo TBF-300A (Corp. of America Inc., Arlington Heights, Illinois) precisión de ±0,1 kg y capacidad de 200 kg. Se determinó el IMC dividiendo el peso en kilogramos entre la estatura en metros al cuadrado (kg/m²).

Medición del gasto energético en reposo (GER) por calorimetría indirecta y mediante fórmulas predictivas

Para la determinación del GER se les pidió a las participantes que realizaran la menor actividad física al llegar a la clínica, que se presentaran a las 8:00 A.M., después de un ayuno de entre 10 a 12 horas. Una vez en la clínica se les mantuvo en reposo durante un lapso de 30 minutos antes de llevar a cabo la CI mediante un monitor metabólico Deltatrac® (Datex Inst. Corp., Helsinki, Finlandia). Al realizar la CI se les pidió que se recostaran en la camilla del equipo, se relajaran sin conciliar el sueño en un ambiente agradable durante los 30 minutos que duró la evaluación, para la cual se siguieron las instrucciones y recomendaciones del fabricante del equipo.

Para la determinación del GER mediante fórmulas predictivas se utilizó el peso real de las participantes, empleando las siguientes ecuaciones predictivas: HB¹¹, OMS¹², VA¹³, IOM¹⁴, ER¹⁵ y MSJ¹⁶ descritas en la tabla I.

Análisis estadístico

Los resultados obtenidos provenientes del requerimiento energético estimado mediante ecuaciones predictivas, fueron presentados en porcentaje con respecto

Tabla I
Ecuaciones predictivas empleadas para estimar el gasto energético en reposo

Autor	Ecuación	
Harris Benedict	Hombre: $66,47 + [13,75 \times \text{peso (kg)}] + [5 \times \text{talla (cm)}] - (6,75 \times \text{edad})$ Mujer: $655,09 + [9,563 \times \text{peso (kg)}] + [1,84 \times \text{talla (cm)}] - (4,676 \times \text{edad})$	
OMS	<i>Hombre</i>	<i>Mujer</i>
	18-30 años: $15,3 \times \text{peso} + 679$	18-30 años: $14,7 \times \text{peso} + 496$
	31-60 años: $11,6 \times \text{peso} + 879$	31-60 años: $8,7 \times \text{peso} + 829$
	> 60 años: $13,5 \times \text{peso} + 487$	> 60 años: $10,5 \times \text{peso} + 596$
Valencia	<i>Hombre</i>	<i>Mujer</i>
	18-30 años: $[13,37 \times \text{peso (kg)}] + 747$	18-30 años: $[11,02 \times \text{peso (kg)}] + 679$
	30-60 años: $[13,08 \times \text{peso (kg)}] + 693$	30-60 años: $[10,92 \times \text{peso (kg)}] + 677$
	> 60 años: $[14,21 \times \text{peso (kg)}] + 429$	> 60 años: $[10,98 \times \text{peso (kg)}] + 520$
IOM	$247 - (2,637 \times \text{edad}) + [401,5 \times \text{talla (m)}] + [8,6 \times \text{peso (kg)}]$	
Estimación rápida	$16,2 \times \text{Peso real (kg)}$	
Mifflin St. Jeor	Hombre: $[9,99 \times \text{peso (kg)}] + [6,25 \times \text{talla (cm)}] - [4,92 \times \text{edad (años)}] + 5$ Mujer: $[9,99 \times \text{peso (kg)}] + [6,25 \times \text{talla (cm)}] - [4,92 \times \text{edad (años)}] - 161$	

OMS: Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación y la Organización Mundial de la Salud.

IOM: "Institute of Medicine".

Tabla II
Comparación del GER medido por CI y estimado mediante ecuaciones predictivas de acuerdo al IMC

Grupo	Obesidad I-III n = 121	Obesidad I n = 42	Obesidad II n = 38	Obesidad III n = 41
Edad	41 ± 12 41 (18-72)	41 ± 14 42 (18-70)	45 ± 10 47 (21-62)	39 ± 12 39 (18-72)
IMC	39 ± 7 37 (30,1-66,2)	32 ± 1 32 (30,1-34,9)	38 ± 1 37 (35,1-39,9)	48 ± 7 44 (40,6-66,2)
Calorimetría (kcal/día)	1.755 ± 326 1.690 (1.230-2.650)	1.571 ± 166 1.550 (1.250-2.030)	1.664 ± 298 1.640 (1.230-2.470)	2.027 ± 300 2.000 (1.570-2.650)
Harris Benedic (kcal/día)	1.701 ± 237 1.670 (1.331-2.370)	1.534 ± 120 1.520 (1.331-1.855)	1.647 ± 156 1.659 (1.418-1.990)	1.923 ± 223 1.880 (1.587-2.370)
OMS (kcal/día)	1.758 ± 283 1.695 (1.395-2.814)	1.586 ± 140 1.554 (1.395-2.025)	1.686 ± 174 1.673 (1.497-2.187)	2.001 ± 308 1.898 (1.616-2.814)
Valencia (kcal/día)	1.755 ± 244 1.725 (1.381-2.468)	1.560 ± 95 1.547 (1.381-1.825)	1.706 ± 131 1.726 (1.516-1.946)	1.999 ± 225 1.914 (1.665-2.468)
IOM (kcal/día)	1.626 ± 215 1.602 (1.270-2.228)	1.473 ± 107 1.462 (1.270-1.774)	1.582 ± 153 1.605 (1.364-1.905)	1.822 ± 199 1.777 (1.517-2.228)
Estimación Rápida (kcal/día)	1.602 ± 356 1.555 (1.055-2.657)	1.316 ± 128 1.302 (1.055-1.685)	1.537 ± 195 1.571 (1.244-1.863)	1.955 ± 332 1.836 (1.466-2.657)
Mifflin St-Jeor (kcal/día)	1.615 ± 266 1.588 (1.174-2.351)	1.440 ± 149 1.426 (1.174-1.843)	1.558 ± 203 1.578 (1.270-2.011)	1.849 ± 247 1.800 (1.476-2.351)

GER: Gasto energético en reposo; CI: Calorimetría indirecta; IMC: Índice de masa corporal; IOM: "Institute of Medicine"; OMS: Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación y la Organización Mundial de la Salud.
Valores repostados: Media ± D.S.; Mediana (min-max).

al valor de la CI. El análisis de la diferencia observada entre las ecuaciones predictivas y la C.I. se realizó mediante la prueba estadística ANOVA de Kruskal-Wallis y la prueba de Dunn's como análisis "pos-hoc". La correlación entre la CI y las ecuaciones predictivas fue realizada empleando la prueba de correlación de Pearson. En todos los casos una $p < 0,05$ fue aceptada como diferencia estadística significativa. Se empleó el paquete estadístico Sigma Stat versión 3.1 (Systat Software Inc., San José, CA, USA) para realizar todos los análisis.

Resultados

Los resultados correspondientes a edad, IMC, CI y los valores obtenidos mediante las ecuaciones predictivas de requerimiento estimado de energía se describen en la tabla II. No se observó diferencia estadística significativa en lo que respecta a la edad ($p = 0,193$), pero sí en cuanto a los valores de IMC entre los grupos de obesidad ($p < 0,05$), tabla II.

La tabla III muestra la concordancia entre el GER calculado mediante CI y los valores estimados mediante las fórmulas empleadas, la cual se determinó a partir del 100% del valor obtenido mediante CI. Se asumió que una variación no mayor a $\pm 10\%$ es un valor de concordancia aceptable para las fórmulas, empleando el término "exactitud" al referirse a él en el presente manuscrito.

Los resultados mostraron que al analizar en un solo grupo todas las participantes en el estudio, la ecuación de VA, HB y OMS mostraron el primero, segundo y tercer lugar de exactitud, respectivamente, mientras que las fórmulas IOM, MF y ER, mostraron las posiciones cuarta a sexta.

Por otro lado, al estratificar en estadios de obesidad, las ecuación VA, HB y OMS mostraron valores de exactitud variables dependiendo del grado de obesidad analizada, distribuyéndose entre el primero y quinto lugar. Asimismo, las ecuaciones IOM, MF y ER mostraron diversos valores de exactitud dependiendo del grado de obesidad, los cuales se distribuyeron entre el primero y sexto lugar.

La ecuación de VA mostró un desempeño destacado en la estimación del GER, ya que generó el mayor valor de exactitud al analizar las personas con obesidad en un solo grupo, así como en los grados II y III.

En la mayoría de los casos las fórmulas presentaron una tendencia a subestimar el gasto energético, tanto al analizar los resultados en un solo grupo como en estadios de obesidad.

Por otro lado, al comparar estadísticamente los valores de gasto energético obtenido mediante CI y por fórmula mediante análisis de varianza y el método Dunn's como prueba "pos hoc" (tabla IV), fue posible identificar diferencia significativa ($p < 0,05$) en las fórmulas IOM, MF, FR al analizar en un solo grupo a todas las participantes, así como en los grados de obesidad I y

Tabla III
Exactitud obtenida entre el GER medido por CI y estimado mediante ecuaciones predictivas de acuerdo al IMC

Ecuación	Obesidad I-III n = 121	Obesidad I n = 42	Obesidad II n = 38	Obesidad III n = 41
Harris Benedict	76 (63)	29 (69)	21 (55)	26 (63)
< 10%	29 (24)	8 (19)	7 (19)	14 (34)
> 10%	16 (13)	5 (12)	10 (26)	1 (3)
OMS	73 (60)	28 (67)	23 (61)	22 (54)
< 10%	21 (17)	8 (19)	3 (8)	10 (24)
> 10%	27 (23)	6 (14)	12 (31)	9 (22)
Valencia	83 (69)	27 (64)	24 (63)	32 (78)
< 10%	17 (14)	8 (19)	3 (8)	6 (15)
> 10%	21 (17)	7 (17)	11 (29)	3 (7)
IOM	70 (58)	32 (76)	19 (50)	19 (46)
< 10%	45 (37)	12 (24)	11 (29)	22 (54)
> 10%	8 (5)	0 (0)	8 (21)	0 (0)
Estimación rápida	64 (53)	12 (29)	23 (61)	29 (71)
< 10%	52 (43)	30 (71)	13 (34)	9 (22)
> 10%	5 (4)	0 (0)	2 (5)	3 (7)
Mifflin St. Jeor	65 (54)	25 (60)	21 (55)	19 (46)
< 10%	53 (44)	15 (36)	16 (42)	22 (54)
> 10%	3 (2)	2 (4)	1 (3)	0 (0)

GER: Gasto energético en reposo; CI: Calorimetría indirecta; IMC: Índice de masa corporal; IOM: "Institute of Medicine"; OMS: Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación y la Organización Mundial de la Salud.

Valores reportados: Número de casos (%). Todos los valores fueron redondeados al entero inmediato.

Tabla IV
Diferencia estadística del GER estimado por ecuaciones predictivas en comparación con el determinado por CI

Ecuaciones	Obesidad I-III	Obesidad I	Obesidad II	Obesidad III
Harris Benedict	29; 0,82	13; 0,71	5; 0,36	25; 1,39
OMS	12; 0,40	12; 0,67	14; 0,83	10; 0,57
Valencia	25; 0,80	8; 0,45	34; 1,95	0; 0
IOM	98; 3,14*	53; 2,85*	23; 1,34	60; 3,31*
Estimación Rápida	134; 4,26*	130; 7,03*	34; 1,93	26; 1,44
Mifflin St.-Jeor	112; 3,57*	74; 4,06*	30; 1,72	51; 2,82*

GER: Gasto energético en reposo; CI: Calorimetría indirecta; IOM: "Institute of Medicine". OMS: Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación y la Organización Mundial de la Salud.

Valores reportados: Valor de la diferencia entre rangos; valor estadístico obtenido ("Q") al compararlo *versus* la CI.

ANOVA de Kruskal-Wallis y prueba de Dunn's como análisis "pos-hoc"; * p < 0,05.

III; mientras que HB, OMS y VA no mostraron diferencia estadística alguna en ningún grupo o subgrupo.

Con respecto a la correlación observada entre el valor obtenido mediante CI y por fórmula, se observó una tendencia al aumento del valor de correlación mediante la prueba de Pearson en todas las fórmulas empleadas conforme aumenta el grado de obesidad, identificando en todos ellos valores estadísticamente significativos (tabla V).

Discusión

Determinar el GER de una persona con obesidad es un factor primordial para calcular el requerimiento

energético que garantice una disminución acertada del aporte de energía. Una evaluación que lo sobrestime puede requerir más tiempo del pronosticado para que disminuya el peso corporal, mientras que una que lo subestime puede someter al individuo a un régimen energético más estricto, que lo impulsen en ambos casos a abandonar el tratamiento.

La estimación adecuada del requerimiento energético juega un papel central en el planteamiento de las intervenciones enfocadas al manejo del sobrepeso y obesidad, ya que se ha visto que la disminución de 300-500 kcal por debajo del GET permite la disminución de 0.5-1kg de peso por semana¹⁶.

La medición del GER a través del método de calorimetría indirecta es el estándar de oro para obtener la

Tabla V
Correlación de Pearson del GER medido por CI y estimado mediante ecuaciones predictivas de acuerdo al IMC

Ecuaciones	Obesidad I-III		Obesidad I		Obesidad II		Obesidad III	
Harris Benedict	0,85	<0,001	0,47	<0,01	0,76	<0,001	0,85	<0,001
OMS	0,78	<0,001	0,42	<0,01	0,77	<0,001	0,72	<0,001
Valencia	0,83	<0,001	0,32	<0,05	0,73	<0,001	0,86	<0,001
IOM	0,85	<0,001	0,43	<0,005	0,75	<0,001	0,87	<0,001
Estimación Rápida	0,83	<0,001	0,35	<0,05	0,71	<0,001	0,86	<0,001
Mifflin St-Jeor	0,85	<0,001	0,45	<0,005	0,76	<0,001	0,86	<0,001

GER: Gasto energético en reposo; CI: Calorimetría indirecta; IOM: "Institute of Medicine"; OMS: Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación y la Organización Mundial de la Salud. Valores reportados: Valor de correlación de Pearson y probabilidad.

mejor aproximación del gasto metabólico de un individuo, sin embargo, la técnica requiere de un equipo costoso y de personal capacitado para llevarse a cabo; por lo que como método alternativo se han generado alrededor de 200 ecuaciones predictivas con las que se estima éste de manera fácil y rápida⁷. Sin embargo, la mayor parte de estas ecuaciones han sido desarrolladas para poblaciones o grupos particulares, por lo que éstas pueden presentar variaciones importantes al emplearse en individuos que no pertenecen a dicho grupo debido a características como edad, sexo, factores genéticos, actividad física y composición corporal¹⁷. En este sentido, Horie¹⁸ reportó que al comparar el GER de mujeres brasileñas blancas y negras con obesidad mórbida, no existía diferencia estadística en cuanto a los valores crudos obtenidos entre ellas. Pero al ajustar el valor correspondiente del GER por la masa libre de grasa, observó que las mujeres blancas presentan un valor superior de gasto energético. Es claro que el componente genético juega un papel preponderante en las diferencias observadas, y aunque se desconoce con precisión cuáles son los factores biológicos relacionados con dicha diferencia, se postula que el ritmo cardiaco, la tasa metabólica de los órganos, la tasa biológica de la leptina e insulina, el estado proinflamatorio sistémico, así como la cantidad de masa libre de grasa participan en las diferencias de GER entre los individuos¹⁹.

Considerando lo anterior, resulta imperante determinar cuál de las diversas ecuaciones predictivas es la que mejor se ajusta a la demanda de exactitud requerida en una población determinada, dado el explosivo aumento de la prevalencia de sobrepeso y obesidad que enfrentan las sociedades.

En este respecto los resultados obtenidos mostraron que las fórmulas VA, HB y OMS fueron las que mejor predijeron el GER de las participantes, ya que no presentaron diferencia estadística significativa en ninguno de los grupos en comparación con el valor obtenido mediante CI, así como los mejores valores de exactitud y correlación.

La ecuación VA mostró el mayor valor de exactitud al estimar el GER en los obesos analizados en un solo grupo y al estratificarlos en los grados I y III. Este resultado pensamos guarda estrecha relación con la

población incluida en el desarrollo de la fórmula de VA, ya que para ello se realizaron mediciones del GER en adultos mexicanos mestizos e indígenas (pimas, tzotziles, nahuas, zapotecas, mixtecas y triques) de áreas urbanas y rurales con un amplio intervalo de peso y composición corporal¹³, lo que representa en mejor forma las características de la población incluida en el presente estudio.

El segundo lugar de exactitud lo ocupó la fórmula HB en el grado I y al incluir a los obesos en un solo grupo. En todos los casos mostró valores mayores a 0.75 de correlación, con excepción del grado I, donde todas las ecuaciones mostraron valores por debajo de 0.5. Esta fórmula es una de las ecuaciones predictivas más utilizadas en la práctica clínica, desarrollada principalmente para personas blancas con peso normal. De acuerdo con una revisión realizada sobre la exactitud que muestra dicha fórmula en personas con obesidad, se reportan valores de entre 38% a 64%, identificando una tendencia a sobrestimar en un 43%¹⁷ mientras que en nuestro estudio identificamos una exactitud que va del 55% al 69%, pero observamos una tendencia a subestimar entre 19% a 34%. Estos resultados, coinciden con lo reportado por Carrasco y cols.¹⁵ quien observó una correlación negativa del GER en relación al IMC medido en mujeres, ya que a mayor IMC la fórmula sobreestima menos. De manera similar, Horie y cols.²⁰ observó que no hay diferencia significativa entre el GER estimado por HB y el medido por CI, obteniendo una exactitud del 51% para ambos sexos con sobrestimación en los hombres y subestimación en las mujeres.

Un patrón similar al reportado en el caso de HB fue el observado con la fórmula OMS, quien ocupó el tercer lugar de exactitud en el grado I y al incluir a los obesos en un solo grupo, así como valores altos de correlación (> 0,7) en todos los grados, con excepción del grado I. Esta ecuación y VA mostraron en general una menor tendencia a subestimar el GER en comparación con el resto de las fórmulas predictivas. Nuestros resultados coinciden con los reportados por O'Riordan y cols.²¹ quien al evaluar la fórmula de OMS, observó la ausencia de diferencia significativa estadística en comparación con el valor de CI, e identificó una mayor ten-

dencia a sobrestimar el GER tanto en hombres como en mujeres. Esta fórmula fue desarrollada empleando participantes con un intervalo de edad amplio, con peso normal, en la cual se incluyeron mujeres gestantes y participantes de diferentes grupos étnicos y nacionalidades^{10,22}. Aunque la mayoría de los datos obtenidos provienen de individuos europeos, al parecer la población incluida en nuestro estudio muestra una mayor relación con las características de la población empleada para desarrollar dicha fórmula, dado el buen desempeño que mostró entre las diversas fórmulas empleadas en el presente estudio.

En el caso de la ecuación ER se observó en el grupo de obesidad grado III un valor alto de exactitud (71%) y una correlación similar a la de Valencia (0,86), ocupando en éste grupo el segundo lugar en relación al resto de las ecuaciones empleadas. Estos resultados se asemejan con los obtenidos por Carrasco y cols.²³ quien observó un 61% de exactitud, una subestimación de 12% y sobrestimación de 27%, aunque nosotros observamos valores invertidos en cuanto a la sub y sobrestimación, ya que la primera fue de 22% y la segunda de 7%, respectivamente. Dicha ecuación fue desarrollada en el 2002, a partir de una población chilena de mujeres con obesidad mórbida en la que se calcula el GER únicamente a partir el peso, por lo que se podría esperar que su exactitud sea baja ya que no se toma en cuenta variables como la talla o la edad. Sin embargo, aunque existen pocos estudios que evalúan la capacidad predictiva de dicha fórmula y será necesario confirmar su desempeño, los resultados obtenidos en el presente estudio la hacen una candidata muy accesible para emplearse en individuos obesos con IMC de 40 o más en nuestra población, y quizá en la población latinoamericana mestiza.

Por otro lado, la ecuación de MF obtuvo en los diferentes grados de obesidad y al analizarlos en un solo grupo los valores más bajos de exactitud en general (46% a 60%), mostrando una clara tendencia a subestimar el GER (36% a 54%). Los resultados obtenidos en nuestro estudio contrastan con lo reportado por Frankenfield¹⁵ en el 2005, quien observó al emplear dicha fórmula en individuos con obesidad una exactitud de 70%, subestimación del 20% y sobrestimación de 15%, señalando el autor que fue la fórmula que mejor se desempeño en comparación con otras fórmulas evaluadas en el trabajo (HB, HB con peso ajustado y Owen). Asimismo, Carrasco y cols.²³ identificó a las fórmulas MF y ER como las mejores para estimar el GER en las mujeres chilenas evaluadas con obesidad mórbida, mientras que Prado de Oliveira²⁴ reportó que MF fue una de las fórmulas que más subestimó el GER y presentó los valores más bajos de exactitud con respecto a las fórmulas evaluadas en hombres y mujeres brasileños con sobrepeso y obesidad.

Nuestros resultados refuerzan la necesidad de aumentar los estudios que permitan determinar el mejor desempeño de dicha fórmula y en general el de aquéllas empleadas en la práctica clínica en la pobla-

ción hispana, ya que es posible observar inconsistencia en los valores de exactitud, sobre y subestimación, entre diferentes poblaciones, muy seguro, a causa de las características particulares que presenta la población analizada.

Conclusiones

Las fórmulas VA, HB y OMS presentaron el mejor desempeño para estimar el GER en la población de obesos incluida en el presente estudio. En lo particular para personas con obesidad mórbida las fórmulas VA y ER se destacaron como las mejores para estimar el GER.

Agradecimientos

A la Universidad Iberoamericana Ciudad de México, quien financió la realización del estudio través de la "5ª Convocatoria Para Financiamiento de Proyectos de Investigación"; convocatoria coordinada por la Dirección de Investigación. A los integrantes y directivos de la Clínica de Nutrición del Departamento de Salud de la Universidad, quienes apoyaron decididamente la ejecución del proyecto. A todas las personas incluidas en el estudio por su valiosa colaboración.

Referencias

1. Organización Mundial de la Salud. Obesidad y sobrepeso, 2011. <http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs311/es/index.html>
2. Racette SB, Deusinger SS, Deusinger RH. Obesity: Overview of Prevalence, Etiology, and Treatment. *Phys Ther* 2003; 83: 276-288.
3. Secretaría de Salud. Acuerdo Nacional para la Salud Alimentaria. Estrategia contra el sobrepeso y la obesidad. México, 2010. http://portal.salud.gob.mx/sites/salud/descargas/pdf/ANSA_acuerdo_original.pdf
4. Secretaría de Salud. Programa Nacional de Salud 2007-2012. Por un México sano: construyendo alianzas para una mejor salud, 2007. http://www.conadic.salud.gob.mx/pdfs/programas/pns_version_completa.pdf
5. Instituto Nacional de Salud Pública. Proyección de Gastos en Obesidad para el 2017, 2011. <http://www.insp.mx/noticias/nutricion-y-salud/1656-preocupante-la-proyeccion-de-gastos-en-obesidad-para-2017.html>
6. Villagrán-Pérez S, Rodríguez-Martín A, Novalbos-Ruiz JP, Martínez-Nieto JM, Lechuga-Campoy JL. Hábitos y estilos de vida modificables en niños con sobrepeso y obesidad. *Nutr Hosp* 2010; 25 (5): 823-831.
7. American Dietetic Association. Position of the American Dietetic Association: Weight Management. *J Am Diet Assoc* 2009; 109 (2): 330-346.
8. Esteves de Oliveira FC, de Mello Cruz AC, Gonçalves Oliveira C, Rodrigues Ferreira Cruz AC, Mayumi Nakajima V, Bressan J. Gasto energético de adultos brasileños saludables: una comparación de métodos. *Nutr Hosp* 2008; 23 (6): 554-561
9. Pinheiro Volp AC, Esteves de Oliveira FC, Duarte Moreira Alves R, Esteves EA, Bressan J. Energy expenditure: components and evaluation methods. *Nutr Hosp* 2011; 26 (3): 430-440.

10. Frankenfield DC, Rowe WA, Smith JS, Cooney RM. Validation of several established equations for resting metabolic rate in obese and nonobese people. *J Am Diet Assoc* 2003; 103: 1152-1159.
11. Harris JA, Benedict FG. A biometric study of basal metabolism in man. Washington DC: Carnegie Institute of Washington. Publication N° 279, 1919.
12. FAO/WHO/UNU. Energy and Protein Requirements. Report of a Joint FAO/WHO/UNU Expert Consultation World Health Organization Technical Report Series 724. Geneva, Switzerland: WHO: 1985.
13. Valencia ME, Moya SY, McNeill G, Haggarty P. Basal metabolic rate and body fatness of adult men in northern Mexico. *European Journal of Clinical Nutrition* 1994; 48 (3): 205-211.
14. Dietary Reference Intakes for Energy, Carbohydrate, Fiber, Fat, Fatty Acids, Cholesterol, Protein, and Amino Acids. Food and Nutrition Board, Institute of Medicine. Washington, DC: The National Academy Press, 2002.
15. Carrasco F, Reyes E, Núñez C y cols. Gasto energético de reposo medido en obesos y no obesos: comparación con la estimación por fórmulas y ecuaciones propuestas para población chilena. *Rev Med Chile* 2002; 130: 51-60.
16. Mifflin MD, St Jeor ST, Hill LA, Scott BJ, Daugherty SA, Koh YO. A new predictive equation for resting energy expenditure in healthy individuals. *Am J Clin Nutr* 1990; 51 (2): 241-247.
17. Frankenfield D, Roth L, Compher C. Comparison of Predictive Equations for Resting Metabolic Rate in Healthy Nonobese and Obese Adults: A Systematic Review. *J Am Diet Assoc* 2005; 105: 775-789.
18. Mika Horie L, González MC, Raslan M, Torrinas R, Lima Rodrigues N, Giménez Verotti CC, Cecconello I, Heymsfield SB, Waitzberg DL. Resting energy expenditure in white and non-white severely obese women. *Nutr Hosp* 2009; 24 (6): 676-681
19. Marugán de Miguelsanz JM, Redondo del Río MP, Alonso-Franch M, Calvo Romero C, Torres Hinojal MC. Increased resting energy expenditure by fat-free mass in children and teenagers with constitutional leanness. *Nutr Hosp* 2011; 26 (3): 589-593.
20. Horie L, Gonzalez C, Torrinas R, Cecconello I, Waitzberg D. New Specific Equation to Estimate Resting Energy Expenditure in Severely Obese Patients. *Obesity* 2011; 19 (5): 1090-1094.
21. O'Riordan C, Metcalf B, Perkins J, Wilkin T. Reliability of energy expenditure prediction equations in the weight management clinic. *J Hum Nutr Diet* 2010; 23: 169-175.
22. Suverza A, Haua K. El ABCD de la evaluación del estado de nutrición, Mc Graw Hill, 2010.
23. Carrasco F, Rojas P, Ruz M, Rebolledo A, Mizón C, Codoceo J, Hinostriza J, Papapietro K et al. Concordancia entre gasto energético y reposo medido y estimado por fórmulas predicativas en mujeres con obesidad severa y mórbida. *Nutr Hosp* 2007; 22 (4): 410-16.
24. Prado de Oliveira E, Lera F, Teixeira O, Maestá N, Burini R. Comparison of Predictive Equations for Resting Energy Expenditure in Overweight and Obese Adults. *Journal of Obesity* 2011; 1-5.