

Validación del uso de fórmulas para estimar el gasto energético en reposo en niños mexicanos de 9 a 12 años de edad con y sin obesidad

Margie Balas-Nakash,* Angélica Villanueva-Quintana,* Felipe Vadillo-Ortega,* Otilia Perichart-Perera*

* Nutrición Clínica. Dirección de Investigación, Instituto Nacional de Perinatología Isidro Espinosa de los Reyes.

Validation of resting metabolic rate estimation equations in 9 to 12 years old Mexican children with normal weight and obesity

ABSTRACT

Introduction. Childhood obesity is a public health problem that has increased in the last years. The measurement of resting metabolic rate (RMR) is an important tool to establish any obesity intervention. Existing equations to estimate RMR have not been evaluated in Mexican children. **Material and methods.** We describe the association and the agreement between the WHO, Schofield, Harris-Benedict and the Tverskaya equations to estimate the RMR in 114 students (9-12 years old) with normal weight and obesity, of two public schools in Mexico. RMR was measured by indirect calorimetry, in addition, we did an anthropometric and body composition evaluation (electrical bioimpedance method). **Results.** The fat free mass was the variable that predicted the most variability in RMR. The WHO equation showed no significant difference in the RMR (calorimetry), while the Schofield, Harris-Benedict and the Tverskaya equations showed underestimation. The equation that presents the greatest agreement with the gold standard is the Tverskaya equation in both children with normal weight and obesity. **Conclusions.** The non concordant results in the RMR are explained by the differences in body composition. An equation that considers fat mass and fat free mass, as the one proposed by Tverskaya, seems to be the most appropriate equation to be used in clinical settings.

Key words. Resting metabolic rate. Obesity. Fat free mass. Fat mass. Estimation equations. School-aged children.

INTRODUCCIÓN

La obesidad infantil es un problema emergente de salud pública en México que ha aumentado significa-

RESUMEN

Introducción. La obesidad infantil es un problema de salud pública que ha aumentado en los últimos años. La medición del gasto energético en reposo (GER) es una herramienta importante para establecer cualquier plan de intervención o tratamiento de la obesidad. Hasta el momento, no se ha evaluado la validez de las ecuaciones existentes para la estimación del GER en niños mexicanos. **Material y métodos.** Se buscó describir la asociación y concordancia entre las ecuaciones de la OMS, Schofield, Harris-Benedict y Tverskaya para estimar el GER en 114 escolares (9-12 años) con y sin obesidad de dos escuelas primarias públicas de México. El GER se midió a través de calorimetría indirecta, además se realizó una evaluación antropométrica y de la composición corporal (bioimpedancia tetrapolar). **Resultados.** La masa libre de grasa fue la variable que predijo mejor la variabilidad del GER. La ecuación de la OMS no mostró diferencia significativa con la calorimetría, mientras que las ecuaciones de Schofield, Harris-Benedict y Tverskaya mostraron subestimación. La ecuación que presenta mayor concordancia con el estándar de oro es la ecuación de Tverskaya y es aplicable en niños con peso normal y con obesidad. **Conclusiones.** La falta de concordancia entre el GER medido y estimado se explica por diferencias en la composición corporal, por lo que la utilización de una ecuación que incluye como variables a la masa grasa y la masa libre de grasa, como es la propuesta por Tverskaya, parece ser la más adecuada para ser utilizada en la práctica clínica.

Palabras clave. Gasto energético en reposo. Obesidad. Masa libre de grasa. Ecuaciones de estimación. Niños.

tivamente durante los últimos años (7.4% en siete años).¹ En niños de zonas urbanas de la ciudad de México, se ha detectado una prevalencia hasta de 45%.²

La obesidad se presenta cuando se altera el balance de energía, en donde la ingestión y la acumulación de la energía, en forma de tejido adiposo, sobrepasa el gasto energético y la utilización de dichas reservas.³ La medición objetiva del gasto de energía es por lo tanto un componente importante para establecer un plan de prevención o el tratamiento de la obesidad.

El gasto de energía total (GET) diario de un individuo está conformado por el gasto de energía en reposo (GER), que representa entre 60 y 80% del GET, el efecto térmico de los alimentos (ETA), aproximadamente 10% del GET, y el gasto de energía por la realización de actividad física (AF), el cual representa la mayor variabilidad.^{4,5}

La calorimetría indirecta es un método utilizado en el área clínica y es considerada un estándar de oro para la medición del GER. Se basa en la medición del intercambio gaseoso en unidades de producción de calor y utilización de sustratos energéticos. Sin embargo, este método es costoso, complejo y generalmente difícil de realizar. Es por esto que en la práctica clínica comúnmente se utilizan ecuaciones de estimación del GER.^{6,7}

Existen diversas ecuaciones que han sido propuestas a nivel internacional para la estimación del GER en niños, las cuales han sido validadas contra el GER medido por calorimetría indirecta. Sin embargo, estas ecuaciones varían en gran medida de acuerdo con la edad, sexo, raza y composición corporal del grupo estudiado. Las más utilizadas incluyen aquellas propuestas por la Organización Mundial de la Salud (OMS)⁸ y la de Schofield⁹ que estudiaron hombres y mujeres, con rango de edad de 3-18 años. También existe la fórmula de Harris-Benedict,¹⁰ que estudió a una población de niños y adultos de ambos sexos, y para niños con obesidad, Tverskaya validó una fórmula específica en un grupo de edad de 6 a 18 años.¹¹

Debido a que no existen estudios que hayan desarrollado y validado ecuaciones de estimación del GER en niños mexicanos, es indispensable evaluar la utilidad de ecuaciones existentes en nuestra población. En este estudio se busca describir la asociación y concordancia de algunas de las ecuaciones existentes para medir el GER, con el GER medido por calorimetría indirecta, en un grupo de escolares mexicanos con y sin obesidad.

MATERIAL Y MÉTODOS

Se estudió a escolares de cuarto a sexto grado de dos escuelas primarias públicas de una zona urbana de la ciudad de México (muestreo por conveniencia). Se incluyeron a todos los niños que aceptaron parti-

cipar y se obtuvo una carta de consentimiento de los padres y de los escolares. Este proyecto fue aceptado por la Comisión de Investigación y el Comité de Ética del Instituto Nacional de Perinatología Isidro Espinosa de los Reyes (INPerIER).

Se excluyeron a aquellos escolares con alguna enfermedad (hepática, renal, tiroidea) o que estuvieran tomando algún medicamento de manera continua en el mes previo a su evaluación. Los niños eliminados fueron los que presentaron alguna infección (gripe) o cuyo resultado de la calorimetría no fue satisfactorio, es decir, los niños que no lograron controlar su respiración y mantenerla en el rango adecuado para que se realizara la calorimetría, ya sea por estar nerviosos o por respirar muy rápidamente.

Todas las mediciones fueron realizadas por un solo observador. La evaluación antropométrica incluyó la medición del peso (Báscula digital Tanita 1631) y la estatura (estadímetro portátil SECA 1013522) para el cálculo del Índice de Masa Corporal (IMC). La clasificación se realizó utilizando las curvas del Centro de Salud y Enfermedades de Estados Unidos (CDC-NCHS),¹² en donde un IMC $\geq 85^{\circ}$ percentil indica sobrepeso y un IMC $\geq 95^{\circ}$ percentil indica obesidad. Se utilizaron métodos estandarizados (coeficientes de variación $< 2\%$), siguiendo la técnica aceptada de Lohman.¹³

También se realizó una evaluación de la composición corporal utilizando el método de bioimpedancia tetrapolar (Quantum II Desktop BIA, RJL). Se determinó la impedancia con cuatro electrodos y con el niño en posición decúbito supino sobre una superficie no conductora. Para la determinación de la masa libre de grasa (MLG) se utilizó la ecuación propuesta por Houtkooper, la cual fue validada en niños y adolescentes contra un modelo de composición corporal de tres compartimentos.¹⁴

El GER se midió por calorimetría indirecta con el equipo Deltatrac II apparatus (Datex, Finlandia). Antes de cada examen el analizador de gases fue calibrado con el gas de referencia (95% O₂ y 5% CO₂). La medición se realizó después de una noche de ayuno (notificado por los padres) y sin que el niño hubiera realizado ejercicio excesivo el día anterior, en un cuarto con el niño recostado cómodamente en posición supina y observando un video. Se colocó una mascarilla infantil sobre su cabeza para la recolección de los gases y la medición se realizó por un periodo de entre 25 y 30 minutos.¹⁵

La estimación del GER se realizó con cuatro diferentes ecuaciones: OMS,⁸ Harris-Benedict,¹⁰ Schofield,⁹ las cuales no son específicas para poblaciones con obesidad, y la ecuación de Tverskaya, que se va-

lidó en niños con obesidad.¹¹ Estas ecuaciones se muestran en el cuadro 1.

Para obtener una estimación del nivel de actividad física de los niños, se les interrogó sobre el tipo de ejercicio, la duración (horas al día) y la frecuencia (veces por semana). También se les preguntó el tipo y la frecuencia de actividades sedentarias como horas de televisión, uso de videojuegos o computadora.

El análisis estadístico se realizó con el programa SPSS versión 14.0. Se analizaron las diferencias de medias de las variables clínicas por sexo, de acuerdo

con la clasificación del IMC y por grupo de edad (t-Student), y se realizó una regresión lineal multivariada para evaluar los factores que predicen el GER medido a través de la calorimetría. Además, se realizaron correlaciones y se comparó la media del GER estimado con las diferentes ecuaciones, contra la media del GER medido (t-Student, IC95% de la diferencia). Se realizaron regresiones lineales simples para evaluar la fuerza de asociación entre cada una de las ecuaciones utilizadas con la calorimetría y se utilizó el método de Bland-Altman para evaluar la concordancia de cada ecuación con la calorimetría.¹⁶

Cuadro 1. Ecuaciones utilizadas para estimar el GER en escolares.

Autor	Sexo	Edad (años)	Ecuación (Kcal/día)
Harris-Benedict	Masculino	Todas	$66.437 + (13.752 \cdot P) + (5.003 \cdot T/100) - (6.755 \cdot \text{edad})$
	Femenino	Todas	$655.096 + (9.563 \cdot P) + (1.85 \cdot T/100) - (4.676 \cdot \text{edad})$
Schofield	Masculino	3-10	$(19.6 \cdot P) + (130.3 \cdot T) + 414.9$
	Femenino	3-10	$(16.97 \cdot P) + (161.8 \cdot T) + 371.2$
	Masculino	10-18	$(16.25 \cdot P) + (137.2 \cdot T) + 515.5$
OMS	Femenino	10-18	$(8.365 \cdot P) + (465 \cdot T) + 200$
	Masculino	3-10	$22.7 \cdot P + 495$
	Femenino	3-10	$22.5 \cdot P + 499$
	Masculino	10-18	$(16.6 \cdot P) + (77 \cdot T) + 572$
Tverskaya	Femenino	10-18	$(7.4 \cdot P) + (482 \cdot T) + 217$
	Masculino	6-18	$775 + (28.4 \cdot \text{MLG}) - (37 \cdot \text{edad}) + (3.3 \cdot \text{MG}) + (82 \cdot 1)$
	Femenino	6-18	$775 + (28.4 \cdot \text{MLG}) - (37 \cdot \text{edad}) + (3.3 \cdot \text{MG}) + (82 \cdot 0)$

GER: Gasto energético en reposo. P: Peso (kg). T: Estatura (m). MLG: Masa libre de grasa (kg). MG: Masa grasa (kg). Edad: Años. Sexo: Femenino χ^2 ; Masculino 1.

Cuadro 2. Características clínicas de todos los escolares.

	Todos escolares (n = 114)	Femenino (n = 49)	Masculino (n = 65)
Edad (años)	10 (9-12)	10 (9-12)	10 (9-12)
Mediana (mínimo-máximo)			
Peso (kg)	39.80 (25.00-78.30)	39.80 (25.00-77.70)	40.00 (26.40-78.30)
Mediana (mínimo-máximo)			
Talla (cm)	144.21 \pm 8.29	144.66 \pm 6.93	143.99 \pm 9.23
Media \pm DE			
IMC	20.33 \pm 3.52	20.14 \pm 3.74	20.47 \pm 11.28
Media \pm DE			
Masa grasa (kg)	11.88 \pm 5.79	11.85 \pm 5.64	11.90 \pm 5.94
Media \pm DE			
Masa libre de grasa (kg)	30.95 \pm 6.29	30.78 \pm 5.93	31.08 \pm 6.58
Media \pm DE			
GER (Kcal)	1390.52 \pm 211.43	1362.44 \pm 208.12	1411.69 \pm 213.04
Media \pm DE			
Actividad física (horas a la semana)	3.00 (0.00-18.00)	3.00 (0.00-15.00)	4.00 (0.00-18.00)
Mediana (mínimo-máximo)			
Actividades sedentarias (horas a la semana)			
(Televisión, videojuegos, computadora)			
Media \pm DE	11.25 \pm 8.13	8.87 \pm 7.04	13.09 \pm 8.49

RESULTADOS

De los 138 escolares evaluados, se eliminaron 24 porque el resultado de la calorimetría no fue satisfactorio, por lo que se presentan los resultados de 114 escolares. Del total de los escolares analizados, 43% fueron niñas y 57% fueron niños, con rango de edad de 9 a 12 años. De acuerdo con la clasificación del IMC, 50.9% presentó peso normal, 28.1% sobrepeso y 21.1% obesidad. Los datos descriptivos de todos los escolares y divididos por sexo se presentan en el cuadro 2.

Los escolares con obesidad tuvieron mayor cantidad de masa grasa (MG) y MLG, así como mayor GER en comparación con los escolares con sobrepeso ($p = 0.001$) y con peso normal ($p = 0.001$). Al ajustar el GER por el peso (Kcal/kg peso), la diferencia significativa entre niños con obesidad, sobrepeso y peso normal se mantuvo, mientras que al ajustar por la masa libre de grasa (Kcal/kg MLG), esta diferencia se perdió (Cuadro 3).

Además, se observó que la MG y MLG, así como el GER aumentaron con la edad (Cuadro 3); pero no

se observaron diferencias en la composición corporal y en el GER de acuerdo al sexo.

Las horas de actividad física a la semana y las horas invertidas en actividades sedentarias no fueron significativamente diferentes entre escolares con peso normal y escolares con sobrepeso y obesidad, ni fueron diferentes entre niños y niñas (Cuadro 2).

Se encontraron correlaciones positivas significativas entre el GER y la MG (0.678, $p = 0.001$) y la MLG (0.863, $p = 0.001$). Además, se observaron correlaciones positivas significativas entre el GER medido y el GER estimado con las ecuaciones de Schofield (0.784 $p = 0.001$), OMS (0.729 $p = 0.001$), Harris-Benedict (0.836 $p = 0.001$) y la ecuación de Tverskaya (0.866 $p = 0.001$). La ecuación de Tverskaya fue la que mejor correlacionó con el estándar de oro.

La MLG fue la variable que mejor predijo la variabilidad del GER medido por calorimetría, al ajustar el modelo por sexo, edad, IMC, MG, horas a la semana de actividad física y horas a la semana invertidas en actividades sedentarias ($r^2 = 0.741$, $p = 0.001$).

Cuadro 3. Diferencias en la composición corporal y el GER de acuerdo con la clasificación de IMC y el grupo de edad.

Grupo de edad		Índice de Masa Corporal												Valor p+
		Todos (n = 114)			Peso normal (n = 58) ^a			Sobrepeso (n = 32) ^b			Obesidad (n = 24) ^c			
Percentilas		25°	50°	75°	25°	50°	75°	25°	50°	75°	25°	50°	75°	
Masa grasa (kg)	Todos (n = 114)	7.81	10.63	15.32	6.25	8.47	10.07	9.53	11.98	14.79	17.15	19.17	22.81	^{ab} p = 0.001*
	9 a 10 años (n = 64) ^d	6.94	10.06	13.39	5.67	7.04	9.04	9.26	11.20	12.66	15.71	17.49	20.38	^{ac} p = 0.001*
	11 a 12 años (n = 50) ^e	8.86	11.32	16.60	7.55	8.99	11.05	11.29	14.84	16.17	17.66	19.35	26.60	^{bc} p = 0.001*
	Valor p+	^{de} p = 0.029*												
Masa libre de grasa (kg)	Todos	26.43	29.96	34.62	24.67	27.63	30.64	27.10	29.83	35.31	33.45	37.95	40.78	^{ab} p = 0.035*
	9 a 10 años	24.74	27.34	31.43	23.06	25.59	27.83	26.47	28.27	30.01	31.96	33.75	36.53	^{ac} p = 0.001*
	11 a 12 años	29.46	33.67	38.15	27.74	30.12	33.50	33.36	36.92	37.96	38.16	40.34	45.71	^{bc} p = 0.001*
	Valor de p+	^{de} p = 0.001*												
GER (Kcal)	Todos	1,240	1,355	1,530	1,170	1,270	1,392	1,295	1,380	1,530	1,475	1,625	1,767	^{ab} p = 0.002*
	9 a 10 años	1,202	1,315	1,427	1,152	1,205	1,322	1,280	1,340	1,420	1,375	1,490	1,630	^{ac} p = 0.001*
	11 a 12 años	1,317	1,430	1,624	1,215	1,430	1,440	1,320	1,570	1,680	1,540	1,760	1,890	^{bc} p = 0.001*
	Valor de p+	^{de} p = 0.001*												
GER (Kcal)/ Peso (kg)	Todos	29.58	33.21	36.78	32.50	36.18	39.15	30.37	33.13	36.09	26.41	28.24	29.58	^{ab} p = 0.008*
	9 a 10 años	30.88	34.88	37.66	34.67	36.88	40.34	32.74	34.54	36.68	27.11	28.39	29.50	^{ac} p = 0.001*
	11 a 12 años	28.87	31.33	34.63	31.18	33.84	37.33	28.25	30.30	32.10	25.81	27.41	29.72	^{bc} p = 0.001*
	Valor de p+	^{de} p = 0.002*												
GER (Kcal)/ Masa libre de grasa (kg)	Todos	41.65	45.10	49.35	42.19	46.09	50.08	41.87	45.86	50.50	40.58	43.45	45.90	^{ab} p = 0.999
	9 a 10 años	43.30	47.06	50.68	45.44	47.95	51.14	43.37	48.68	52.05	40.88	43.77	46.68	^{ac} p = 0.065
	11 a 12 años	40.25	43.49	45.42	40.28	44.08	48.78	39.56	42.41	44.25	40.10	42.87	45.08	^{bc} p = 0.104
	Valor de p+	^{de} p = 0.001*												

+ t-Student/Anova, * $p < 0.05$

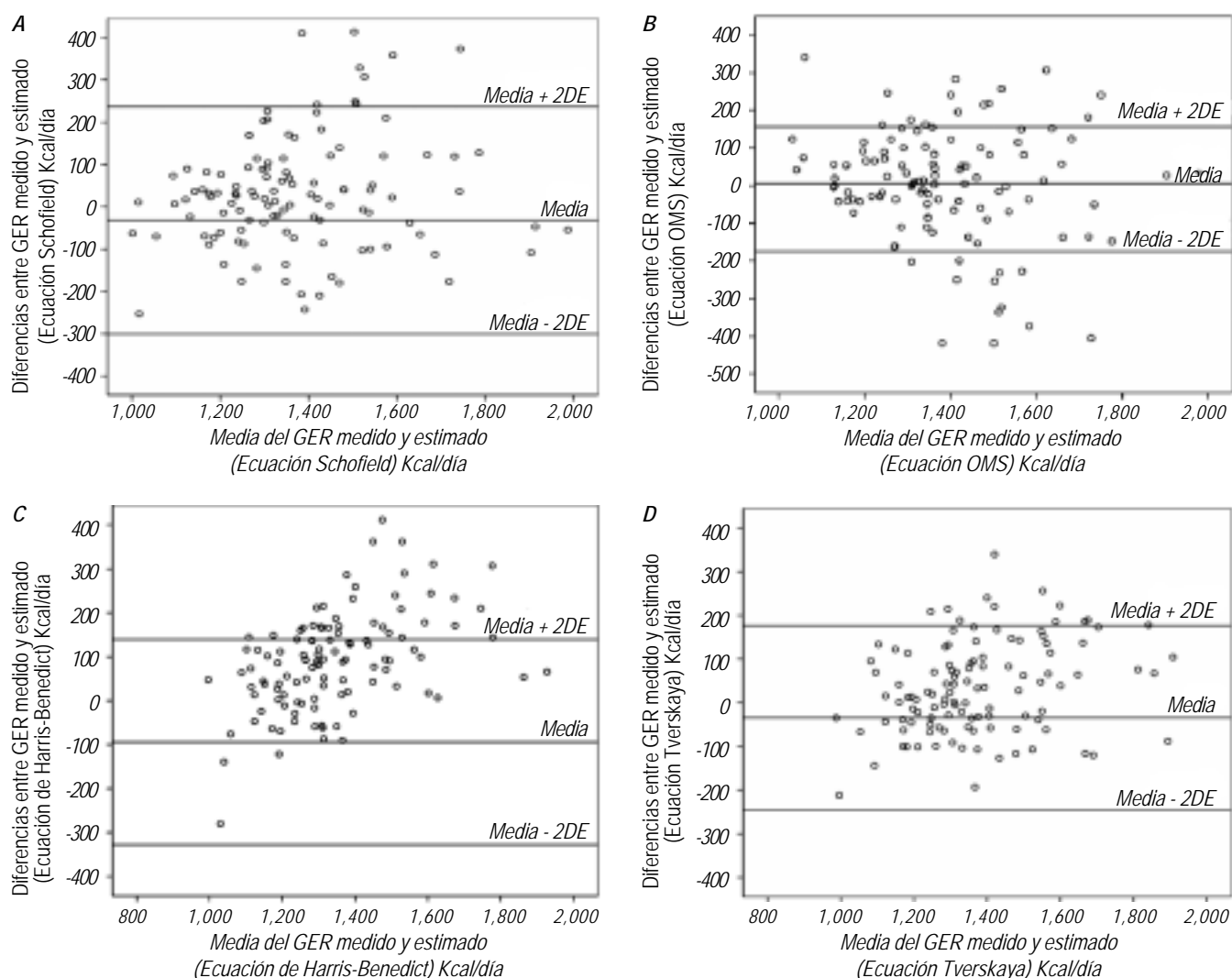


Figura 1. Concordancia entre el gasto energético medido (calorimetría) y el estimado por las cuatro ecuaciones. **A.** Ecuación Schofield. **B.** Ecuación OMS. **C.** Ecuación de Harris-Benedict. **D.** Ecuación Tverskaya.

Se encontraron diferencias significativas entre el GER medido y el GER estimado en las siguientes ecuaciones: calorimetría vs Schofield ($p = 0.013$), calorimetría vs Harris-Benedict ($p = 0.001$) y calorimetría vs Tverskaya ($p = 0.001$). Las ecuaciones de Schofield, Harris-Benedict y Tverskaya mostraron subestimación (-1.67%, -6.05% y -1.95%). La ecuación de la OMS no mostró diferencia significativa con la calorimetría ($p = 0.740$).

Al analizar mediante regresión univariada el GER medido y el GER estimado por cada una de las ecuaciones, se encontró que la variabilidad del GER medido se explica en 61.5% por la ecuación de Schofield, en 53.1% por la ecuación de la OMS, en 70% por la ecuación de Harris-Benedict y en 75% por la ecuación de Tverskaya, siendo esta ecuación

la que más explicó la variabilidad del GER medido en todos los escolares.

En escolares con sobrepeso y obesidad se encontró que la variabilidad del GER es explicado por la ecuación de Schofield en 48.2%, por la ecuación de la OMS en 36.3% y por la ecuación de Harris-Benedict en 71.4%. Al igual que en todos los escolares, la ecuación que más predijo la variabilidad del GER fue la de Tverskaya (73.7%).

La concordancia entre el GER medido y el GER estimado a través de las diferentes ecuaciones se presenta en la figura 1, utilizando el método de Bland-Altman. La ecuación que presentó una mayor concordancia con el GER medido a través de la calorimetría fue la ecuación de Tverskaya.

DISCUSIÓN

En este estudio se observa que la ecuación de Tverskaya es la fórmula que mejor concuerda con la medición del GER a través de calorimetría indirecta. Esta ecuación fue la que más explicó la variabilidad del GER medido, tanto en escolares con peso normal, como en escolares con obesidad. Además esta ecuación presentó sólo una pequeña diferencia con respecto a la calorimetría.

Las recomendaciones sobre el uso clínico de las ecuaciones para predecir el GER son variadas.¹⁷⁻²² Se ha visto que las ecuaciones que incluyen MG y MLG tienen mejor correlación que las ecuaciones basadas sólo en parámetros antropométricos.¹⁷ De las ecuaciones evaluadas en este artículo, la única que incluye los dos compartimentos corporales es la de Tverskaya.

Como era de esperarse, la ecuación de Tverskaya fue la que más se asoció con la medición del GER en escolares con obesidad, ya que fue desarrollada en niños con obesidad. Es importante mencionar que ninguna de las otras tres ecuaciones fue generada con población de niños con sobrepeso y obesidad. La ecuación de Tverskaya también fue la ecuación que más concordancia tuvo con el GER medido en escolares sin obesidad. No se conocen otros estudios que hayan evaluado esta ecuación en escolares con peso normal.

En este estudio no se encontraron diferencias significativas entre el GER medido por calorimetría y la ecuación de la OMS, mientras que en las otras ecuaciones sí se encontraron diferencias. Deremeaux, *et al.* también encontraron diferencias en las mismas ecuaciones y tampoco encontraron diferencias con la fórmula de la OMS.¹⁵

Los resultados de estudios realizados en niños y adolescentes sobre la subestimación o sobreestimación de las ecuaciones son variados, aunque algunos reportan datos similares a nuestro estudio. Se ha visto que la ecuación de Tverskaya ha subestimado el GER en un rango de -1.6% a -7.6%,^{6,15,17,23} la de Harris-Benedict en -2.4%,^{6,23} y la de Shofield en -1.0%.¹⁷ Las diferencias encontradas en este estudio no son significativas en la práctica clínica, ya que la variación interindividual en la medición del GER por la calorimetría indirecta es de aproximadamente 10% y esto podría justificar la diferencia encontrada entre el GER real y las fórmulas de estimación.³

La mitad de los niños estudiados presentaron sobrepeso y obesidad; esta cifra es mayor a lo reportado en la Encuesta Nacional de Nutrición 1999 (27%)²⁴ y coincide con otro estudio previamente rea-

lizado en niños de escuelas urbanas de la ciudad de México (49.5%).² Dada la alta prevalencia de sobrepeso y obesidad encontrada en los escolares mexicanos, es importante utilizar la ecuación de GER que sea la más adecuada para facilitar el tratamiento en esta población.

La composición corporal tiene un rol importante sobre el GER. Se sabe que los niños con obesidad presentan mayor peso corporal, y, por tanto, una cantidad mayor de MG y la MLG en comparación con niños de peso normal.³ El GER medido en este estudio fue mayor en escolares con obesidad en comparación con escolares con peso normal. Estos datos concuerdan con otros estudios realizados en niños con y sin obesidad, en donde el GER fue mayor en presencia de obesidad.^{5,25,26} Sin embargo, algunos estudios corroboran lo encontrado en este estudio acerca de que el GER es igual en niños con peso normal y niños con obesidad cuando se controla por MLG.^{5,25}

No se encontraron diferencias entre niñas y niños en cuanto a MG y MLG, aunque en otros estudios han encontrado que las niñas presentan una mayor cantidad de MG y una menor cantidad de MLG que los niños,^{15,24,25,27}

La MLG es la variable que más predice el gasto energético, tanto en niños con peso normal como niños con obesidad; los porcentajes de explicación de la variación varían de entre 60-86%.^{3,5,15,17} Nuestros datos son similares a estos resultados, siendo que la MLG explicó la variabilidad del gasto GER en 74.1%.

De las principales limitaciones que tiene este estudio es su diseño transversal, en donde sólo se realizó una medición, por lo que no es posible considerar la variación diaria intra e interindividual del gasto energético, composición corporal y de la actividad física reportada.

Además, ninguna de las ecuaciones de estimación utilizadas en este estudio fueron desarrolladas en población mexicana, lo que puede explicar la contradicción con algunos otros estudios.

Uno de los grandes errores que se han encontrado en los estudios que evalúan las ecuaciones, es la medición de la composición corporal. Existen varios métodos y los resultados dependerán del método utilizado. En este estudio se midió la composición corporal a través de la bioimpedancia eléctrica tetrapolar, el cual es un método adecuado que ha sido validado para la población infantil. Sin embargo, para estimar el contenido de agua corporal total o MLG a partir de la resistencia y/o reactancia, se utilizan fórmulas de estimación, las cuales no existen para población pediátrica

mexicana. En este estudio se utilizó la fórmula de estimación de MLG desarrollada por Houtkooper, la cual se desarrolló en una muestra pequeña (n = 94) de escolares americanos. Además, la medición de la bioimpedancia puede variar dependiendo de ciertas condiciones como son la composición corporal, el estado de hidratación, la temperatura corporal y la reciente realización de actividad física.^{15,27}

Para realizar las mediciones, se pidió que los escolares estuvieran en completo ayuno (incluyendo líquidos) y que no hubieran realizado ejercicio excesivo una noche antes, para controlar estas variables y evitar errores en la medición.

En este estudio, a pesar de que sí se consideró la realización de actividad física, ésta fue reportada y no se midió objetivamente; probablemente es por eso que no se encontraron diferencias significativas en la actividad física entre niños con peso normal y obesidad.

CONCLUSIÓN

Podemos concluir que los escolares obesos tienen un mayor peso y mayor MLG por lo que su GER es mayor.³ Las diferencias en el GER se explican por diferencias en la composición corporal, por lo tanto la utilización de una ecuación que incluya la MG y MLG, como es la de Tverskaya, parece ser la más adecuada para su utilización en la práctica clínica, en escolares con y sin obesidad. Sin embargo, cuando no se cuenta con esta medición (bioimpedancia) se recomienda utilizar la ecuación de la OMS.

En México, no existen otros estudios publicados que evalúen la validez y utilidad de ecuaciones de estimación, por lo que es importante realizar estudios con un tamaño de muestra suficiente para generar ecuaciones de estimación del GER, que tomen en cuenta las variables que lo predicen mejor (MLG, MG y edad).

AGRADECIMIENTOS

Reconocemos el apoyo del Centro de Desarrollo de la Comunidad, A.C. para realizar el proyecto en las escuelas primarias Enriqueta León González y Leopoldo García Veyrán. Agradecemos a la Lic. Araceli Suverza Fernández del Departamento de Salud de la Universidad Iberoamericana por su apoyo con el equipo de calorimetría y con la organización.

REFERENCIAS

1. Olaiz G, Rivera J, Shamah T, Rojas R, Villalpando S, Hernández M, Sepúlveda J. Encuesta Nacional de Salud y Nutrición

2006. Instituto Nacional de Salud Pública. Cuernavaca, México; 2006.
2. Perichat-Perera O, Balas-Nakash M, Schiffman-Selechnik E, Barbato-Dosal A, Vadillo-Ortega F. Obesity increases metabolic syndrome risk factors in school-age children from an urban school in Mexico City. *J Am Diet Assoc* 2007; 107: 81-91.
3. Vermorel M, Lazzar S, Bitar A, Ribeyre J, Montaurier C, Fellamn N, et al. Contributing factors and variability of energy expenditure in nonobese, obese and postobese adolescents. *Reprod Nutr Dev* 2005; 45(2): 129-42.
4. Goran MI. Energy metabolism and obesity. *Med Clin North Am* 2000; 84(2): 347-62.
5. Rodriguez G, Moreno LA, Sarria A, Pineda I, Fleta J, Pérez-Gonzalez JM, et al. Determinants of resting energy expenditure in obese and non-obese children and adolescents. *J Physiol Biochem* 2002; 58(1): 9-15.
6. Mc Duffie J, Adler D, Elberg J, Steinberg E, Fallon E, Tershakovec A, 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.
7. Flodmark C. Calculation of resting energy expenditure in obese children. *Acta Paediatr* 2004; 93: 727.
8. Energy and protein requirements: Report of joint FAO/WHO/UNU expert consultation. *World Health Organ Tech Rep Ser* 1985; 724: 1-206.
9. Schofield WN. Predicting basal metabolic rate, new standards and review of previous work. *Hum Nutr Clin Nutr* 1985; 39: 5-41.
10. Harris J, Benedict G. A biometric study of basal metabolism in man. Publication 279. Washington D.C.: Carnegie Institute of Washington; 1919.
11. 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(4): 333-6.
12. Centro Nacional de Estadísticas de Salud y el Centro Nacional para la Prevención de Enfermedades Crónicas y Promoción de Salud. Tablas de percentiles del Índice de Masa Corporal por edad y sexo para niños y niñas de 2 a 20 años de edad. Estados Unidos; 2000.
13. Lohman TG. Prediction equations and skinfolds, bioelectrical impedance, and body mass index. In: Lohman TG (ed.). *Advances in body composition assessment*. Champaign IL: Human Kinetics Publishers; 1992, p. 37-56.
14. Houtkooper LB, Going SB, Lohman TG, Roche AF, Van-Loan M. Bioelectrical impedance estimation of fat-free body mass in children and youth: a cross-validation study. *J Appl Physiol* 1992; 71: 366-73.
15. Derumeaux H, Meyer M, Morin L, Boirie Y. Prediction of resting energy expenditure in a large population of obese children. *Am J Clin Nutr* 2004; 80: 1544-50.
16. Bland J, Altman D. Statistical methods for assessing agreement between two methods of clinical measurement. *Lancet* 1986; 1: 307-10.
17. Schmelze H, Schroder C, Armbrust S, Unverzagt S, Fusch C. Resting energy expenditure on obese children aged 4 to 15: measured versus predicted data. *Acta Paediatr* 2004; 93: 739-46.
18. Rodriguez G, Moreno LA, Sarria A, Fleta J, Bueno M. Resting energy expenditure in children and adolescents: agreement between calorimetry and prediction equations. *Clin Nutr* 2002; 21(3): 255-60.
19. Firouzbaksh S, Mathis RK, Dorchester WL, Oseas RS, Groncy PK, Grant KE, Finklestein JZ. Measured resting energy expenditure in children. *J Pediatr Gastroenterol Nutr* 1993; 16(2): 136-42.
20. Dietz WH, Bandini L, Schoeller D. Estimates of metabolic rate in obese and nonobese adolescents. *J Pediatr* 1991; 118(1): 146-9.

21. Bandini L, Morelli J, Must A, Dietz W. Accuracy of standardized equations for predicting metabolic rate in premenarcheal girls. *Am J Clin Nutr* 1995; 62: 711-4.
22. Kaplan A, Zemel B, Nelswender K, Stallings V. Resting energy expenditure in clinical pediatrics: Measured versus prediction equations. *J Pediatr* 1995; 127(2): 200-5.
23. Lazzer S, Agosti F, De Col A, Mornati D, Sartorio A. Comparison of predictive equations for resting energy expenditure in severely obese Caucasian children and adolescents. *J Endocrinol Invest* 2007; 30(4): 313-7.
24. Rivera J, Shamah T, Villalpando S, González-Cossío T, Hernández B, Sepúlveda J. Encuesta Nacional de Nutrición 1999: Estado nutricional de niños y mujeres en México. Instituto Nacional de Salud Pública. Cuernavaca, Mexico; 2001.
25. Molnar D, Schutz Y. The effect of obesity, age, puberty and gender on resting metabolic rate in children and adolescents. *Eur J Pediatr* 1997; 156: 376-81.
26. Molnar D, Jeges S, Erhardt E, Schutz Y. Measured and predicted resting metabolic rate in obese and nonobese adolescents. *J Pediatr* 1995; 127: 571-7.
27. Lazzer 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.

Reimpresos:

M.C. Otilia Perichart-Perera

Nutrición Clínica, Dirección de Investigación
 Instituto Nacional de Perinatología
 Isidro Espinosa de los Reyes
 Montes Urales 800,
 Col. Lomas de Virreyes
 11000, México D.F.
 Tel.: (52-55) 5520-9900, Ext. 120
 Fax: (52-55) 5540-2947
 Correo electrónico: o.perichart@servidor.inper.edu.mx

*Recibido el 28 de mayo de 2008.
 Aceptado el 01 de octubre de 2008.*