

Evaluación nutricional de adolescentes.

3. Composición corporal

Luis Ortiz Hernández

Pasante de la Maestría
en Medicina Social,
Profesor asociado,
Departamento de
Atención a la Salud,
Universidad Autónoma
Metropolitana
Xochimilco

Correspondencia:
Luis Ortiz Hernández,
Departamento
de Atención a la Salud,
Universidad
Autónoma
Metropolitana
Xochimilco,
Calzada del Hueso 1100,
Col. Villa Quietud,
04960 Coyoacán,
Distrito Federal,
México.
Tel.: 5483 7573,
5483 7243.
Correo electrónico:
lortiz@cueyatl.uam.mx

RESUMEN

Se presenta una discusión teórico-metodológica sobre las formas de estudiar la composición corporal en adolescentes mediante antropometría, con la cual es posible identificar a los sujetos con depleción u obesidad. Primero se describe el uso de los pliegues subcutáneos tricipital y subescapular como indicadores de depósitos de grasa. Después se presentan las ecuaciones para estimar el área grasa del brazo, la circunferencia muscular del brazo y el área muscular del brazo. Finalmente se revisan ecuaciones para predecir la densidad corporal o el porcentaje de grasa corporal a partir de mediciones antropométricas (pliegues, circunferencias). Respecto a estas ecuaciones se presenta su fundamento teórico, las ecuaciones reportadas en la literatura, criterios para elegir cuál es la fórmula adecuada, el punto de corte sugerido para este indicador y sus limitaciones.

SUMMARY

Different forms of measuring body composition in adolescents are discussed on a theoretic and methodologic basis. By anthropometric technique, it is possible to identify subjects with depletion and obesity. First, tricipital and subscapular skinfolds are described as fat store indicators. Subsequently, equations are presented to assess arm fat area (AFA), arm muscular circumference (AMC), and arm muscular area (AMA). Finally, equations for predicting body density and percentage of body fat from anthropometric measures are revised. These equations are studied in different areas: their theoretic basis, equations available in literature, the criteria of choice for the most adequate formula, the cut-off point for this indicator, and its limitations.

Introducción

En otro trabajo se mostró que el índice de masa corporal (IMC) es un indicador que para diagnosticar desnutrición y obesidad presenta algunas limitaciones derivadas de las propiedades del mismo índice y de las características de la población adolescente latinoamericana.¹ Por un lado, el IMC depende de la estatura, lo que significa que los individuos más altos tendrán valores más elevados del índice sin que implique necesariamente mayor porcentaje de grasa corporal. Por otro lado, la población latinoamericana, en relación con otros grupos, puede tener

una complexión corporal más gruesa, tórax más ancho y tronco más largo, lo que produciría que pese más sin que tenga exceso de grasa corporal. Para identificar a individuos con desnutrición u obesidad, los indicadores de composición corporal son más adecuados que los índices que relacionan peso y talla (por ejemplo IMC), ya que con los primeros se valoran los depósitos de energía en forma de grasa subcutánea y de proteínas en los músculos, mientras que con los segundos sólo se mide la masa corporal total sin hacer distinción en su composición.

Los índices que se han incluido son los pliegues subcutáneos, el área grasa del brazo, la cir-

Palabras clave

Adolescencia, pliegue
subcutáneo, área
grasa del brazo,
circunferencia
muscular del brazo,
área muscular del
brazo, porcentaje de
grasa corporal, masa
libre de grasa

Key words

Adolescence,
skinfolds, arm fat area,
arm muscular
circumference, arm
muscular area, body
fat, lean body mass

cunferencia y área musculares del brazo, y ecuaciones para estimar el porcentaje de grasa corporal o la masa libre de grasa. De cada uno se revisaron las premisas en las que se basan, la forma como se obtienen, las tablas de referencia disponibles y los puntos de corte para diagnosticar depleción y obesidad. Se remite al lector a otra publicación donde se describen las bases generales de la evaluación antropométrica y la composición corporal.²

Existen distintas formas de aproximarse a la composición corporal a partir de mediciones antropométricas; en los adolescentes se puede identificar los siguientes procedimientos:

- Medir el grosor de pliegues subcutáneos y contrastarlo con valores de referencia.
- Estimar circunferencias y áreas de músculo y grasa en extremidades y contrastarlas con valores de referencia.
- Calcular el porcentaje de grasa corporal o la masa libre de grasa a partir de pliegues subcutáneos, circunferencias y anchuras corporales.

Considerando el modelo de Wang y colaboradores,³ la medición de pliegues se ubica en el nivel del cuerpo como una unidad; la estimación de áreas y circunferencias se encuentra en el nivel tisular y el porcentaje de grasa corporal en el molecular, aunque en los dos últimos se trata de estimaciones indirectas.

Pliegues subcutáneos

La medición del grosor de un pliegue subcutáneo es una aproximación directa al grosor del tejido subcutáneo, el que a su vez puede ser una estimación de la grasa corporal total.^{4,5} Entre 27 y 42 % de la grasa corporal total se localiza en el tejido subcutáneo, por lo que puede asumirse que el grosor de la grasa subcutánea refleja el balance energético a largo plazo.⁶ La medición de un pliegue cutáneo como estimación de la grasa corporal se basa en dos supuestos:

- a) El grosor del tejido adiposo subcutáneo refleja una proporción constante de la grasa corporal total.

- b) Los sitios donde se mide el grosor de los pliegues cutáneos representan el grosor promedio de todo el tejido adiposo subcutáneo.⁵

Los pliegues cutáneos pueden ser utilizados para cuantificar las reservas de energía en forma de grasa subcutánea y para describir la forma como se distribuye la grasa corporal. Cuando se utilizan para estimar las reservas de grasa, lo usual es que se compare el valor observado en el individuo con valores de referencia.^{5,7} La conveniencia de este procedimiento es que las mediciones son sencillas y requieren poco tiempo.⁸

Pliegues subcutáneos en la adolescencia

Se han definido muchos sitios para la medición de los pliegues cutáneos, sin embargo, no todos tienen la misma utilidad en los distintos grupos de edad y sexo. Los pliegues cutáneos que más han sido utilizados en adolescentes son el subescapular (PCSE) y el tricipital (PCT).^{9,10}

En un estudio se debe elegir el pliegue más representativo de toda la placa de grasa subcutánea en el grupo de interés.⁵ En este sentido es importante considerar que existen diferencias raciales en la distribución de la grasa corporal. En los mexicoamericanos la grasa subcutánea tiende a distribuirse centralmente, es decir, hay una mayor acumulación de grasa en la parte superior del tronco, por lo que los pliegues cutáneos más adecuados en este grupo son los que se sitúan en dicha región, tales como los pliegues subcutáneos subescapular y axilar-medio.^{11,12} La distribución central de la grasa corporal en población mexicana hace que los pliegues medidos en las extremidades sean menos representativos de toda la placa de grasa subcutánea y, por tanto, de obesidad.

Otro criterio para elegir el pliegue cutáneo es que debe ser el que mejor se correlacione con la grasa corporal total.⁵ Roche y colaboradores indicaron que en individuos de seis a 17 años el que mejor se asoció con el porcentaje de grasa corporal medida a través de densitometría fue el PCT, comparado con PCSE y pliegue cutáneo suprailíaco (PCSI).¹³ En otro estudio con sujetos de seis a 17 años, el PCT fue el mejor

estimador de densidad corporal y masa grasa total, en comparación con el pliegue cutáneo bicipital (PCB) y de pantorrilla (PCP).¹⁴

Aun cuando en los adolescentes el PCT se asocia bien con mediciones directas de adiposidad, Owen ha sugerido que en este grupo de edad es más recomendable el uso del PCSE.⁶ En adolescentes varones la evolución del PCT con la edad tiene una forma de S, lo cual indica que para utilizar este índice es necesario contar con la valoración de la maduración sexual. Esto hace que en adolescentes de ambos sexos, el PCSE sea una medición más útil de adiposidad relativa.⁶

En resumen, considerando la asociación con estimaciones directas de adiposidad, las diferencias étnicas y por el desarrollo sexual, los pliegues cutáneos que deben ser utilizados en adolescentes mexicanos son el PCSE y el PCT. Medir ambos pliegues permitiría, además, conocer la distribución de grasa corporal.

Tablas de referencia y puntos de corte

Para el PCT y el PCSE se cuenta con tablas de referencia para un amplio rango de edades, tablas que fueron hechas con la misma información con la que se elaboraron las de referencia de talla y peso.^{6,9,10}

No existen estudios que validen puntos de corte para diagnosticar obesidad a través de PCT o PCSE. Por lo regular se utilizan los percentiles extremos para definir obesidad (85, 90 o 95) o depleción (5, 10 o 15).

Para identificar a individuos obesos, recientemente el *World Health Organization Expert Committee* recomendó el uso de un esquema diagnóstico basado en el IMC y los PCT y PCSE.¹⁵ Para los tres indicadores que conforman el esquema se utilizan los valores de referencia elaborados por Must y colaboradores.¹⁰ Se considera que un adolescente presenta obesidad cuando el IMC para la edad es mayor al percentil 85 y los pliegues subcutáneos superan el percentil 90. Conceptualmente este criterio diagnóstico es más adecuado que el uso aislado de los índices de peso-talla o de pliegues, ya que para que un individuo sea considerado como obeso tiene que contar con dos características: exceso de peso y

exceso de grasa corporal, descartando a quienes tengan sobrepeso sin exceso de grasa, o viceversa.

Limitaciones

La limitación de evaluar solamente un pliegue cutáneo consiste en que es un predictor relativamente pobre de la cantidad absoluta y de la tasa de cambio de la grasa corporal total, debido a que:

- Existen grandes diferencias entre los individuos en cuanto a la distribución de la grasa corporal.
- Cuando existen modificaciones en la grasa corporal total, cada pliegue cutáneo se modifica en proporciones diferentes.
- No es lineal la relación entre pliegues cutáneos y grasa corporal.⁸

Otros factores que limitan el uso de un sólo pliegue cutáneo para medir la adiposidad son los cambios que se suscitan en la composición del tejido adiposo debido a la edad y el estado nutricional, la variación en la compresibilidad de los pliegues, la inclusión en la medición de una pequeña cantidad de tejido no adiposo (piel, por ejemplo) y las diferencias entre las razas.^{5,8}

Área grasa del brazo

El área transversal de grasa del punto medio del brazo (AGB), calculada a partir del PCT y la circunferencia del brazo (CB), puede ser utilizada como un índice nutricional. Evidencias de la validez de este índice como indicador del estado de nutrición provienen de estudios clínicos en los cuales se ha observado que el AGB proporciona información pronóstica relacionada con la mejora o el deterioro de pacientes hospitalizados; sin embargo, el valor pronóstico del AGB es menor al observado con el área muscular del brazo.⁷ En última instancia, el AGB es una aproximación a las reservas corporales de energía en forma de grasa subcutánea.³

En comparación con los pliegues cutáneos, el AGB tiene la ventaja de que incluye la con-

Luis Ortiz Hernández.
Evaluación nutricional de adolescentes.
3. Composición corporal

tribución de la circunferencia de la extremidad: dos extremidades con pliegues cutáneos similares pero con circunferencias distintas tendrán cantidades diferentes de grasa.⁸ Las áreas grasas en extremidades son útiles para estimar valores absolutos de grasa corporal (kg de grasa) pero no valores relativos (densidad corporal y porcentaje de grasa corporal por medio de densitometría).¹⁴

modifica a la misma velocidad con que se modifica el balance de energía.⁷

Se han propuesto varios procedimientos para mejorar la precisión de la ecuación para calcular el AGB. Uno de ellos señala que en lugar de usar un solo pliegue (PCT) es necesario emplear el promedio de dos pliegues:

$$\frac{PCB + PCT}{2}$$

Con esta modificación se observó que existían asociaciones más fuertes con la densidad corporal y la masa grasa estimadas a partir de densitometría.¹⁴ En niños franceses de nueve a 15 años, Rolland Cachera y colaboradores propusieron que en lugar de considerar al AGB como un anillo, se partiera del supuesto de que es un rectángulo (figura 1), con lo cual se logra reducir la subestimación.¹⁷ La limitación de ambos procedimientos es que no se cuenta con valores de referencia internacionales.

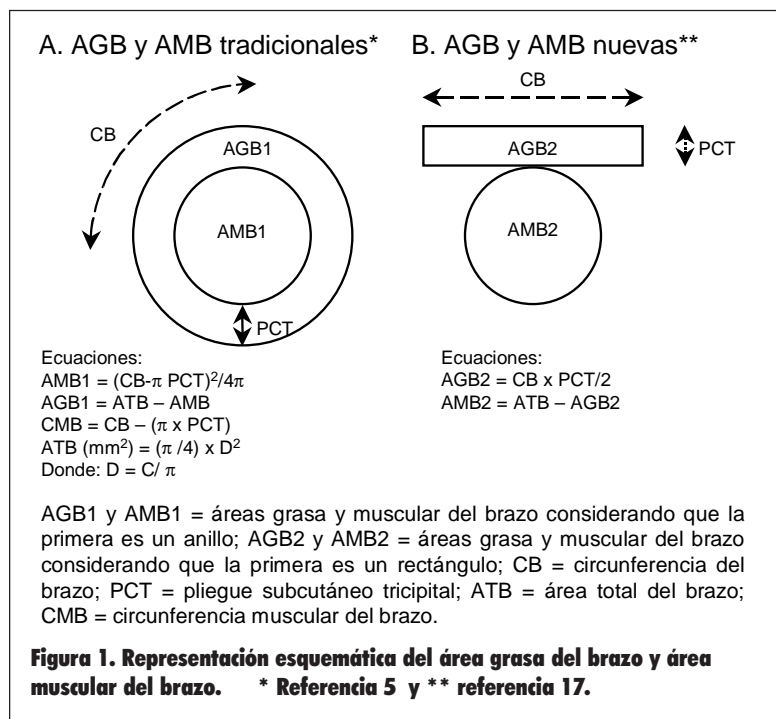
Tablas de referencia y puntos de corte

Los datos de referencia compilados por el NCHS están disponibles para el AGB.^{5,9,10} No existen puntos de corte validados para identificar a individuos con obesidad o depleción. Por lo regular se eligen los percentiles extremos para identificar a los individuos con depleción grasa (5, 10 o 15) y a los que presentan obesidad (85, 90, o 95).

Rolland Cachera y colaboradores publicaron valores del AGB para población francesa, considerando que la grasa del brazo tiene forma de rectángulo.¹⁷ Si bien estas tablas de referencia no son útiles para estudios poblacionales, su uso puede ser conveniente en la práctica clínica dada su mayor precisión.

Circunferencia y área musculares del brazo

La circunferencia muscular del brazo (CMB), derivada de la circunferencia de brazo y del PCT, representa la circunferencia del círculo interno de la masa muscular alrededor de una pequeña



En la ecuación *tradicional* para estimar el AGB se parte de la premisa de que el brazo está formado por anillos concéntricos de hueso, músculo y grasa;^{9,16} para saber el valor del anillo de grasa, del área total del brazo se sustrae el valor del anillo de músculo más hueso (figura 1). Con esta ecuación se asume que la extremidad es cilíndrica, con la grasa distribuida uniformemente y no se toma en cuenta la compresibilidad del pliegue cutáneo que varía con la edad, el sexo y el sitio de medición.⁵ Producto de estas imprecisiones, la ecuación *tradicional* del AGB genera subestimación del valor real de grasa.¹⁷ Más aún, el AGB no es directamente proporcional a la grasa corporal total; además, el AGB no se

capa central de hueso. La ecuación para estimar la CMB se basa en los mismos supuestos que la ecuación para AGB (figura 1). Una limitación de este índice es que no considera la variación que existe entre los individuos en el diámetro de la circunferencia del húmero.⁵

Otra limitación de la CMB es que es un índice unidimensional. La masa del músculo esquelético representa una medición tridimensional (volumen) mientras que las circunferencias y las áreas son índices uni y bidimensionales, respectivamente. Conforme el músculo cambia de volumen, los cambios proporcionales correspondientes en la CMB y en el área muscular del brazo (AMB) serán menores que el cambio en el volumen. Aunque el AMB y la CMB se correlacionan altamente entre sí, la medición del AMB proporcionará una estimación más real de los cambios en la masa muscular.^{8,18} Lo anterior explica la razón por la cual, en comparación con la CMB, el AMB se correlaciona mejor con el índice creatinina/talla.⁹

La validez del AMB como indicador del estado de nutrición se apoya en lo siguiente:

- En individuos sanos la fuerza muscular y el AMB se correlacionan positivamente; en individuos enfermos la correlación es pobre.
- El AMB se asocia con mediciones de masa libre de grasa (MLG) a partir de K^{40} y de excreción de creatinina urinaria en 24 horas.⁷

Con el AMB y el CMB lo que se desea medir son los depósitos de proteína en forma de músculo.

Para estimar el AMB la ecuación *tradicional* (figura 1) se basa en los siguientes supuestos:

- El área transversal del brazo es circular.
- El PCT es el doble del diámetro promedio del círculo de grasa.
- El área transversal del anillo de músculo en el brazo es un círculo perfecto.
- Durante la desnutrición es proporcional la atrofia del hueso y la depleción muscular.
- Las áreas transversales del tejido neurovascular y del húmero son relativamente pequeñas, por lo que pueden ser ignoradas.^{5,8,9}

En individuos jóvenes no obesos el AMB calculada sobrestima la cantidad de músculo

esquelético entre 15 y 25 %, con lo que se subestima la severidad de la atrofia muscular en la desnutrición. La mitad de la sobrestimación se debe a la inclusión del hueso en el área calculada; el resto, a los errores en las premisas en que se basa la ecuación y la inclusión del tejido no-muscular (ejemplo, paquete neurovascular).^{9,18} Se dispone de varios métodos para corregir la sobrestimación. Uno de ellos consiste en expresar los resultados como porcentaje de un estándar, ya que el estándar también contendrá aquellos componentes *no-musculares*. En otra aproximación se calcula el valor del área muscular libre de hueso.^{8,16} Con la ecuación propuesta por Rolland Cachera y colaboradores (figura 1) se logra una reducción significativa de la sobrestimación del AMB.¹⁷ Sin embargo, como ya se indicó, no se cuenta con valores de referencia internacionales.

Frisancho publicó valores de referencia para la CMB y el AMB, estimados con las ecuaciones *tradicionales* y elaborados con la información de la población con la que se construyeron las tablas del NCHS.^{9,16} Al igual que para el AGB, para la CMB y el AMB no existen puntos de corte validados en estudios. Con frecuencia los percentiles 5, 10 o 15 son considerados puntos diagnósticos para definir depleción muscular.

Ventajas y limitaciones

Es preferible la estimación del AMB en comparación con las áreas musculares de pierna y pantorrilla, ya que los músculos del brazo se atrofian ligeramente más rápido durante la semiinanición que los músculos de las otras regiones, aunque las diferencias no son sustanciales.⁸ Además, para el AMB existen valores de referencia.⁹

Las limitaciones del AMB son:

- En individuos con semiinanición el brazo tiende a perder tejido muscular más rápido que las extremidades inferiores, por lo tanto, el cambio relativo en el AMB puede no ser directamente proporcional al cambio en la masa muscular corporal total.
- Los cambios a corto plazo en el balance de nitrógeno no son detectados fácilmente a través del AMB.^{7,8}

Porcentaje de grasa corporal

Por medio del porcentaje de grasa corporal (% GC), estimado a partir del pliegue cutáneo y de otras dimensiones antropométricas, es posible diagnosticar obesidad.¹⁹ Las ecuaciones predictivas no deben ser utilizadas para valorar a individuos desnutridos ya que conforme aumenta la severidad de la desnutrición disminuye la correlación del grosor de los pliegues cutáneos con la densidad corporal (DC).²⁰ Además, como se verá más adelante, sólo existen puntos de corte para definir obesidad, pero no para identificar a individuos con depleción.

La elaboración y uso de las ecuaciones de predicción de la DC y del % GC se basan en un modelo de dos compartimientos en el que se divide al cuerpo humano en un compartimiento de grasa químicamente pura, llamada masa grasa (MG), y otro que consiste en todo el material no graso o masa libre de grasa (MLG) que incluye básicamente huesos, músculos, agua y vísceras. Las propiedades físicas y químicas (especialmente la densidad y el contenido de sodio y potasio) de la MG y la MLG pueden ser medidas o calculadas con precisión razonable, lo que hace posible estimar la composición corporal a través de distintos procedimientos basándose en la medición de la densidad corporal, el potasio corporal total y el contenido total de agua corporal.²¹ Se considera que la MG no contiene agua ni potasio y tiene una densidad de 0.9 g/mL; mientras que la MLG tiene una densidad de 1.1 g/mL, el agua ocupa de 72 a 74%, y un contenido de potasio de 60 a 70 mmol/kg en los hombres y de 50 a 60 mmol/kg en las mujeres.²²

Para estimar el %GC existen dos tipos de ecuaciones: con unas se estima la DC (ecuaciones 3, 4, 5, 6, 7 y 8 del cuadro I) y a partir de ésta el %GC; en otras se estima directamente la grasa corporal (ecuaciones 1, 2 y 3 del cuadro I). En el cuadro I se presentan las características descriptivas de dos ecuaciones con las que se estima la MLG (ecuaciones 9 y 10). Claro que si se cuenta con la estimación de %GC se puede estimar la MLG, y viceversa (peso total = kg de GC + kg de MLG; o de otra forma, 100 % del peso corporal = %GC + %MLG).

En general, las fórmulas para estimar la DC, el %GC o la MLG son derivadas a partir de

ecuaciones de regresión lineal en las que las variables independientes son las dimensiones antropométricas y las variables dependientes son la DC, el %GC o la MLG medidas a través de técnicas de laboratorio con elevada precisión (columna 5 del cuadro I).²¹ En varias de estas ecuaciones se utilizan transformaciones logarítmicas o cuadráticas de los pliegues cutáneos debido a que en un amplio rango de valores de la DC, la relación entre los pliegues cutáneos y la DC es curvilínea, por ejemplo: en los individuos obesos un incremento substancial en el grosor del pliegue cutáneo se asocia con pequeños cambios en la DC.⁵

En las ecuaciones en que se estima la DC es necesario contar con fórmulas para que a partir de ésta se calcule el % GC. En adultos, las ecuaciones de Brozek y las de Siri son las más difundidas.⁵ Para niños y adolescentes, Wetstrate y Deurenberg modificaron la fórmula de Siri.²¹ Para modificar las ecuaciones de Siri, dichos autores consideraron los cambios que ocurren durante la niñez y la adolescencia en la composición y densidad de la MLG y la MG. La densidad de la MG se obtiene a partir de análisis químicos de cadáveres. A temperatura del cuerpo humano la grasa corporal tiene una densidad de 0.9000 ± 0.00068 kg/L. Teóricamente este valor se mantiene constante a lo largo de la vida.

La densidad de la MLG, por su parte, varía en función de su contenido relativo de agua, proteínas y minerales (el glucógeno no se considera). En niños la MLG contiene relativamente más agua y menos proteínas y minerales que en los adultos, lo que implica que la densidad de la MLG es, en promedio, menor en los primeros. La mineralización ósea y la formación de músculos (deposición de proteínas) aumentan del nacimiento a la adultez. En los primeros dos años de la vida la densidad de la MLG aumenta de forma curvilínea pasando de 1.064 kg/L en el nacimiento a 1.072 kg/L. A partir de los dos años existen diferencias entre los sexos en la composición de la MLG: en las mujeres el contenido de agua es mayor y el de minerales y proteínas menor que en los varones; en las mujeres la densidad de la MLG pasa de 1.072 kg/L a los cuatro años a 1.075 kg/L a los 10 años; en los varones dichos valores son de 1.076 kg/L y 1.085 kg/L, respectivamente. Entre los 11 y 18 años se puede asumir que en ambos sexos la densi-

Cuadro I
Características de ecuaciones para predecir densidad corporal, grasa corporal y masa libre de grasa a partir de pliegues subcutáneos y otras dimensiones antropométricas

Núm. Referencia*	País	Población	Método de validación	Mediciones
1 Dugdale y Griffiths ²³ (GC)	Alemania	H (n = 62) de 4-12.5 (< 150 cm), M (n = 86) de 4-19 años	K ⁴⁰ corporal total por <i>scintillation counters</i>	PCB, PCT, PCSE, PCSI, peso, talla
2 Slaughter et al. ²⁴ (GC)	Estados Unidos de América del Norte	Prepúberes (50 H, 16 M), púberes (30 H, 29 M), pospúberes (58 H, 59 M), adultos (36 H, 32 M)	Densidad corporal por hidrodensitometría; agua corporal total por dilución de óxido de H ² , mineral óseo por absorciometría de fotones	PCT, PCB, PCSE, PCAM, PCSI, PCSIA, PCA, PCP, PCPA
3 Deurenberg et al. ²⁷ (GC, DC)	Holanda	Prepúberes (114 H, 98 M), púberes (35 H, 76 M), pospúberes (21 H, 34 M)	Densidad corporal por hidrodensitometría	PCT, PCB, PCSE, PCSI
4 Parizkova ³⁰ (DC)	Checoslovaquia	H (n= 66) y M (n = 56) de 9-12 años, H (n = 57) y M (n = 62) de 9-12 años	Densidad corporal por hidrodensitometría	PCT, PCM, PCTO, PCTO2, PCSE, PCA, PCSI, PCP, PCPA
5 Durnin y Rahaman ⁴ (DC)	Inglaterra	H (n = 48) y M (n = 38) de 12-16 años, H (n = 60) y M (n = 45) de 18-33 años	Densidad corporal por hidrodensitometría	PCT, PCB, PCSE, PCSI
6 Brook ²⁶ (DC)	Inglaterra	H (n = 12) y M (n = 11) de 1-11 años	Agua corporal total por dilución de óxido de H ²	PCT, PCB, PCSE, PCSI
7 Zavaleta y Malina ¹⁰ (DC)	Estados Unidos de América del Norte (mexicoamericanos)	H (n = 95) de 9-14 años	Densidad corporal por hidrodensitometría	PCAM, PCPA, CPA, DAB
8 Sarria et al. ³¹ (DC)	España	H (n = 175) de 7-16.9 años	Densidad corporal por hidrodensitometría	PCT, PCB, PCSI, PCSE, peso, talla, IMC
9 Guo et al. ²⁹ (MLG)	Estados Unidos de América del Norte	140 H (15.26±4.23 años), 110 M (15.37±4.30 años)	Densidad corporal por hidrodensitometría	Peso, talla, PCPAL, PCAM, CMB, R
10 Conlisk et al. ²⁸ (MLG)	Guatemala	79 H (15.4±3.3 años), 76 M (15.9±3.6 años)	Densidad corporal por hidrodensitometría	Peso, talla, PCT, PCSI, diámetro biiliaco, CA, AGB, R

*Las letras en paréntesis indican si se reportaron ecuaciones o nomogramas para estimar grasa corporal (GC), ecuaciones para predecir densidad corporal (DC), ecuaciones para densidad corporal y porcentaje de grasa corporal (DC, GC) o masa libre de grasa (MLG).

H = varones

PCT = pliegue tricipital

PCSI = pliegue suprailíaco anterior

PCTO2 = pliegue torácico al nivel de la décima costilla

PCP = pliegue de pierna

PCAM = pliegue axilar medio

PCSM = pliegue submandibular

CB = circunferencia de brazo

CPA = circunferencia de pantorrilla

AGB = área grasa del brazo

M = mujeres

PCSE = pliegue subescapular

PCTO = pliegue torácico

PCPA = pliegue de pantorrilla

PCM = pliegue de la mejilla

DAB = dinamometría del antebrazo

CC = circunferencia de cintura

CT = circunferencia de tórax

R = resistencia por impedancia bioeléctrica

PCB = pliegue bicipital

PCSI = pliegue suprailíaco

PCA = pliegue abdominal

PCPAL = pliegue de pantorrilla lateral

PCCINT = pliegue de la cintura

CP = circunferencia de pierna

CMB = circunferencia muscular del brazo

CA = circunferencia abdominal

dad de la MLG se incrementa linealmente hasta llegar a 1.100 kg/L.

Ecuaciones de predicción del %GC y maduración sexual

En las ecuaciones 2 y 3 presentadas en el cuadro I, la población se agrupó de acuerdo con la etapa de maduración sexual de los individuos, es decir, se hicieron ecuaciones específicas para sexo y etapa de maduración sexual. Con el desarrollo sexual existen cambios en la composición corporal y en la composición de la MLG, por lo que es necesario ajustar las ecuaciones al grado de maduración de los individuos. Esta situación se puso en evidencia en el estudio de Dugdale y Griffiths,²³ en el que se observó que en niños que medían más de 150 cm no era posible predecir el %GC medido por medio del peso, la talla y pliegues cutáneos. La mayoría de los niños habían experimentado el brote puberal y la variación en la composición corporal se amplió, lo que hizo que no existiera asociación entre el %GC y las mediciones antropométricas.

Slaughter y colaboradores (ecuación 2 del cuadro I) valoraron la maduración sexual de su población, sin embargo, para utilizar las ecuaciones que elaboraron no es necesario contar con ésta. Esto se debe a que los autores derivaron sus ecuaciones midiendo, además de la grasa corporal, otros tres compartimientos: mineral óseo, densidad corporal total y agua corporal total. Con esta aproximación se consideraron los cambios en la composición corporal que ocurre con la adolescencia. De acuerdo con Reilly y colaboradores,²⁵ las ecuaciones de Slaughter y colaboradores²⁴ son las más utilizadas en Estados Unidos de América del Norte.

Selección de ecuaciones

¿Qué criterios se deben seguir para elegir una ecuación para estimar DC, GC o MLG? Un criterio sería conocer si la ecuación ha sido validada en otra población diferente a la que fue desarrollada (validación transversal). Otro criterio podría ser la disponibilidad y posibilidad de medir los pliegues y otras mediciones necesarias para las ecuaciones.

En un estudio de validación transversal, Reilly y colaboradores²⁵ compararon las ecuaciones de Durnin y Rahaman,⁴ Slaughter y colaboradores,²⁴ Brook²⁶ y Deurenberg y colaboradores.²⁷ La población estuvo formada por 98 preadolescentes (edad promedio de 9.1 años), de los cuales 64 fueron varones y 34 mujeres; el método de referencia para medir la DC fue la densitometría. En los varones la ecuación que tuvo menor sesgo fue la de Brook²⁶ y para las mujeres fueron las de Deurenberg y colaboradores.²⁷ Los autores concluyeron que individualmente existe poca concordancia entre la estimación por ecuaciones y la obtenida por densitometría, por lo que no deben usarse en sujetos aislados; aunque sí recomendaron su uso en poblaciones. Esta situación evidencia la necesidad de que antes de utilizar una ecuación se revise su validez en la población por estudiar.

Considerando las diferencias raciales, para los adolescentes latinoamericanos sería mejor utilizar la ecuación que Zavaleta y Malina (ecuación 7 del cuadro I) desarrollaron en población mexicoamericana.¹¹ Sin embargo, tiene el inconveniente de que sólo se elaboraron ecuaciones para varones.

Las ecuaciones de Conlisk y colaboradores también pueden ser apropiadas para adolescentes mexicanos ya que fueron obtenidas con adolescentes de Guatemala.²⁸ Reconociendo que la desnutrición es un problema frecuente en países en desarrollo, estos autores eligieron una muestra de individuos con depleción grasa y obesidad, condiciones medidas a través del PCT, lo cual hace que las ecuaciones sean aplicables en distintas condiciones nutricionales.

En el trabajo de Conlisk y colaboradores²⁸ también se validaron las ecuaciones formuladas por Slaughter y colaboradores,²⁴ Guo y colaboradores²⁹ y Parizkova³⁰ (ecuaciones 2, 9 y 4 del cuadro I), utilizando como método de referencia la hidrodensitometría. La ecuación de Parizkova subestimó la MLG (en otros términos, sobrestimó la GC) en los individuos más jóvenes y con menos estatura, aunque estos errores no fueron considerables.³⁰ Con las tres ecuaciones se produjeron estimaciones con poco sesgo (coeficientes de variación menores de 5.63 %), lo que de acuerdo con los autores valida su uso en poblaciones marginalmente malnutridas.

Puntos de corte

En niños y adolescentes australianos de 9 y 15 años, Dwyer y Blizzard definieron puntos de corte para identificar obesidad a partir del %GC.¹⁹ La definición se realizó teniendo como variables de resultado o dependientes a la concentración de triglicéridos (TG), los niveles séricos de lipoproteínas de alta densidad-colesterol (LAD-C) y los valores de presión sanguínea sistólica (PSS), y como variable independiente al %GC. Para estimar la DC se utilizaron las ecuaciones de Durnin y Rahaman para los individuos de 15 años,⁴ y las de Brook para los de nueve años de edad.²⁶ El %GC se asoció negativamente con los niveles de LAD-C, pero positivamente con la PSS. No existió relación del %GC con la concentración de TG. Los puntos de corte que resultaron fueron de 30 % para las mujeres y 25 % en varones, por arriba de estos puntos de corte los niveles de LAD-C disminuyeron y los de PSS aumentaron significativamente. Es decir, se debe considerar que un adolescente varón presenta obesidad cuando su %GC es mayor de 25 %, y en el caso de las mujeres el punto de corte es de 30 %. Dichos valores coinciden con los propuestos por Williams y colaboradores, quienes definieron puntos diagnósticos al relacionarlos con la prevalencia de factores de riesgo para cardiopatía coronaria.¹⁸

Ventajas y limitaciones

La estimación del %GC a partir de mediciones antropométricas puede ser integrada a cálculos de estimaciones de balance energético, es decir, proporciona una descripción más fisiológica del estado nutricional.⁸

La proporción entre la grasa interna y la grasa subcutánea, la distribución de grasa corporal y la densidad corporal se modifican con la edad, lo que imposibilita el uso de una sola ecuación para estimar la DC a partir de pliegues cutáneos.⁵

Entre las limitaciones de las ecuaciones de predicción se encuentra que, en general, las fórmulas elaboradas con poblaciones homogéneas sobrestiman la grasa corporal en individuos delgados y la subestiman en los obesos. Eso implica que muchas de las ecuaciones de predicción son específicas para la población

en que se desarrollaron y no pueden ser utilizadas en otros grupos.²⁵

Conclusiones

Con esta entrega finaliza una serie de tres artículos en los que se presentó una discusión en torno a la valoración antropométrica de adolescentes.^{1,2} Se ha puesto énfasis en los aspectos teóricos y en los elementos prácticos de cada uno de los índices incluidos; con ello se pretende que el texto sirva de referencia tanto a quienes por primera vez se aproximan al tema, como a los propios estudiosos de la evaluación nutricional. De igual manera, se han valorado las limitaciones de cada uno de los índices a la luz de las especificidades morfológicas de la población hispana, ya que en México, y en Latinoamérica en general, existen pocos trabajos acerca del tema.

Entre los temas que faltan por investigar está la definición de puntos de corte mediante el procedimiento de riesgo, ya que los esquemas diagnósticos utilizados para la mayoría de los índices antropométricos (índice de talla para edad, índice de masa corporal, pliegues cutáneos, área grasa y muscular del brazo) han sido definidos a partir de la elección de los puntos extremos de la distribución normal o percentilar. Es decir, no se ha demostrado que la probabilidad de desarrollar alguna consecuencia negativa se incrementa cuando un individuo se ubica por arriba o por debajo de dichos puntos de corte. También es necesario que en futuras investigaciones se desarrollen procedimientos para incorporar la medición de la complexión corporal en la evaluación nutricional de los adolescentes.

Referencias

1. Ortiz L. Evaluación nutricional de adolescentes II. Crecimiento. Rev Med IMSS 2002;40(2):153-162.
2. Ortiz L. Evaluación nutricional de adolescentes I. Conceptos generales. Rev Med IMSS 2002;40 (1):61-70.
3. Wang ZM, Pierson RN, Heymsfield SB. The five-model: A new approach to organizing body composition research. Am J Clin Nutr 1992;56:19-28.
4. Durnin JVGA, Rahaman MM. The assessment of the amount of fat in the human body from mea-

Luis Ortiz Hernández.
Evaluación nutricional
de adolescentes.
3. Composición corporal

- surements of skinfold thickness. *Br J Nutr* 1967; 21:981-988.
5. Gibson R. Principles of nutritional assessment. New York: Oxford University Press; 1990.
6. Owen GM. Measurement, recording and assessment of skinfold and adolescent: report of a small meeting. *Am J Clin Nutr* 1982;35:629-638.
7. Fidanza F. Nutritional Status Assessment. A manual for population studies. London: Chapman and Hall; 1991.
8. Heymsfield SB, Tighe A, Wang ZM. Nutritional assessment by anthropometric methods. En: Shils M, Allen J, Shike M. Modern nutrition in health and disease. Philadelphia: Lea and Febiger; 1994. p. 812-841.
9. Frisancho AR. New norms of upper limb fat and muscle areas for assessment of nutritional status. *Am J Clin Nutr* 1981;34:2540-2545.
10. Must A, Dallal GE, Dietz WH. Reference data for obesity: 85th and 95th percentiles of body mass index (wt/ht²) and triceps skinfold thickness (fe de erratas publicada en *Am J Clin Nutr* 1991;54:773). *Am J Clin Nutr* 1991;53:839-846.
11. Zavaleta AN, Malina RM. Growth and body composition of mexico-american boys 9 through 14 years of age. *Am J Phys Anthropol* 1982;57:261-271.
12. Martorell R, Mendoza FS, Castillo RO, Pawson IG, Budge CC. Short and plump physical of mexico-american children. *Am J Phys Anthropol* 1987;73:475-487.
13. Roche AF, Siergovel RM, Chumlea WC, Webb P. Grading body fatness from limited anthropometric data. *Am J Clin Nutr* 1981;34:2831-2838.
14. Himes JH, Roche AF, Webb P. Fat areas as estimates of total body fat. *Am J Clin Nutr* 1980;33:2093-2100.
15. World Health Organization Expert Committee. Physical Status: the use and interpretation of anthropometry. Geneva: World Health Organization; 1995.
16. Frisancho AR. Anthropometric standards for the assessment of growth and nutritional status. Ann Arbor: University of Michigan Press; 1990.
17. Rolland-Cachera MF, Brambilla P, Pamzoni P, Akrouit M, Sironi S, del Paschino A, Chiumello G. Body composition assessed on the basis of arm circumference and triceps skinfold thickness: A new index validated in children by magnetic resonance imaging. *Am J Clin Nutr* 1997;65:1709-1713.
18. Heymsfield SB, McManus C, Smith J, Stevens V, Nixon DW. Anthropometric measurement of muscle mass: revised equations for calculating bone-free arm muscle area. *Am J Clin Nutr* 1982;36:680-690.
19. Dwyer T, Blizzard CL. Defining obesity in children by biological endpoint rather than population distribution. *Int J Obesity* 1996;20:472-480.
20. Spurr GB, Barac-Nieton M, Loreto H, Dahners HW. Comparisons of body fat estimated from total body water and skinfold thickness of undernourished men. *Am J Clin Nutr* 1981;34:1944-1953.
21. Weststrate JA, Deurenberg P. Body composition in children: Proposal for a method for calculating body fat percentage from total body density or skinfold-thickness measurements. *Am J Clin Nutr* 1989;50:1104-1115.
22. Rolland-Cachera MF. Body composition during adolescence: methods, limitations and determinants. *Hormone Research* 1993;39(Suppl):25-40.
23. Dugdale AE, Griffiths M. Estimating fat body mass from anthropometric data. *Am J Clin Nutr* 1979;32:2400-2403.
24. Slaughter MH, Lohman TG, Boileau RA, Horswill CA, Stillman RJ, Loan A, Bembien DA. Skinfold equations for estimation on body fatness in children and youth. *Hum Biol* 1988;60:709-723.
25. Reilly JJ, Wilson J, Durnin JVG. Determination of body composition from skinfold thickness: a validation study. *Arch Dis Child* 1995;73:305-310.
26. Brook CGD. Determination of body composition of children from skinfolds measurements. *Arch Dis Child* 1971;46:182-184.
27. Deurenberg P, Pieters JL, Hautvast JGA. The assessment of the body fat percentage by skinfold thickness measurements in childhood and young adolescence. *Br J Nutr* 1990;63:293-303.
28. Conlisk EA, Haas JD, Martinez EJ, Flores R, Rivera JD, Martorell R. Predicting body composition form anthropometry and bioimpedance in marginally undernourished adolescents and young adults. *Am J Clin Nutr* 1992;55:1051-1059.
29. Guo S, Roche AF, Houtkooper L. Fat-free mass in children and young adults predicted from bioelectric impedance and anthropometric variables. *Am J Clin Nutr* 1989;50:435-443.
30. Parizkova J. Total body fat and skinfold thickness in children. *Metabolism* 1961;10:794-807.
31. Sarría A, García-Llop 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; 52:573-576. 