

Original

Gasto energético de adultos brasileños saludables: una comparación de métodos

F. C. Esteves de Oliveira, A. C. de Mello Cruz, C. Gonçalves Oliveira, A. C. Rodrigues Ferreira Cruz, V. Mayumi Nakajima y J. Bressan

Departamento de Nutrição. Universidade Federal de Viçosa (UFV). Minas Gerais. Brasil.

Resumen

Hay diversos métodos disponibles para medir el consumo de energía en el ser humano. Debido al alto costo y pequeño número de laboratorios capaces de utilizar la calorimetría directa y la técnica del agua doblemente marcada, se ha realizado un número relativamente pequeño de mediciones del gasto energético utilizándose estos métodos. Así, cada día más, los investigadores se atienen en alto grado a los métodos de calorimetría indirecta (CI) y bioimpedancia eléctrica (BIA) y los clínicos a las ecuaciones de predicción para calcular los requerimientos de energía total en sus estudios y pacientes respectivamente.

Objetivo: Evaluar el Gasto Energético Basal (GEB) y el Gasto Energético Total (GET) de individuos saludables comparando los resultados de CI, BIA y ecuaciones predictivas con los de requerimiento estimado de energía (EER), Fleisch, FAO/WHO/UNU 1985 y 2001.

Material y métodos: Se evaluó el gasto energético en 81 individuos de ambos sexos por CI y BIA. De estos, fueron calculados el GEB por las ecuaciones FAO/WHO/UNU 1985 y 2001 y el GET por EER, Fleisch y FAO/WHO/UNU 1985 y 2001. Los datos se analizaron con el programa *Sigma Stat for Windows* versión 2.03 y se utilizó el test de Dunn's para la comparación de las medianas obtenidas por los métodos y ecuaciones ($p < 0,05$).

Resultados: Se verificó que el 60,5% de los participantes eran hombres. Los individuos en su mayoría eran eutróficos. La BIA mostró diferencias significativas entre los sexos. Las medianas de GEB, obtenidas por BIA y CI, presentaron diferencias estadísticamente significativas solamente para mujeres ($p < 0,05$) con una subestimación de los resultados del GEB obtenidos por la BIA en relación a los obtenidos por CI. Diferencias significativas fueron encontradas entre las fórmulas predictivas y la CI para ambos sexos, demostrando también una subestimación de esas en relación a la CI. Se observó una sobreesti-

ENERGY EXPENDITURE OF HEALTHY BRAZILIAN ADULTS: A COMPARISON OF METHODS

Abstract

There are many available methods to measure the human energy consumption. Due to the high cost and small number of laboratories able to perform it, the direct calorimetry and doubly labeled water technique are rarely used to measure the energy expenditure. As consequence, there is an increase use of the indirect calorimetry and bioelectrical impedance analysis methods by researchers and predictive equations by physicians to calculate the total energy requirements in research and in clinic.

Objective: To evaluate the basal energy expenditure (GEB) and total energy expenditure (GET) of healthy subjects comparing results of indirect calorimetry (CI), bioelectrical impedance analysis (BIA) and predictive equations such as estimated energy requirements (EER), Fleisch, FAO/WHO/UNU 1985 and 2001.

Material and methods: It was evaluated the energy expenditure in 81 subjects of both gender by CI and BIA. Of these, the GEB by predictive equations FAO/WHO/UNU 1985 and 2001 and the GET by EER, Fleisch and FAO/WHO/UNU 1985 and 2001 were calculated. The data was analyzed with the software *Sigma Stat for Windows* version 2.03 and Dunn's test was used for comparison of mean obtained with methods and equations ($p < 0.05$).

Results: It was verified that 60.5% of the participants were men. The majority of subjects were eutrophic. BIA showed significant differences between men and women. The differences between the values of GEB, obtained by BIA and CI, were statistically significant only for women ($p < 0.05$) with an underestimation of the GEB results obtained by BIA in relation to those obtained by CI. Significant difference was found between the predictive equations and CI for both sexes, also demonstrating an underestimation of the equations in relation to CI. It was observed an overestimation of GET with the predictive equations of FAO/WHO/UNU/85 and 2001 in relation to EER and Fleisch for both sexes.

Conclusion: The estimation of GEB can be carried out by both BIA and CI, although BIA must be used with criteria since it underestimates in a significant way for

Correspondencia: Fernanda Cristina Esteves de Oliveira.
Departamento de Nutrição e Saúde.
Universidade Federal de Viçosa - UFV.
Av. PH Rolfs, s/n.
36570.000 Vicoso. MG. Brasil.
E-mail: fernandaesteveshad@yahoo.com.br

Recibido: 24-IX-2007.
Aceptado: 15-V-2008.

mación de GET con las fórmulas predictivas de la FAO/WHO/UNU/85 y 2001 en relación a la EER y Fleisch, para ambos sexos.

Conclusión: La estimación del GEB puede ser realizada tanto por BIA como por CI, pero la BIA debe ser usada con criterios, ya que subestima de forma significativa para mujeres. En relación a las ecuaciones predictivas se puede observar que la sobreestimación puede desarrollar un balance energético positivo en poblaciones con riesgos para el sobrepeso y obesidad. Así son necesarias comparaciones para identificar las limitaciones de cada método.

(Nutr Hosp. 2008;23:554-561)

Palabras clave: *Calorimetría indirecta. Bioimpedancia. Gasto energético total. Gasto energético basal. Ecuaciones predictivas.*

Introducción

Los seres humanos son sistemas termodinámicos que necesitan de energía para el mantenimiento de diversas funciones orgánicas, incluyendo respiración, circulación, actividad física y temperatura corporal. La energía para soportar los procesos vitales es obtenida por la oxidación de los nutrientes contenidos en los alimentos ingeridos¹.

Así, el metabolismo energético puede ser considerado como un proceso de producción de energía por combustión de sustratos (carbohidratos, lípidos, proteínas y alcohol), en el que se consume oxígeno y se produce anhídrido carbónico. Una parte de la energía química liberada por la oxidación de los nutrientes se pierde en la forma de calor, otra parte en la orina y el resto es almacenado en moléculas altamente energéticas-ATPs².

El gasto energético diario o total (GET) comprende el gasto energético basal (GEB), actividad física y la termogénesis inducida por la dieta (TID)³⁻⁵. La Organización Mundial de la Salud (OMS)⁶ define el GET como el nivel de energía necesario para mantener el equilibrio entre consumo y gasto energético, cuando el individuo presenta un peso, composición corporal y nivel de actividad física compatibles con un buen estado de salud, debiendo ser realizados ajustes para individuos en diferentes estados fisiológicos (crecimiento, gestación, lactancia y envejecimiento).

El GEB corresponde a la cantidad de energía mínima que el cuerpo necesita para mantener los procesos vitales en reposo, en ambiente térmicamente neutro y en estado de ayuno por lo menos de 12 horas, siendo este influenciado por la masa corporal magra y en menor extensión por otros factores como edad, sexo y factores familiares¹. El metabolismo basal constituye, aproximadamente, del 60% al 70% de los gastos energéticos diarios en la mayoría de los adultos sedentarios, mientras que en los individuos muy activos físicamente es de aproximadamente el 50%⁷.

Por lo tanto, el GEB es la base para la determinación

women. In relation to the predictive equations, overestimation can develop positive energy balance in populations with risks for overweight and obesity. Thus, it is necessary comparisons to identify the limitations of each method.

(Nutr Hosp. 2008;23:554-561)

Key words: *Indirect calorimetry. Bioelectrical impedance analysis. Total energy expenditure. Basal energy expenditure. Predictive equations.*

de la necesidad energética de individuos y poblaciones, además de ser utilizada en estudios epidemiológicos para validar las informaciones de ingesta alimentaria. Es imprescindible el cálculo del GEB en diferentes grupos poblacionales, utilizándose técnicas estándares de medición que incluyan una estimación de la composición corporal, para que se pueda, eventualmente, desarrollar ecuaciones a partir de un amplio banco de datos⁷.

Hay diversos métodos disponibles para medir el consumo de energía en el ser humano como calorimetría directa (CD) e indirecta (CI), bioimpedancia eléctrica (BIA), agua doblemente marcada, ecuaciones predictivas como EER, FAO/WHO/UNU, Harris Benedict, Fleish y otras. La mayoría es utilizada en estudios con humanos para diferentes aplicaciones clínicas (nutrición parenteral, obesidad, evaluación de pacientes con dificultades serán retirados de la asistencia ventilatoria mecánica, etc.) excepto la calorimetría directa. Debido al alto costo y pequeño número de laboratorios en todo el mundo con la experiencia técnica necesaria para utilizar la CD y la técnica de agua doblemente marcada, se ha realizado un número relativamente pequeño de mediciones del gasto energético utilizándose estos métodos. Sin embargo, cada día más, los investigadores se atienen en alto grado a los métodos de CI y BIA y, los clínicos, más las ecuaciones de predicción, para calcular los requerimientos de energía total en sus estudios y pacientes, respectivamente^{4,8,9}.

La calorimetría indirecta (CI) es un método no invasivo que permite estimar la producción energética que es equivalente a tasa metabólica o gasto energético, así como la tasa de oxidación de sustratos energéticos. Esto se realiza mediante las medidas del consumo de oxígeno (O₂) y producción de dióxido de carbono (CO₂) obtenidas por el análisis del aire inspirado y la valoración de la excreción de nitrógeno (N₂) urinario. La denominación indirecta indica que la producción de energía o tasa metabólica se mide a través de los equivalentes calóricos del oxígeno consumido y CO₂ producido, cuyas cantidades difieren según el sustrato

energético que está siendo utilizado. La producción de energía corresponde a la conversión de la energía química almacenada en los nutrientes en la energía química almacenada en ATP, más la energía disipada como calor en el proceso de oxidación. Admitiéndose que todo el oxígeno consumido se utiliza para oxidar los sustratos energéticos (proteínas, hidratos de carbono y lípidos) y que todo el CO₂ producido se elimina por la respiración, es posible calcular la cantidad total de energía producida. La CI es el único método práctico que permite identificar la naturaleza y la cantidad de los sustratos energéticos que están siendo utilizados por el organismo^{1,2,10}. No obstante esta técnica no está disponible en la mayoría de los hospitales ya que es cara, su medición lleva tiempo y requiere de un personal entrenado. Por ello, en la práctica clínica diaria se suelen utilizar diferentes fórmulas, que aunque son sencillas para su manejo, tienen una validez cuestionable incluso entre la población normal¹¹⁻¹⁴.

La bioimpedancia eléctrica (BIA) se constituye en un método rápido y no invasivo que estima los compartimentos corporales, incluso la distribución de los fluidos corporales en los espacios intra y extracelulares. Esta técnica se basa en el principio de que los componentes corporales ofrecen una resistencia diferenciada al paso de la corriente eléctrica. Los tejidos magros son altamente conductores de corriente eléctrica debido a que presentan una gran cantidad de agua y electrolitos, ofreciendo así baja resistencia al paso de la misma. Por compensación, la grasa, el hueso y la piel constituyen un medio de baja conductividad. Este método es muy utilizado en gimnasios, clubes, consultorios, en algunas situaciones clínicas y en estados fisiológicos específicos como desnutrición, traumas, pre y postoperatorio, enfermedades hepáticas, insuficiencia renal, gestación y, en niños y atletas para evaluar la composición corporal^{15,16}.

Las ecuaciones predictivas son utilizadas, la mayoría de las veces, cuando no es posible medir el GEB. El GEB supone el 50-80% del gasto energético total (GET), siendo sus otros componentes la termogénesis inducida por los alimentos (10%) y el gasto por ejercicio físico (variable según los enfermos). Conociendo el GEB podemos estimar el GET multiplicando por diferentes factores (según la actividad física y el estrés del paciente). Estudios revelan que esas ecuaciones suministran estimaciones elevadas de la tasa metabólica basal, particularmente para los residentes en los trópicos. Esto se debe probablemente al hecho de que esas ecuaciones se originaron, en su mayoría, de muestras de poblaciones norteamericana y europea, las cuales pueden presentar características diferenciadas de composición corporal y viven en ambientes distintos^{14,17}.

Así, el objetivo de este trabajo fue evaluar el gasto energético de individuos saludables comparando resultados provenientes de diferentes metodologías como calorimetría indirecta, bioimpedancia eléctrica y ecuaciones predictivas como EER, Fleish, FAO/WHO/UNU 1985 y 2001.

Material y métodos

La muestra fue compuesta por participantes de ambos los sexos, candidatos a voluntarios del proyecto de investigación "Balance energético y absorción de macronutrientes en individuos saludables tras la ingesta de alimentos con cacahuete y sus derivados" y "Balance energético y absorción de macronutrientes en individuos saludables tras la ingesta de alimentos conteniendo linaza y sus derivados", sin especificaciones en cuanto a la etnia y que cumplieran los siguientes criterios: edad entre 18 y 50 años; IMC entre 18,5-29,5 kg/m²; buen estado de salud; peso estable (\pm 3 kg) en los últimos 6 meses; colesterol hasta 220 mg/dL; glucemia de ayuno entre 70-110 mg/dL; no fumadores; no estar embarazada o amamantando; no hacer uso de antibiótico desde, al menos, 6 meses; sin uso regular de medicamento (a no ser contraceptivos); nivel de actividad física constante; sin alergia al cacahuete o a cualquier otro alimento proporcionado por el proyecto; relato de defecación regular (de 12 a 48 horas). Todos los voluntarios fueron instruidos a dirigirse al laboratorio con el mínimo esfuerzo físico posible, siendo recogidos a casa en coche aquellos que no poseían vehículo propio. Además, se les indicó tomar la cena del día anterior al día experimental alrededor de las 22:00 horas de forma que se iniciara el día del estudio con 10 horas de ayuno.

Fueron realizadas medidas antropométricas como peso, altura y circunferencias de cintura y cadera, utilizando los puntos de corte establecidos por la OMS 1998⁶. La evaluación por BIA fue realizada en posición supina durante 15 minutos, utilizando el aparato BIA modelo 310 (*Biodynamics*). Se siguieron todos los pasos recomendados por el fabricante del equipo¹⁸.

Una vez realizadas las medidas se condujo los voluntarios a la camilla de la unidad metabólica para que estuvieran en reposo durante un período de 30 minutos antes de la realización de la medida basal de CI para evaluar el gasto energético basal (GEB) utilizando el monitor metabólico Deltatrac (Datex Engstrom). Fueron adoptados todos los cuidados, referentes al ambiente, condiciones relacionadas con el paciente y aspectos técnicos referidos al monitor metabólico antes y durante la realización de la CI. La evaluación duró 60 minutos, y el gasto energético fue calculado por el aparato a partir de la medición del consumo de O₂ y dispendio de CO₂. Todos los individuos fueron orientados a orinar 30 minutos antes de la evaluación por la BIA, y las evaluaciones de las mujeres fueron realizadas como máximo 7 días después de la menstruación.

Las ecuaciones predictivas utilizadas para este estudio fueron las de requerimiento estimado de energía (EER), elaboradas de acuerdo con el *Institute of Medicine*¹⁹. El factor adoptado para el EER fue el poco activo, lo cual ya era un pre-requisito para participar en el estudio. Las otras ecuaciones predictivas utilizadas

Tabla I
Ecuaciones predictivas utilizadas para la estimación del gasto energético

Ecuaciones predictivas	Mujeres	Hombres
EER ¹⁹	<p>9 a 18 años $EER = 135,3 - 30,8 \times E[\text{años}] + FA \times (10,0 \times P[\text{kg}] + 934 \times A[\text{m}]) + 20$ (kcal de deposición energética) FA = 1,16</p> <p>> 19 años $EER = 354 - 6,91 \times E[\text{años}] + FA \times (9,36 \times P[\text{kg}] + 726 \times A[\text{m}])$ FA = 1,12</p>	<p>9 a 18 años $EER = 88,5 - 61,9 \times E[\text{años}] + FA \times (26,7 \times P[\text{kg}] + 903 \times A[\text{m}]) + 25$ (kcal de deposición energética) FA = 1,13</p> <p>> 19 años $EER = 662 - 9,53 \times E[\text{años}] + FA \times (15,91 \times P[\text{kg}] + 539,6 \times A[\text{m}])$ FA = 1,11</p>
FLEISCH ²²	Tablas de Fleisch (kcal/m ² /hora) × S × 24	Tablas de Fleisch (kcal/m ² /hora) × S × 24
FAO/1985 ²⁰	<p>18-29 años $14,7 \times P + 496$ (FA = 1,55) 30-60 años $8,7 \times P + 829$ (FA = 1,55)</p>	<p>18-29 años $15,3 \times P + 679$ (FA = 1,56) 30-60 años $11,6 \times P + 879$ (FA = 1,56)</p>
FAO/2001 ²¹	<p>10-18 años $13,384 \text{ kg} + 692,6$ (FA = 1,55) 19-30 años $14,818 \text{ kg} + 486,6$ (FA = 1,55) 31-60 años $8,126 \text{ kg} + 845,6$ (FA = 1,55)</p>	<p>10-18 años $17,686 \text{ kg} + 658,2$ (FA = 1,55) 19-30 años $15,057 \text{ kg} + 692,2$ (FA = 1,55) 31-60 años $11,472 \text{ kg} + 873,1$ (FA = 1,55)</p>

E: Edad; FA: factor actividad; P: peso; A: altura; S: superficie corporal (m²).

fueron las de la FAO/WHO/UNU de 1985 y de 2001, establecidas por la FAO, las cuales son calculadas en función de la tasa metabólica basal, actividad física, peso corporal y sexo^{20,21}. El factor de actividad física adoptado en el caso de las ecuaciones de 1985 fue el considerado leve (1,55 para el sexo masculino y 1,56 para el femenino) y para las de 2001 fue el relativo al sedentario o estilo de vida "light" (rango de 1,40-1,69, siendo utilizada la media de 1,55 para ambos los sexos) y tablas de Fleisch suministradas por el equipo de calorimetría indirecta²² (tabla I).

Los datos fueron analizados en el programa *Sigma Stat for Windows* versión 2.03. Se utilizó el test de Dunn's y correlación de *Pearson* para la comparación de las medianas obtenidas por los métodos y ecuaciones al nivel de probabilidad de 5% y 1% respectivamente.

Resultados y discusión

La población estudiada estuvo constituida por un total de 81 individuos con edades entre 18 y 40 años, de los cuales 60,5% eran del sexo masculino y 39,5% del sexo femenino. La media de IMC fue de $22,8 \pm (2,8 \text{ kg/m}^2)$, siendo 3,7% con IMC < 18,5 kg/m², 85,2% con IMC entre 18,5 y 24,9 kg/m² y 11,1% con IMC entre 25 y 29,9 kg/m².

La composición corporal se determinó mediante antropometría, la cual incluyó el peso y la talla, juntamente con índices de composición corporal. Las determinaciones por BIA permitieron obtener los datos referentes a la composición corporal, incluyendo la cantidad de masa grasa y masa. Los individuos eran en su mayoría eutróficos (81,6% de los hombres y 87,5% de las mujeres). El sobrepeso fue constatado en 14,3% de los hombres y 9,4% de las mujeres. El IMC, la CCt y la masa magra fueron significativamente superiores en los varones y la CCd, RCC, el porcentaje de grasa corporal y la masa grasa (kg) fue significativamente superior en la mujeres ($p < 0,05$) (tabla II).

Las mediciones del GEB corresponden a las medidas tomadas al inicio del día experimental realizadas a las 08:00 de la mañana, después de un período de ayuno de 10 horas. La mediana obtenida por BIA muestra diferencias significativas entre los sexos ($p < 0,05$). Las medianas de GEB, obtenidas por BIA y CI, presentaron diferencias estadísticamente significativas en las mujeres ($p < 0,05$) con una subestimación de los resultados de GEB obtenidos por la BIA en relación a los obtenidos por CI. Diferencias significativas fueron encontradas entre las fórmulas predictivas y CI para ambos los sexos, demostrando también una subestimación de esas en relación a CI. Esos datos pueden ser observados en la figura 1.

Tabla II
Características antropométricas y de composición corporal de los individuos

Variables	Mujeres		Hombres	
	Media \pm DP	Mediana (mín e máx)	Media \pm DP	Mediana (mín e máx)
IMC (kg/m ²)	21,9 \pm 2,13*	21,39 (17,5-26,6)*	22,48 \pm 1,86*	21,95 (17,3- 28,9)*
CCt (cm)	69,08 \pm 4,38*	67,65 (60,3-84,5) *	77,71 \pm 5,51*	75,8 (66,5-95,3)*
CCd (cm)	97,01 \pm 4,62*	96,75 (86,5-108,0)*	96,15 \pm 4,45*	95,0 (85,5-108,5)*
RCC	0,83 \pm 0,22*	0,70 (0,67-0,89)*	0,81 \pm 0,03*	0,80 (0,73-0,92)*
% GC	25,27 \pm 3,7*	24,7 (15,8-37,03)*	15,83 \pm 4,42*	14,8 (5,8-26,4)*
Masa grasa (kg)	14,88 \pm 3,34*	13,95 (8,5-26,4)*	11,34 \pm 3,85*	10,20 (3,2-23,7)*
Masa magra (kg)	43,5 \pm 3,50*	44,4 (35,1-52,7)*	58,89 \pm 5,44*	59,2 (46,2-74,6)*

IMC: Índice de masa corporal; CCt: Circunferencia de la cintura; CCd: Circunferencia de la cadera; RCC: Relación cintura/cadera; % GC: Grasa corporal; *p < 0,05.

Analizando la figura 1 y la tabla III, se puede verificar una subestimación de los resultados del GEB obtenidos por la BIA en relación a los obtenidos por CI, para el sexo femenino; y una correlación significativa para ambos sexos. Al contrario de los valores aquí encontrados, Coelho y cols.²³ no observó diferencias significativas entre los valores de TMB obtenidos por CI y BIA, tanto en individuos eutróficos como en individuos con sobrepeso. Correlaciones estadísticamente significativas fueron encontradas entre las fórmulas predictivas y la CI para ambos sexos, demostrando también una subestimación de aquellas en relación a la CI. En un estudio desarrollado por Fett y cols.²⁴, los resultados encontrados se mostraron muy similares a los nuestros donde la ecuación de FAO/WHO/UNO 1985 subestimó el GEB medido en un 4%. Sin embargo, de acuerdo con Wahrlich & Anjos⁷ y otros autores^{14,25} las ecuaciones predictivas en su mayoría sobreestiman el gasto energético cuando se comparan con la calorimetría indirecta, contraponiéndose a los resultados verificados en este estudio. En un estudio realizado con jóvenes universitarias de Río de Janeiro, se observó una sobreestimación de los valores de GEB

por las ecuaciones predictivas del orden del 7,2% al 18,9%¹⁴. Esos resultados dejaron evidentes la necesidad del desarrollo de ecuaciones apropiadas para la población brasileña; ya que ellas, en su mayoría, son resultantes de datos de poblaciones norte americanas y europeas y eso, podría ser uno de los factores responsables por las diferencias entre los valores estimados del GEB.

Carrasco y cols.²⁶ estudiaron la concordancia entre el gasto energético de reposo evaluado por calorimetría indirecta (CI) o estimado por fórmulas predictivas en mujeres con obesidad tipo II y III (mórbida). Los autores han encontrado una sobrestimación del gasto energético de reposo por la mayoría de las fórmulas predictivas utilizadas (Harris-Benedict, ecuación de Ireton-Jones, Estimación Rápida, y Ecuación de Mifflin) cuando fueron comparadas a los resultados obtenidos por la CI. Los mismos resultados fueron observados por Rodrigues y cols.²⁷ en un análisis de la tasa metabólica de reposo evaluada por CI y Harris-Benedict en mujeres obesas.

A pesar de existir varios estudios comparando BIA y CI separadamente con otras técnicas o ecuaciones,

Tabla III
Correlación de Pearson entre los diferentes métodos para calcular el GEB

Métodos	Mujeres		Hombres	
	Correlación (r)	Probabilidad (p)	Correlación (r)	Probabilidad (p)
BIA-CI	0,618	0,000	0,749	0,000
BIA-FAO 1985	0,905	1,143	0,907	2,598
BIA-FAO 2001	0,902	1,760	0,909	1,951
CI-FAO 1985	0,548	0,001	0,748	0,000
CI-FAO 2001	0,545	0,001	0,751	0,000
FAO 1985-FAO 2001	1,000	3,782	1,000	6,729

CI: calorimetría indirecta; BIA: bioimpedancia eléctrica; FAO 1985 y FAO 2001: fórmulas predictivas. p \leq 0,001.

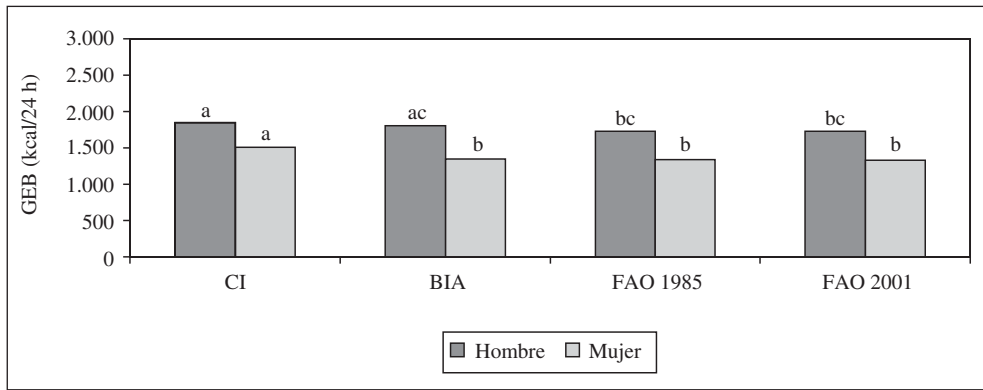


Fig. 1.—Comparación entre las medianas de GEB obtenidas por BIA, CI, FAO 1985 y 2001, según el sexo. Medianas seguidas de la misma letra, en la columna, no difieren entre sí por el test de Dunn's al 5% de probabilidad. BIA: bioimpedancia eléctrica; CI: calorimetría indirecta; FAO 1985 y FAO 2001; fórmulas predictivas.

pocos son los que comparan los dos al mismo tiempo, siendo necesario, por lo tanto otros trabajos para una mejor determinación de las ventajas y desventajas de cada método.

Otro punto que debe ser considerado en los estudios es la adecuada realización de los protocolos, tanto de CI como de BIA, pues el no cumplimiento de los mismos puede llevar a resultados discrepantes perjudicando su aplicabilidad en la parte clínica.

En la figura 2 se presentan las diferencias entre las medianas de gasto energético total (GET) obtenidas por EER, Fleish, FAO 1985 y 2001, en función del sexo.

Con base a los valores de gasto energético total mostrados en la figura 2 y la correlación presentadas en la tabla IV puede ser observada una sobreestimación y una correlación significativa de las fórmulas predictivas de la FAO 1985 y 2001 en relación a EER y el Fleish, para ambos sexos. Resultados semejantes fueron encontrados en otros estudios donde el GEB también fue sobreestimado por las ecuaciones de la FAO 1985 y 2001, llevando consecuentemente a una sobreestimación del gasto energético total^{7,17,28,29}. Sin embargo, para el sexo masculino se verificó que los valores de mediana de EER son estadísticamente superiores a los de Fleish (fig. 2) suministrados por el equipo de calorimetría indirecta, sin correlación

entre ellos. La más baja subestimación de EER cuando fue comparada a las ecuaciones predictivas de FAO 1985 y 2001 se debe, muy probablemente, al hecho de que la EER está basada en el método de agua doblemente marcada mientras las ecuaciones de FAO/WHO/UNU están basadas en datos de la población norteamericanas y europeas^{4,19}. En un estudio realizado por Compés y cols.³⁰, se valoró el GEB determinado por CI y por las ecuaciones de Fleish y FAO/1985. Se verificó una sobreestimación del 11% y 18% respectivamente de estas en relación al primero, llevando consecuentemente a una sobreestimación del GET. Asimismo, se encontraron valores similares en los estudios de Cruz y cols.¹⁴ y Schneider & Meyer¹⁷, donde la ecuación de FAO/WHO/ UNU 1985 sobreestimó el GEB determinado en 12,5% y 6,5% respectivamente. Heymsfield y cols.⁴ mostraron que las ecuaciones de FAO/WHO/ UNU desarrolladas para individuos saludables, sobreestiman el gasto energético basal o de reposo, presentando un error padrón de aproximadamente 100 a 200 kcal/d y, por lo tanto concluye no ser un método adecuado para la estimación individual de las necesidades energéticas diarias.

Wahrlich & Anjos²⁵ determinaron la necesidad energética total (GET) de mujeres, en su mayoría sedentarias, multiplicando el GEB por el factor de actividad.

Tabla IV
Correlación de Pearson entre los diferentes métodos de evaluación del GET

Métodos	Mujeres		Hombres	
	Correlación (r)	Probabilidad (p)	Correlación (r)	Probabilidad (p)
Fleish-EER	0,711	0,000	0,786	3,808
Fleish-FAO 1985	0,655	0,000	0,679	0,000
Fleish-FAO 2001	0,664	0,000	0,688	0,000
EER-FAO 1985	0,790	0,000	0,853	0,000
EER-FAO 2001	0,792	0,000	0,855	0,000
FAO 1985-FAO 2001	1,000	3,136	1,000	6,697

EER: requerimiento estimado de energía, Fleish, FAO 1985 y FAO 2001: fórmulas predictivas; p < 0,001.

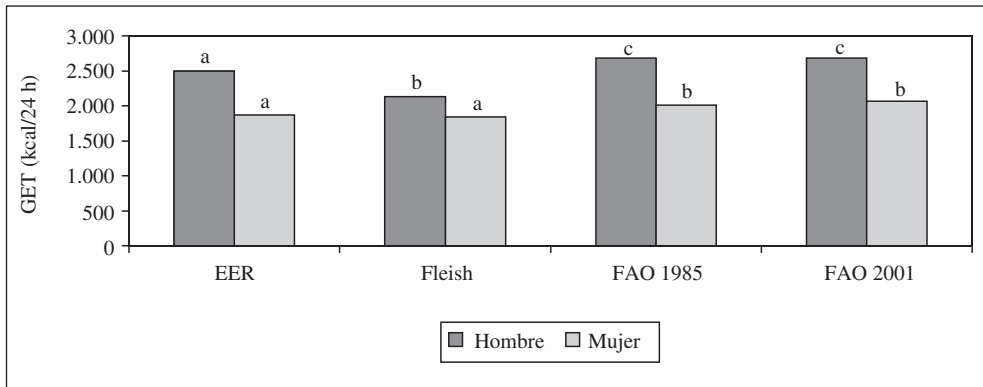


Fig. 2.—Diferencias entre las medianas de Gasto Energético Total (GET) obtenidas por EER, Fleish, FAO 1985 y 2001, según el sexo. Medianas seguidas de la misma letra, en la columna, no difieren entre sí por el test de *Dunn's* al 5% de probabilidad. EER: requerimiento estimado de energía; Fleish: ecuación suministrada por el equipo de calorimetría indirecta - Deltrac; FAO 1985 y FAO 2001; fórmulas predictivas.

Para la actividad física ligera utilizó 1,56 como factor de actividad y encontró un GET de 1.820 kcal/día cuando utilizado el GEB medido. Por otro lado, cuando utilizado el GEB estimado por la ecuación de FAO 1985 encontró un GET de 2.054 kcal/día. La utilización de esa ecuación de predicción llevaría a una sobreestimación de los valores obtenidos, resultando en un balance energético positivo. Sin embargo, en el estudio realizado por Oliver y cols.²⁹ donde fueron comparadas varias ecuaciones predictivas (METs, FAO, DRIs, etc.) se observó una alta correlación entre los resultados sugiriendo una buena aplicación cuando no es posible ser medido el gasto energético.

Se concluye que la estimación del gasto energético basal puede ser realizada tanto por BIA como por CI, pero la BIA debe ser usada con criterios, ya que subestima de forma significativa para mujeres, lo que no implica su no utilización. Se debe considerar la importancia de la realización adecuada del protocolo, ya que su incumplimiento puede generar estimaciones aun más discrepantes de la CI, pudiendo comprometer así su aplicabilidad en la práctica clínica.

En relación a las ecuaciones predictivas de la FAO 1985 y 2001 hubo una sobreestimación de los valores de gasto energético total cuando se compararon con las fórmulas de la EER y de Fleish, mostrando que la inadecuación de las ecuaciones de predicción puede generar errores en la estimación de la necesidad energética de individuos o poblaciones. Eso puede llevar, a largo plazo, a un balance energético positivo y al sobrepeso y a la obesidad.

Por lo tanto, son necesarias comparaciones entre con el objeto de identificar las limitaciones de cada método, pudiendo también ser útil en la evaluación de hipótesis de otras técnicas.

Agradecimientos

A los voluntarios por su colaboración. Al Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) por la concesión de la beca de investigación. Al Peanut Institute y a la Purdue University por el soporte financiero a la investigación.

Referencias

- Diener, JRC. Calorimetría indirecta. *Rev Ass Med Bras* 1997; 43(3):245-253.
- Labayen I, Lopes-Marqués J, Martínez JA. Métodos de medida do gasto energético. *Nutr Clin* 1997; 17(6):7-18.
- Suen VMM, Silva GA, Marchini JS. Determinação do metabolismo energético no homem. *Medicina, Ribeirão Preto* 1998; 31:13-21.
- Heymsfield SB, Harp JB, Rowell PN, Nguyen Am, Pietrobelli A. How much may I eat? Calorie estimates based upon energy expenditure prediction equations. *Obes Rev* 2006; 7:361-370.
- Prentice, A. Are defects in energy expenditure involved in the causation of obesity? *Obes Rev* 2007; 8:89-91.
- World Health Organization (WHO). Obesity: preventing and managing the global epidemic. Geneva: World Health Organization; 1998.
- Wahrlich V, Anjos LA. Aspectos históricos e metodológicos da medição e estimativa da taxa metabólica basal: uma revisão da literatura. *Cad Saúde Pública* 2001a; 17(4):801-817.
- Jéquier E. Methods of measuring energy expenditure and substrate utilization. *Diabetes Rev* 1996; 4(4):423-438.
- Schutz Y. The basis of direct and indirect calorimetry and their potentials. *Diabetes Metab Rev* 1995; 11(4):383-408.
- Marson F, Martins MA, Coletto FA, Campos AD, Basile-filho A. Correlação entre o consumo de oxigênio obtido pelo método de Fick e pela calorimetria indireta no paciente grave. *Arq Bras Cardiol* 2004; 82(1):72-76.
- Reeves MM, Capra S. Predicting energy requirements in the clinical setting: are current methods evidence based? *Nutr Rev* 2003; 61:143-151.
- Hansell DT, Davies JWL, Gisbey EM, Gilmour WH, Burns HJG: Comparison of various predictive formulae for the estimation of resting energy expenditure. *Clin Nutr* 1989; 8:299-305.
- Roldán CM, Herreros PV, Andrés AL, Sanz JMC, Azcona AC. Evaluación del estado nutricional de estudiantes universitarios mediante parámetros dietéticos y de composición corporal. *Nutr Hosp* 2005; XX(3):197-203.
- Cruz CM, Silva AF, Anjos LA. A taxa metabólica basal é superestimada pelas equações preditivas em universitárias do Rio de Janeiro, Brasil. *ALAN* 1999; 49(3):232-237.
- Barbosa AR, Satarém JM, Jacob Filho W, Meirelles ES, Marucci MFN. Comparação da gordura corporal de mulheres idosas segundo Antropometria, Bioimpedância e DEXA. *Arch Lat Nutr* 2001; 51(1):49-56.
- Kamimura MA, Draibe SA, Sigulem DM, Cuppari L. Métodos de avaliação da composição corporal em pacientes submetidos à hemodiálise. *Rev Nutr* 2004; 17(1):97-105.
- Schneider P, Meyer F. As equações de predição da taxa metabólica basal são apropriadas para adolescentes com sobrepeso e obesidade? *Rev Bras Med Esporte* 2005; 11(3):193-196.
- Paiva CRE, Gaya ACA, Bottaro M, Netor JTM. Bioimpedância vs absorptometria radiológica de dupla energia na avaliação da composição em crianças. *Unimontes Científica* 2002; 3(3).

19. Institute of Medicine. Energy (IOM). En: Dietary Reference Intakes – Energy, Carbohydrate, Fiber, Fat, Fatty Acids, Cholesterol, Protein, and Amino Acids. Cap 5. Washington, DC: The National Academy Press, Part 1, 2002; 5.1-5.114.
20. FAO/OMS/UNU. Necesidades de Energía y de Proteínas. Informe de una Reunión Consultiva Conjunta FAO/OMS/UNU de Expertos. OMS, Ginebra, 1985.
21. FAO/WHO/UNU. Expert Consultation. Interim Report-Report on Human Energy Requirements, 2001.
22. Fleisch AL. Le metabolisme basal standard et sa détermination au moyen du "metabocalculator". *Helv Med Acta* 1951; 18:23-44.
23. Coelho SB, Sales RL, Paiva AC, Bressan J, Costa NMB, Mattes R. Mensuração do Metabolismo Energético: Uma Comparação entre Calorimetria Indireta, Bioimpedância Elétrica e a Equação de Harris-benedict. In: 7º Congresso Nacional da Sociedade Brasileira de Alimentação e Nutrição-Alimentação e Nutrição-avanços tecnológicos e desafios éticos 2003; 127-127.
24. Fett CA, Fett WCR, Marchini JS. Gasto energético de repouso vs estimado e relação com a composição corporal de mulheres. *Arq Bras Endocrinol Metab* 2006; 50(6):1050-1058.
25. Wahrlich V, Anjos LA. Validation of predictive equations of basal metabolic rate of women living in Southern Brazil. *Rev Salud Pública* 2001b; 35(1):39-45.
26. Carrasco F, Rojas P, Ruz M, Rebolledo A, Mizón C, Codoceo J y cols. Concordância entre gasto energético y reposo medido y estimado por fórmulas predictivas en mujeres con obesidad severa y mórbida. *Nutr Hosp* 2007; 22(4):410-416.
27. Rodrigues AE, Marostegan PF, Manzini MC, Dalcanale L, Melo ME, Cercato C y cols. Análise da taxa de repouso avaliada por calorimetria indireta em mulheres obesas com baixa e alta ingestão calórica. *Arq Bras Endocrinol Metab* 2008; 52(1):76-84.
28. Carrasco NF, Reyes SE, Nunez BC 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(1):51-60.
29. Oliver AJS, Muñoz CS, Hernández EG. Composición corporal y el cálculo del gasto energético total (GET) en alumnos de la Facultad de Ciencias de la Actividad Física y el Deporte de Granada. Comparación del GET mediante fórmulas predictivas. *Nutr Clin* 2006; 40(2):24-30.
30. Compés MCC, Sancho AR, Rengel CM y cols. Estudio del gasto energético en la anorexia nerviosa: concordancia entre calorimetria indirecta y diferentes ecuaciones. *Nutr Hosp* 2005; XX(6):371-377.