



## Originales

## Comparación de diferentes métodos de estimación del gasto energético de adultos obesos en reposo

Blanca E. Martínez de Morentin\*, Salomé Pérez-Díez, María Hernández y J. Alfredo Martínez

Departamento de Ciencias de la Alimentación, Fisiología y Toxicología, Universidad de Navarra, Pamplona, Navarra, España

## INFORMACIÓN DEL ARTÍCULO

*Historia del artículo:*

Recibido el 17 de diciembre de 2008

Aceptado el 3 de marzo de 2009

*Palabras clave:*

Comparación

Gasto energético en reposo

Monitor metabólico de actividad física

Calorimetría indirecta portátil

*Keywords:*

Comparison

Resting energy expenditure

Physical activity metabolic monitor

Portable indirect calorimetry

## RESUMEN

**Objetivo:** Evaluar la validez y la fiabilidad de varios métodos de estimación del gasto energético en reposo (GER) en adultos con sobrepeso y obesos respecto a la calorimetría indirecta convencional utilizada como método de referencia.

**Métodos:** El presente estudio transversal compara los valores de gasto energético en reposo de varones y mujeres con obesidad (IMC = 32,4) obtenidos mediante calorimetría indirecta, fórmulas de estimación rápida, monitor metabólico de actividad física y aparato de calorimetría indirecta portátil.

**Resultados:** Con todos los métodos utilizados se encontraron diferencias significativas en función del sexo. También hubo una buena correlación de todos ellos con la calorimetría indirecta, aunque se observaron algunas diferencias significativas entre los métodos utilizados.

**Conclusiones:** En personas con exceso de peso, para obtener el GER utilizando métodos tan sencillos como las fórmulas, parece más aconsejable hacerlo ajustando el peso. Los nuevos instrumentos con que el profesional sanitario cuenta reducen los tiempos de medición y son más sencillos de manejar, aunque quizá sería necesario que el fabricante los adaptara a los diferentes tipos de población. Aun así, estos métodos presentan una buena correlación con la calorimetría indirecta.

© 2008 Asociación Española de Dietistas - Nutricionistas. Publicado por Elsevier España, S.L. Todos los derechos reservados.

### Comparison of different methods for estimating resting energy expenditure in obese adults

## ABSTRACT

**Objective:** To evaluate the effect and reliability of several methods for evaluating the resting energy expenditure in overweight and obese adults in relation to the conventional indirect calorimetry used as a reference.

**Methods:** This cross study compares the resting energy expenditure values in men and women with obesity (CMI = 32.4) obtained using indirect calorimetry, fast evaluation formulas, a physical activity metabolic monitor and a portable indirect calorimetry device.

**Results:** Significant differences were found in all the methods used, depending on the sex. There was also a good correlation of them all with the indirect calorimetry, although some significant differences were observed among the methods used.

**Conclusions:** In order to obtain the REE in people with an excess of weight using such simple methods as the formulas, it seems more advisable to do so by adapting the weight. With regards to the new instruments which the health-care professional has, they reduce the measurement times and they are easier to handle, although perhaps they need to be adapted by the manufacturer to the different types of population. Even so, these methods show a good correlation with the indirect calorimetry.

© 2008 Asociación Española de Dietistas - Nutricionistas. Published by Elsevier España, S.L. All rights reserved.

\* Autor para correspondencia.

Correo electrónico: bmmoretin@unav.es

## Introducción

La obesidad es una enfermedad crónica multifactorial, resultado de la interacción entre el genotipo, la dieta y la actividad física, que se caracteriza por un aumento de grasa corporal<sup>1</sup>.

La prevalencia de la obesidad sigue aumentando en los últimos años, tanto en la población infantil como en la adulta. En la población española entre 2 y 24 años, el sobrepeso y la obesidad suponen conjuntamente el 26,3%, mientras que en la población adulta (25-64 años) se estima una prevalencia del 15,5% para estos desequilibrios del metabolismo energético<sup>1</sup>.

Esta enfermedad supone ya un importante problema de salud pública<sup>2</sup>. Además, la situación se ve agravada debido a que la obesidad constituye un factor de riesgo asociado a otras enfermedades, como la hipertensión, la enfermedad cardiovascular, la diabetes mellitus tipo 2 y el cáncer<sup>3</sup>. En la actualidad la obesidad ocupa el segundo lugar entre las causas de muerte prematura, después del tabaquismo<sup>4</sup>, y supone casi el 7% del gasto sanitario en los países de Europa<sup>5</sup>.

Ante esta situación, es indispensable desarrollar estrategias tanto preventivas como terapéuticas para combatir esta situación de pandemia. Actualmente hay consenso en que el enfoque terapéutico debe ser multidisciplinario e integral, considerando como objetivo el cambio personalizado en los hábitos de alimentación y de actividad física<sup>6</sup>.

Estudios previos han demostrado que la disminución del 5% del peso corporal implica una reducción significativa del riesgo de complicaciones relacionadas con la obesidad. En el paciente obeso la planificación de la alimentación debe producir un balance energético negativo. Es decir, la ingesta calórica debe ser significativamente menor que la suma del gasto energético en reposo y la actividad física<sup>7</sup>, la cual debe ajustarse de forma individualizada.

Para el cálculo del requerimiento calórico individual, habitualmente se utilizan diferentes ecuaciones, como las desarrolladas por Harris et al<sup>8</sup>, que son sencillas de manejar, aunque su validez ha sido criticada en algunos casos<sup>9</sup>, particularmente en personas con exceso de peso.

Los métodos más aceptados para medir el gasto energético incluyen la calorimetría directa e indirecta y el agua doblemente marcada<sup>10,11</sup>, técnicas que no están disponibles en la mayoría de los hospitales y centros sanitarios, ya que son caros, su determinación lleva tiempo y requieren disponer de personal específicamente preparado.

En los últimos años han aparecido en el mercado nuevos instrumentos para medir el gasto energético que resultan más sencillos de manejar, menos voluminosos y más económicos, como son el monitor metabólico de actividad física y aparatos de calorimetría indirecta portátil.

El presente estudio tiene como objetivo evaluar la validez y fiabilidad de estos nuevos métodos respecto a la calorimetría indirecta convencional utilizada como referencia.

## Material y método

### Sujetos

El estudio incluyó a 10 mujeres y 13 varones con medias de edad de  $39 \pm 6,7$  años y de índice de masa corporal (IMC) de  $32,4 \pm 4,2$ , cuyo peso había permanecido estable durante los últimos 3 meses. Los criterios de exclusión establecidos fueron sobrepeso u obesidad secundaria, presentar enfermedades de base importantes o recibir tratamientos farmacológicos que pudieran afectar al gasto energético. Todos los participantes en el estudio dieron su consentimiento informado por escrito, que fue aprobado previamente por el Comité de Ética de la Universidad de Navarra, de acuerdo con la declaración de Helsinki.

### Diseño del estudio

El diseño del estudio fue de tipo transversal. Los voluntarios fueron citados en el Departamento de Ciencias de la Alimentación, Fisiología y Toxicología de la Universidad de Navarra a primera hora de la mañana (entre las 8.00 y las 8.30). Las determinaciones se realizaron en estado postabsortivo de 12 h, periodo durante el cual tampoco debían fumar. En las 24 h anteriores a las pruebas no podían realizar ningún tipo de ejercicio físico intenso. El día del estudio se limitó lo máximo su actividad física, para lo que se solicitó que se desplazaran en un medio de transporte motorizado, evitaran caminar y utilizaran el ascensor para acceder al Departamento.

El peso corporal y la talla, en ropa interior y descalzos, se midió con una báscula-tallímetro (SECA, Model 767; SECA, Model 220, Vogel&Halke, Hamburgo, Alemania) con una precisión de  $\pm 100$  g y  $\pm 1$  mm, respectivamente. El IMC se calculó mediante la fórmula peso en kilogramos dividido por el cuadrado de la estatura en metros<sup>12</sup>.

Después de que los voluntarios permanecieron en reposo durante 30 min y siempre en un ambiente termoestable ( $20-21$  °C), silencioso y tranquilo, en decúbito supino sobre una camilla<sup>13</sup>, se midió el intercambio gaseoso de manera continua durante 30 min mediante un calorímetro de circuito abierto automatizado (Deltatrac, Datex-Ohmeda, Finlandia)<sup>10</sup>, utilizando un sistema de canopia ventilada. Previamente se realizó una calibración, mediante la detección de la composición del aire de la estancia, frente a una mezcla gaseosa estándar de oxígeno (95%) y dióxido de carbono (5%) (Datex-Ohmeda, Finlandia). El gasto energético en reposo se calculó por medio de ecuaciones validadas<sup>10</sup> a partir del volumen de oxígeno y de dióxido de carbono medidos.

Mientras se realizaba la calorimetría indirecta, se colocó a los voluntarios un monitor metabólico de actividad física (SenseWear, BodyMedia; Pro2 Armband Pittsburgh, Pennsylvania, Estados Unidos), validado en adultos<sup>14-16</sup>. Armband es un equipo de metabolimetría multisensorial que se coloca en la zona media del brazo entre el acromion y olécranon, sobre el tríceps del brazo derecho, y permite el cálculo del gasto energético. Para ello, antes de comenzar el estudio, se introducen los datos demográficos de los voluntarios (sexo, edad, estatura, peso). El aparato registra las señales fisiológicas provenientes de cinco sensores: dos acelerómetros, temperatura corporal, disipación térmica e impedancia de la piel/grado de humedad<sup>17</sup>. A partir de estas señales y por medio de algoritmos específicos, se determina el consumo energético diario de una persona<sup>14,18</sup>. Para el adecuado análisis de los datos obtenidos se utilizó el programa informático desarrollado por el fabricante InnerView Research Software (versión 5.0, BodyMedia Inc.; Pittsburgh, Pennsylvania, Estados Unidos).

Inmediatamente, con los voluntarios ya recuperados de las pruebas anteriores, sentados y en reposo, se les instruyó sobre el manejo de un aparato de calorimetría indirecta portátil, el MedGen (HealthTech, Golden, Colorado, Estados Unidos). Este equipo mide el consumo de oxígeno ( $VO_2$ ) en milímetros por minuto y el gasto energético en reposo en kilocalorías/día, utilizando para el cálculo la ecuación de Weir<sup>19</sup>. El instrumento controla el flujo de aire inspirado/espirdo y las condiciones ambientales para medir de forma precisa el gasto de oxígeno<sup>20,21</sup>.

Antes de comenzar cada determinación, el aparato fue calibrado de acuerdo con las instrucciones del fabricante. Para llevar a cabo la prueba, se utiliza una boquilla que se inserta en el tubo de flujo y un clip de nariz, ambos desechables. El voluntario respiraba de forma relajada y normal en la boquilla, sellándola bien con la boca, y se le colocaba el clip en la nariz, cerrando completamente las fosas nasales para que no hubiera escape de aire. La prueba duraba aproximadamente 8-10 min, después de los cuales aparecía en la pantalla la tasa metabólica en reposo.

El gasto energético en reposo se estimó de forma teórica con las ecuaciones de Harris-Benedict<sup>8</sup>, con el peso real de los voluntarios y

con el peso ajustado con la ecuación de Wilkens<sup>22</sup>, utilizando como peso de referencia el de la Metropolitan Life Insurance Company<sup>23</sup>.

Harris-Benedict<sup>8</sup>:

$$MB \text{ mujeres} = 655 + (9,56 \times P) + (1,85 \times T) - (4,68 \times E)$$

$$MB \text{ varones} = 66,5 + (13,75 \times P) + (5 \times T) - (6,78 \times E)$$

E: edad en años; P: peso en kg; T: talla en cm.

Wilkens<sup>22</sup>:

$$\text{Peso a utilizar en el cálculo del GER} = [(PCR - PI) \times 0,25] + PI$$

PCR: peso corporal real en kg; PI: peso ideal en kg.

Metropolitan Life Insurance Company<sup>23</sup>:

$$PI = 50 + [0,75 \times (T - 150)]$$

PI: peso ideal a utilizar en la fórmula de Wilkens; T: talla en cm.

#### Tratamiento estadístico de los datos

El procesamiento y análisis de los datos, que se expresan con la media  $\pm$  desviación estándar, se realizó con el paquete estadístico SPSS para Windows (versión 15.0). Un valor de  $p < 0,05$  se consideró estadísticamente significativo. La distribución de las variables fue normal según el análisis realizado mediante las pruebas de Kolmogorov-Smirnoff y Shapiro-Wilks.

El estudio de comparación entre las medidas realizadas se llevó a cabo mediante la prueba de la t de Student y del análisis de la varianza factorial (ANOVA) de dos vías (método por grupo). La relación entre las medidas obtenidas a partir de los aparatos y las ecuaciones se evaluó mediante la correlación de Pearson. Con el fin de analizar la asociación y el grado de concordancia existente entre los resultados obtenidos por las ecuaciones de Harris-Benedict y Harris-Benedict ajustada por Wilkens con los métodos de estimación estudiados, se llevó a cabo un modelo gráfico de Bland-Altman.

#### Resultados

Los dos grupos de voluntarios (varones y mujeres) presentaron características homogéneas, sin diferencias significativas en cuanto a edad, peso, IMC y hábito de fumar (tabla 1).

El análisis a través de la varianza factorial de los valores del gasto energético reveló que no había diferencias significativas en la interacción ( $p < 0,05$ ), por lo que se estudió cada variable (sexo, edad, IMC

**Tabla 1**

Descripción de los voluntarios participantes

Variables	Mujeres (n = 10)	Varones (n = 13)	p
Edad (años)	38 $\pm$ 5	40 $\pm$ 8	NS <sup>a</sup>
Peso (kg)	85 $\pm$ 18	99 $\pm$ 14	NS <sup>a</sup>
IMC	32,4 $\pm$ 4	32,3 $\pm$ 4,5	NS <sup>a</sup>
Fumadores	20%	38,5%	NS <sup>b</sup>

<sup>a</sup>Prueba de la t de Student para muestras independientes.

<sup>b</sup>Prueba de la  $\chi^2$ .

y hábito tabáquico) por separado, y pese a que no se encontraron influencias significativas en función de la edad, se detectó una tendencia marginal a la significación dependiendo del IMC ( $p = 0,09$ ). Asimismo, se observaron diferencias significativas en función del sexo ( $p < 0,01$ ) y el hábito tabáquico ( $p < 0,05$ ). En cuanto a los métodos utilizados para obtener el gasto energético, se encontraron diferencias significativas ( $p < 0,05$ ) para todos ellos (tabla 2).

Asimismo se procedió a analizar separadamente el valor del gasto energético en función de cada grupo de población y de cada método, y se observó que sólo en función del sexo el gasto energético era diferente ( $p < 0,05$ ) en todos los métodos utilizados (fig. 1).

Las medidas del gasto energético obtenidas mediante calorimetría indirecta (Deltatrac) se correlacionaron muy significativamente (fig. 2) con los datos observados con los otros cuatro métodos objeto de estudio (Harris-Benedict, Harris-Benedict ajustado por Wilkens, Armband y Medgem). En cuanto a las pruebas de concordancia, se observa que, cuando se comparan las medidas por Deltatrac, Armband y Medgem con la ecuación de Harris-Benedict, la dispersión es menor (fig. 3A), mientras que la dispersión se dispara cuando se comparan estos tres métodos con la ecuación de Harris-Benedict ajustada por Wilkens (fig. 3B).

#### Discusión

Conocer el metabolismo energético individual tiene una gran importancia a la hora de tratar con éxito una de las afecciones más extendidas en el mundo, la obesidad, permitiendo ajustar la ingesta energética por debajo del gasto total del individuo y con ello lograr una disminución del peso<sup>24</sup>.

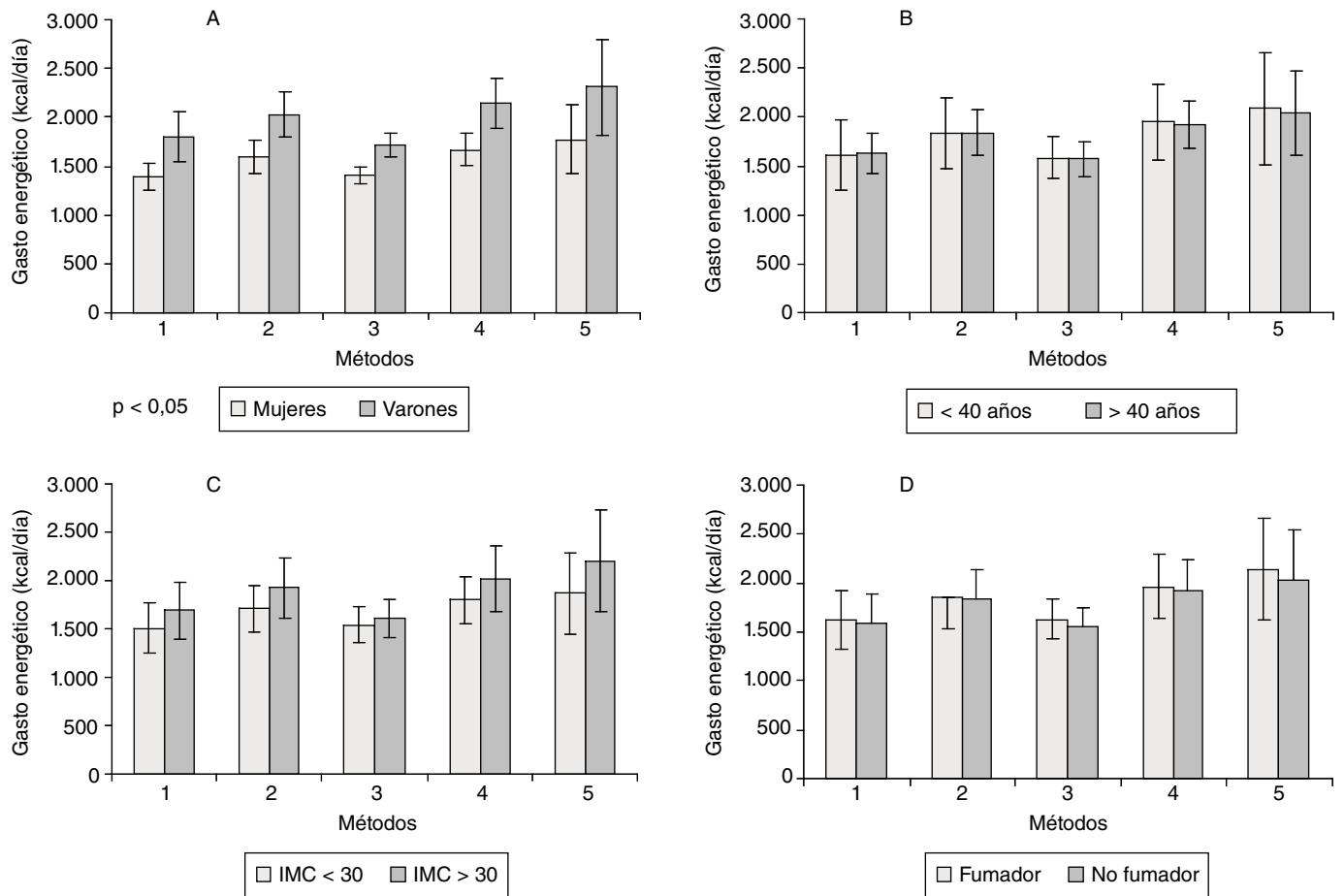
Las necesidades energéticas diarias son el resultado de la suma del GER, la actividad física y el efecto termogénico de los alimentos<sup>25,26</sup>. El GER constituye el principal componente del gasto total (un 65-75%), sobre todo en personas con un estilo de vida sedentario<sup>27,28</sup>. Además, hay que tener en cuenta la gran variación que puede haber de una persona a otra, ya que el GER está en relación con el sexo<sup>25</sup>, la masa magra<sup>29</sup>, el peso<sup>30</sup>, la edad<sup>31</sup>, el grupo étnico<sup>31</sup>, los factores ge-

**Tabla 2**

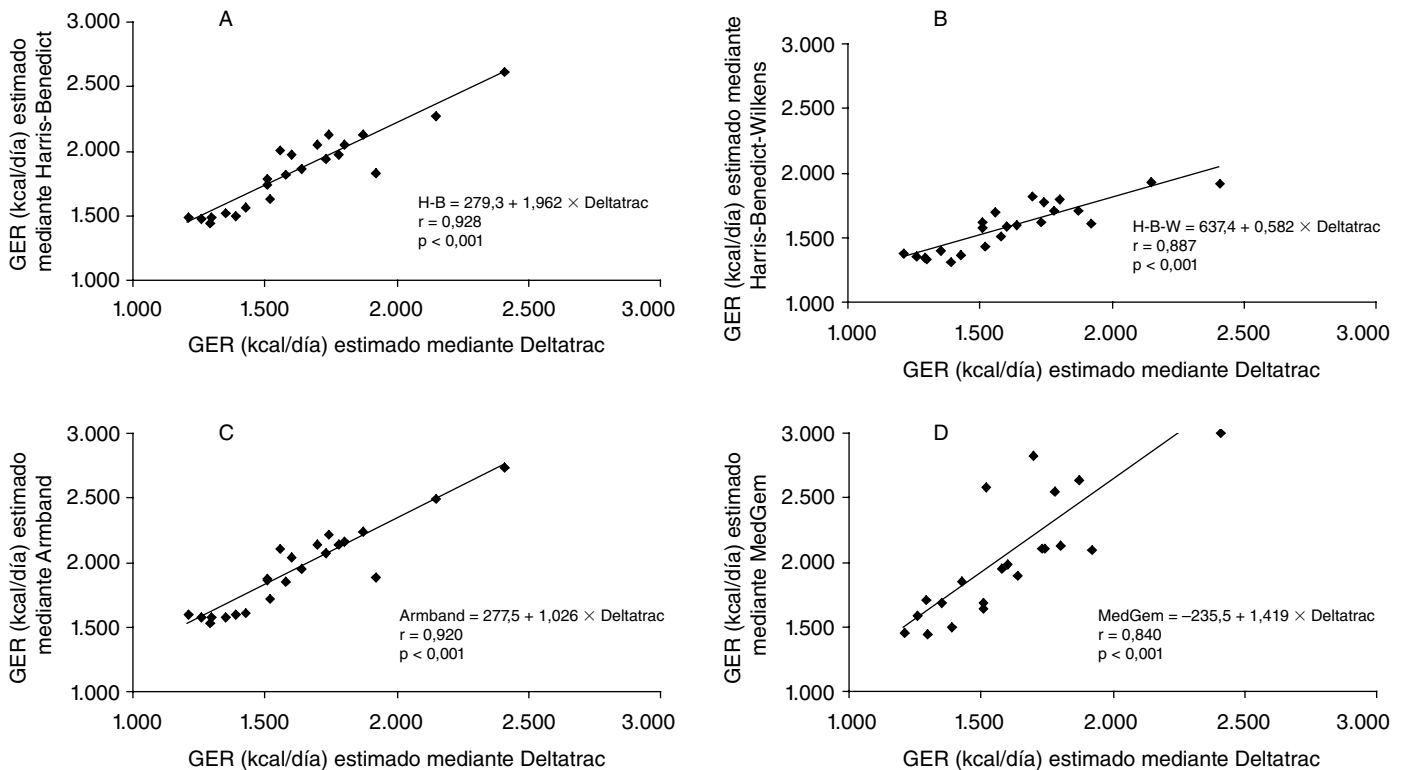
Valores del gasto energético (kcal/día) medido por diferentes métodos de estudio, teniendo en cuenta los diferentes grupos de población (sexo, edad, IMC y hábito tabáquico)

	Deltatrac (kcal/día)	Harris-Benedict (kcal/día)	Harris-Benedict ajustado por Wilkens (kcal/día)	Armband (kcal/día)	Medgem (kcal/día)	Grupo (valor de p)	Método (valor de p)	Interacción (grupo*método)
Sexo								
Mujer (n = 10)	1.393 $\pm$ 137	1.590 $\pm$ 172	1.399 $\pm$ 86	1.667 $\pm$ 162	1.774 $\pm$ 344	< 0,01	0,04	0,695
Varón (n = 13)	1.794 $\pm$ 256	2.028 $\pm$ 232	1.719 $\pm$ 121	2.142 $\pm$ 251	2.310 $\pm$ 492			
Edad (años)								
< 40 (n = 12)	1.611 $\pm$ 364	1.836 $\pm$ 365	1.583 $\pm$ 213	1.946 $\pm$ 390	2.087 $\pm$ 571	0,412	< 0,01	0,998
> 40 (n = 11)	1.630 $\pm$ 200	1.840 $\pm$ 230	1.577 $\pm$ 180	1.925 $\pm$ 243	2.042 $\pm$ 434			
IMC (kg/m <sup>2</sup> )								
< 30 (n = 9)	1.506 $\pm$ 254	1.708 $\pm$ 240	1.542 $\pm$ 185	1.798 $\pm$ 242	1.867 $\pm$ 421	0,09	< 0,01	0,735
> 30 (n = 14)	1.693 $\pm$ 298	1.921 $\pm$ 315	1.605 $\pm$ 201	2.024 $\pm$ 342	2.205 $\pm$ 522			
Fumador								
No (n = 16)	1.594 $\pm$ 288	1.833 $\pm$ 310	1.561 $\pm$ 191	1.928 $\pm$ 320	2.038 $\pm$ 509	0,02	< 0,01	0,996
Sí (n = 7)	1.617 $\pm$ 311	1.849 $\pm$ 303	1.625 $\pm$ 206	1.954 $\pm$ 347	2.127 $\pm$ 522			

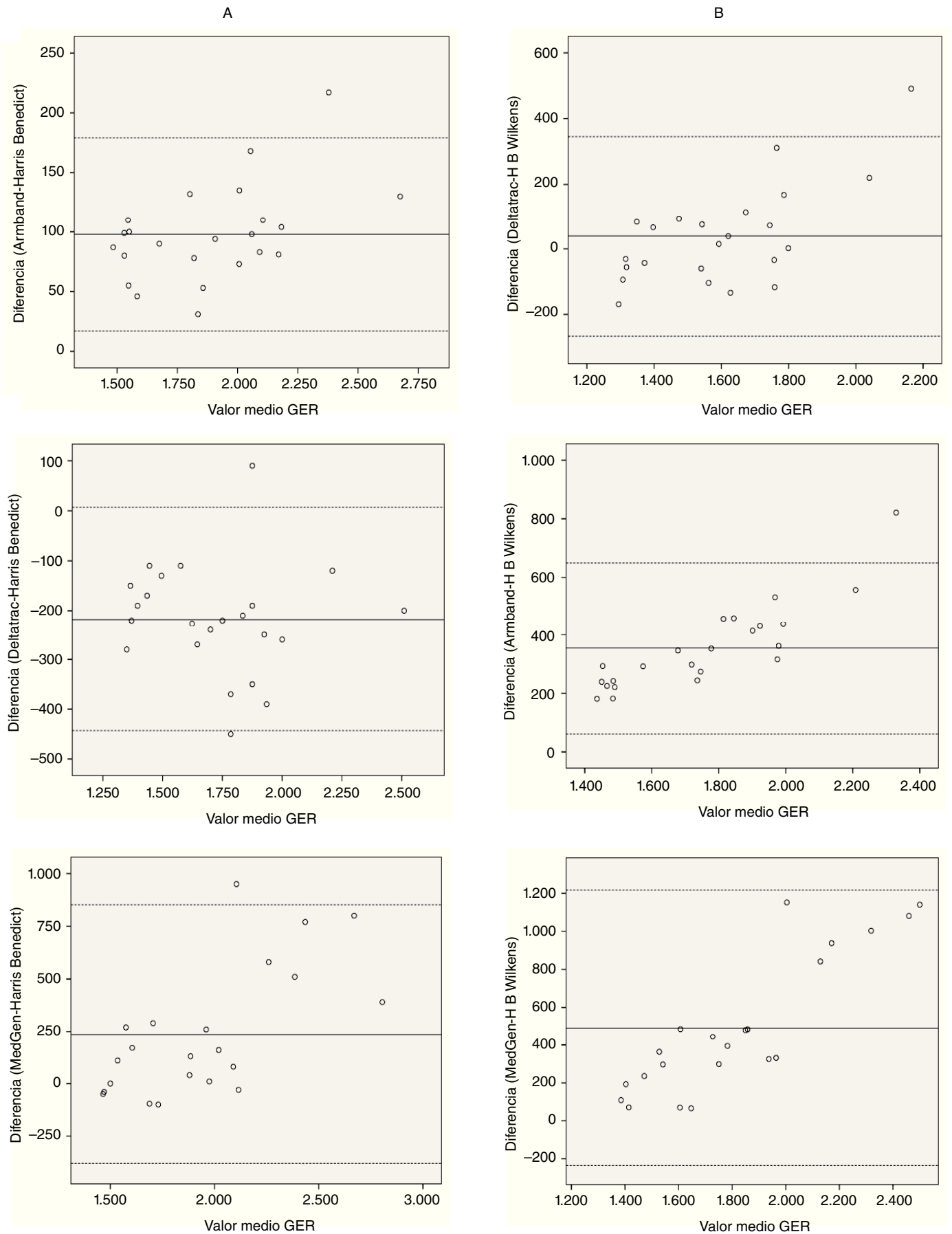
Los datos están representados en media  $\pm$  DE. La significación se ha fijado en  $p < 0,05$ . El test estadístico utilizado ha sido una ANOVA 2 $\times$ 5. No se han observado interacción significativa entre población y método, lo que permite analizar cada variable por separado.



**Figura 1.** Valores de gasto energético en reposo (GER) en función de los diferentes métodos y aplicando diferentes criterios de clasificación de los voluntarios. 1: Deltatrac; 2: Harris-Benedict; 3: Harris-Benedict ajustado por Wilkens; 4: Armband; 5: Medgem.



**Figura 2.** Correlación entre los valores de calorimetría indirecta (Deltatrac) y los diferentes métodos de determinación del gasto energético en reposo (GER) empleados.



**Figura 3.** Análisis de concordancia de Bland-Altman de los métodos de medida del gasto energético en reposo respecto a la ecuación de Harris-Benedict (A) y de Harris-Benedict con el ajuste de Wilkens (B).

néticos<sup>32</sup> y los factores ambientales tales como la temperatura<sup>33</sup>, y también influyen la actividad simpática<sup>34</sup> y la situación clínica y nutricional<sup>35</sup>. Por lo tanto, es imprescindible contar con métodos totalmente fiables y validados para obtener estos datos de forma personalizada, y que además dichos procedimientos sean fáciles de manejar y asequibles.

En el presente estudio queda de manifiesto que, respecto al sexo, el GER es significativamente superior en varones que en mujeres, datos que se corresponden con los resultados de estudios similares al presente estudio<sup>35,36</sup>. Este hecho se explica por la influencia de las hormonas sexuales y la composición corporal, ya que las mujeres presentan mayor proporción de grasa, llegando a presentar un GER de un 5-10% inferior al GER de los varones de la misma edad, peso y talla<sup>37,38</sup>.

También se han encontrado diferencias entre fumadores y no fumadores: los primeros tienen mayor GER. En este sentido, en algunos estudios se indica que la nicotina parece tener efectos sistémicos, ya describiéndose que ésta puede provocar un aumento de las catecolaminas plasmáticas, pudiéndose producir efectos de aceleración del metabolismo energético<sup>38,39</sup>.

En el presente estudio, al comparar cada uno de los métodos utilizados para obtener el GER con la calorimetría indirecta, lo cual se sigue considerando, junto con el agua doblemente marcada<sup>11</sup>, uno de los métodos de referencia<sup>10</sup>, se han encontrado diferencias significativas con todos ellos. La ecuación de Harris-Benedict también se aplicó como medida de referencia, ya que es una de las fórmulas más utilizadas<sup>8</sup>. A pesar de ser tan extendido su uso, se ha demostrado en algunos estudios que cuando en ella se utiliza el peso corporal real del obeso, se tiende a sobrestimar el GER<sup>40,41</sup>, ya que dicha fórmula fue desarrollada a partir de los datos obtenidos de una muestra de población con peso normal, resultados que coinciden con los observados en el presente estudio.

Para evitar errores a la hora de obtener el GER en individuos obesos, en algunos estudios, se ha propuesto utilizar un «peso ajustado»:  $[(\text{peso real} - \text{peso ideal}) \times 0,25] + \text{peso ideal}$ <sup>22,23</sup>, considerando que en una persona con sobrepeso u obesidad, un 25% de su peso es tejido magro, es decir, tejido metabólicamente activo, mientras que el 75% restante corresponde a tejido adiposo muy poco activo<sup>42</sup>. Aunque esta ecuación no ha sido validada<sup>43</sup>, al comparar los resultados del GER obtenidos con la calorimetría indirecta y los obtenidos utilizando la fórmula de Harris-Benedict con el «peso ajustado», se puede observar que estos son los que menos difieren, no encontrándose diferencias significativas ( $p = 0,229$ ) entre ambos métodos. Sin embargo, cuando analizamos el análisis de concordancia de Bland Altman (fig. 3), los resultados de la calorimetría están menos dispersos comparados con la fórmula de Harris-Benedict, lo cual podría avalar lo sostenido por otros autores, que han encontrado una mejor concordancia entre el GER obtenido por calorimetría indirecta y el GER calculado por Harris-Benedict con peso real<sup>44,45</sup>.

Entre los nuevos métodos disponibles en el mercado para medir el GER se encuentra el MedGem, con el cual se han realizado diversos estudios para valorar su validez y su fiabilidad, tanto en niños<sup>46</sup> como en adultos sanos<sup>47-50</sup> o incluso en diversas situaciones patológicas como en pacientes con nutrición parenteral<sup>51</sup>, pacientes con cáncer<sup>52</sup>, anorexia nerviosa<sup>53</sup>, etc. Los resultados de estos estudios son controvertidos tanto en niños como en adultos sanos. En algunos estudios no se hallaron diferencias significativas entre la calorimetría indirecta y el MedGem, siendo considerado por los autores como un sistema fiable y válido para medir el GER<sup>46,50</sup>. En otros estudios se observó un GER más bajo utilizando el MedGem que el obtenido con la calorimetría indirecta<sup>48,49,52</sup>, y en algunos estudios se ha encontrado una buena correlación entre ambos sistemas<sup>50</sup>. En algunas situaciones patológicas como cáncer o anorexia nerviosa, no se aconsejó la utilización del MedGem<sup>53,54</sup>.

En otro estudio realizado en mujeres sanas<sup>50</sup>, los resultados obtenidos fueron muy similares a los del presente estudio: el GER obte-

nido mediante MedGem fue mayor que el obtenido mediante calorimetría indirecta. Dichas diferencias podrían ser debidas a que la medición mediante calorimetría indirecta se realiza en decúbito supino, mientras que en el sistema MedGem se realiza con los sujetos sentados, y que además en este último el uso de la boquilla y la pinza nasal pueda generar cierto malestar en el paciente, pudiéndose traducir todo ello en un aumento del GER<sup>51</sup>.

Otro de los métodos de obtención de GER estudiado es el Armband, que ha sido validado con el método patrón de determinación de gasto energético en condiciones de vida libre: el agua doblemente marcada<sup>55</sup>. Este método ha sido valorado por diversos estudios, la mayoría de ellos realizados en sujetos sanos realizando diferentes tipos de ejercicio, como caminar, correr a diferentes velocidades, con rampas de diferentes pendientes, realizando ciclismo, etc.<sup>15,17,56,57</sup>. También ha sido evaluado en niños y en adultos durante un periodo de 24 h, de tal forma que ha sido posible obtener datos en todas las situaciones de vida normal, desde el sueño hasta la realización de actividad física cotidiana<sup>55,57</sup>; asimismo se ha utilizado en otro tipo de sujetos, como obesos<sup>58</sup> y pacientes con cáncer<sup>59</sup>. En la mayoría de los citados estudios se toma como medida de referencia la obtenida mediante calorimetría indirecta.

Los resultados de dichos estudios son controvertidos. En el estudio realizado con sujetos obesos en reposo, el monitor de brazalete subestimó el gasto energético<sup>58</sup>, aunque se consideró que había una muy buena correlación con la calorimetría indirecta. Estos datos no coinciden con los obtenidos en el presente estudio, ya que en él se observa que los valores superiores de GER pertenecen al sistema Armband en comparación con la calorimetría indirecta, llegando a ser de un 19%. Estos resultados son muy parecidos a los obtenidos en estudios en niños, en los que se observó que el Armband sobrestimaba el GER en un 16%, y se aconsejó que el fabricante aplicara algoritmos adaptados a las características de los sujetos en estudio<sup>57</sup>.

Durante la determinación del GER en el presente estudio, se observó que el Armband consideró los movimientos leves de los voluntarios mientras se realizaba la prueba como si estuvieran caminando, es decir, midió falsos movimientos que pueden haber influido en la sobrestimación.

Cabe destacar también que en el presente estudio los cuatro métodos utilizados para valorar el GER presentan una buena correlación con la calorimetría indirecta en la población con exceso de peso considerada. En todo caso, en obesos y personas con sobrepeso, para obtener el GER utilizando métodos tan sencillos como las fórmulas parece más aconsejable hacerlo ajustando el peso, aunque se requiere una validación definitiva del peso ajustado por Wilkens. En cuanto a los nuevos instrumentos con que el profesional sanitario cuenta (MedGem y Armband), parecen tener un gran potencial en reducir los tiempos de medida y quizá en poder utilizarlos para estudios epidemiológicos, por ser más sencillos de manejar y transportar. Quizá sería conveniente tener una fase previa de adiestramiento y adaptación a la boquilla y las pinzas nasales en el caso del MedGem y en el caso de Armband, el fabricante lo adaptaría mejor a los diferentes tipos de población, en este caso los sujetos obesos.

Los datos de la presente investigación avalan la necesidad de aplicar medidas individualizadas con objeto de personalizar la ingesta dietética y la conveniencia de la aplicación de estos métodos por parte de profesionales experimentados para su correcta interpretación.

## Bibliografía

1. Rubio MA, Salas-Salvadó J, Barbany M, Moreno B, Aranceta J, Bellido D, et al. Consenso SEEDO 2007 para la evaluación del sobrepeso y la obesidad y el establecimiento de criterios de intervención terapéutica. *Rev Esp Obes*. 2007;7-48.
2. Martínez JA. Obesity in young Europeans: genetic and environmental influences. *Eur J Clin Nutr*. 2000;54:S56-60.
3. Bray GA. Medical consequences of obesity. *J Clin Endocrinol Metab*. 2004;89:2583-9.
4. Banegas JR, López-García E, Gutiérrez-Fisac JL, Guallar-Castillón J, Rodríguez-Artalejo F. A simple estimate of mortality attributable to excess weight in the European Union. *Eur J Clin Nutr*. 2003;57:201-8.

5. Ballesteros JM, Dal-Re M, Pérez-Farínós N, Villar C. La estrategia para la nutrición, actividad física y prevención de la obesidad (estrategia NAOS). *Rev Esp Salud Pública*. 2007;81:443-9.
6. The practical guide: identification, evaluation and treatment of overweight and obesity in adults. Bethesda: National Institutes of Health (NIH), National Heart, Lung and Blood Institute, and North American Association for the Study of Obesity (NAASO); 2000. p. 1-94.
7. Arrizabalaga JJ, Calañas-Continento A, Vidal J, Masmiquel L, Díaz-Fernández MJ, García-Luna PP, et al. Guía de práctica clínica para el manejo del sobrepeso y la obesidad en personas adultas. *Endocrinol Nutr*. 2003;50:1-38.
8. Harris JA, Benedict FJ. A biometric study of basal metabolism in man. Washington: Carnegie Institute of Washington; 1919; publication N.º 279.
9. Douglas C, Lawrence J, Bush N, Oster R, Gower B, Darnell B. Ability of the Harris-Benedict formula to predict energy requirements differs with weight history and ethnicity. *Nutr Res*. 2007;27:194-9.
10. Johnson RE. Techniques for measuring gas exchange. Assessment of energy metabolism in health and disease. Columbus Ross Laboratories; 1980. p. 32-62.
11. Maffei C, Pinelli L, Zaffanello M, Schena F, Iacumin P, Schutz Y. Daily energy expenditure in free-living conditions in obese and non-obese children: comparison of double labelled water method and heart rate monitoring. *Int J Obes*. 1995;19:671-7.
12. Thompson D, Wolf AM. The medical-care cost burden of obesity. *Obes Rev*. 2001;2:189-97.
13. Compber C, Frankenfield D, Keim N, Roth-Yousey L. Best practice methods to apply to measurement of resting metabolic rate in adults: a systematic review. *J Am Diet Assoc*. 2006;106:881-903.
14. Jakicic JM, Marcus MI, Gallagher KI, Randall C, Thomas E, Goss FL, et al. Evaluation of the SenseWear Pro Armband to assess energy expenditure during exercise. *Med Sci Sports Exerc*. 2004;36:897-904.
15. Cole PJ, LeMura LM, Klinger TA, Strohecker K, McConnell TR. Measuring energy expenditure in cardiac patients using the BodyMedia Armband versus indirect calorimetry. A validation study. *J Sports Med Phy Fitness*. 2004;44:264-71.
16. Fruin ML, Walberg J. Validity of a multi-sensor Armband in estimating rest and exercise energy expenditure. *Med Sci Sports Exerc*. 2004;36:1063-9.
17. Malavolti M, Pietrobelli A, Dugoni M, Poli M, Romagnoli E, De Cristofaro P, et al. A new device for measuring resting energy expenditure (REE) in healthy subjects. *Nutr Metab Cardiovasc Dis*. 2007;17:338-43.
18. Welk GJ, Schaben JA, Morrow JR Jr. Reliability of accelerometry-based activity monitors: a generalizability study. *Med Sci Sports Exerc*. 2004;36:1637-45.
19. Weir JB. New methods for calculating metabolic rate with special reference to protein metabolism. *Nutrition*. 1949;6:213-21.
20. St-Onge MP, Rubiano F, Jones AJ, Heymsfield SB. A new hand-held indirect calorimeter to measure postprandial energy expenditure. *Obes Res*. 2004;12:704-9.
21. Melanson EL, Coelho LB, Tran ZV, Haugen HA, Kearney JT, Hill JO. Validation of the BodyGem hand-held calorimeter. *Int J Obes Relat Metab Disord*. 2004;28:1479-84.
22. Wilkens K. Adjustment for obesity. *ADA Renal Practice Group News* 1984.
23. 1983 Metropolitan Height and Weight Tables. Metropolitan Life Insurance Company: Metropolitan height and weight tables. *Stat Bull Metrop Insur*. 1983;64:2-9.
24. Abete I, Parra MD, Zulet MA, Martínez JA. Different dietary strategies for weight loss in obesity: role of energy and macronutrient content. *Nutr Res Rev*. 2006;19:5-17.
25. Human energy requirements. Report of a Joint FAO/WHO/UNO Expert Consultation. Rome: FAO; 2001. p. 17-24.
26. Butte NF, Wong WW, Hopkinson JM, Heinz CJ, Mehta NR, Smith EO. Energy requirements derived from total energy expenditure and energy deposition during the first two years of life. *Am J Clin Nutr*. 2000;72:1558-69.
27. Wang Z, Heshka S, Zhang K, Boozer C, Heymsfield S. Resting energy expenditure: systematic organization and critique of prediction methods. *Obes Res*. 2001;9:331-6.
28. Siervo M, Boschi V, Falconi C. Which REE prediction equation should we use in normal-weight, overweight and obese women? *Clin Nutr*. 2003;22:193-204.
29. Illner K, Brinkmann G, Heller M, Bösby-Westphal A, Müller MJ. Metabolically active components of fat free mass and resting energy expenditure in non obese adults. *Am J Physiol Endocrinol Metab*. 2000;278:E306-15.
30. Wang Z, Heshka S, Gallagher D, Boozer CN, Kotler DP, Heymsfield SB. Resting energy expenditure-fat-free mass relationship: new insights provided by body composition modelling. *Am J Physiol Endocrinol Metab*. 2000;279:E539-45.
31. Tershakovec AM, Kuppler KM, Zemel B, Stallings VA. Age, sex, ethnicity, body composition, and resting energy expenditure of obese African American and white children and adolescents. *Am J Clin Nutr*. 2002;75:867-71.
32. Johnstone AM, Murison SD, Duncan JS, Rance KA, Speakman JR. Factors influencing variation in basal metabolic rate include fat-free mass, fat mass, age, and circulating thyroxine but not sex, circulating leptin, or triiodothyronine. *Am J Clin Nutr*. 2005;82:941-8.
33. Noor MI, Poh BK, Zawiah H, Henry CJ. New predictive equations for estimation of basal metabolic rates of adolescents: Tropics versus temperate. *Forum Nutr*. 2003;56:250-3.
34. Hart DW, Wolf SE, Chinkes DL, Lal SO, Ramzy PI, Herndon DN. Beta-blockade and growth hormone after burn. *Ann Surg*. 2002;236:450-7.
35. De Lorenzo A, Tagliabue A, Andreoli A, Testolin G, Comelli M, Deurenberg P. Measured and predicted resting metabolic rate in Italian males and females, aged 18-59 y. *Eur J Clin Nutr*. 2001;55:208-14.
36. Arciero PJ, Goran MI, Poehlman ET. Resting metabolic rate is lower in women compared to men. *J Appl Physiol*. 1993;75:2514-20.
37. López-Fontaneda CM, Martínez-González MA, Martínez JA. Obesidad, metabolismo energético y medida de actividad física. *Rev Esp Obes*. 2003;1:29-36.
38. Kimm SY, Glynn NW, Aston CE, Poehlman ET, Daniels SR. Effects of race, cigarette smoking, and use of contraceptive medications on resting energy expenditure in young woman. *Am J Epidemiol*. 2001;154:718-24.
39. Perkins KA. Metabolic effects of cigarette smoking. *J Appl Physiol*. 1992;72:401-9.
40. Carrasco F, Reyes E, Núñez C, Riedemann K, Rimpler O, Sánchez G, et al. Gasto energético de reposo medido en obesos y no obesos: comparación con la estimación por fórmulas y ecuaciones propuestas para población chilena. *Rev Méd Chile*. 2002;130:51-60.
41. Daly JM, Heymsfield SB, Head CA, Harvey LP, Nixon DW, Katseff H, et al. Human energy requirements: overestimation by widely used prediction equation. *Am J Clin Nutr*. 1985;42:1170-4.
42. Frankenfield DC, Rowe WA, Smith JS, Cooney RN. Validation of several established equations for resting metabolic rate in obese and nonobese people. *J Am Diet Assoc*. 2003;103:1152-9.
43. Soulsby C, Weekes E. Estimating nutritional requirements. *Penlines*. 2003;22:4-5.
44. Dobratz JR, Sibley SD, Beckman TR, Valentine BJ, Kellogg TA, Ikramuddin S, et al. Predicting energy expenditure in extremely obese women. *J Parent Ent Nutr*. 2007;31:217-27.
45. Carrasco F, Rojas P, Ruz M, Rebolledo A, Mizón C, Codoceo J, et al. Concordancia entre gasto energético y reposo medido y estimado por fórmulas predictivas en mujeres con obesidad severa y mórbida. *Nutr Hosp*. 2007;22:410-6.
46. Nieman DC, Austin MD, Chilcote SM, Benezra L. Validation of a new handheld device for measuring resting metabolic rate and oxygen consumption in children. *Int J Sport Nutr Exerc Metab*. 2005;15:186-94.
47. Weissman C, Sardan A, Kemper M. In vitro evaluation of a compact metabolic measurement instrument. *J Parent Ent Nutr*. 1990;14:216-21.
48. Nieman DC, Trone G, Austin MD. A new handheld device for measuring resting metabolic rate and oxygen consumption. *J Am Diet Assoc*. 2003;103:588-93.
49. Stewart CL, Goody CM, Branson R. Comparison of two systems of measuring energy expenditure. *J Parent Ent Nutr*. 2005;29:212-7.
50. Alam DS, Hulshof PJM, Roordink D, Meltzer M, Yunus M, Salam MA, et al. Validity and reproducibility of resting metabolic rate measurements in rural Bangladeshi women: comparison of measurements obtained by Medgem and by Deltatract device. *Eur J Clin Nutr*. 2005;59:651-7.
51. Compber C, Hise M, Sternberg A, Kinosian BP. Comparison between Medgem and Deltatract resting metabolic rate measurements. *Eur J Clin Nutr*. 2005;59:1136-41.
52. Reeves MM, Capra S, Bauer J, Davies PSW, Battistutta D. Clinical accuracy of the MedGem indirect calorimeter for measuring resting energy expenditure in cancer patients. *Eur J Clin Nutr*. 2005;59:603-10.
53. Hlynsky J, Birmingham CL, Johnston M, Gritzner S. The agreement between the MedGem indirect calorimeter and a standard indirect calorimeter in anorexia nervosa. *Eat Weight Disord*. 2005;10:83-7.
54. Fields DA, Kearney JT, Copeland KC. MedGem hand-held indirect calorimeter is valid for resting energy expenditure measurement in healthy children. *Obesity*. 2006;14:1755-61.
55. St-Onge M, Allison DB, Rabasa-Lhoret R. Evaluation of a portable device to measure daily energy expenditure in free-living adults. *Am J Clin Nutr*. 2007;85:742-9.
56. King GA, Torres N, Potter C, Brooks TJ, Coleman KJ. Comparison of activity monitors to estimate energy cost of treadmill exercise. *Med Sci Sports Exerc*. 2004;36:1244-51.
57. Dorminy CA, Choi L, Akohoue SA, Chen KY, Buchowski MS. Validity of a multisensor Armband in estimating 24-h energy expenditure in children. *Med Sci Sports Exerc*. 2008;40:699-706.
58. Papazoglou D, Augello G, Tagliaferri M, Savia G, Marzullo P, Maltezos E, et al. Evaluation of a multisensor Armband in estimating energy expenditure in obese individuals. *Obesity*. 2006;14:2217-23.
59. Cereda E, Turrini M, Ciapanna D, Marbello L, Pietrobelli A, Corradi E. Assessing energy expenditure in cancer patients: a pilot validation of a new wearable device. *J Parent Ent Nutr*. 2007;31:502-55.