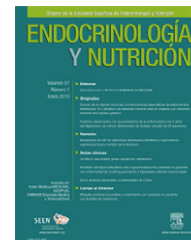




# ENDOCRINOLOGÍA Y NUTRICIÓN

www.elsevier.es/endo



## REVISIÓN

## Composición corporal: estudio y utilidad clínica

Emilio González Jiménez

Departamento de Enfermería, Universidad de Granada, Granada, España

Recibido el 8 de enero de 2012; aceptado el 12 de abril de 2012  
Disponible en Internet el 14 de junio de 2012

### PALABRAS CLAVE

Composición corporal;  
Detección;  
Antropometría

### KEYWORDS

Body composition;  
Detection;  
Anthropometry

**Resumen** El control y la prevención de la obesidad es una tarea compleja que requiere de un conocimiento profundo de las bases fisiológicas y la composición del organismo. En España, al igual que en la mayoría de los países, tradicionalmente se han utilizado criterios antropométricos, como los índices de peso, talla y el índice de masa corporal, para definir la obesidad y en general los trastornos alimentarios, pero estas variables poseen poca sensibilidad para monitorizar la respuesta al tratamiento, y es por eso que la evaluación de la composición corporal puede cualificar este proceso. El objetivo de este artículo es revisar algunas técnicas relativamente sencillas para evaluar la composición corporal y sus utilidades clínicas en los pacientes.  
© 2012 SEEN. Publicado por Elsevier España, S.L. Todos los derechos reservados.

### Body composition: assessment and clinical value

**Abstract** Obesity control and prevention is a complex task that requires a thorough understanding of the physiological basis and body composition. In Spain, as in most countries, anthropometric criteria, such as weight, height, body mass index, skinfold thickness and body circumferences have traditionally been used to define obesity and general eating disorders, but these variables have little sensitivity for monitoring response to treatment. This is why evaluation of body composition may qualify this process. The aim of this paper was to review some relatively simple techniques to assess body composition and their clinical value in patients.  
© 2012 SEEN. Published by Elsevier España, S.L. All rights reserved.

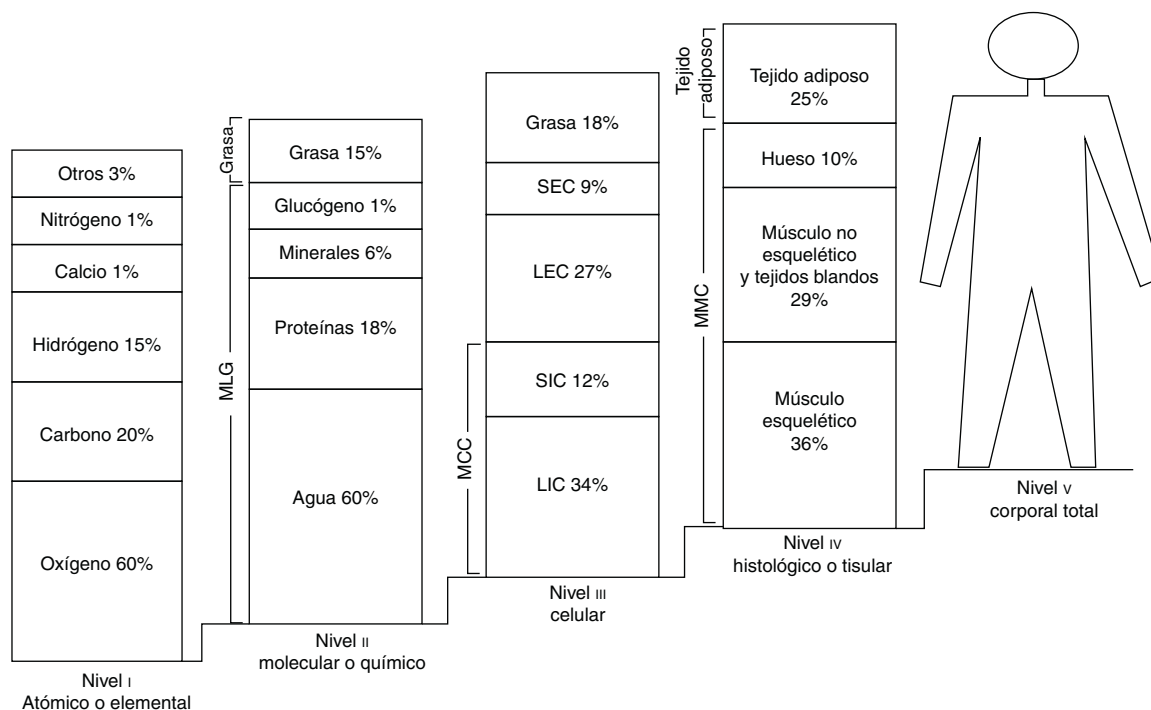
## Introducción

El análisis de la composición corporal constituye una parte fundamental en la valoración del estado nutricional. Para definir qué es la composición corporal conviene que

retomemos la definición de Wang et al.<sup>1</sup>, quienes la definen como aquella rama de la biología humana que se ocupa de la cuantificación *in vivo* de los componentes corporales, las relaciones cuantitativas entre los componentes y los cambios cuantitativos en los mismos relacionados con factores influyentes.

Por otra parte, y según Valtueña et al.<sup>2</sup>, el estudio de la composición corporal resultará imprescindible para comprender los efectos que la dieta, el ejercicio físico, la

Correo electrónico: emigoji@ugr.es



**Figura 1** Modelo multicompartimental o de los 5 niveles de composición corporal. LEC: líquidos extracelulares; LIC: líquidos intracelulares; MCC: LIC + SIC: masa celular corporal; MLG: masa libre de grasa; MMC: masa magra corporal; SEC: sólidos extracelulares; SIC: sólidos intracelulares.

Adaptada de Tojo et al.<sup>49</sup>

enfermedad y el crecimiento físico, entre otros factores del entorno, presentan sobre nuestro organismo.

## Modelos de composición corporal

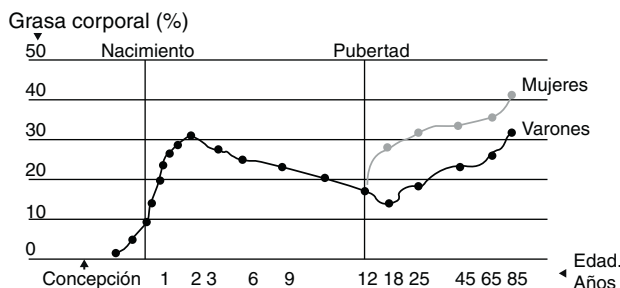
Para llevar a cabo un adecuado análisis de la composición corporal será necesario delimitar la composición del cuerpo humano en función de sus diferentes componentes, fraccionamiento del que resultarán distintos modelos de composición corporal o modelos compartimentales. Así, Behnke<sup>3</sup> propone un modelo de análisis de la composición corporal basado en la aplicación del principio de Arquímedes, en el cual el peso corporal estaba representado por 2 componentes fundamentales, la masa grasa y la masa libre de grasa. A partir de este modelo bicompartimental tendrá lugar el desarrollado de otro nuevo por Keys y Brozek<sup>4</sup>. Estos autores dividieron el organismo en 4 componentes básicos: masa grasa, masa ósea, agua y proteína.

Matiegka<sup>5</sup>, considerado como el padre de la composición corporal, en 1921 desarrolla un modelo de fraccionamiento de la masa corporal, esto es el llamado modelo de los 4 compartimentos o tetracompartimental. Dicho modelo contempla una composición basada en 4 componentes básicos: la masa grasa, la masa muscular, la masa ósea y la masa residual. Este modelo a partir de los años 70 sufrirá modificaciones de acuerdo a las propuestas de Ross y Wilson<sup>6</sup>, pasando por el modelo de 5 componentes de Drinkwater<sup>7</sup> y Kerr<sup>8</sup> y su modificación por Berral et al.<sup>9</sup>. En el caso del último modelo o pentacompartimental, este centra su atención en torno a 5 componentes o niveles de estudio que varían de menor a mayor complejidad en su estructura y

composición<sup>1</sup>. Así, el primer estamento está representado por el nivel atómico o elemental, el cual se compone de elementos como el oxígeno en un 60%, carbono en un 20%, hidrógeno en un 15%, calcio y nitrógeno sendos en un 1%, entre otros. Un segundo nivel, también conocido como nivel molecular o químico, compuesto por agua en un 60%, lípidos en un 15%, proteínas en un 18%, glucógeno en un 1% y minerales en un 6%. El tercer nivel o celular se refiere a masa celular, líquidos extracelulares, sólidos extracelulares y grasa. El cuarto nivel conocido como histológico o tisular contempla elementos como músculo esquelético, músculo no esquelético, tejidos blandos, el tejido adiposo y el hueso. Finalmente, el quinto y último nivel, también conocido como nivel corporal total. En la [figura número 1](#) se muestra el modelo multicompartimental o de los 5 niveles de composición corporal.

## Modelo de 2 componentes o bicompartimental

El modelo de 2 componentes o bicompartimental es el más utilizado para el análisis de la composición corporal en seres humanos. Dicho modelo asume la división de los componentes del organismo en 2 compartimentos, uno la masa grasa total y otro la masa libre de grasa, esto es, considerando 2 los compartimentos a nivel molecular<sup>10</sup>. Según este modelo, las características químicas y densidad de ambos compartimentos permanecen constantes, siendo la densidad para la masa grasa total de 0,9007 g/ml a 36 °C de temperatura<sup>11</sup>. Según este modelo, la masa grasa total es anhidra, aunque como veremos más adelante su grado de hidratación en el adulto sano es del 13%. La masa libre de



**Figura 2** Cambios en la composición grasa a lo largo de la vida.

Adaptada de: Warren y Shangold<sup>50</sup>.

grasa presenta una densidad de 1,1000 g/ml a la temperatura de 36 °C<sup>12</sup> y con un contenido de agua del 73%, en donde cabría destacar una concentración de potasio de 150 mEq/l.

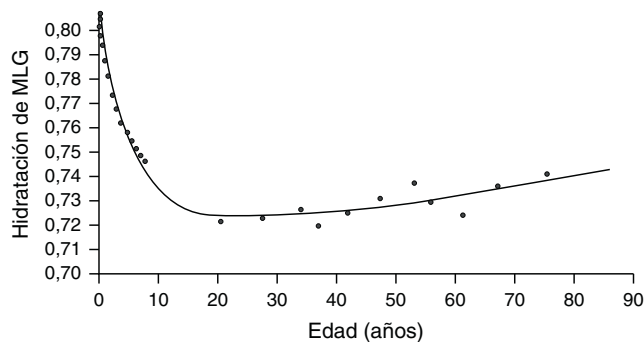
### Masa grasa total

La masa grasa total representa en el organismo un componente esencial de reserva energética y como aislante nervioso. Supone un componente susceptible de presentar variaciones en el sujeto de acuerdo a su edad, sexo y transcurso del tiempo<sup>13</sup> (fig. 2). Compuesta en un 83% por tejido graso, del cual el 50% se halla ubicado subcutáneamente, veremos cómo su distribución en el organismo resulta irregular en tanto hablemos de panículo adiposo de reserva o de grasa esencial.

Se considera que la masa grasa total no contiene proteínas, aunque en realidad estas representan el 3% de la masa grasa. Tampoco agua, aunque su grado de hidratación media en el adulto es del 13%, cifra que puede incrementarse en situaciones de obesidad. La densidad de la masa grasa es de 0,9007 g/ml<sup>14</sup>.

La materia grasa de reserva en nuestro organismo se halla principalmente a 2 niveles. A nivel subcutáneo representando entre el 27-50% del total de las reservas de grasa en el organismo<sup>15</sup>. Martín et al.<sup>16</sup>, a través de métodos directos (disección de cadáveres de entre 55 y 94 años de edad), encontraron que por cada kilogramo de grasa subcutánea, se hallaban acumulados 200 g de grasa a nivel interno. En este sentido, si omitiésemos el volumen total graso subcutáneo, los depósitos de grasa con localización interna ascenderían a 667 g en varones y 373 g para mujeres, lo cual indica, según Martín et al., una relación del 80% de la grasa subcutánea respecto de la grasa corporal total.

Respecto a su acumulación a nivel visceral, hemos de mencionar cómo esta mantiene un crecimiento exponencial con relación a la edad similar en ambos sexos. Si bien, es cierto que los sujetos varones tienden a desarrollar un mayor grado de panículo adiposo a este nivel que las mujeres<sup>17</sup>. Otros estudios han evidenciado que para la grasa abdominal (grasa abdominal total, grasa visceral abdominal, grasa subcutánea abdominal), existía un componente de hereditario de entre el 42-70%<sup>18</sup>.



**Figura 3** Hidratación según la edad de la masa libre de grasa. MLG: masa libre de grasa.

Adaptada de: Heymsfield et al.<sup>51</sup>

### Masa libre de grasa

La masa libre de grasa está compuesta por minerales, proteínas, glucógeno y agua, esto es, agrupa el agua corporal total intracelular y extracelular, siendo su grado de hidratación medio del 73% y con una densidad aproximada de 1,1000 g/ml a 36 °C de temperatura<sup>12</sup>. La masa libre de grasa, en el niño, posee una densidad menor (1,084 g/ml), debido en parte a un inacabado proceso de osificación. Es cierta igualmente la existencia de variaciones en individuos de raza negra; esto es, la densidad de su masa libre de grasa resulta mayor (1,113 g/ml).

Respecto de la hidratación de la masa libre de grasa, conviene considerar la existencia de una gran variabilidad; esto es, ni la raza ni el sexo parecen alterar a gran escala la hidratación de la masa libre de grasa. Así, el agua corporal comprende una proporción que varía del 55 al 65% respecto al peso corporal y de un 73% para la masa libre de grasa<sup>19</sup>. El contenido en agua corporal total aumenta con la edad. Asimismo, la relación entre los compartimentos extracelular e intracelular disminuye durante el crecimiento en niños a razón de un 0,4% por año (fig. 3). El agua ubicada en el interior de las células representa el compartimento acuoso más importante. Supone el 30-40% del peso corporal y entre el 50-70% del volumen de agua corporal total<sup>19</sup>.

### Antropometría como método para evaluar la composición corporal

Existe un amplio abanico de técnicas disponibles para llevar a cabo una adecuada determinación de la composición corporal de los sujetos. De acuerdo con González-Jiménez<sup>20</sup>, el grado de especificidad será variable de unas a otras; en tanto que mientras unas permiten evaluar con exclusividad la composición de un determinado sector corporal, otras permitirán conocer las características y constitución de más de un componente orgánico. Mediante este tipo de mediciones, y la aplicación posterior de ecuaciones de regresión múltiple, podremos inferir la composición y porcentajes de los compartimentos graso y magro, estimando con ello de forma indirecta la densidad corporal de los sujetos.

## Peso y talla

Se trata de medidas corporales de fácil obtención y de gran utilidad para valorar el estado nutricional y composición corporal del niño y el adulto. Ambas son usadas de manera rutinaria en la evaluación del crecimiento y en epidemiología como parte de los trabajos de seguimiento a determinadas poblaciones. La utilidad clínica de estas determinaciones es máxima cuando se usan combinadas a modo de índices, en los que se expresa de manera sencilla la relación entre el peso corporal, la longitud (estatura) y la edad<sup>21</sup>. Los 3 índices antropométricos derivados del peso y la talla más usados son: talla/edad, peso/edad y peso/talla.

La talla para la edad es un indicador útil en niños para ofrecer información acerca de una exposición durante largo tiempo a condiciones nutricionales adversas, por lo que resulta útil como método para valorar un déficit nutricional crónico. Respecto del índice peso/edad, 2 desviaciones estándar por debajo de la media habría de considerarse como bajo peso. Dicho índice no distingue entre un niño de estatura pequeña con un peso adecuado, de uno alto y delgado, debido a que este indicador no tiene en consideración la talla. Por otra parte, cuando se obtiene un valor del peso/talla por debajo de 2 desviaciones estándar de la media, de los valores de referencia internacionales, se dice que estamos ante una situación de adelgazamiento o emaciación<sup>21</sup>.

El peso es el resultado de una mezcla de diferentes tejidos en proporciones variables, las cuales no pueden ser determinadas mediante una báscula común. La evaluación del significado del peso debe tener en cuenta la talla, el tamaño de la estructura corporal o *body frame size* y la proporción de masa muscular, grasa y hueso<sup>22</sup>. Su variación, por lo tanto, puede ser el resultado de un cambio en la grasa corporal, lo que refleja de manera indirecta el ingreso energético. También puede estar relacionado con una retención de líquido (edema).

## Pliegues cutáneos

La cuantificación del volumen graso corporal mediante la determinación de los pliegues cutáneos constituye un método de análisis de composición corporal de indudable valor dada su sencillez metodológica, reducido coste y carácter no invasivo, siendo estas las razones por las que se utiliza pródigamente en clínica y epidemiología<sup>23</sup>.

Se trata de un proceso de gran utilidad para conocer la composición corporal de un sujeto. Teniendo en cuenta que entre el 27 y el 42% de la grasa corporal total se halla confinada a nivel subcutáneo, el grosor que esta ocupa en esta localización supondrá un óptimo reflejo de la composición corporal y el balance energético del sujeto a largo plazo<sup>24</sup>.

Ahora bien, teniendo en cuenta su carácter indirecto, el uso de los pliegues cutáneos como método de valoración de la composición corporal posee una serie de limitaciones entre las que cabría destacar las siguientes:

- La relación de la grasa subcutánea/grasa total varía mucho en poblaciones de individuos sanos.
- Los depósitos grasos pueden permanecer relativamente normales en individuos con desnutrición moderada.

- Tienen poca sensibilidad, ya que se precisan grandes cambios para que estos puedan verse reflejados de forma clara en las medidas.
- La existencia de edemas puede falsear los resultados.
- Se necesita un examinador experimentado para minimizar los errores de la técnica.

A pesar de su capacidad indirecta para valorar el compartimento graso, su medida permite estimar el volumen graso subcutáneo corporal, ya que se asume la proporcionalidad constante de la grasa subcutánea en relación con la grasa corporal total, siendo los lugares utilizados en las mediciones el punto en el que reside una media del volumen graso subcutáneo corporal total<sup>25</sup>. Por todo ello podemos considerar la medida de los pliegues cutáneos como un instrumento de gran validez para conocer el porcentaje total de grasa corporal<sup>25</sup>.

Las mediciones se realizan mediante un aparato sencillo denominado plicómetro o lipocalibre. Son 6 los pliegues cutáneos principales que valoran la distribución grasa. Estos son: tricipital, bicipital, subescapular, suprailíaco, pliegue del muslo y de la pantorrilla. En los últimos años se ha barajado la posibilidad de añadir a los 6 anteriores un séptimo, el pliegue submandibular.

La determinación de pliegues en las diferentes regiones anatómicas del sujeto guardará una diferente correlación con la grasa corporal total<sup>26</sup>. Así, el pliegue tricipital aporta información sobre el grado de obesidad generalizada y a nivel periférico, mientras que la determinación del pliegue subescapular y suprailíaco aporta datos sobre el contenido graso corporal a nivel troncular o central<sup>27</sup>. Por otra parte, la correlación entre los pliegues subescapular y tricipital supone un preciso indicador del patrón de distribución de la grasa corporal correlacionándose positivamente con el estado de las fracciones lipídicas, su implicación y consiguiente riesgo cardiovascular para el sujeto en cuestión<sup>28</sup>.

La masa grasa corporal total puede cuantificarse mediante el empleo de diferentes ecuaciones a partir de uno o varios pliegues cutáneos. Las ecuaciones más utilizadas son las de Durning y Womersley<sup>29</sup>, las cuales incluyen la determinación de 4 pliegues cutáneos, y las de Brook<sup>30</sup>, aplicando posteriormente la fórmula de Siri<sup>31</sup>, por la que se asume que la densidad de la masa grasa es de 0,9 g/l y la de la masa libre de grasa es de 1,1 g/l de forma constante.

## Índice de masa corporal

Descrito por Adolph Quetelet en 1835, ratificado por Keys en 1972 seguido de Garrow y Webster en 1985, el índice de masa corporal, constituye en la actualidad una herramienta útil para valorar el estado de adiposidad corporal y estado nutricional de los sujetos<sup>32</sup>.

La Organización Mundial de la Salud, reconociendo su utilidad clínica, estableció una clasificación correlacionando los valores de dicho índice con diversas causas de morbimortalidad. Así, se habla de normopeso cuando las puntuaciones del índice de masa corporal oscilan entre 18,5–24,9; sobrepeso u obesidad de grado I cuando los valores de dicho índice oscilan entre 25–29,9; obesidad de grado II, cuando los valores de índice de masa corporal varían entre 30–34,9; obesidad de grado III, cuando las puntuaciones en el índice

de masa corporal comprenden desde 35 a 39,9 y finalmente, obesidad de grado IV o también denominada obesidad mórbida, cuando los valores del índice de masa corporal son iguales o superiores a 40<sup>33</sup>.

La aplicación de este índice en el niño va a plantear cierta problemática si consideramos que el índice de masa corporal variará de acuerdo a las diferentes fases de desarrollo del tejido adiposo<sup>34</sup>. En el momento del nacimiento, el valor medio del índice de masa corporal suele ser de 13, valor que aumentará hasta 17 durante el primer año de vida para ir progresando hasta alcanzar un valor mediano de 21 a los 20 años de edad. Ésta es la circunstancia responsable de que sea necesaria la utilización de determinados estándares obtenidos a partir de estudios de corte longitudinal. De este modo, se acepta la utilización de percentiles para la edad y sexo como criterio de delimitación para la puntuación de niños en este índice. Así, el percentil 25 define la frontera con la delgadez, el percentil 85 como el límite para el sobrepeso, y por encima del percentil 95 (incluido este) para definir estados de obesidad<sup>34</sup>.

Según datos del importante metaanálisis desarrollado por Okorodudu et al.<sup>35</sup> en el que se valoró el desempeño de dicho índice para la detección de la adiposidad corporal, los valores del índice de masa corporal constituyen un parámetro de alta especificidad para diagnosticar la obesidad, aunque con una menor sensibilidad para identificar el grado de adiposidad.

Además, dicho índice posee una utilidad predictiva para determinados procesos o trastornos como los cardiovasculares, estableciéndose una asociación entre sus puntuaciones y ciertos factores de riesgo cardiovascular en adultos y niños; es el caso de la cada vez más frecuente hipertensión arterial en población infantil y adolescente y los niveles elevados de lipoproteínas en sangre<sup>36</sup>.

## Perímetros corporales

La valoración de ciertos perímetros corporales en el sujeto sano proporciona una información muy acertada acerca de la composición corporal del sujeto y en definitiva del volumen graso, muscular y óseo<sup>37</sup>. Son muchos los perímetros que pueden ser valorados, entre los que destacan el perímetro del brazo, del muslo, perímetro de la cintura y perímetro de la cadera. De ellos, es el perímetro o circunferencia muscular del brazo el que mayor interés cobra en el campo de la antropometría nutricional, pues se utiliza para evaluar la masa muscular corporal y su correlación con la reserva proteica. Dicho perímetro se calcula midiendo con la cinta métrica en el punto equidistante entre el acromion y el olécranon. Teniendo en cuenta que su valor depende de los compartimentos graso y muscular, se han ideado fórmulas para estimar el área muscular y el área grasa, mediante el normograma de Gurney y Jelliffe. Así, se considera que el área muscular mide la reserva proteica y el área grasa la reserva energética. A través de ellas se calcula el índice adiposo muscular, que es igual al cociente entre la grasa y el área muscular, o lo que resulta de dividir el pliegue del tríceps entre el perímetro del brazo<sup>38</sup>.

Otro de los parámetros de interés en el estudio del sujeto con sobrepeso u obesidad es el cálculo de los perímetros de la cintura y la cadera y su consiguiente índice, el

denominado índice de cintura-cadera. Dicho índice constituye un preciso indicador para estimar la cantidad de grasa visceral existente en un individuo<sup>39</sup>. Sin embargo, no debemos obviar ciertos aspectos, como el volumen de masa muscular glútea o la edad del individuo, que van en cierto modo a difuminar la precisión estimatoria de dicho índice<sup>40</sup>.

Otros investigadores han puesto en entredicho la eficacia de dicho índice para el diagnóstico de patologías crónicas de salud en niños<sup>41</sup>. Por otra parte, numerosos estudios han resaltado la importancia de este índice en la valoración nutricional de niños y adolescentes, pues ofrece información relativa a la posibilidad de desarrollo o padecimiento futuro del temido síndrome metabólico<sup>42</sup>. Tanto es así, que hay quienes consideran y atribuyen al índice de cintura-cadera un mayor valor predictivo que el ya conocido índice de masa corporal, respecto a ciertas enfermedades como las cardiovasculares o la diabetes en el niño<sup>43</sup>.

Del mismo modo, otros estudios epidemiológicos en sujetos obesos han establecido la asociación de las circunferencias abdominal y de la cadera como el mejor factor discriminante en la detección y cuantificación del riesgo de padecer enfermedades cardiovasculares, demostrando con ello incluso su mayor sensibilidad frente a la determinación única de la circunferencia abdominal<sup>44</sup>.

Otro índice de especial importancia para valorar la distribución de la grasa corporal es el denominado índice de conicidad propuesto por Valdez et al. en 1992<sup>45</sup>. Dicho índice se utiliza para evaluar el volumen de grasa existente en la región abdominal de sujetos adultos. En el caso de adolescentes y niños su uso y efectividad permanece aún cuestionado. Para su cálculo se requiere de la determinación del perímetro de la cintura en metros sobre el nivel del ombligo, la estatura máxima del sujeto expresada en metros y el peso total corporal expresado en kilogramos. Dicho parámetro considera el organismo humano como un cilindro adquiriendo este en su extremo más delgado un índice de valor igual a 1,00. Su extremo más grueso se correspondería con la base de 2 conos perfectos cuyo punto más ancho se identificaría con el abdomen del individuo, lo que representaría un índice por valor máximo de 1,73.

$$IC = CC(m) / 0,109 \sqrt{\text{peso (kg)} / \text{talla (m)}}$$

En 1993, estos autores evidenciaron la existencia de una elevada correlación entre el índice de conicidad y el índice de cintura-cadera ( $r=0,64$  a  $0,86$ ). Comparándolo con el índice de cintura-cadera, el índice de conicidad nos ofrece información sobre el volumen de adiposidad total existente, pero en este caso y a diferencia de su homólogo, sin contemplar la circunferencia de la cadera, lo que según Wardle et al.<sup>46</sup>, le confiere cierta ventaja a la hora de comparar sujetos de diferente constitución. No obstante, y a pesar de lo ya mencionado, numerosos autores recomiendan la necesidad de analizar más detenidamente su capacidad para valorar el grado de adiposidad abdominal así como su potencial poder predictivo de riesgo cardiovascular en adultos, adolescentes y niños<sup>47</sup>.

Por otra parte, otro indicador del patrón de acumulación grasa en niños lo representa el índice de centralidad, por el cual se correlacionan medidas de pliegues cutáneos de la región abdominal y de extremidades, siendo los más

utilizados para su determinación el pliegue subescapular y tricípital. Las puntuaciones elevadas en dicho índice indicaran un patrón de distribución grasa de tipo androide, mientras que valores bajos se correlacionan con un patrón de distribución grasa ginoide<sup>48</sup>.

## Conclusiones

Un excesivo componente de grasa corporal se relaciona con problemas cardiovasculares tales como arteriosclerosis, hipertensión arterial, diabetes, dislipidemia, enfermedad pulmonar obstructiva crónica y osteoartritis. En este sentido, resulta esencial que los profesionales de la salud (tanto enfermeros como médicos) se formen y actualicen en el manejo y aplicación de este tipo de técnicas. De su adecuado manejo y aplicación sistemática entre la población de riesgo depende en cierta medida la detección y diagnóstico temprano de trastornos tan graves como la obesidad y sus consecuencias en salud, especialmente entre los más jóvenes.

## Conflicto de intereses

El autor declara no tener ningún conflicto de intereses.

## Bibliografía

- Wang ZM, Pierson RN, Heymsfield SB. The five level method: a new approach to organizing body-composition research. *Am J Clin Nutr.* 1992;56:19-28.
- Valtueña S, Arijá V, Salas J. Estado actual de los métodos de evaluación de la composición corporal: descripción, reproducibilidad, precisión, ámbitos de aplicación, seguridad, coste y perspectivas de futuro. *Med Clin (Barc).* 1996;106:624-35.
- Behnke JR, Feen BG, Welham WC. The specific gravity of healthy men. *JAMA.* 1942;118:495-8.
- Keys A, Brozek J. Body composition in adult man. *Physiol Rev.* 1953;33:245-325.
- Matiegka J. The testing of physical efficiency. *Am J Phys Antrop.* 1921;4:223-30.
- Ross WD, Wilson NC. Astratagem for proportional growth assessment. *Children and exercise. Acta Paediatr Belg.* 1974: 169-82.
- Drinkwater DT, Martin AD, Ross WD, Clarys JP. Validation by cadaver dissection of Matiegka's equations for the anthropometric estimation of anatomical body composition in adults humans. En: Day JAP, editor. *Perspectives in Kinanthropometry.* Champaign: Human Kinetics; 1984.
- Kerr DA. An anthropometric method for fractionation of skin, adipose, muscle, bone and residual tissue masses in males and females age 6 to 77 years, [Tesis Doctoral]. Simon Fraser University. 1988.
- Berral FJ, Escribano A, Berral CJ, Lancho JL. Body composition of top performance athletes determined by a modification of Kerr's method. *Med Sci Sport Exer.* 1992;4-6.
- Resende CM, Camelo Júnior JS, Vieira MN, Ferrioli E, Pfrimer K, Perdoná GS, et al. Body composition measures of obese adolescents by the deuterium oxide dilution method and by bioelectrical impedance. *Braz J Med Biol Res.* 2011;44:1164-70.
- Parm AL, Saar M, Pärna K, Jürimäe J, Maasalu K, Neissaar I, et al. Relationships between anthropometric, body composition and bone mineral parameters in 7-8-year-old rhythmic gymnasts compared with controls. *Coll Antropol.* 2011;35:739-45.
- Park H, Park K, Kim MH, Kim GS, Chung S. Gender differences in relationship between fat-free mass index and fat mass index among Korean children using body composition chart. *Yonsei Med J.* 2011;52:948-52.
- Kaur M, Talwar I. Body composition and fat distribution among older Jat females: a rural-urban comparison. *Homo.* 2011;62:374-85.
- Biosca M, Rodríguez G, Ventura P, Samper MP, Labayen I, Collado MP, et al. Central adiposity in children born small and large for gestational age. *Nutr Hosp.* 2011;26:971-6.
- Pereira-Lancha LO, Coelho DF, de Campos-Ferraz PL, Lancha Jr AH. Body fat regulation: is it a result of a simple energy balance or a high fat intake? *J Am Coll Nutr.* 2010;29:343-51.
- Martin AD, Drinkwater DT, Clarys JP. Prediction of body fat skinfold callipers: assumptions and cadaver evidence. *Int J Obes.* 1984;7:17-25.
- Moschonis G, Chrousos GP, Lionis C, Mougios V, Manios Y. Association of total body and visceral fat mass with iron deficiency in preadolescents: the Healthy Growth Study. *Br J Nutr.* 2011;16:1-10.
- Andersson DP, Löfgren P, Thorell A, Arner P, Hoffstedt J. Visceral fat cell lipolysis and cardiovascular risk factors in obesity. *Horm Metab Res.* 2011;43:809-15.
- Eriksson B, Löf M, Eriksson O, Hannestad U, Forsum E. Fat-free mass hydration in newborns: assessment and implications for body composition studies. *Acta Paediatr.* 2011;100: 680-6.
- González Jiménez E. Evaluación de una intervención educativa sobre nutrición y actividad física en niños y adolescentes escolares con sobrepeso y obesidad de Granada y provincia. [Tesis Doctoral]. Universidad de Granada. 2010.
- González Jiménez E, Aguilar Cordero MJ, García García CJ, García López PA, Álvarez Ferre J, Padilla López CA. Prevalencia de sobrepeso y obesidad nutricional e hipertensión arterial y su relación con indicadores antropométricos en una población de escolares de Granada y su provincia. *Nutr Hosp.* 2011;26:1004-10.
- Aguilar Cordero MJ, González Jiménez E, Sánchez Perona J, Padilla López CA, Álvarez Ferré J, Mur Villar N, et al. Metodología del estudio Guadix sobre los efectos de un desayuno de tipo mediterráneo sobre los parámetros lipídicos y postprandiales en preadolescentes con sobrepeso y obesidad. *Nutr Hosp.* 2010;25:1025-33.
- Ramírez-Vélez R, Suárez-Ortegón MF, Aguilar de Plata AC. Association between adiposity and cardiovascular risk factors in prepubertal children. *Endocrinol Nutr.* 2011;58:457-63.
- Milanese C, Piscitelli F, Lampis C, Zancanaro C. Anthropometry and body composition of female handball players according to competitive level or the playing position. *J Sports Sci.* 2011;29:1301-9.
- Karalejic M, Jakovljevic S, Macura M. Anthropometric characteristics and technical skills of 12 and 14 year old basketball players. *J Sports Med Phys Fitness.* 2011;51:103-10.
- Amaral TF, Restivo MT, Guerra RS, Marques E, Chousal MF, Mota J. Accuracy of a digital skinfold system for measuring skinfold thickness and estimating body fat. *Br J Nutr.* 2011;105:478-84.
- Knechtle B, Knechtle P, Rosemann T. Upper body skinfold thickness is related to race performance in male Ironman triathletes. *Int J Sports Med.* 2011;32:20-7.
- Sarría A, García LA, Moreno LA, Fleta J, Morellón MP, Bueno M. Skinfold thickness measurements are better predictors of body fat percentage than body mass index in male Spanish children and adolescents. *Eur J Clin Nutr.* 1998;52:573-6.
- Durning J, Womersley J. Body fat assessed from total body density and its estimation from skinfold thickness measurement on 481 men and women aged 16 to 72 years. *Br J Nutr.* 1974;32:77-97.

30. Brook CGD. Determination of body composition of children from skinfold measurements. *Arch Dis Child*. 1971;46:182-4.
31. Siri WE. Body composition from fluid spaces and density: analysis of methods. En: Brozek J, Henschel A, editores. *Techniques for measuring body composition*. Washington: National Acad Sci National Res Council; 1961.
32. Welborn TA, Dhaliwal SS. Preferred clinical measures of central obesity for predicting mortality. *Eur J Clin Nutr*. 2007;61:1373-9.
33. WHO. Programme of nutrition, family and reproductive health. Obesity. Preventing and managing the global epidemic. Report of a WHO consultation on obesity. Geneva, 3/5 June, 1997. Ginebra: WHO; 1998.
34. Schwiebbe L, van Rest J, Verhagen E, Visser RW, Holthe JK, Hirasing RA. Childhood obesity in the Caribbean. *West Indian Med J*. 2011;60:442-5.
35. Okorodudu DO, Jumean MF, Montori VM, Romero-Corral A, Somers VK, Erwin PJ, et al. Diagnostic performance of body mass index to identify obesity as defined by body adiposity: a systematic review and meta-analysis. *Int J Obes*. 2010;34:791-9.
36. Lewington S, Whitlock G, Clarke R, Sherliker P, Emberson J. Blood cholesterol and vascular mortality by age, sex, and blood pressure: a metaanalysis of individual data from 61 prospective studies with 55.000 vascular death. *Lancet*. 2007;370:1829-39.
37. Lohman TG. *Advances in body composition assessment*. Champaign IL: Human Kinetic Publishers;1992.
38. Briend A, Maire B, Fontaine O, Garenne M. Mid-upper arm circumference and weight-for-height to identify high-risk malnourished under-five children. *Matern Child Nutr*. 2012;8:130-3.
39. Seidell JC, Oosterlee A, Thijssen M, Burema J, Deurenberg P, Hautvast J, et al. Assessment of intra-abdominal and subcutaneous abdominal fat: relation between anthropometry and computed tomography. *Am J Clin Nutr*. 1987;45:7-13.
40. Björntorp P. Abdominal fat distribution and disease: an overview of epidemiological data. *Ann Med*. 1992;24:15-8.
41. Fox K, Derek P, Armstrong N, Sharpe P, Bell M. Abdominal fat deposition in 11 year old children. *Int J Obes*. 1995;17:11-6.
42. Marcano M, Solano L, Pontiles M. Prevalencia de hiperlipidemia e hiperglicemia en niños obesos: ¿riesgo aumentado de enfermedad cardiovascular? *Nutr Hosp*. 2006;21:474-83.
43. Faintuch J, Bortolotto LA, Marques PC, Faintuch JJ, J. França JJ, Ceconello I. Systemic inflammation and carotid diameter in obese patients: pilot comparative study with flaxseed powder and cassava powder. *Nutr Hosp*. 2011;26:208-13.
44. Canoy D, Boekholdt SM, Wareham N, Luben R, Welch A, Bingham S, et al. Body fat distribution and risk of coronary heart disease in men and women in the European Prospective Investigation Into Cancer and Nutrition in Norfolk cohort: a population based prospective study. *Circulation*. 2007;116:2933-43.
45. Valdez R, Seidell JC, Ahn YI, Weis KM. A new index of abdominal adiposity as an indicator of risk for cardiovascular disease. A cross population study. *Int J Obesity*. 1992;16:77-82.
46. Wardle J, Wrightson K, Gibson L. Body fat distribution in South Asian women and children. *Int J Obes*. 1996;20:267-71.
47. Bose KCG, Mascie-Taylor N. Conicity index and waist-hip ratio and their relationship with total cholesterol and blood pressure in middle-aged European and migrant Pakistan men. *Ann Hum Biol*. 1998;25:11-6.
48. Moreno LA, Fleta J, Mur L, Feja C, Sarría A, Bueno M. Indices of body fat distribution in spanish children aged 4,0 to 14,9 years. *J Paediatr Gastroenterol Nutr*. 1997;25:175-81.
49. Tojo R, Leis R. Obesidad infantil. Factores de riesgo y comorbilidades. En: Serra L, Aranceta J, editores. *Obesidad infantil y juvenil*. Estudio enKid. Barcelona: Masson; 2001.
50. Warren M, Shangold M. *Sports Gynecology: problems and care of the athletic female*. Cambridge MA: Blackwell Scientific Publications; 1997.
51. Heymsfield SB, Matthews D. *Body composition: research and clinical advances 1993 A.S.P.E.N. research workshop*. JPEN J Parenter Enteral Nutr. 1994;18:91-103.