

Composición corporal: Su importancia en la práctica clínica y algunas técnicas relativamente sencillas para su evaluación

Body composition: its importance in clinical practice and some relatively simple techniques for evaluation

Emilio G. Martínez¹

Resumen

El control y la prevención de la desnutrición es una tarea inconclusa en muchos países, entre ellos Colombia. Al mismo tiempo, enfermedades crónicas relacionadas con la nutrición son ahora la principal causa de discapacidad y muerte, no sólo a nivel global sino también en muchos de los países en vías de desarrollo. En Colombia, 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 (IMC), para definir la obesidad, la desnutrición y los trastornos alimentarios, pero estas variables poseen poca sensibilidad para monitorear 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 ventajas y desventajas en la práctica clínica para el seguimiento de los pacientes. Mientras la obesidad impacta de manera adversa en el corto plazo la salud, existe una evidencia creciente de que las enfermedades cardiovasculares tienen su origen en la niñez y la adolescencia, de manera que, independientemente de la composición corporal en la vida adulta, los niveles elevados de adiposidad en la niñez pudieran por sí solos incrementar el riesgo de enfermedades posteriormente. Es una prioridad para las universidades, las instituciones de salud y los encargados de las políticas en salud estimular la investigación nacional en este campo, con el objetivo de alcanzar el desarrollo de valores de referencia nacionales.

Palabras clave: Composición corporal, transición nutricional, peso, talla, pliegues cutáneos, circunferencia de la cintura, Índice de Masa Corporal, impedancia bioeléctrica.

Fecha de recepción: 27 de enero de 2010
Fecha de aceptación: 3 de marzo de 2010

¹ Médico Cirujano. PhD. Profesor asociado. Coordinador del Laboratorio de Morfología, Departamento de Medicina, Universidad del Norte. Barranquilla (Colombia). egmartinez@uninorte.edu.co
Correspondencia: Km 5, carretera Puerto Colombia. Barranquilla (Colombia).

Abstract

The control and prevention of malnutrition is an unfinished task in many countries, including Colombia. At the same time, chronic diseases related to nutrition are now the leading cause of disability and death, not only globally but also in many developing countries. In Colombia as in most countries, traditionally have been used as anthropometric criteria like indices of weight, height and body mass index (BMI) to define obesity, malnutrition and eating disorders, but these variables have little sensitivity to monitor treatment response and that is why the assessment of body composition may qualify this process. The aim of this paper is to review some relatively simple techniques for assessing body composition and its advantages and disadvantages in clinical practice for monitoring patients. While obesity adversely impacts in the short-term health, there is growing evidence that cardiovascular disease has its origins in childhood and adolescence, so that regardless of body composition in adult life, elevated levels adiposity in childhood may by themselves increase the risk of disease later. It is a priority for universities, health institutions and policy makers in health, to stimulate national research in this field in order to achieve the development of national benchmarks.

Key words: Body composition, nutrition transition, weight, height, skinfolds, waist circumference, Body Mass Index, bioelectrical impedance.

INTRODUCCIÓN

El control y la prevención de la desnutrición es una tarea inconclusa en muchos países, entre ellos Colombia. Al mismo tiempo, enfermedades crónicas relacionadas con la nutrición son ahora la principal causa de discapacidad y muerte, no sólo a nivel global sino también en muchos de los países en vías de desarrollo. Los cambios en los sistemas de alimentación, los patrones de trabajo y recreación, la dieta y la actividad física están causando sobrepeso, obesidad, diabetes, hipertensión, enfermedad cardiovascular y cáncer en los países más pobres (1).

En la mayoría de los países de Asia, América Latina, Norteamérica y el Oriente Medio, así como en algunas áreas del África subsahariana, se ha experimentado un cambio en la estructura general de sus hábitos alimentarios y su relación con el patrón de

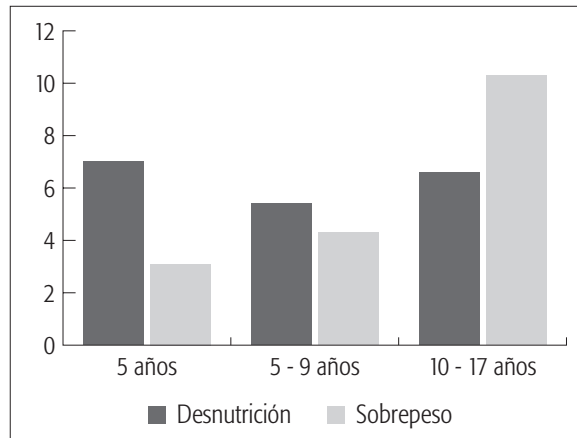
enfermedades originadas por éste en las últimas décadas. La malnutrición en la vida temprana, seguida por una dieta inapropiada y poca actividad física en la niñez y la vida adulta, incrementan la vulnerabilidad a las enfermedades crónicas. Estos cambios incluyen un mayor incremento en el consumo de grasas y azúcares añadidos a la dieta, un marcado incremento de productos de origen animal y un descenso en la ingesta total de cereales y fibra (2), unido a la disminución en la actividad física, motivada en parte por el desarrollo de los artefactos tecnológicos que reducen el esfuerzo físico (en particular en los estratos altos de la población) y también por el temor a desarrollar actividades al aire libre, producto de los altos índices de violencia que se registran, en especial en las zonas de menores ingresos, tanto de países ricos como pobres (3, 4).

En Colombia, al igual que en muchos otros países, tradicionalmente se han utilizado criterios antropométricos, como los índices basados en el peso, la talla y el índice de masa corporal (IMC), para definir la obesidad, la desnutrición y los trastornos alimentarios. Estas variables poseen poca sensibilidad para monitorear la respuesta al tratamiento, y es por eso que la evaluación de la composición corporal puede cualificar este proceso; adicionalmente, la grasa corporal y su distribución necesita una mayor atención en su relación con la etiología de las enfermedades cardiovasculares, la hipertensión y la diabetes tipo 2, enfermedades que ahora se considera que tienen su “periodo de incubación” durante la niñez y la adolescencia (5).

En 2005, la desnutrición infantil global total (que evalúa la relación entre peso y edad) en el país en menores de 5 años era de 7.0%, entre los 5 y 9 años, del 5.4%, y entre 10 y 17 años, del 6.6%, mientras los niveles de sobrepeso para esos mismos grupos alcanzaban 3.1, 4.3 y 10.3% respectivamente (figura 1), prevaleciendo la desnutrición en el área rural y el sobrepeso en el área urbana (6). Al igual que en otros estudios, estas cifras reflejan que el problema del sobrepeso, en general, se incrementa en proporción directa con la edad (7, 8), el nivel de pobreza en los países desarrollados (9-12) y el mayor estatus socioeconómico en los países en vías de desarrollo (13-14). Durante el periodo de la transición nutricional, el problema del sobrepeso se traslada cada vez más hacia los estratos socioeconómicos bajos, y coexiste con los problemas de desnutrición que se mantienen, lo que somete a los pobres a una doble carga nutricional (15).

El objetivo de esta presentación es revisar algunas técnicas relativamente sencillas para evaluar la composición corporal, sus ventajas

y desventajas en la práctica clínica para el seguimiento de los pacientes.



Fuente: datos tabulados por el autor.

Figura 1. Relación entre desnutrición infantil global y sobrepeso en Colombia. Año 2005

MÉTODOS PARA EVALUAR LA COMPOSICIÓN CORPORAL

El estudio de la composición corporal ha estado históricamente condicionado más por lo que se ha podido que por lo que se ha querido investigar, siendo la limitante fundamental el desarrollo de las técnicas (16).

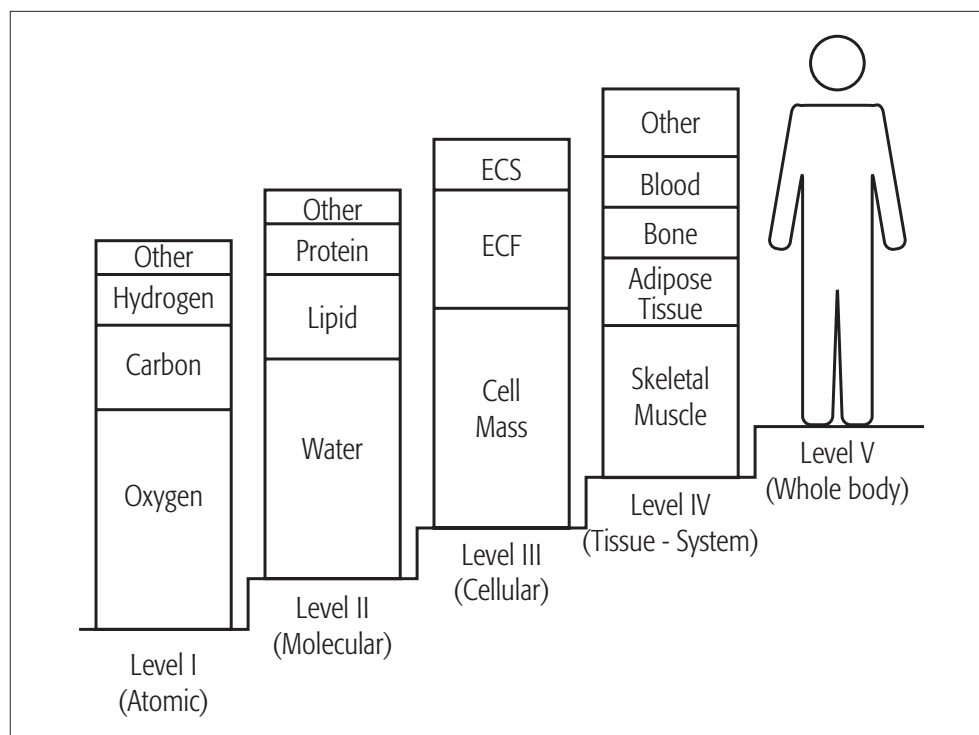
El método ideal para estudiar la composición corporal de un individuo es aquel mediante el cual se pudiera analizar por separado todos y cada uno de los elementos que integran el organismo humano; es por eso que el método más completo hasta la fecha es el análisis del cadáver. Estos estudios se realizaron entre 1945 y 1956 en los cadáveres de 5 hombres y una mujer, y aunque la diferencia entre ellos en cuanto al tejido graso era considerable, todos mostraron con relación a los tejidos libres de grasa unos valores relativamente constantes de 73% de agua, alrededor de 20%

de proteína y unos 69 mmol K/kg (17). Hasta el momento, ninguno de los métodos para evaluar la composición corporal lo puede hacer de manera directa en el sujeto vivo, por lo que ésta se realiza infiriendo la misma a partir de las mediciones de las propiedades corporales, de ahí que todas las técnicas en la práctica presenten dos tipos de error:

- Un primer error, *de tipo metodológico*, cuando se lleva a cabo la recolección del dato primario, y
- un segundo error, *en los supuestos que asumimos* cuando el dato primario es convertido en el resultado final; la magnitud relativa de estos errores varía entre las técnicas (18).

Los niveles en los que se puede realizar la evaluación de la composición corporal han sido propuestos desde hace más de dos décadas y se representan en la figura 2 (19).

Los métodos utilizados para evaluar la composición corporal consideran el cuerpo humano dividido en compartimientos; el modelo utilizado tradicionalmente es el que corresponde a un modelo bicompartimental, en el que el organismo humano está compuesto por *masa grasa* (MG) y un tejido residual, el cual es denominado *masa libre de grasa* (MLG), no obstante la composición del compartimiento masa libre de grasa es compleja, y ha dado lugar al surgimiento de otro tipo de modelos llamados multicompartmentales (figura 3). Mientras más componentes se incluyan en un modelo, mayor será la probabilidad de error.



Fuente: Wang ZM et al. The five - level model: a new approach to organizing body-composition. *Am J Clin Nutr* 1992; 56: 19 - 28 (referencia 19).

Figura 2. Los cinco niveles para evaluar la Composición Corporal

Modelo de dos componentes

$$\text{Peso corporal} = \text{MLG} + \text{MG}$$

Modelo de tres componentes

$$\text{Peso corporal} = \text{ACT} + \text{MSLG} + \text{MG}$$

Modelo de cuatro componentes

$$\text{Peso corporal} = \text{ACT} + \text{MM} + \text{MR} + \text{MG}$$

MLG: Masa Libre de Grasa MM: Masa Mineral
 MG: Masa Grasa MSLG: Masa Seca Libre de Grasa
 ACT: Agua Corporal Total MR: Masa Residual

Fuente: datos del autor.

Figura 3. Modelos para evaluar la Composición Corporal

Entre los métodos más frecuentemente utilizados para evaluar la composición corporal se encuentra la Antropometría (que se basa en una visión bicompartimental del cuerpo humano), y dentro de ésta, el peso, la talla, los pliegues cutáneos, el Índice de Masa Corporal y la circunferencia de la cintura son las herramientas más utilizadas.

EL PESO Y LA TALLA

El peso y la talla son las dimensiones antropométricas más conocidas en la práctica médica y en los estudios de crecimiento y desarrollo. Ambas son a menudo utilizadas de manera rutinaria en la práctica hospitalaria durante las consultas de Pediatría para evaluar el progreso del crecimiento y en epidemiología como parte de los trabajos de seguimiento a determinadas poblaciones, debido a lo fácil de su obtención y al bajo costo de las herramientas necesarias para hacerlo. La mayor utilidad de estas dimensiones es cuando se utilizan combinadas en índices, en los que se expresa de manera sencilla la relación

entre el peso corporal del niño, su longitud (estatura) y la edad (20). En niños, los tres índices antropométricos derivados del peso y la talla más usados son: talla/edad, peso/edad y peso/talla (21).

Cuando se obtiene un valor dos desviaciones estándar por debajo de la media en relación con la **talla/edad** da por resultado un **retraso en la talla (stunting)** (20); la talla para la edad es un indicador que a menudo se relaciona con una exposición repetida durante largo tiempo a condiciones nutricionales o ambientales adversas (22), por lo que refleja el resultado de un proceso de déficit nutricional crónico.

Dos desviaciones estándar por debajo de la media como resultado en relación con el **peso/edad** resulta en **bajo peso** (20); el peso para la edad 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, y como es sabido, por lo general los niños de mayor talla tienden a pesar más que sus contrapartes (tabla 1).

Si se obtiene un valor del **peso/talla** (longitud) por debajo de dos desviaciones estándar de la media de los valores de referencia internacionales se dice que estamos en presencia de **adelgazamiento o emaciación** (20). Una ventaja de la utilización de este indicador se observa en poblaciones donde es difícil obtener la edad del niño porque este dato no se registra o donde, pese a existir, no es confiable.

En general, 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

Tabla 1

Examples of differences in anthropometric status between various
18 - month - old males of different weights and heights

Example	Weight (kg)	Height (cm)	Anthropometry*			Description
			WHZ	HAZ	WAZ	
1	10.7	88.5	-2.0	2.0	-0.7	Very Tall
2	9.1	88.5	-3.7	2.0	-2.0	
3	10.2	85.4	-2.0	1.0	1.1	Moderately tall
4	9.1	85.4	-3.2	1.0	-2.0	
5	9.1	79.4	-2.0	-1.0	-2.0	Moderately short
6	9.1	76.4	-1.3	-2.0	-2.0	Very short
7	8.5	76.4	-2.0	-2.0	-2.5	

*WHZ= weight for height z-score; HAZ = height for age z-score; WAZ = weight for age z-score

Fuente: Gorstein J, Sullivan K, Yip R, De Onis M, Trowbridge F, Fajans P, Clugston G. Issues in the assessment of nutritional status using anthropometry. *Bulletin of the World Health Organization* 1994; 72:273-283 (referencia 22).

corporal (*body frame size*) y la proporción de masa muscular, grasa y hueso (23). 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; pero también puede estar en relación con retención de líquido (edema) o los producidos por cambios en el tamaño de las vísceras, por lo que el peso en los niños se convierte en un indicador cuyo mayor valor está en los seguimientos a largo plazo.

LOS PLIEGUES CUTÁNEOS

Se usan tanto en estudios epidemiológicos como clínicos para la valoración del estado nutricional (24). Han sido utilizados desde mediados del siglo pasado, y de manera más regular a partir del desarrollo de calibradores estandarizados, que permiten realizar una medición más precisa. Tienen la ventaja de ser fáciles y rápidos de obtener en todas las

edades, aunque en los niños muy pequeños pueden causar cierto estrés y en los obesos la precisión puede ser baja. Consisten en tomar una doble capa de piel con la grasa contenida entre ambas en determinados sitios del tronco y los miembros, por lo general en el lado izquierdo del cuerpo, y que con el instrumento adecuado y el entrenamiento debido es un método relativamente fácil de utilizar. Se ha planteado que los pliegues cutáneos no proporcionan una medida precisa de la adiposidad corporal porque la utilización de los pliegues como una medición indirecta de la grasa corporal pudiera estar afectada por las diferencias en el patrón de la adiposidad corporal (25). Entre los más utilizados están los del tronco (subescapular y suprailíaco), que serían un indicador de la distribución central de la adiposidad, y los del miembro superior (tricipital), que darían una indicación de la distribución periférica; sin embargo, el de la pierna, que puede ser un componente significativo de la grasa corporal,

a menudo es ignorado. Los valores obtenidos se introducen en ecuaciones de regresión que partiendo de unos supuestos teóricos predicen el porcentaje de grasa de la persona (26), pero en la práctica, el utilizar ecuaciones obtenidas en poblaciones diferentes de las cuales fueron desarrolladas las fórmulas introduce errores en la estimación, por lo que lo más aconsejable es la utilización del valor primario del pliegue y evaluar solamente los cambios en el tiempo de la magnitud de la adiposidad subcutánea.

EL ÍNDICE DE MASA CORPORAL (IMC)

Calculado como el peso entre el cuadrado de la talla (kg/m^2), es utilizado ampliamente en la práctica clínica como un indicador del peso relativo (27). En adultos, el IMC ha demostrado tener un valor predictivo clínico en la diabetes tipo 2, sin embargo, en niños y adolescentes es menos claro. El IMC es un indicador global del estado nutricional utilizado, por ejemplo, para categorizar

tanto el sobrepeso y la obesidad como los desordenes nutricionales, pero su relación con la composición corporal es controversial (18). Se utilizan tres puntos de corte para la población mayor de 18: de 18.5 hasta 24.9 kg/m^2 se considera normopeso; entre 25.0 y 25.9 kg/m^2 , sobrepeso, y por encima de 30 kg/m^2 , obeso. En general, el IMC disminuye en la infancia hasta los 5 o 6 años de edad, donde alcanza su valor más bajo, para luego incrementarse linealmente con la edad a lo largo de la niñez y la adolescencia hasta la edad adulta. Las diferencias entre hombres y mujeres son pequeñas durante la niñez, se incrementan durante la adolescencia y persisten en la edad adulta (28). En la práctica clínica resulta un indicador atractivo por la facilidad de los instrumentos necesarios, su bajo costo y la casi ausencia de mantenimiento necesaria, es confiable su utilización en el consultorio en relación con la magnitud del error inter-observador (29), pero el problema radica en la precisión del IMC al evaluar la adiposidad corporal, en especial en los niños. Ellis et al. (30) examinaron la relación entre

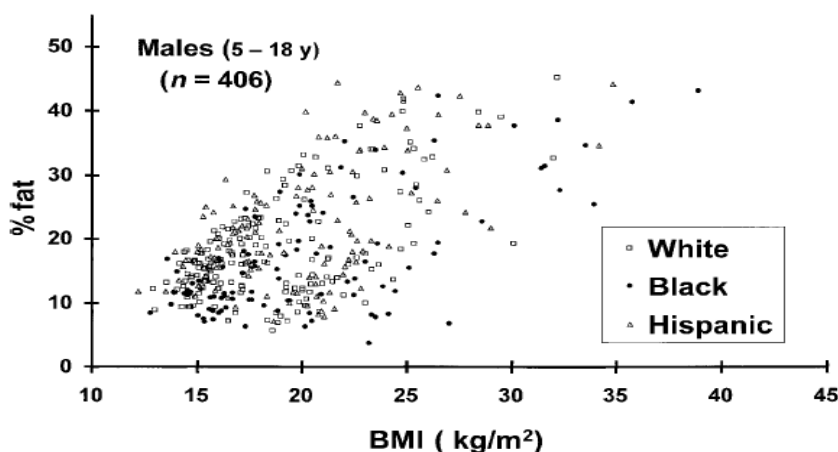
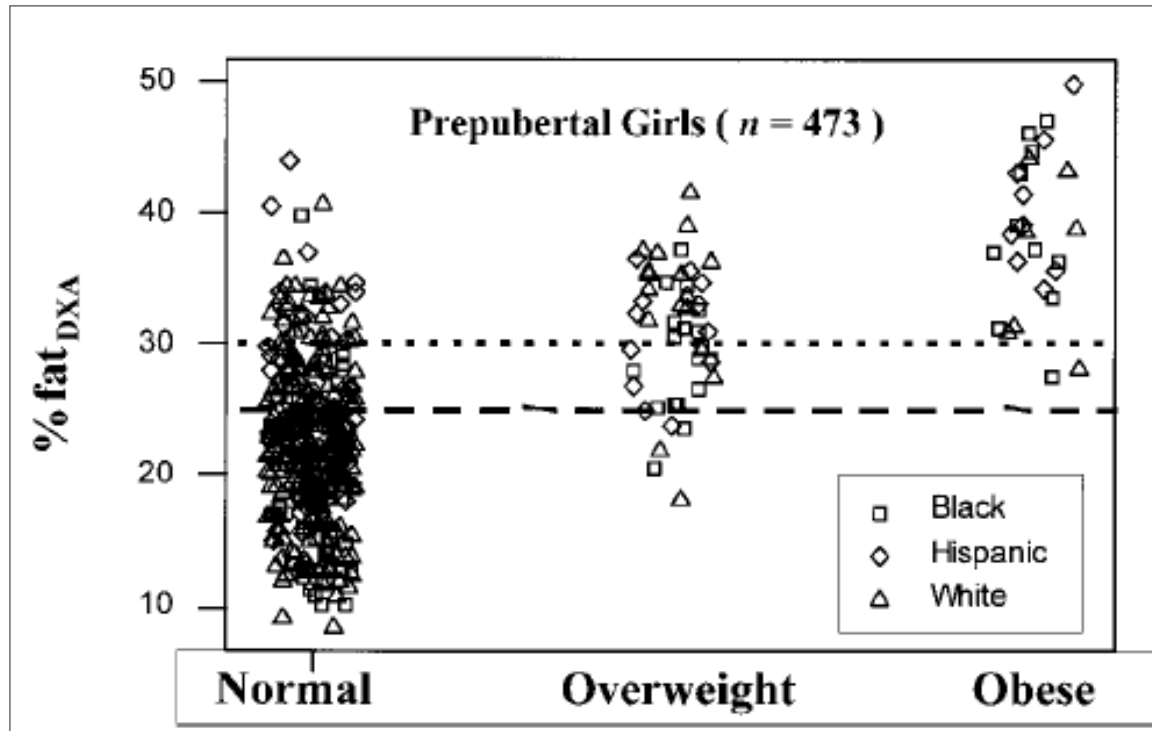


Figura 4. Relación entre el IMC y el % de grasa (vía DXA) en varones entre 5 y 18 años (tomado de Ellis et al., 1999) (referencia 30)



Fuente: Ellis KJ. Selected Body Composition Methods can be used in field studies. *J. Nutr* 2001; 131: 15895-15955 (tomado de referencia 30).

Figura 5. Distribución de los valores del % de grasa para las tres categorías de IMC en niñas pre-puberales. La línea de puntos está fijada en un valor del 25% de grasa y la línea de puntos al 30%

el IMC y la adiposidad corporal (obtenida usando absorciometría de energía dual de rayos X) en niños y los resultados se muestran en la (figura 4).

La correlación obtenida entre la adiposidad corporal (%grasa) y el IMC fue de 0,8, sin embargo, el IMC no fue un predictor preciso del grado de adiposidad. Cuando el IMC fue de 20 kg/m², la masa grasa correspondiente podía variar desde 5 hasta 40% del peso corporal, y del mismo modo, si la masa grasa era 20 % del peso corporal, el IMC podría encontrarse desde 15 hasta 30 kg/m². A pesar de que un elevado IMC en niños está asociado con niveles adversos de varios factores de riesgo como enfermedad cardiovascular, aterosclerosis,

obesidad y mortalidad en la edad adulta (31,32), como el IMC está basado solamente en el peso y la talla (los cuales cambian de manera significativa durante el crecimiento y el desarrollo), un IMC elevado puede reflejar un incremento tanto en masa grasa como en la masa libre de grasa (33,34). A pesar de que un niño con un IMC elevado es muy probable que tenga una adiposidad corporal elevada, el IMC puede ser un indicador inexacto de la adiposidad corporal en niños normo-peso (figura 5) (35,36).

En adultos sucede algo similar, aunque las variaciones no son tan extremas, y una de las ventajas que se podría argumentar para la utilización de este indicador es que, como

la talla no varía, se puede asumir que las variaciones son producidas por los cambios en la adiposidad, sin embargo, Romero-Corral et al. (2008) demostraron en una población multiétnica de Estados Unidos de más de 14 mil adultos que el IMC tiene una capacidad diagnóstica limitada en identificar de manera correcta a los individuos con un exceso en la adiposidad corporal, particularmente en aquellos con un IMC < 30 kg/m², y aunque este indicador (el IMC) demostró que tiene en general una buena correlación con el porcentaje de grasa corporal (%GC), falla en discriminar entre %GC y masa magra, especialmente en hombres y ancianos, debido a que también se correlaciona con la masa magra y no refleja la distribución de la grasa (37). Por lo tanto, la utilización de la talla y el peso incorporadas como IMC no son buenas herramientas para discriminar en la práctica clínica los potenciales riesgos que se pueden desarrollar a partir de los resultados obtenidos con estas mediciones, ya que la discriminación entre los cambios de la relación entre masa magra y masa grasa son pobres.

LA CIRCUNFERENCIA DE LA CINTURA

A diferencia del Índice de Masa Corporal, la circunferencia de la cintura (CC) refleja la distribución de la grasa corporal y la adiposidad intraabdominal (38-40). En la actualidad, ésta es una medición antropométrica que ha sido aceptada como un indicador simple para evaluar el riesgo cardiovascular y metabólico (41). Por razones prácticas se ha propuesto para la medición de la circunferencia de la cintura un valor de 94 cm en el hombre y 80 cm en la mujer como equivalentes a un IMC de 25 (o sea, por encima de estos valores de corte se equipararía al sobrepeso) y un valor en la medida de la circunferencia de 102 cm

en el hombre y 88 cm en la mujer como equivalente a 30 de IMC (o sea obesidad), punto a partir del cual se incrementa sustancialmente el riesgo (42); sin embargo, recientemente se ha demostrado que no todas las poblaciones enfrentan el mismo riesgo a un mismo nivel de corte, por lo que se han propuesto valores más bajos para poblaciones asiáticas (43), ya que generalmente éstas tienen un mayor porcentaje de grasa corporal que la población caucásica para la misma edad, género e IMC (44), y por lo tanto, un mayor riesgo a un valor menor del IMC. A pesar de algunos trabajos publicados, la evidencia es insuficiente para establecer valores de corte específico para poblaciones de afroamericanos, hispanos y del Oriente Medio, distinto de los que se aplican a las poblaciones caucásicas norteamericanas y europeas (45).

Un punto de discusión en este indicador ha sido el establecimiento de un protocolo para el sitio de la toma de la medición, de manera que ésta identifique la relación entre la circunferencia de la cintura, la morbilidad y mortalidad debida a la obesidad. Para este efecto, se convocó un panel de expertos, quienes realizaron una revisión de trabajos publicados (46), y llegaron a la conclusión de que el protocolo utilizado para la toma de la circunferencia no influye sustancialmente en la asociación entre la circunferencia de la cintura y la morbilidad o mortalidad; sin embargo, un trabajo realizado con posterioridad (41) encontró que el sitio de la medición sí afecta la magnitud del valor, especialmente en las mujeres, lo que establece una consecuencia importante en la clínica cuando se aplica un punto de corte de 102 cm en el hombre y 88 cm en la mujer. Un ejemplo de esto se puede observar en el trabajo de Willis et al. (47), en el que se reporta que un 54% más de hombres y un 68% más de mujeres cumplieron

con los criterios de obesidad abdominal del Programa Nacional de Educación en Colesterol cuando la circunferencia de la cintura fue medida a nivel del ombligo que cuando se tomó a nivel de la cintura mínima. Lo que demuestra que, particularmente en mujeres, el protocolo para la toma de la circunferencia es importante y que debería estandarizarse.

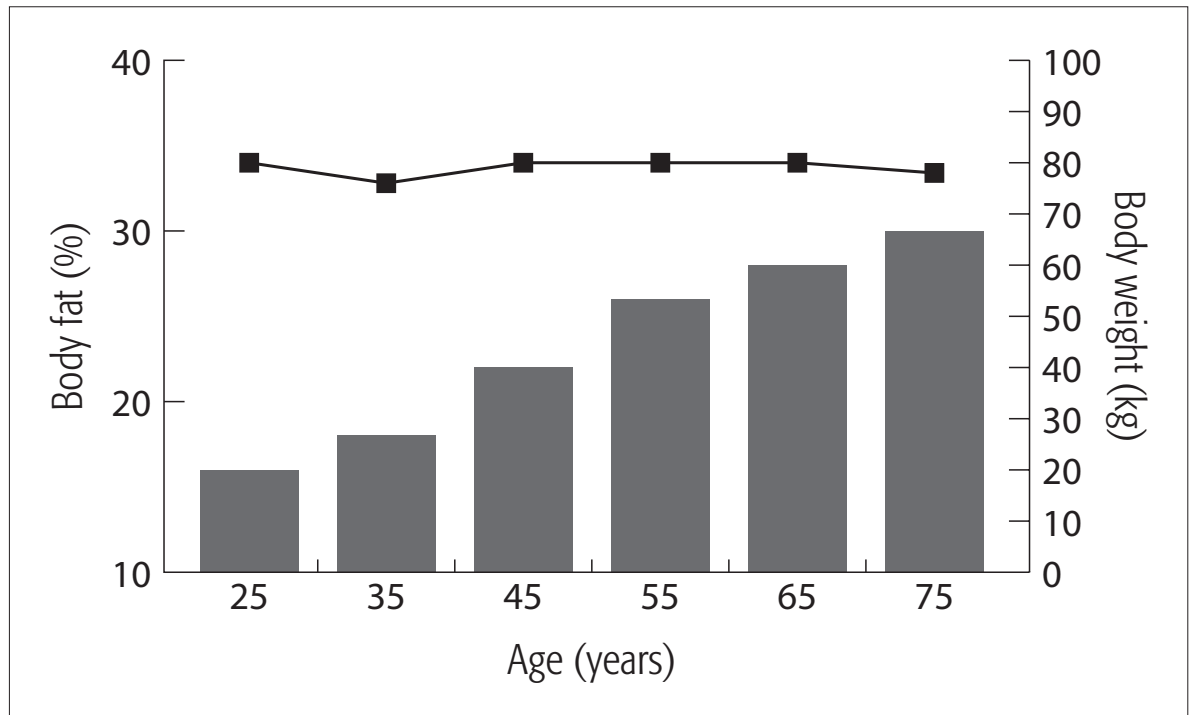
LA IMPEDANCIA BIOELÉCTRICA, UNA HERRAMIENTA SENCILLA PARA EVALUAR LA COMPOSICIÓN CORPORAL

En la figura 6 se muestra cómo con el paso de los años un individuo, aun manteniendo un mismo peso, ha cambiado su composi-

ción corporal, pasando de un 15% de grasa corporal a los 25 años a casi un 30% a los 75.

Como la obesidad se define como un exceso de grasa corporal (no de peso) y el IMC tiene una limitación considerable en la predicción del % de grasa para un individuo determinado, la utilización del IMC para definir el sobrepeso y la obesidad pudiera dar lugar a que individuos con una adiposidad elevada sean clasificados como normopesos, mientras que algunos individuos sin exceso de grasa corporal, como los atletas, sean a menudo clasificados como sobrepeso u obesos (48,49).

La Impedancia Bioeléctrica se presenta entonces como un método sencillo, fácil de utilizar y que proporciona una mayor información en



Fuente: (Tomado de Prentice AM, Jebb S.A. Beyond body mass index. *Obes Rev* 2001; 2: 141 - 7).

Figura 6. Incremento en la grasa corporal con la edad (barra sólida) para un individuo normal con un IMC constante

la práctica para el seguimiento y evaluación de los pacientes. Es una técnica no invasiva, relativamente barata (la inversión inicial está en la adquisición del equipo), y portátil, que se ha venido utilizando desde hace una década para el análisis de la composición corporal; sin embargo, la Impedancia Bioeléctrica no mide la composición corporal directamente sino que lo hace mediante la medición de dos parámetros: la resistencia corporal y la reactancia (50).

El Análisis por Impedancia Bioeléctrica (AIB) mide la resistencia o impedancia del cuerpo a una corriente eléctrica pequeña, indetectable para el sujeto. El AIB se fundamenta en el hecho de que el tejido magro contiene un alto nivel de agua y electrolitos, y por lo tanto actúa como un conductor eléctrico y la grasa como aislante (18), asumiendo que el agua corporal total es una proporción fija de la masa libre de grasa (73%). Una vez que se ha obtenido el valor de la masa libre de grasa, la masa grasa se calcula a partir de la diferencia con el peso corporal total (51). No existe una relación teórica directa entre resistencia y/o reactancia y la adiposidad corporal relativa (porcentaje de masa grasa corporal); la estimación de la adiposidad a partir de la Impedancia Bioeléctrica, por lo tanto, está basada en una relación empírica obtenida en muestras de sujetos experimentales e implica asumir algunas suposiciones en algunos de sus pasos (52). De acuerdo con la declaración de la Conferencia de los Institutos Nacionales de Evaluación en Tecnología de Salud (Bethesda, Maryland, 12-14 de diciembre de 1994), con relación a la utilización del AIB en el estudio de la composición corporal, se determinó que el AIB es más preciso que el IMC y quizá más preciso que la medición de los pliegues cutáneos para la estimación comparativa de la masa grasa

(53). En la última década, el AIB pie-pie y los sistemas segmentarios han proporcionado un método conveniente para la medición de la composición corporal a gran escala, los que adicionalmente tienen la ventaja de proporcionar el peso corporal, el cual es, al mismo tiempo, utilizado en los cálculos de la composición corporal.

VENTAJAS DEL ANÁLISIS POR IMPEDANCIA BIOELÉCTRICA:

- Diferencia la grasa y el tejido magro
- Monitorea la composición de la pérdida de peso
- Algunos modelos proporcionan un análisis segmentario
- Simple y fácil de ejecutar
- Altamente confiable para estudios a gran escala
- Se pueden imprimir los resultados inmediatamente
- Equipo portátil
- No invasivo (no requiere desvestirse al paciente)
- Riesgo muy bajo
- Bajo costo comparado con otros métodos de alta tecnología
- Valor predictivo elevado (extensas validaciones)
- Excelente consistencia para mediciones repetidas
- Suficientemente sensible para detectar importantes diferencias clínicas
-

DESVENTAJAS:

- No se recomienda su uso en pacientes con marcapaso

- No es tan preciso como los modelos “gold standard” de 4 compartimentos
- No hay versiones disponibles para niños menores de 5 años
- Pacientes con trastornos en el equilibrio hidroelectrolítico
- Los pacientes deben estar en condiciones de colocarse de pie sobre la plataforma en los modelos pie-pie

RECOMENDACIONES (PROTOCOLO) QUE SE DEBEN SEGUIR EN SU UTILIZACIÓN:

- No haber ingerido alcohol 48 horas antes de la prueba
- No haber realizado ejercicio intenso 12 horas antes de la prueba
- No haber comido ni bebido (especialmente productos con cafeína) 4 horas antes de la prueba
- Haber orinado 30 minutos antes de la prueba
- No haber ingerido diuréticos 7 días antes de la prueba

Núñez et al. en 1994 estudiando la composición corporal en mujeres jóvenes reportaron la buena correlación entre el AIB y la antropometría, por lo que estos autores proponen esta técnica como una alternativa para medir la composición corporal en poblaciones homogéneas con un peso estable; otros autores no favorecen el uso en obesos o muy delgados (54). La información disponible indica que la Impedancia Bioeléctrica no es útil para medir los cambios agudos en la grasa corporal de los individuos, aunque sí puede caracterizar los cambios a largo plazo (53), por lo que en el presente algunos plantean que el valor fundamental de esta técnica es

en vigilancia epidemiológica para estimar la masa magra (18).

En niños, la composición corporal es un indicador sensible del estado de salud actual, así como de su estado nutricional. El aumento de la proporción de la masa grasa y la disminución de la masa libre de grasa durante la niñez están asociados con un incremento en el riesgo de desarrollar enfermedades crónicas en la edad adulta (55). En los países en vías de desarrollo que experimentan la transición nutricional, la prevalencia de obesidad y sus desórdenes metabólicos asociados se está incrementando dramáticamente (56, 57), por lo que las investigaciones centradas en la acumulación de la grasa, basadas en mediciones técnicas y confiables de la composición corporal, son esenciales.

Prins et al. en 2007 realizaron un estudio en una muestra de 133 niños gambianos (65 del sexo masculino, 68 del sexo femenino) entre 5 y 16 años de edad, en el que obtuvieron los valores estimados de la masa libre de grasa (MLG) a partir de las ecuaciones incorporadas en el analizador de composición corporal segmentario Tanita BC-418MA y los compararon con los obtenidos por dilución de Deuterio, y desarrollaron nuevas ecuaciones de predicción. El método de dilución de Deuterio también fue utilizado para elaborar ecuaciones para el porcentaje de grasa basados en cuatro pliegues (bicipital, tricipital, subescapular y suprailíaco) (58). Encontraron que los resultados obtenidos con el analizador de composición corporal Tanita, en comparación con los obtenidos por dilución de Deuterio, subestimaban el agua corporal total (ACT) en 8,8%, lo que hacía inexacto el método; estudios previos han demostrado que los sistemas de Tanita tienen buena concordancia con la DXA (59, 60), y los autores

sugieren como posible explicación que los valores correspondientes a las ecuaciones de predicción introducidos dentro del equipo están derivados de poblaciones caucásicas, las cuales pueden diferir en su composición corporal cuando se compara con la población objeto de estudio. Por esta razón, el sistema puede producir una sobreestimación del % de grasa corporal cuando hay niveles bajos de adiposidad, lo que sucede por lo general más en hombres que en mujeres, pero sostienen que es un método más confiable que los pliegues.

Kettaneh et al. en 2005 publicaron los resultados de un estudio realizado en una población del norte de Francia, en la cual evaluaron 64 niños entre los 9 y los 12 años de edad midiéndoles la talla, el peso, la circunferencia de la cintura, cuatro pliegues (bicipital, tricípital, subescapular y suprailíaco), los valores de leptina y el análisis de impedancia bioeléctrica en un analizador pie-pie Tanita mod. 310 (61). Estos autores reportaron un nivel de reproducibilidad en el estimado de la masa grasa similar entre la antropometría y el AIB pie-pie; con excepción de los varones en etapa puberal, la correlación entre las mediciones de la masa grasa por AIB y la antropometría fueron similares en adultos y en niños (figura 7), por lo que concluyen que el AIB proporciona una estimación adecuada de la adiposidad corporal, conveniente para estudios epidemiológicos sin embargo, advierten que se necesitan estudios adicionales en niños obesos.

En Argentina, en 2008, Rodríguez et al. realizaron un estudio con el objetivo de comparar la composición corporal estimada por dos métodos antropométricos simples y por impedanciometría (BIA, por sus siglas en inglés) y absorciometría de doble haz

de rayos X (DXA, por sus siglas en inglés) y estudiar las correlaciones existentes entre ellos, en una población preescolar de dicho país (62). Realizaron un estudio transversal de una población clínicamente sana, de edad comprendida entre 4 y 6 años, de 230 niños (118 varones y 112 niñas), y encontraron que existía buena correlación entre los métodos antropométricos sencillos (circunferencia de la cintura) y la bioimpedancia y DXA, pero que los resultados no son intercambiables, incluso entre BIA y DXA.

	Boys	Girls
Body mass index	0.87	0.95
Sum of skinfolds ^a	0.94	0.90
Waist circumference ^{ab}	0.88	0.93
all P values < 0.0001		
^a Logtransformed		
^b Adjusted for height		

Fuente: Kettaneh A, Heude B, Lommez A, Borys JM, Ducimetière P, Charles MA. Reliability of bioimpedance analysis compared with other adiposity measurements in children: The FLVS II Study. *Diabetes Metab* 2005;31:534-541 (referencia 61)

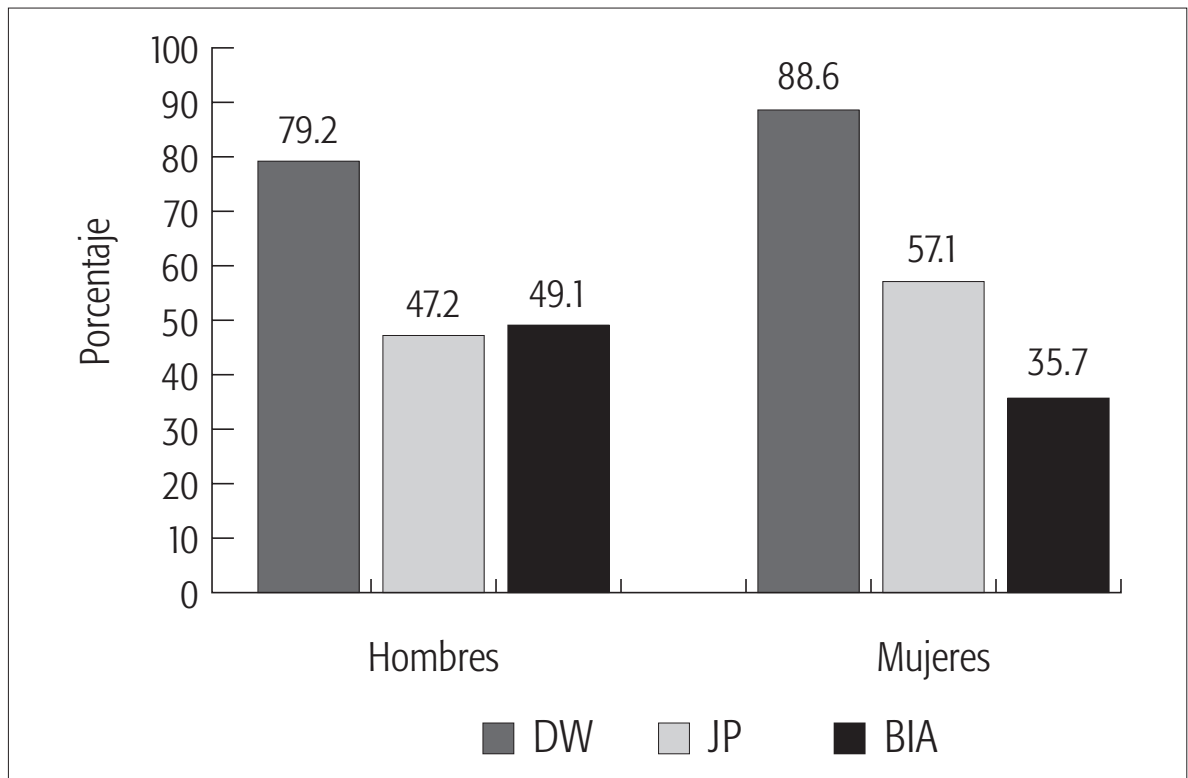
Figura 7. Coeficientes de correlación entre los valores medios de las variables antropométricas y el AIB en 64 niños

En Colombia, estudios publicados recientemente relacionados con el tema fueron realizados por Aristizábal, Restrepo y Estrada en Antioquia, con el objetivo de comparar la composición corporal de adultos sanos evaluados por antropometría y bioimpedancia (63). Se evaluaron 70 mujeres (entre los 22 y 56 años) y 53 hombres (entre los 24 y 54 años)

por el método antropométrico utilizando las ecuaciones de Durning/Womersley y Jackson/Pollock, así como por bioimpedancia técnica pie-pie. La medición de los pliegues cutáneos se hizo con un calibrador Lange y la bioimpedancia se efectuó con una báscula Tanita TBF300. Estos investigadores encontraron que el método antropométrico sobreestimó los porcentajes de grasa y la bioimpedancia los subestimó, con diferencias significativas entre los métodos y entre las ecuaciones antropométricas, lo cual sugiere que sus resultados no son comparables ni intercambiables, por lo que sus conclusiones se asemejan a las de Rodríguez y su grupo en Argentina (figura 8).

Existe un número significativo de técnicas adicionales, muchas de las cuales tienen inclusive una mejor precisión, pero que debido a su alto costo o su complejidad son casi privativas de centros de investigación de alto desarrollo, requieren una alta inversión y su relación costo-beneficio no justifica su empleo en la práctica clínica.

En resumen, un proceso complejo como lo es el crecimiento y las variaciones de la composición corporal, en particular, el aumento de la adiposidad corporal y su relación con enfermedades crónicas no-transmisibles, no tienen una manera única y sencilla de ser evaluados. En la práctica debemos utilizar



Fuente: Aristizabal JC, Restrepo MT, Estrada A. *Biomedica* 2007; 27: 216-224 (referencia 63)

Figura 8. Comparación de la clasificación de sujetos obesos por el porcentaje de grasa corporal, estimado a partir del análisis de bioimpedancia (BIA) y las ecuaciones antropométricas de Durning/Womersley (DW) y la de Jackson/Pollock (JP), según sexo

una combinación de herramientas lo más simple posible, que nos permita establecer una valoración y un seguimiento adecuado a los pacientes, pero para ello el trabajo futuro es desarrollar y validar valores de referencia que nos permitan hacer un diagnóstico acertado.

CONCLUSIONES

Mientras la obesidad impacta de manera adversa en el corto plazo la salud, existe una evidencia creciente de que las enfermedades cardiovasculares tienen su origen en la niñez y la adolescencia, de manera que, independientemente de la composición corporal en la vida adulta, los niveles elevados de adiposidad en la niñez pudieran por sí solos incrementar el riesgo de enfermedades posteriormente (64, 65). El acceso por parte de nuestros niños a alimentos de bajo valor nutricional y alto contenido calórico conduce a una doble carga nutricional, obesidad y desnutrición.

Estudios recientes usando datos del IMC en niños han cuestionado la importancia a largo plazo de la obesidad infantil en la salud cardiovascular, pues los niños actuales al parecer tienen un mayor contenido de grasa corporal para un determinado IMC comparado con las generaciones previas, lo que ha disminuido en algunos países la relevancia del tema en las políticas de salud (66); esto es un tema en discusión y merece atención e investigación adicional a largo plazo, y en Colombia se ha hecho poco sobre el tema.

Mientras la masa grasa visceral está más asociada con el riesgo cardiovascular, la masa magra es también importante, debido a que es el sitio primario de captación de glucosa mediada por la insulina, factor determinante de la sensibilidad corporal a la hormona (67);

las variaciones en la masa magra, inducidas por el ejercicio, la dieta o el crecimiento impactarán la resistencia a la insulina, la cual juega un papel fundamental en la etiología de la enfermedad cardiovascular.

La creciente disminución de la actividad física en espacios abiertos de nuestros niños y el incremento en las horas dedicadas a la televisión, el computador y los juegos electrónicos preocupa a las autoridades de salud, máxime cuando ya se están detectando evidencias de procesos de aterosclerosis a edades tempranas (68, 69).

En una revisión publicada recientemente Biro y Wien destacan cómo las consecuencias de la obesidad en la niñez y la adolescencia incluyen pubertad y menarquía precoz, diabetes tipo 2 y un aumento de la incidencia de síndrome metabólico y obesidad en jóvenes y adultos. Estos cambios están asociados con enfermedad cardiovascular, así como con diferentes tipos de cáncer en adultos, probablemente a través de un mecanismo que involucra la resistencia a la insulina y la producción de citocinas inflamatorias (70). Actualmente se considera que el factor más importante que subyace en la epidemia de obesidad es la facilidad de obtener grandes cantidades de energía y las limitadas oportunidades de gastarla.

La adecuada identificación y clasificación por edades de niños y adolescentes que están en un riesgo elevado de padecer patologías relacionadas con la obesidad es esencial para poder canalizar los recursos necesarios para realizar las intervenciones adecuadas (71). Por tanto, es necesario en una población como la nuestra, multiétnica, desarrollar investigaciones con una muestra de población infantil con mediciones de composición

corporal sencillas, que puedan ser utilizadas en el consultorio por los pediatras.

Como se sabe, el único método preciso para evaluar la composición corporal es el análisis de los tejidos en el cadáver. En la práctica es necesario combinar varias herramientas en la valoración de la composición corporal, y lo más importante, establecer un plan de seguimiento a largo plazo en los niños y jóvenes para trazar el camino de su desarrollo corporal atendiendo a algo más que la talla y el peso.

Es una prioridad para las instituciones de investigación, las universidades y las autoridades de salud estimular la investigación nacional en este campo, con el objetivo de alcanzar el desarrollo de valores de referencia nacionales y desarrollar puntos de corte para cada instrumento, con los cuales poder determinar con precisión nuestros diagnósticos. Hasta tanto no lo hayamos logrado, siempre nos quedará la duda de si nuestra decisión clínica ha obrado como nuestra justicia, que, en ocasiones, encierra al inocente y libera al culpable.

Conflicto de interés: ninguno.

Financiación: propia del autor.

REFERENCIAS

1. Part IV. Bellagio Declaration. Nutrition and health transition in the developing world: the time to act. *Public Health Nutrition* 2002; 5(1A): 279-280.
2. Popkin BM. The Nutrition Transition and Obesity in the Developing World. *J. Nutr.* 2001; 131: 871S - 873S.
3. Amuna P, Zotor FB. Epidemiological and nutrition transition in developing countries: impact on human health and development. *Proceedings of the Nutrition Society* 2008;67: 82 - 90.
4. Merchant AT, Dehghan M, Behnke-Cook D, Anand SS. Diet, physical activity, and adiposity in children in poor and rich neighbourhoods: a cross-sectional comparison. *Nutrition Journal* 2007; 6:1 doi: 10.1186/1475-2891-6-1.
5. Wells JCK, Fewtrell MS. Is body composition important for paediatricians? *Arch. Dis. Child.* 2008; 93:168-172.
6. Instituto Colombiano de Bienestar Familiar. Encuesta Nacional de la Situación Nutricional en Colombia (ENSIN). Bogotá (Colombia); 2005.
7. Jafar TH Chaturvedi N, Pappas G. Prevalence of overweight and obesity and their association with hypertension and diabetes mellitus in an Indo-Asian population. *CMAJ* 2006; 175(9):1071-7.
8. Kinra S, Nelder RP, Lewendo, GJ. Deprivation and childhood obesity: a cross sectional study of 20 973 children in Plymouth, United Kingdom. *J Epidemiol Community Health* 2000; 54: 456 - 460.
9. Baker EA, Schootman M, Barnidge E, Kelly C. The Role of Race and Poverty in Access to Foods That Enable Individuals to Adhere to Dietary Guidelines. *Prev Chronic Dis* [serial online] 2006 Jul [date cited]. Available from: URL: http://www.cdc.gov/pcd/issues/2006/jul/05_0217.htm.
10. Armstrong J, Dorosty AR, Reilly J, Emmett PM. Coexistence of social inequalities in undernutrition and obesity in preschool children: population based cross sectional study. *Arch Dis Child* 2003; 88:671 - 675.
11. Merchant AT, Dehghan M, Behnke-Cook D, Anand SS. Diet, physical activity, and adiposity in children in poor and rich neighbourhoods: a cross-sectional comparison. *Nutrition Journal* 2007, 6:1 doi:10.1186/1475-2891-6-1 Artículo disponible en: <http://www.nutritionj.com/content/6/1/1>
12. Oliver LN, Hayes MV. Effects of neighbourhood income on reported body mass

- index: an eight year longitudinal study of Canadian children. *BMC Public Health* 2008. 8:16 doi: 10.1186/1471-2458-8-16 Artículo disponible en: <http://www.biomedcentral.com/1471-2458/8/16>.
13. Sobal J, Stunkard AJ. Socioeconomic status and obesity: a review of the literature. *Psychol Bull* 1989; 105:260 - 75.
 14. Wang Y. Cross-national comparison of childhood obesity: the epidemic and the relationship between obesity and socioeconomic status. *Int J Epidemiol* 2001; 30:1129 - 36.
 15. Monteiro CA, Moura EC, Conde WL, Popkin BM. Socioeconomic status and obesity in adult populations of developing countries: a review. *Bull World Health Organ* 2004; 82: 940 - 6.
 16. Body Composition. In: Malina RM, Bouchard C, Bar-Or O. Growth, Maturation and Physical Activity. 2nd ed. *Human Kinetics*; 2004. p. 101-119.
 17. Garrow JS. New approaches to body composition. *Am J Clin Nutr* 1982; 35:1152 - 1158.
 18. Wells JCK, Fewtrell MS. Measuring body composition. *Arch Dis Child* 2006; 91:612 - 617.
 19. Wang ZM et al. The five-level model: a new approach to organizing body-composition research. *Am J Clin Nutr* 1992; 56:19-28.
 20. Somatic Growth In: Malina RM, Bouchard C, Bar-Or, O. Growth, Maturation and Physical Activity. 2nd ed. *Human Kinetics*; 2004. p. 41-81.
 21. WHO Expert Committee Report. Physical Status: The use and interpretation of anthropometry. Technical Report Series 854. WHO. Geneva; 1995. p. 7.
 22. Gorstein J, Sullivan K, Yip R, de Onis M, Trowbridge F, Fajans, P, Clugston G. Issues in the assessment of nutritional status using anthropometry. *Bulletin of the World Health Organization* 1994; 72:273-283.
 23. Frisancho AR. New standards of weight and body composition by frame size and height for assessment of nutritional status of adults and the elderly. *Am J Clin Nutr* 1984; 40:808-819.
 24. Mei Z, Grummer-Strawn LM, Wang J, Thornton JC, Freedman DS, Pierson RN, Dietz WH, Horlick M. Do Skinfold Measurements Provide Additional Information to Body Mass Index in the Assessment of Body Fatness Among Children and Adolescents? *Pediatrics* 2007; 119:e1306-e1313.
 25. Deurenberg P, Deurenberg -Yap M. Validity of predicted percentage body fat from skinfolds in Singapore Chinese, Malays and Indians. *International Journal of Body Composition Research* 2003; 1:23-29.
 26. Garcia AL, Wagner K, Hothorn T, Koebnick C, Hans-Joachim F, Zunft, H-J F and Trippo U. Improved Prediction of Body Fat by Measuring Skinfold Thickness, Circumferences, and Bone Breadths. *Obesity Research* 2005; 13: 626-634.
 27. Cole TJ, Freeman JV, Preece MA. Body mass index reference curves for the UK, 1990. *Arch Dis Child* 1995; 73:25 - 9.
 28. Malina RM, Bouchard C, Bar-Or O. Body Composition. In: Growth, Maturation and Physical Activity. 2nd ed. *Human Kinetics*. 2004. pp.101-119.
 29. Sebo P, Beer-Borst S, Haller DM, Bovier PA. Reliability of doctors' anthropometric measurements to detect obesity. *Preventive Medicine* 2008; 47: 389 - 393.
 30. Ellis K J, Abrams S A, Wong W W. Monitoring childhood obesity: assessment of the weight/height² index. *Am J Epidemiol*. 1999; 150; 939 -946.
 31. Reilly JJ, Methven E, McDowell ZC, et al. Health consequences of obesity. *Arch Dis Child* 2003; 88:748 - 52.
 32. Bjorge T, Engeland A, Tverdal A, Smith GD. Body mass index in adolescence in relation to cause-specific mortality: a follow-up of 230,000 Norwegian adolescents. *Am J Epidemiol* 2008; 168:30 - 7.
 33. Freedman DS, Wang J, Maynard LM, et al. Relation of BMI to fat and fat-free mass among children and adolescents. *Int J Obes* 2005; 29:1 - 8.
 34. Demerath EW, Schubert CM, Maynard LM, et al. Do changes in body mass index per-

- centile reflect changes in body composition in children? Data from the Fels Longitudinal Study. *Pediatrics* 2006; 117: 487 - 95.
35. Krebs NF, Himes JH, Jacobson D, Nicklas TA, Guilday P, Styne D. Assessment of child and adolescent overweight and obesity. *Pediatrics* 2007; 120(suppl 4): S 193 - 228.
 36. Bray GA, DeLany JP, Volaufova J, Harsha DW; Champagne C. Prediction of body fat in 12-y-old African American and white children: evaluation of methods. *Am J Clin Nutr* 2002; 76:980 - 90.
 37. Romero-Corral A, Somers VK, Sierra-Johnson J, et al. Accuracy of body mass index in diagnosing obesity in the adult general population International *Journal of Obesity* 2008; 32: 959 - 966.
 38. Fox CS, Massaro JM, Hoffmann. U et al. Abdominal visceral and subcutaneous adipose tissue compartments: association with metabolic risk factors in the Framingham Heart Study. *Circulation* 2007; 116: 39 - 48.
 39. Janssen I, Katzmarzyk PT, Ross R. Waist circumference and not body mass index explains obesity related health risk. *Am J Clin Nutr* 2004; 79:379 - 84.
 40. Janssen I, Heymsfield SB, Allison DB, Kotler DP, Ross R. Body mass index and waist circumference independently contribute to the prediction of nonabdominal, abdominal subcutaneous, and visceral fat. *Am J Clin Nutr* 2002; 75:683 - 8.
 41. Mason C and Katzmarzyk, PT. Variability in Waist Circumference Measurements According to Anatomic Measurement Site. *Obesity* 2009; doi:10.1038/oby.2009.87.
 42. Lean ME, Han TS, Morrison CE. Waist circumference as a measure for indicating need for weight management. *BMJ* 1995; 311:158 - 161.
 43. Misra A, Vikram NK, Gupta R, Pandey RM, Wasir JS, Gupta VP. Waist circumference cutoff points and action levels for Asian Indians for identification of abdominal obesity. *International Journal of Obesity* 2006; 30: 106 - 111.
 44. Nishida C, Ko GT, Kumanyika S. Body fat distribution and noncommunicable diseases in populations: overview of the 2008 WHO Expert Consultation on Waist Circumference and Waist - Hip Ratio. *European Journal of Clinical Nutrition* 2010; 64: 2 - 5.
 45. Lear SA, James PT, Ko GT, SKumanyika S. Appropriateness of waist circumference and waist-to-hip ratio cutoffs for different ethnic groups. *European Journal of Clinical Nutrition* 2010; 64: 42 - 61
 46. Ross RT, Berentzen T, Bradshaw AJ, Janssen I, Kahn HS, Katzmarzyk PT, Kuk JL, Seidell JC, Snijder MB, T. Sørensen TIA, Després J-P. Does the relationship between waist circumference, morbidity and mortality depend on measurement protocol for waist circumference? *Obesity Reviews* 2008; 9: 312 - 325.
 47. Willis LH, Slentz CA, Houmard JA, Johnson JL, Duscha BD, Aiken LB, Kraus WE. Minimal versus umbilical waist circumference measures as indicators of cardiovascular disease risk. *Obesity* 2007; 15:753 - 759.
 48. Hortobagyi T, Israel RG, O'Brien KF. Sensitivity and specificity of the Quetelet index to assess obesity in men and women. *Eur J Clin Nutr* 1994; 48: 369 - 375.
 49. Wellens RI, Roche AF, Khamis HJ, Jackson AS, Pollock ML, Siervogel, RM. Relationships between the body mass index and body composition. *Obes Res* 1996; 4: 35 - 44.
 50. Barbosa-Silva MCG, Barros AJD, Wang J, Heymsfield SB, Pierson RN. Bioelectrical impedance analysis: population reference values for phase angle by age and sex. *Am J Clin Nutr* 2005; 82:49 - 52.
 51. Aguado S, Gómez L. Body composition: evaluation methods. *Eur J Anat* 2005; 9 (2): 117-124.
 52. Bioelectrical Impedance Analysis in Body Composition Measurement. *NIH Technol Assess Statement* 1994 Dec 12-14.
 53. Anonymous. Bioelectrical impedance analysis in body composition measurement: National institutes of health technology

- assessment conference statement. *Am J Clin Nutr* 1996; 64:524S-32S.
54. Núñez C, Carvajal A, Turmero, E, Moreiras O. Contribución al estudio de la composición corporal de un grupo de mujeres jóvenes mediante análisis de impedancia bioeléctrica. *Nutrición Hospitalaria* 1994; 9: 262 - 267.
 55. Barker DJ. The developmental origins of insulin resistance. *Horm Res* 2005; 64 (Suppl 3): 2 - 7.
 56. Deleuze Ntandou Bouzitou G, Fayomi B, Delisle H. Child malnutrition and maternal overweight in same households in poor urban areas of Benin. *Sante* 2005; 15: 263 - 270.
 57. Siervo M, Grey P, Nyan OA, Prentice AM. Urbanization and obesity in The Gambia: a country in the early stages of the demographic transition. *Eur J Clin Nutr* 2006; 60: 455 - 463.
 58. Prins M, Hawkesworth S, Wright A, Fulford AJC, Jarjou LMA, Prentice AM, Moore SE. Use of bioelectrical impedance analysis to assess body composition in rural Gambian children. *European Journal of Clinical Nutrition* 2007; 62:1065 - 1074.
 59. Pietrobelli A, Rubiano F, St-Onge MP, Heymsfield SB. New bioimpedance analysis system: improved phenotyping with whole-body analysis. *Eur J Clin Nutr* 2004; 58: 1479 - 1484.
 60. Pietrobelli A, Rubiano F, Wan TJ, Wang J-M, Heymsfield SB. Validation of contact bioimpedance analysis in a pediatric population. *Obesity Reviews* 2005; 6 (S1): 132.
 61. Kettaneh A, Heude B, Lommez A, Borys JM, Ducimetière P, Charles MA. Reliability of bioimpedance analysis compared with other adiposity measurements in children: The FLVS II Study. *Diabetes Metab* 2005; 31:534 - 541.
 62. Rodríguez PN, Bermúdez EF, Rodríguez GB, Spina MA, Zeni SN, Friedman SM, Exeni RA. Composición corporal en niños preescolares: comparación entre métodos antropométricos simples, bioimpedancia y absorciometría de doble haz de rayos X. *Arch Argent Pediatr* 2008; 106(2):102-109.
 63. Aristizábal JC, Restrepo MT, Estrada A. Evaluación de la composición corporal de adultos sanos por antropometría e impedancia bioeléctrica. *Biomédica* 2007; 27: 216 - 224.
 64. Steinberger J, Moran A, Hong CP, et al. Adiposity in childhood predicts obesity and insulin resistance in young adulthood. *J Pediatr* 2001; 138:469-73.
 65. Raitakari OT, Juonala M, Viikari JS. Obesity in childhood and vascular changes in adulthood: insights into the Cardiovascular Risk in Young Finns Study. *Int J Obes* 2005; 29(Suppl 2):S101 - 4.
 66. Wells JCK, Coward WA, Cole TJ, et al. The contribution of fat and fat-free tissue to body mass index in contemporary children and the reference child. *Int J Obes* 2002; 26:1323 - 8.
 67. Dunger DB, Salgin B, Ong KK. Muscle mass and insulin sensitivity in children and adolescents. *Horm Res* 2006; 66(Suppl 1):79 - 84.
 68. Dahl-Jorgensen K, Larsen JR, Hanssen KF. Atherosclerosis in childhood and adolescent type 1 diabetes: early disease, early treatment? *Diabetologia* 2005; 48:1445 - 53.
 69. McGill HC, Jr, McMahan CA, Herderick EE, et al. Origin of atherosclerosis in childhood and adolescence. *Am J Clin Nutr* 2000; 72 (Suppl):1307S -1315S.
 70. Biro FM, Wien M. Childhood obesity and adult morbidities. *Am J Clin Nutr* 2010; 91(suppl):1499S - 1505S.
 71. Sisson SB, Katzmarzyk PT, Srinivasan SR, Chen W, Freedman DS, Bouchard C, Berenson GS. Ethnic differences in subcutaneous adiposity and Waist girth in children and adolescents. *Obesity* 2009, 17 (11): 2075 - 2081.