

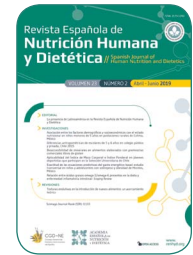
# Revista Española de Nutrición Humana y Dietética

Spanish Journal of Human Nutrition and Dietetics



CrossMark  
click for updates

www.renhyd.org



## ARTÍCULO DE INVESTIGACIÓN

### Exactitud de las ecuaciones predictivas del gasto energético basal: estudio transversal en niños y adolescentes con sobrepeso y obesidad de Morelos, México

Andrés Hernández-Ortega<sup>a</sup>, Iván Armando Osuna-Padilla<sup>b,\*</sup>, Ricardo Rendón-Rodríguez<sup>c</sup>, Paola Berenice Narváez-Velázquez<sup>d</sup>, Michelle Josabeth Chávez-González<sup>d</sup>, Barbara Ixchel Estrada-Velasco<sup>e</sup>

<sup>a</sup> Unidad de Evaluación y Diagnóstico de Obesidad Infantil, Servicios de Salud de Morelos, Cuernavaca, México.

<sup>b</sup> Centro de Investigación de Enfermedades Infecciosas, Instituto Nacional de Enfermedades Respiratorias, Ciudad de México, México.

<sup>c</sup> Departamento de Nutrición, Hospital General de Cholula, Puebla, México.

<sup>d</sup> Departamento de Atención a la Salud de la Infancia y la Adolescencia, Servicios de Salud de Morelos, Cuernavaca, México.

<sup>e</sup> Universidad Anáhuac Querétaro, División Ciencias de la Salud, Querétaro, México.

\*ivan.osuna@cieni.org.mx

Editor asignado: Eduard Baladía. Comité Editorial de la Revista Española de Nutrición Humana y Dietética. Pamplona, España.

Recibido el 24 de octubre de 2018; aceptado el 27 de junio de 2019; publicado el 27 de junio de 2019.

➤ **Exactitud de las ecuaciones predictivas del gasto energético basal: estudio transversal en niños y adolescentes con sobrepeso y obesidad de Morelos, México**

#### PALABRAS CLAVE

Metabolismo  
Energético;

Calorimetría  
Indirecta;

Antropometría;

Composición  
Corporal;

Sobrepeso;

Obesidad.

#### RESUMEN

**Introducción:** La medición del gasto energético basal en niños y adolescentes con sobrepeso y obesidad es esencial para determinar el plan nutricional adecuado y mejorar su estado nutricional. **Objetivo:** Evaluar la exactitud de la predicción de diversas ecuaciones para estimar el gasto energético basal comparándolas con el resultado de calorimetría indirecta en niños con sobrepeso y obesidad del estado de Morelos, México.

**Material y Métodos:** Estudio transversal en niños y adolescentes mexicanos con sobrepeso y obesidad. Se evaluó peso, talla y composición corporal mediante pletismografía por desplazamiento de gases. Se midió el gasto energético basal con calorimetría indirecta y se estimó con las ecuaciones de FAO/OMS, Harris-Benedict, Tverskaya, Schofield, Mifflin St. Jeor y Lazzar.

**Resultados:** Se incluyeron 84 niños y adolescentes con una media de edad de 11,3±3,2. Acordado al IMC, 20% presentaban sobrepeso y 80% obesidad. No se observaron diferencias estadísticas en parámetros de composición corporal entre ambos sexos. Las ecuaciones de Harris-Benedict y Mifflin St. Jeor tienen la menor diferencia de estimación y la mayor exactitud de la predicción.

**Conclusiones:** Las ecuaciones predictivas del gasto energético muestran una baja concordancia con el gasto energético medido a través de calorimetría. Se sugiere el uso de dicha técnica o bien la elaboración de modelos predictivos específicos para la población en estudio.

## KEYWORDS

Energy Metabolism;  
Calorimetry,  
Indirect;  
Anthropometry;  
Body Composition;  
Overweight;  
Obesity.

➤ Accuracy of predictive equations for basal energy expenditure prediction: a cross-sectional study in children and adolescents with overweight and obesity of Morelos, Mexico

## ABSTRACT

**Introduction:** The knowledge of basal energy expenditure measurement is essential for prescription of nutritional interventions in children and adolescents with obesity, in order to improve their nutritional status. Aim: Assess the accuracy prediction of diverse equations to estimate basal energy expenditure in comparison with indirect in children with overweight and obesity in Morelos, Mexico.

**Material and Methods:** Cross-sectional study in children and adolescents with overweight or obesity. Body weight, height and body composition by air-displacement plethysmography were measured. Basal energy expenditure was measured by indirect calorimetry and predicted by diverse equations; FAO/OMS, Harris-Benedict, Tverskaya, Schofield, Mifflin St. Jeor and Lazzar.

**Results:** Eighty four patients of  $11.3 \pm 3.2$  years old were included. By BMI, 20% were overweight and 80% obese. No statistical differences were observed in body composition parameters between boys and girls. Harris-Benedict and Mifflin St. Jeor equations shows the best accuracy and agreement.

**Conclusions:** Equations did not accurately predict basal energy expenditure in the study sample. It is needed to develop specific equations particularly in obese population.

## CITA

Hernández-Ortega A, Osuna-Padilla IA, Rendón-Rodríguez R, Narváez-Velázquez PB, Chávez-González MJ, Estrada-Velasco BI. Exactitud de las ecuaciones predictivas del gasto energético basal: estudio transversal en niños y adolescentes con sobrepeso y obesidad de Morelos, México. Rev Esp Nutr Hum Diet. 2019; 23(2): 83-91. doi: 10.14306/renhyd.23.2.706

## INTRODUCCIÓN

La obesidad es el trastorno nutricional más frecuente durante la infancia y la adolescencia, observándose un incremento en la prevalencia durante los últimos años<sup>1</sup>. En México, se estima una prevalencia conjunta de sobrepeso y obesidad en niños de 5 a 11 años de edad de 33,4% (17,9% y 15,5% respectivamente), mientras que en niños de 12 a 19 años de edad la prevalencia de ambas condiciones es de 36,3% (22,4% y 13,9% respectivamente)<sup>2</sup>. Dichas alteraciones nutricionales incrementan el riesgo cardiovascular y la incidencia de enfermedades crónicas no transmisibles, entre otras complicaciones<sup>3-5</sup>.

El conocimiento del gasto energético basal (GEB) resulta fundamental para la prescripción de las cantidades adecua-

das de energía en la terapia nutricional<sup>6,7</sup>. El GEB puede ser medido a través de calorimetría indirecta (CI), método que se basa en la medición del intercambio gaseoso mediante la determinación del consumo de oxígeno ( $VO_2$ ) y la producción de dióxido de carbono ( $VCO_2$ ), junto con las pérdidas de nitrógeno urinario<sup>8</sup>, sin embargo, dicha técnica no se encuentra disponible en todos los centros de atención a pacientes con sobrepeso u obesidad. Debido a ello, se han formulado ecuaciones predictivas del GEB, las cuales consideran parámetros demográficos y antropométricos, como peso, talla, sexo, nivel de actividad física, edad, composición corporal, entre otros. No existe consenso en cuanto a qué ecuación predictiva utilizar en niños y adolescentes con sobrepeso y obesidad<sup>9</sup>. El objetivo del presente estudio es evaluar la concordancia y exactitud de la predicción de diversas ecuaciones para estimar el GEB en una población de niños y adolescentes mexicanos con sobrepeso y obesidad.

## MATERIAL Y MÉTODOS

### Diseño de estudio y características de la población

Estudio transversal. No se realizó cálculo muestral, ya que se incluyó al total de pacientes escolares y adolescentes con sobrepeso y obesidad usuarios de la Unidad de Evaluación y Diagnóstico de Obesidad Infantil (UEDO) de Servicios de Salud del Estado de Morelos, que acudieron a consulta en los meses de febrero a julio del 2018.

Se incluyeron pacientes con edades de los 5 hasta los 18 años, con diagnóstico de sobrepeso y obesidad, de acuerdo al puntaje Z de IMC por edad y sexo, propuesto por la Organización Mundial de la Salud, utilizando las tablas de referencia publicadas por dicho organismo en el 2007<sup>10</sup>. La investigación se realizó en concordancia con la Declaración de Helsinki. Todos los padres de los participantes firmaron consentimiento informado. Al momento de la medición, ningún paciente cursaba con enfermedad infecciosa, desórdenes gastrointestinales o tenía diagnóstico o sospecha de hipotiroidismo o hipertiroidismo.

### Mediciones e instrumentos

**Composición corporal:** Se evaluó el peso y la talla utilizando una báscula mecánica con estadímetro (Seca 700, Hamburg, Germany) previo a la medición de la composición corporal, la cual fue realizada utilizando el método de pletismografía por desplazamiento de gases (BOD POD, Cosmed USA, Inc., Concord, CA), el cual fue calibrado de forma general una vez por semana, y previo a cada medición. Una vez calibrado, el paciente ingresó en el equipo con traje y gorra de baño ajustados, procediendo a la medición con el paciente sentado y respirando normalmente durante 3 minutos. La medición se realizó por duplicado. Se obtuvieron los datos de masa libre de grasa (MLG) y masa grasa (MG) en porcentaje y kilogramos.

**Calorimetría indirecta:** El GEB se midió por CI (CORTEX MetaLyzer 4M, Cortex Biophysik, Leipzig, Germany) utilizando una mascarilla. Se dieron instrucciones a los padres y a los pacientes para no ingerir alimentos durante 8-12 horas previas a la medición, así como evitar la realización de cualquier tipo de actividad física un día previo. El día de la evaluación se corroboró el cumplimiento de las instrucciones brindadas mediante interrogatorio con el familiar del paciente.

El monitor fue calibrado previo a cada medición por un profesional de la nutrición capacitado. Las mediciones fueron

realizadas en las siguientes condiciones: reposo físico 15 minutos previos a la medición, la cual dio inicio a las 08:00 am, en una habitación acondicionada a temperatura ambiente, con el paciente sentado y despierto, sin realizar ningún movimiento que involucrara esfuerzo físico y respirando a través de la mascarilla durante 13 minutos. Con el objetivo de alcanzar la estabilización del intercambio de gases, se descartaron del análisis los primeros 3 minutos de la medición.

**Ecuaciones predictivas:** Se estimó el GEB con las siguientes ecuaciones: FAO/OMS<sup>11</sup>, Schofield<sup>12</sup>, Harris-Benedict (HB)<sup>13</sup>, Tverskaya<sup>14</sup>, Mifflin St. Jeor (MSJ)<sup>15</sup> y Lazzer<sup>16</sup>. Las ecuaciones se mencionan en la Tabla 1.

**Sesgos:** En el presente estudio no se evaluó el estadio de Tanner, escala que influye en la medición de la composición corporal, reportándose una subestimación en la MLG y una sobreestimación de la MG al utilizar la técnica de pletismografía por desplazamiento de aire en una población latinoamericana de niños con obesidad. Esto a su vez puede influir en la exactitud de las ecuaciones predictivas del GEB que incluyen la MG y MLG<sup>17</sup>.

**Análisis estadístico:** Se utilizó el programa estadístico STATA versión 14.0 y GraphPad Prism 6.0. Se evaluó normalidad por el test de Shapiro Wilk. Los datos se expresan en medias y desviación estándar (DE) para los datos que cumplen normalidad, y mediana con rango intercuartil para los datos no paramétricos. Se evaluó la concordancia utilizando el método Bland Altman y se compararon las diferencias entre el gasto energético estimado por ecuaciones y medido por calorimetría indirecta con la prueba de Wilcoxon. Se evaluó el Coeficiente de Correlación Intraclass (CCI) entre la fórmula de estimación y el valor medido. Se evaluó la exactitud en la predicción mediante la determinación de la diferencia porcentual entre el gasto energético en reposo estimado y el medido, considerándose una buena exactitud en la predicción aquellos valores dentro del  $\pm 10\%$ . Se estableció un nivel de significancia de  $p < 0,05$ .

## RESULTADOS

Se incluyeron un total de 84 participantes (40% sexo femenino). Las características demográficas y de composición corporal se mencionan en la Tabla 2. De acuerdo a la clasificación de IMC para la edad, el 80% presentó obesidad y 20% sobrepeso. Al dividirlos por sexo, 40% de las mujeres tenía sobrepeso y 60% obesidad, mientras que en hombres 26% y 74%, respectivamente. No se observaron diferencias

**Tabla 1.** Ecuaciones predictivas del gasto energético.

Autor	Sexo	Edad (años)	Ecuación
OMS	Masculino	3-10	$(22,7 \times P) + 495$
	Femenino	3-10	$(22,5 \times P) + 499$
	Masculino	10-18	$(16,6 \times P) + (77 \times T) + 572$
	Femenino	10-18	$(7,4 \times P) + (482 \times T) + 217$
Tverskaya	Masculino	6-18	$775 + (28,4 \times \text{MLG}) - (37 \times \text{edad}) + (3,3 \times \text{MG}) + (82 \times 1)$
	Femenino	6-18	$775 + (28,4 \times \text{MLG}) - (37 \times \text{edad}) + (3,3 \times \text{MG}) + (82 \times 0)$
Mifflin St. Jeor	Masculino	Todas	$(10 \times P) + (6,25 \times T) - (5 \times \text{edad}) + 5$
	Femenino	Todas	$(10 \times P) + (6,25 \times T) - (5 \times \text{edad}) - 161$
Harris-Benedict	Masculino	Todas	$(13,75 \times P) + (5 \times T) - (6,8 \times \text{edad}) + 66$
	Femenino	Todas	$(9,6 \times P) + (1,8 \times T) - (4,7 \times \text{edad}) + 655$
Schofield	Masculino	3-10	$(19,6 \times P) + (130,3 \times T) + 414,9$
	Femenino	3-10	$(16,97 \times P) + (161,8 \times T) + 371,2$
	Masculino	10-18	$(16,25 \times P) + (137,2 \times T) + 515,5$
	Femenino	10-18	$(8,365 \times P) + (465 \times T) + 200$
Lazzer	Ambos	8-18	$((\text{Sexo} \times 892,68) - (\text{edad} \times 115,93) + (P \times 54,96) + (T \times 54,96) + 1484,5) / 418$
	Ambos	8-18	$((\text{Sexo} \times 909,12) - (\text{edad} \times 107,48) + (\text{MLG} \times 68,39) + (\text{MG} \times 55,19) + 3631,23) / 418$

**P:** Peso; **T:** Talla; **MLG:** Masa libre de grasa; **Sexo 0**=mujer; **Sexo 1**=hombre.

en parámetros de composición corporal entre hombres y mujeres. El gasto energético en reposo (kcal/día) y ajustado al peso corporal (kcal/kg) fue similar para ambos sexos.

Se compararon las medianas de las ecuaciones predictivas con la medición de calorimetría indirecta, observando diferencias ( $p < 0,05$ ) entre el resultado de las ecuaciones

**Tabla 2.** Características demográficas y de composición corporal de niños y adolescentes con sobrepeso y obesidad.

Indicador	Total (n=84)	Hombres (n=50)	Mujeres (n=34)	Valor p
<b>Peso (kg)</b>	57,15 (45,9-80,9)	55,6 (48,1-81,7)	60,2 (45,7-77,3)	0,86
<b>Talla (cm)</b>	147,6±14,3	147,5±15,3	147,8±12,8	0,91
<b>Edad (años)</b>	11,3±3,2	11,2±3,1	11,6±3,3	0,60
<b>Masa Libre de Grasa (kg)</b>	41,7±13,6	41,3±14,9	42,3±11,5	0,75
<b>Masa Grasa (kg)</b>	18,7 (13,1-27,5)	19,7 (12,2-28,1)	17,8 (13,9-25,1)	0,32
<b>Masa Grasa (%)</b>	32,2 (26,8-36,3)	33,3 (26,8-38,9)	31,3 (26,8-34,5)	0,61
<b>Calorimetría Indirecta (kcal/día)</b>	1478 (1258-1738)	1488 (1210-1698)	1470 (1313-1765)	0,36
<b>Calorimetría Indirecta (kcal/kg)</b>	25,8±6,2	26,3±6,6	25,0±5,6	0,34

Mediana (rango intercuartil).  
Media ± desviación estándar.

FAO/OMS, Schofield, Tverskaya y Lazzer. Las ecuaciones HB y MSJ no mostraron diferencias estadísticas con el resultado de CI (Tabla 3).

En el análisis de Bland-Altman (Figura 1) se observó la menor diferencia de medias en la ecuación de HB (-24,5kcal/día), seguido de la ecuación de MSJ (92kcal/día). Ambas ecuaciones mostraron el mayor CCI. Al evaluar la exactitud de la predicción de todas las ecuaciones, se observa la mayor exactitud al utilizar HB (50%) y la menor exactitud al utilizar Tverskaya (38,1%).

## DISCUSIÓN

Los resultados de este estudio muestran que las ecuaciones predictivas del GEB difieren del GEB medido a través de CI, observando una baja exactitud en la predicción y pobre concordancia. Las ecuaciones de HB y MSJ no muestran diferencias estadísticas respecto al GEB medido por CI, sin embargo, la exactitud en la predicción es baja (50 y 48,8%, respectivamente).

De forma histórica se ha documentado una baja exactitud en la predicción del GEB en niños con extremos de peso corporal en distintos grupos poblacionales<sup>14,18-21</sup>.

Diversas ecuaciones consideran la composición corporal para la estimación del GEB, por lo que el método utilizado para la medición o estimación de la misma puede ser un determinante de la exactitud de la fórmula, utilizándose en la mayoría de los estudios tecnología de bioimpedancia eléctrica (BIA), tecnología de doble fotón de energía (DEXA), antropometría y pletismografía. Aún en la actualidad existe controversia sobre qué método es mejor para evaluar la composición corporal en esta edad; e incluso, en caso de estimarse a través de modelos matemáticos, es necesario validar la ecuación en la población de estudio.

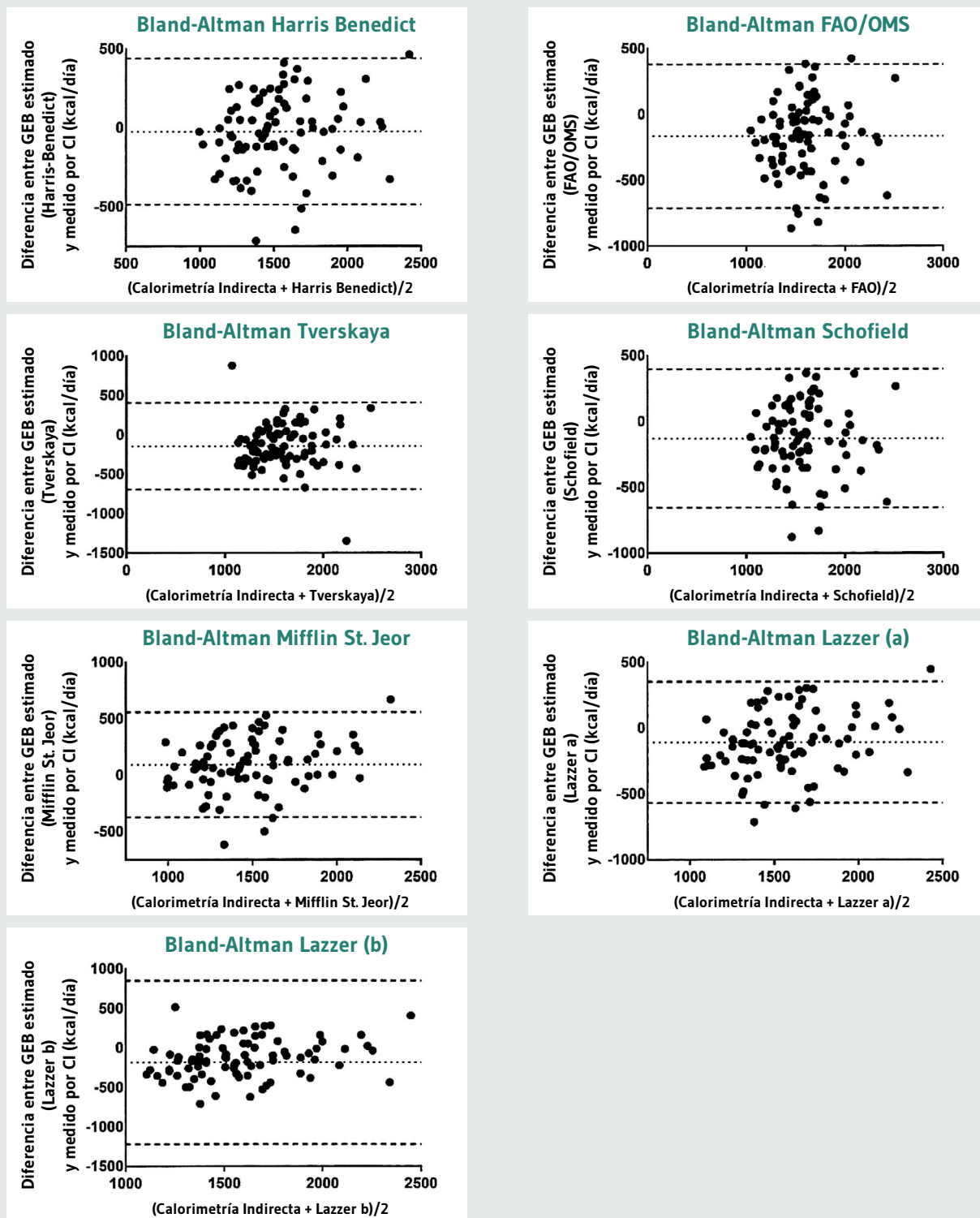
La ecuación de Tverskaya es una de las más estudiadas en población de 6 a 18 años con obesidad, la cual incorpora la MG y MLG, mediciones que fueron obtenidas a través de BIA<sup>14</sup>. Contrario a nuestras expectativas, la exactitud de este modelo fue muy baja (38,1%), lo cual puede derivarse a las diferencias entre las técnicas de BIA y BOD POD<sup>22</sup>.

Lazzer *et al.* elaboraron un modelo matemático para predecir el GEB en niños y adolescentes (7-18 años) utilizando la composición corporal (MLG y MG) estimada a través de BIA<sup>15</sup>, el cual mostró ser más exacto que las ecuaciones de Tverskaya (28%), Schofield (27%), FAO/OMS (26%) y HB (33%), al estudiar el GEB en 287 niños y adolescentes italianos con obesidad severa<sup>23</sup>. En otro estudio, las ecuaciones de Lazzer *et al.* mostraron una exactitud en la predicción del GEB del 64,7% en hombres y 61,9% en mujeres, al estimar

**Tabla 3.** Concordancia y exactitud de la predicción de las ecuaciones para estimar el gasto energético basal comparadas con calorimetría indirecta.

Ecuación	Mediana	Wilcoxon	Bland-Altman	CCI (IC95%)	Exactitud de la Predicción		
					<90%	90-110%	>110%
<b>Harris-Benedict</b>	1463 (1317-1739)	0,34	-24,5 kcal (-487,6 a 438,6)	CCI 0,85 (IC95%: 0,77-0,90; p<0,001)	25%	50%	25%
<b>FAO/OMS</b>	1605 (1468-1870)	0,001	-165,9 kcal (-712 a 380,5)	CCI 0,79 (IC95%: 0,68-0,86; p<0,001)	10,7%	40,5%	48,8%
<b>Tverskaya</b>	1692 (1413-1880)	0,007	-145,2 kcal (-695,2 a 404,8)	CCI 0,80 (IC95%: 0,69-0,87; p<0,001)	9,5%	38,1%	52,3%
<b>Schofield</b>	1583 (1385-1818)	0,016	-129,2 kcal (-655 a 396,7)	CCI 0,82 (IC95%: 0,72-0,88; p<0,001)	14,4%	40,5%	45,2%
<b>Mifflin St. Jeor</b>	1383 (1174-1641)	0,064	92 kcal (-373,4 a 557,5)	CCI 0,84 (IC95%: 0,75-0,89; p<0,001)	35,7%	48,8%	15,5%
<b>Lazzer (a)</b>	1586 (1415-1777)	0,02	-109 kcal (-569,7 a 351,3)	CCI 0,84 (IC05%: 0,75-0,89; p<0,001)	14,3%	41,7%	44,0%
<b>Lazzer (b)</b>	1595 (1433-1849)	0,01	-184 kcal (-1220 a 851)	CCI 0,51 (IC05%: 0,25-0,68; p=0,001)	13,1%	38,1%	48,8%

**Figura 1.** Análisis de Bland-Altman para las ecuaciones predictivas estudiadas.





la composición corporal con BIA en 264 adolescentes de 14 a 18 años de edad con obesidad según el IMC<sup>24</sup>.

A nuestro conocimiento, el presente estudio es el primero en evaluar la exactitud de las ecuaciones de Lazzer *et al.* en niños y adolescentes mexicanos con sobrepeso y obesidad. Consideramos que la baja exactitud observada deriva de las diferencias de nuestra población con la muestra en la que fue desarrollada la ecuación, quienes tenían mayor edad, mayor peso, mayor MG y MLG.

En una población canadiense de 225 adolescentes con obesidad, Steinberg *et al.* midieron el GEB con CI y estimaron la composición corporal con BIA, reportando buena exactitud en la predicción del GEB únicamente con la ecuación de MSJ (61%)<sup>25</sup>. Los adolescentes incluidos en el estudio mencionado tenían una media de peso corporal superior a la nuestra, la cual era de 126,9±24,5 kg, lo cual puede influir en la exactitud al considerar que la ecuación de MSJ fue desarrollada en adultos con distintos grados de obesidad<sup>15</sup>.

Henes *et al.* evaluaron la exactitud de diversas ecuaciones para predecir el GEB en una muestra de 80 niños y adolescentes (7-18 años) con obesidad originarios de Estados Unidos, estudiando únicamente ecuaciones que no requieren la medición de la composición corporal, observando la mejor exactitud al utilizar la ecuación de HB (65%), siendo la menos exacta la ecuación de FAO/OMS (40%)<sup>26</sup>. La ecuación de HB mostró ser la más exacta en nuestro estudio, posiblemente al no incluir mediciones de composición corporal y disminuir la variabilidad asociada a la estimación errónea de los compartimentos corporales.

Acar-Tek *et al.* evaluaron la exactitud de 13 ecuaciones distintas, observando una predicción adecuada sólo en <50% de los casos. Algunas de las ecuaciones estudiadas requieren de evaluar la composición corporal, la cual fue estimada a través de BIA, lo que podría influenciar en los datos obtenidos si la ecuación que está siendo utilizada para obtener MG y MLG no tiene validez en dicha población<sup>27</sup>. La exactitud de las ecuaciones observada en nuestra población es similar a lo reportado por este grupo de investigadores, lo cual puede explicarse a que ninguna de las ecuaciones estudiadas que requerían el conocimiento de la MLG o MG fue desarrollada utilizando BOD POD.

La técnica para medir o estimar la composición corporal, el peso, la talla y la edad de las poblaciones en estudio son aspectos que deben de considerarse para decidir qué ecuación predictiva del GEB debe utilizarse en pacientes con obesidad. En México, Balas-Nakash *et al.*<sup>28</sup> observaron en una muestra de niños (9-12 años) con sobrepeso (n=32) y obesidad (n=24) la mayor concordancia entre el

GEB medido y estimado al utilizar la ecuación de Tverskaya, evaluándose la composición corporal con BIA. En una muestra más pequeña de niños con sobrepeso y obesidad (n=19), Becerril-Sánchez *et al.*<sup>29</sup> reportan una baja concordancia entre el GEB medido y el estimado con las ecuaciones de Tverskaya y HB, sugiriendo el uso de Schofield basado en el peso o FAO/OMS. Cabe destacar que en este estudio la composición corporal fue estimada a través de mediciones antropométricas.

En la actualidad no se dispone de ecuaciones predictivas del GEB formuladas en población mexicana, lo cual podría explicar la baja exactitud de las ecuaciones estudiadas, por lo que sugerimos la formulación de modelos matemáticos específicos para la población en estudio.

El presente trabajo tiene fortalezas y limitantes. Una de las grandes ventajas es que la composición corporal fue medida a través de pletismografía, técnica validada en población con sobrepeso y obesidad<sup>30</sup>, además de haberse incluido niños y adolescentes desde los 5 hasta los 18 años de edad. Este estudio es el primero en evaluar en población mexicana la exactitud de las ecuaciones de Lazzer, las cuales han mostrado una concordancia superior a otras ecuaciones en otros estudios similares. Una de las limitaciones es que no se evaluó el estadio de Tanner, lo cual puede influir en la medición de la composición corporal; sin embargo, el equipo BOD POD ha mostrado ser superior a la técnica de antropometría y de BIA en niños y adolescentes con obesidad<sup>17,22</sup>.

## CONCLUSIONES

Todas las ecuaciones estudiadas tienen una baja exactitud en la predicción del gasto energético comparado con la medición por calorimetría indirecta, por lo que se sugiere su uso siempre que esté disponible en los centros de atención a niños y adolescentes con obesidad. Dada la poca disponibilidad de esta técnica en países en desarrollo, se sugiere la elaboración de modelos matemáticos específicos para niños y adolescentes mexicanos con sobrepeso y obesidad.

## AGRADECIMIENTOS

Agradecemos a la Dra. Cinthya Estefhany Díaz Benítez, del Departamento de Epidemiología Genética del Instituto Nacional de Salud Pública, por el apoyo y asesoría metodológica para la realización del estudio.

## CONTRIBUCIÓN DE AUTORÍA

AHO participó en la concepción, diseño y adquisición de los datos.  
IAOP participó en el análisis e interpretación de los datos.  
RRR participó en la redacción del texto.  
PBNV, MJCG y BIEV participaron en la revisión del texto final.

## FINANCIACIÓN

Este proyecto se realiza bajo el patrocinio de la Fundación Gonzalo Río Arronte, Institución de Asistencia Privada.

## CONFLICTO DE INTERESES

Los autores expresan que no existen conflictos de interés al redactar el manuscrito.

## REFERENCIAS

- (1) Zylke JW, Bauchner H. Preventing Obesity in Children: A Glimmer of Hope. *JAMA*. 2018; 320: 443-4. doi:10.1001/jama.2018.9442
- (2) Shamah-Levy T, Cuevas-Nasu L, Gaona-Pineda EB, Gómez-Acosta LM, Morales-Rúan MDC, Hernández-Ávila M, et al. [Overweight and obesity in children and adolescents, 2016 Halfway National Health and Nutrition Survey update]. *Salud Publica Mex*. 2018; 60: 244-53. doi:10.21149/8815
- (3) Yeste D, Carrascosa A. El manejo de la obesidad en la infancia y adolescencia: de la dieta a la cirugía. *Endocrinol Nutr*. 2012; 59: 403-6. doi:10.1016/j.endonu.2012.03.013
- (4) Hruby A, Hu FB. The Epidemiology of Obesity: A Big Picture. *Pharmacoeconomics*. 2015; 33: 673-89. doi:10.1007/s40273-014-0243-x
- (5) Ellulu MS, Patimah I, Khaza'ai H, Rahmat A, Abed Y. Obesity and inflammation: the linking mechanism and the complications. *Arch Med Sci*. 2017; 13: 851-63. doi:10.5114/aoms.2016.58928
- (6) Haugen HA, Chan L-N, Li F. Indirect calorimetry: a practical guide for clinicians. *Nutr Clin Pract*. 2007; 22: 377-88. doi:10.1177/0115426507022004377
- (7) Puhl JL. Energy Expenditure among Children: Implications for Childhood Obesity I: Resting and Dietary Energy Expenditure. *Pediatric Exercise Science*. 1989; 1: 212-29. doi:10.1123/pes.1.3.212
- (8) Compher C, Frankenfield D, Keim N, Roth-Yousey L, Evidence Analysis Working Group. Best practice methods to apply to measurement of resting metabolic rate in adults: a systematic review. *J Am Diet Assoc*. 2006; 106: 881-903. doi:10.1016/j.jada.2006.02.009
- (9) Carpenter A, Pencharz P, Mouzaki M. Accurate estimation of energy requirements of young patients. *J Pediatr Gastroenterol Nutr*. 2015; 60: 4-10. doi:10.1097/MPG.0000000000000572
- (10) World Health Organization. BMI-for-age (5-19 years). 2007. En: [http://www.who.int/growthref/who2007\\_bmi\\_for\\_age/en/](http://www.who.int/growthref/who2007_bmi_for_age/en/) (accessed June 25, 2019).
- (11) Energy and protein requirements. Report of a joint FAO/WHO/UNU Expert Consultation. *World Health Organ Tech Rep Ser*. 1985; 724: 1-206.
- (12) Schofield WN. Predicting basal metabolic rate, new standards and review of previous work. *Hum Nutr Clin Nutr*. 1985; 39(Suppl 1): 5-41.
- (13) Harris JA, Benedict FG. A Biometric Study of Human Basal Metabolism. *Proc Natl Acad Sci U S A*. 1918; 4: 370-3.
- (14) Tverskaya R, Rising R, Brown D, Lifshitz F. Comparison of several equations and derivation of a new equation for calculating basal metabolic rate in obese children. *J Am Coll Nutr*. 1998; 17: 333-6.
- (15) 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: 241-7. doi:10.1093/ajcn/51.2.241
- (16) Lazzar S, Agosti F, De Col A, Sartorio A. Development and cross-validation of prediction equations for estimating resting energy expenditure in severely obese Caucasian children and adolescents. *Br J Nutr*. 2006; 96: 973-9.
- (17) Vergara FV, Bustos ED, Marques LL, Flores LV, Gonzalez AA, Argote RB. The four-compartment model of body composition in obese Chilean schoolchildren, by pubertal stage: comparison with simpler models. *Nutrition*. 2014; 30: 305-12. doi:10.1016/j.nut.2013.09.002
- (18) McDuffie JR, Adler-Wailes DC, Elberg J, Steinberg EN, Fallon EM, Tershakovec AM, et al. Prediction equations for resting energy expenditure in overweight and normal-weight black and white children. *Am J Clin Nutr*. 2004; 80: 365-73. doi:10.1093/ajcn/80.2.365
- (19) Schmelzle H, Schröder C, Armbrust S, Unverzagt S, Fusch C. Resting energy expenditure in obese children aged 4 to 15 years: Measured versus predicted data. *Acta Paediatrica*. 2004; 93: 739-46. doi:10.1111/j.1651-2227.2004.tb01000.x
- (20) Klein CJ, Villavicencio SA, Schweitzer A, Bethupu JS, Hoffman HJ, Mirza NM. Energy Prediction Equations Are Inadequate for Obese Hispanic Youth. *Journal of the American Dietetic Association*. 2011; 111: 1204-10. doi:10.1016/j.jada.2011.05.010
- (21) de Oliveira BAP, Nicoletti CF, Gardim CB, de Andrade VL, Freitas Júnior IF. Comparisons between predictive equations of resting metabolic rate and indirect calorimetry in obese teenagers. *Rev Chil Nutr*. 2014; 41.
- (22) Azcona C, Köek N, Frühbeck G. Fat mass by air-displacement plethysmography and impedance in obese/non-obese children and adolescents. *Int J Pediatr Obes*. 2006; 1: 176-82.
- (23) Lazzar S, Agosti F, De Col A, Mornati D, Sartorio MD A. Comparison of predictive equations for resting energy expenditure in severely obese Caucasian children and



- adolescents. *J Endocrinol Invest*. 2007; 30: 313-7. doi:10.1007/BF03346298
- (24) Marra M, Montagnese C, Sammarco R, Amato V, Della Valle E, Franzese A, et al. Accuracy of predictive equations for estimating resting energy expenditure in obese adolescents. *J Pediatr*. 2015; 166: 1390-96. e1. doi: 10.1016/j.jpeds.2015.03.013
- (25) Steinberg A, Manlhiot C, Cordeiro K, Chapman K, Pencharz PB, McCrindle BW, et al. Determining the accuracy of predictive energy expenditure (PREE) equations in severely obese adolescents. *Clin Nutr*. 2017; 36: 1158-64. doi:10.1016/j.clnu.2016.08.006.
- (26) Henes ST, Cummings DM, Hickner RC, Houmard JA, Kolasa KM, Lazoric S, et al. Comparison of predictive equations and measured resting energy expenditure among obese youth attending a pediatric healthy weight clinic: one size does not fit all. *Nutr Clin Pract*. 2013; 28: 617-24. doi:10.1177/0884533613497237
- (27) Acar-Tek N, Ağagündüz D, Çelik B, Bozbulut R. Estimation of Resting Energy Expenditure: Validation of Previous and New Predictive Equations in Obese Children and Adolescents. *J Am Coll Nutr*. 2017; 36: 470-80. doi:10.1080/07315724.2017.1320952
- (28) Balas-Nakash M, Villanueva-Quintana A, Vadillo-Ortega F, Perichart-Perera O. [Validation of resting metabolic rate estimation equations in 9- to 12- year-old Mexican children with and without obesity]. *Rev Invest Clin*. 2008; 60: 395-402.
- (29) Becerril-Sánchez ME, Flores-Reyes M, Ramos-Ibáñez N, Ortiz-Hernández L. Ecuaciones de predicción del gasto de energía en reposo en escolares de la Ciudad de México. *Acta Pediatr. Méx*. 2015; 36(3): 147-57.
- (30) Ginde SR, Geliebter A, Rubiano F, Silva AM, Wang J, Heshka S, et al. Air displacement plethysmography: validation in overweight and obese subjects. *Obes Res*. 2005; 13: 1232-7. doi:10.1038/oby.2005.146