



ORIGINAL

## Precisión diagnóstica del índice de masa triponderal ( $\text{kg}/\text{m}^3$ ) para identificar el fenotipo de riesgo metabólico en pacientes obesos

Diego Yeste\*, María Clemente, Ariadna Campos, Anna Fábregas, Eduard Mogas, Laura Soler y Antonio Carrascosa

Sección de Endocrinología Pediátrica, Hospital Universitario Vall d'Hebron, Universitat Autònoma de Barcelona. CIBER de Enfermedades Raras (CIBERER) ISCIII, Barcelona, España

Recibido el 4 de octubre de 2019; aceptado el 2 de abril de 2020

### PALABRAS CLAVE

Obesidad;  
Niños;  
Adolescentes;  
Riesgo cardiovascular;  
Índice de masa triponderal;  
Fenotipo obeso de riesgo metabólico

### Resumen

**Introducción:** El fenotipo obeso metabólicamente sano (FOMS) define a los pacientes obesos que tienen preservada la sensibilidad a la insulina y que no presentan complicaciones metabólicas. Este fenotipo se asocia a menor riesgo de padecer enfermedad cardiovascular y diabetes tipo 2 en la edad adulta.

**Objetivos:** Determinar la prevalencia del FOMS y del fenotipo obeso con riesgo metabólico (FORM) en una cohorte de niños y adolescentes obesos y establecer la capacidad predictiva del índice de masa triponderal (IMT) y de otros parámetros antropométricos para identificar a estos pacientes.

**Pacientes y métodos:** Estudio transversal de 239 pacientes (125 varones) obesos de 8 a 18 años de edad. El 45,9% presentan obesidad grado 3. Se utilizan las curvas ROC para buscar el mejor punto de corte para: IMT, índice de masa corporal (IMC), valor z-score del IMC (zslMC) e índice cintura/talla (ICT). Componentes FOMS: glucemia plasmática, triglicéridos plasmáticos, colesterol HDL y presión arterial.

**Resultados:** La prevalencia del FOMS en nuestra cohorte es del 37,6%, sin que se observen diferencias entre sexos, incrementándose con la edad y con el grado de obesidad. El IMT tiene una sensibilidad de 75,8 y una especificidad de 42,2 para identificar los pacientes FORM. El mejor punto de corte para el IMT es  $18,7 \text{ kg}/\text{m}^3$ , para el IMC  $30,4 \text{ kg}/\text{m}^2$ , para el zslMC +3,5 DE y para el ICT 0,62.

**Conclusiones:** La precisión diagnóstica del IMT para identificar niños y adolescentes con riesgo metabólico es similar al IMC y al ICT. No obstante, su cálculo es más sencillo y además facilita y simplifica la categorización del grado de obesidad en ambos sexos.

© 2020 Publicado por Elsevier España, S.L.U. en nombre de Asociación Española de Pediatría. Este es un artículo Open Access bajo la licencia CC BY-NC-ND (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>).

\* Autor para correspondencia.

Correo electrónico: [dyeste@vhebron.net](mailto:dyeste@vhebron.net) (D. Yeste).

<https://doi.org/10.1016/j.anpedi.2020.04.004>

1695-4033/© 2020 Publicado por Elsevier España, S.L.U. en nombre de Asociación Española de Pediatría. Este es un artículo Open Access bajo la licencia CC BY-NC-ND (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>).

Cómo citar este artículo: Yeste D, et al. Precisión diagnóstica del índice de masa triponderal ( $\text{kg}/\text{m}^3$ ) para identificar el fenotipo de riesgo metabólico en pacientes obesos. An Pediatr (Barc). 2020. <https://doi.org/10.1016/j.anpedi.2020.04.004>

**Conclusiones:** La precisión diagnóstica del IMT para identificar niños y adolescentes con riesgo metabólico es similar al IMC y al ICT. No obstante, su cálculo es más sencillo y además facilita y simplifica la categorización del grado de obesidad en ambos sexos.

© 2020 Publicado por Elsevier España, S.L.U. en nombre de Asociación Española de Pediatría. Este es un artículo Open Access bajo la licencia CC BY-NC-ND (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>).

## KEYWORDS

Obesity;  
Children;  
Adolescents;  
Cardiovascular risk;  
Tri-ponderal mass index;  
Unhealthy metabolic obese phenotype

## Diagnostic accuracy of the tri-ponderal mass index in identifying the unhealthy metabolic obese phenotype in obese patients

### Abstract

**Introduction:** The metabolically healthy obese (MHO) phenotype defines obese patients who have preserved insulin sensitivity and absence of metabolic complications. This phenotype is associated with a lower risk of cardiovascular disease and type 2 diabetes in adulthood.

**Objectives:** To determine the prevalence of MHO and the metabolically unhealthy obesity (MUO) phenotype in a cohort of obese children and adolescents and to establish the predictive capacity of the tri-ponderal mass index (TMI) and other anthropometric parameters in order to identify these patients.

**Patients and methods:** A cross-sectional study was conducted on 239 obese patients (125 males) from 8 to 18 years of age. Grade 3 obesity was present in 45.9% of the patients. ROC curves were used to find the best cut-off point for: TMI, body mass index (BMI), BMI z-score (BMIs), and waist/height index (WHI). MHO components: plasma blood glucose, plasma triglycerides, HDL-cholesterol, and blood pressure.

**Results:** The prevalence of MUO in the study cohort was 37.6%. No differences between genders were observed, and it was increasing with the age and obesity degree. The TMI has a sensitivity of 75.8 and a specificity of 42.2 to identify the MUO patients. The best cut-off point for TMI is 18.7 kg/m<sup>3</sup>, for BMI it was 30.4 kg/m<sup>2</sup>, for BMIs +3.5 SD, and 0.62 for WHI.

**Conclusions:** The diagnostic accuracy of TMI in identifying obese adolescents with metabolic risk was similar to BMI and WHI. However, the TMI is much simpler to use and simplifies the categorization of the obesity in both genders.

© 2020 Published by Elsevier España, S.L.U. on behalf of Asociación Española de Pediatría. This is an open access article under the CC BY-NC-ND license (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>).

## Introducción

La obesidad en la edad pediátrica constituye uno de los problemas de salud pública más importantes de nuestra sociedad, no solo porque su incidencia está aumentando de forma considerable, sino porque la obesidad del niño tiende a perpetuarse en la adolescencia, y la del adolescente, en la vida adulta. La obesidad infantojuvenil constituye un factor de riesgo para el desarrollo a corto plazo (infancia y adolescencia) y a largo plazo (vida adulta) de complicaciones metabólicas, cardiovasculares y endocrinas, entre otras, y en general una menor esperanza de vida<sup>1-4</sup>.

El índice de la masa corporal (IMC [kg/m<sup>2</sup>]) es el parámetro antropométrico más utilizado para estimar el contenido de la grasa corporal de un sujeto. No obstante, su interpretación durante la infancia y la adolescencia presenta limitaciones debido a que este índice no es constante y varía ampliamente en función de la edad, del sexo, del estadio madurativo y de la prevalencia de la obesidad de la población, siendo necesario disponer de valores de referencia y referirlo en forma de valor z-score. El cálculo de este índice es de gran utilidad para relacionar la morbilidad con el grado

de obesidad y para monitorizar los efectos del tratamiento a corto y a largo plazo<sup>5-7</sup>.

Estudios recientes indican que el índice de masa triponderal (IMT [kg/m<sup>3</sup>]) estima el porcentaje de grasa corporal con mayor precisión que el IMC en niños y adolescentes de 8 a 18 años de edad, y se ha propuesto sustituir el uso de los valores z-score del IMC por los del IMT<sup>8,9</sup>. En nuestro país no hace mucho se han publicado los valores de referencia del IMC y del IMT según la edad y el sexo de los niños sanos sin malnutrición ni obesidad de la generación del milenio incluidos en el Estudio longitudinal de crecimiento de Barcelona (1995-2017)<sup>10</sup>. Estos valores pueden ser de gran utilidad para la evaluación clínica de la obesidad, especialmente durante la etapa prepuberal y la adolescencia. En concreto, los valores del IMT se mantienen muy uniformes tanto en niños como en niñas desde la edad de 8 años hasta los 18 años, por lo que un único punto de corte sería preciso para identificar el estado de sobrepeso y de obesidad y de este modo evitar cálculos matemáticos más complejos para estimar el grado de obesidad (valor z-score y porcentaje de IMC).

El cociente entre el perímetro de la cintura y la estatura, también denominado índice cintura/talla (ICT), ha

sido propuesto como un parámetro de gran interés para la identificación de la obesidad central y el riesgo cardiometabólico. En pacientes pediátricos obesos un valor mayor de 0,5 incrementa en 12,11 veces el riesgo de presentar síndrome metabólico en comparación con los niños con un IMC normal<sup>11</sup>.

Recientemente se ha definido el fenotipo obeso metabólicamente sano (FOMS) en los pacientes obesos que no presentan complicaciones metabólicas (alteraciones del metabolismo de los hidratos de carbono, dislipidemia e hipertensión arterial) y que tienen preservada la sensibilidad a la insulina a pesar del exceso de la grasa corporal<sup>12</sup>. Este fenotipo se asocia con un menor riesgo relativo de padecer enfermedad cardiovascular y diabetes tipo 2 en la edad adulta<sup>13,14</sup>. El fenotipo obeso con riesgo metabólico (FORM), en el que tampoco se incluye como criterio la medida del perímetro de la cintura, es recomendado actualmente para identificar los pacientes obesos con complicaciones metabólicas tanto en poblaciones pediátricas<sup>15,16</sup> como adultas por su mayor capacidad discriminativa<sup>12,17,18</sup>.

El objetivo de este estudio está dirigido a determinar la prevalencia del FOMS y del FORM en una cohorte de niños y adolescentes obesos y a establecer mediante curvas ROC los puntos de corte de los parámetros antropométricos que permitan identificar con mejor precisión diagnóstica a los pacientes FORM.

## Pacientes y método

Estudio prospectivo de 239 niños y adolescentes de edades comprendidas entre los 8 y 18 años que fueron remitidos para estudio de obesidad a la unidad de endocrinología pediátrica de un hospital de tercer nivel entre los años 2012 y 2016; 125 eran varones con una edad media (desviación estándar) de 12,7 (2,4) años y tenían un IMC medio de 31,4 (3,9) kg/m<sup>2</sup>, una puntuación z de IMC de 5,7 (1,9) y un IMT medio de 20,4 (2,6) kg/m<sup>3</sup>, y 114 eran mujeres con una edad media de 12,3 (2,2) años y tenían un IMC medio de 31,6 (4,6), una puntuación z de IMC de 5,4 (1,8) y un IMT medio de 20,1 (2,6). El estadio puberal evaluado según los criterios de Tanner<sup>19</sup> presentaba la siguiente distribución: 45 pacientes prepuberales, 119 pacientes puberales y 75 pacientes pospuberales con talla adulta. Todos los pacientes incluidos en el estudio eran de raza caucásica blanca, no estaban afectados de trastornos genéticos o endocrinos asociados a obesidad (hipotiroidismo, síndrome de Cushing, obesidad hipotalámica posterior a cirugía craneal) o de enfermedades crónicas y no tomaban de forma habitual fármacos que pudiesen tener alguna influencia en el peso corporal (esteroides sistémicos y psicofármacos). El estudio fue aprobado por el comité de ética del hospital y se obtuvo el consentimiento informado de todos los participantes.

En cada sujeto se obtuvieron el peso (con una báscula electrónica Secca 220<sup>®</sup>, con precisión de 0,1 kg e intervalo de 1-150 kg) y la talla en bipedestación (con un estadiómetro de precisión Holtain<sup>®</sup>), y se calculó el IMC: peso (kg) dividido por la talla (m) al cuadrado, así como el IMT: peso (kg) dividido por la talla (m) al cubo. Los valores de IMC se compararon con los de una población de referencia de la misma edad y sexo<sup>10</sup> y se expresaron como puntuación z

según la siguiente fórmula: IMC del sujeto evaluado menos IMC de la población control de la misma edad y sexo, y el resultado dividido por la desviación estándar correspondiente al valor de la población control de la misma edad y sexo.

El criterio utilizado para identificar los pacientes con obesidad se establece en base al valor del IMC, si este es igual o superior al valor del p95 del IMC o a 2 desviaciones del valor z-score del IMC de la población de referencia para la edad y el sexo<sup>10</sup>. La intensidad y el grado de la obesidad se han estimado en base al porcentaje de la desviación del valor del IMC respecto al percentil 95 de la población de referencia siguiendo la recomendación de Flegal et al.<sup>20</sup>, que clasifica a los pacientes en tres grupos: obesidad grado 1 (moderada) cuando el porcentaje del exceso de IMC con relación al p95 es inferior al 120%, obesidad grado 2 (grave) si el porcentaje del exceso de IMC con relación al p95 está comprendido entre el 120 y el 140%, y obesidad grado 3 (mórbida) cuando el porcentaje del exceso de IMC con relación al p95 es superior al 140%.

El perímetro de la cintura se midió utilizando una cinta métrica de nilón, no extensible, con el sujeto en bipedestación, en el punto medio entre el borde caudal de la última costilla y la cresta iliaca a nivel del ombligo y con la cinta en plano horizontal. El ICT se calculó dividiendo el perímetro de la cintura en centímetros por la estatura en centímetros. Se consideran normales valores entre 0,4 y 0,5<sup>11</sup>.

## Presión arterial

La medición de la presión arterial (PA) se realizó con el paciente sentado y el brazo izquierdo a la altura del corazón, con un dispositivo electrónico oscilométrico Bionet BM3 Monitor Multiparamétrico Plus (Bionet America, EE.UU.) después de 5 min de reposo con un brazalete que da cobertura al 80-100% de la circunferencia del brazo del paciente. Se realizaron tres determinaciones a intervalos de 3-5 min, obteniendo un promedio de la medida de la PA con las dos últimas. Se define el paciente obeso con riesgo cardiovascular cuando la presión arterial sistólica (PAS) y/o la presión arterial diastólica (PAD) es mayor al percentil 90 específico para edad, sexo y talla<sup>16,21</sup>.

## Parámetros analíticos

Se realizaron determinaciones analíticas a todos los participantes tras un periodo de ayunas de al menos 8 h y mediante venopunción periférica, analizado mediante método de ensayo colorimétrico enzimático en autoanalizador modelo AU5800 (Beckman Coulter, EE.UU.) que incluyeron: glucemia, colesterol total, colesterol de las lipoproteínas de baja densidad (cLDL), colesterol de las lipoproteínas de alta densidad (cHDL) y triglicéridos; la insulina plasmática mediante tecnología de quimioluminiscencia directa de doble sándwich: The Atellica IM (Siemens Healthineers, EE.UU.). La insulinorresistencia se estimó con el índice HOMA: glucemia basal (mg/dl) × insulinemia basal (mU/l) / 405<sup>22</sup> y la sensibilidad periférica a la insulina con el índice Quicki: 1/(log insulina basal + log glucemia basal)<sup>23</sup>.

## Definición del estado metabólico de los pacientes obesos

Con objeto de definir el estado metabólico de los pacientes obesos, fueron divididos en dos grupos (FOMS y FORM) en base a los siguientes criterios: 1) glucemia plasmática  $< 100$  mg/dl; 2) triglicéridos plasmáticos  $\leq 150$  mg/dl; 3) cHDL  $\geq 40$  mg/dl, y 4) PAS y PAD  $\leq$  percentil 90. Los pacientes con FOMS se caracterizan por la ausencia de hipertensión arterial, dislipemia e hiperglicemia de ayunas en base a la definición de consenso de Damahoury et al.<sup>16</sup>. Los pacientes FORM, por la presencia de uno o más criterios de riesgo cardiovascular.

## Procedimientos estadísticos

Los resultados se han expresado como media (desviación estándar). Se ha efectuado un análisis descriptivo univariante de las diferentes variables evaluadas y se ha utilizado el test no paramétrico de Mann-Whitney para muestras independientes a fin de estudiar las diferencias de las medias de las diferentes variables evaluadas entre la población de individuos obesos FOMS y FORM. Se consideró un error tipo I del 5%. Por último, se ha efectuado un análisis de curvas ROC (*Receiving Operating Characteristics*). A partir de los diferentes parámetros antropométricos utilizados se ha buscado el mejor punto de corte para identificar los pacientes con FOMS y FORM mediante el uso de curvas ROC y seleccionando el punto que mejor clasifique basado en el índice de Youden. Como resultados se presenta el área bajo la curva (AUC), el punto de corte seleccionado y la sensibilidad, la especificidad y la exactitud (clasificación correcta) obtenidas con dicho punto.

## Resultados

En la **tabla 1** se muestran la edad, la distribución por estadio de Tanner y los datos antropométricos de los pacientes de sexo femenino y masculino, respectivamente, sin que se observen diferencias entre ambos con relación a la edad, el IMC, el IMC z-score, el IMT y el IMT z-score; se observan diferencias con relación a la distribución de estadios de Tanner ( $p < 0,005$ ).

La distribución por categoría nutricional de los pacientes incluidos en el estudio es la siguiente: el 14,5% presentan obesidad grado 1, el 39,6% obesidad grado 2 y el 45,9% restante obesidad grado 3.

La prevalencia del FOMS es del 37,6% y la del FORM, del 62,4%, sin observarse diferencias entre sexos. El porcentaje de pacientes FORM se incrementa de forma estadísticamente significativa con la edad y con el grado de obesidad. La distribución por frecuencias de los componentes del fenotipo FORM fue la siguiente: 1) glucemia  $\geq 100$  mg/dl: 0,8%; 2) triglicéridos plasmáticos  $\geq 150$  mg/dl: 17,6%; 3) cHDL  $\leq 40$  mg/dl: 27,6%, y 4) PAS  $> p90$  y PAD  $> p90$ : 38,1% y 14,6%, respectivamente.

En la **tabla 2** se muestran la edad, el sexo y las características antropométricas de los pacientes con relación al fenotipo metabólico. La distribución por sexo no muestra diferencias, mientras que los pacientes FORM son de mayor edad: 12,8 (2,4) años vs. 12,0 (2,2) años ( $p = 0,009$ ), y

presentan mayor grado de adiposidad evaluado por el IMC: 32,1 (4,6) vs 30,4 (3,6) ( $p = 0,002$ ), IMC z-score: 3,6 (1,3) vs 3,3 (1,1) ( $p = 0,05$ ), IMT: 20,6 (2,6) vs 20,0 (2,4) ( $p = 0,05$ ) y mayor perímetro de cintura: 100,5 (11,6) cm vs 91,8 (9,0) cm ( $p = 0,001$ ). No se observan diferencias con relación al ICT entre ambos grupos.

En la **tabla 3** se muestran los valores de cada uno de los componentes del fenotipo FORM (glucemia en ayunas [mg/dl], triglicéridos [mg/dl], cHDL [mg/dl] y la PAS y PAD [mmHg], los valores de la insulina y de los índices HOMA y Quicki). Los pacientes obesos FORM presentan valores más elevados en las concentraciones plasmáticas de triglicéridos: 133,1 (154,5) mg/dl vs 82,8 (28,2) mg/dl ( $p = 0,0001$ ), PAS 125,2 (13,7) mmHg vs 111,4 (7,4) mmHg ( $p = 0,0001$ ), PAD 72,7 (11,1) mmHg vs 65,1 (8,2) mmHg ( $p = 0,0001$ ) y valores más bajos de cHDL: 43,2 (9,2) mg/dl vs 51,9 (15,8) mg/dl ( $p = 0,0001$ ) con relación a los pacientes FOMS. No se observaron diferencias con relación a los valores de la glucemia en ayunas. Asimismo, los pacientes FORM presentan concentraciones más elevadas de los valores de insulina basal: 20,4 (11,7) mU/l vs 16,4 (7,4) mU/l ( $p = 0,01$ ) y del índice HOMA 4,0 (2,3) vs 3,2 (1,5) mU/l ( $p = 0,02$ ) y valores más bajos del índice Quicki: 0,320 (0,029) vs 0,328 (0,034) ( $p = 0,02$ ) respecto a los pacientes FOMS.

En la **tabla 4** se muestran los valores del área ROC, la sensibilidad, la especificidad, el porcentaje de pacientes clasificados correctamente, el punto de corte (Youden) y el mejor punto de corte (AUC) para cada uno de los parámetros antropométricos evaluados. Los mejores puntos de corte para identificar el FORM son: IMC: 30,4 (AUC ROC: 0,621; IC: 0,547-0,694), zIMC: +3,5 DE (AUC ROC: 0,574; IC: 0,499-0,648), ITP: 18,7 (AUC ROC: 0,561; IC: 0,485-0,637), ICT: 0,62 (AUC ROC: 0,565; IC: 0,487-0,643).

## Discusión

La obesidad es una enfermedad crónica, multifactorial y multisistémica que se caracteriza por una excesiva acumulación de grasa corporal. En el transcurso de los últimos años su incidencia en los países desarrollados está adoptando proporciones epidémicas hasta convertirse en un problema de salud pública de primera magnitud, con importantes implicaciones económicas y sociales<sup>24</sup>. La obesidad infantil tiende a perpetuarse en la edad adulta y a producir alteraciones en el perfil de los lípidos plasmáticos y en el metabolismo de los hidratos de carbono, lo que contribuye al desarrollo de hipertensión arterial e incrementa el riesgo cardiovascular y el desarrollo temprano de la aterogénesis, determinando una menor esperanza de vida<sup>1,2</sup>.

Recientemente se ha definido el fenotipo FOMS para identificar a los pacientes obesos que tienen preservada la sensibilidad a la insulina y que no presentan complicaciones metabólicas<sup>12,15-18</sup>. Este fenotipo se asocia a un menor riesgo de padecer enfermedad cardiovascular y diabetes tipo 2 en la edad adulta<sup>25,26</sup>. Los pacientes FOMS desde un punto de vista funcional tienen la capacidad de acumular el exceso de grasa a nivel del tejido adiposo subcutáneo, expandiendo o incrementando este según se necesite, mientras que en el caso de los obesos con fenotipo FORM los depósitos de grasa subcutánea no se expanden lo suficiente y dicha grasa

**Tabla 1** Distribución de la edad, el estadio puberal y los datos antropométricos con relación al sexo de la cohorte de niños y adolescentes obesos (n = 239)

	Mujeres, n = 114 (47,7%)	Hombres, n = 125 (52,3%)	p
Edad (años)	12,3 ± 2,2	12,7 ± 2,4	ns
Tanner	Prepuberal: 16 Puberal: 51 Pospuberal: 47	Prepuberal: 29 Puberal: 68 Pospuberal: 28	0,005
IMC (kg/m <sup>2</sup> )	31,6 ± 4,6	31,4 ± 3,9	ns
IMC z-score 2017	5,4 ± 1,8	5,7 ± 1,9	ns
IMT (kg/m <sup>3</sup> )	20,1 ± 2,6	20,4 ± 2,6	ns
IMT z-score 2017	5,1 ± 1,8	5,5 ± 2,1	ns

**Tabla 2** Distribución de la edad, el sexo y los datos antropométricos con relación al fenotipo obeso metabólicamente sano (FOMS) y con riesgo metabólico (FORM) de la cohorte de niños y adolescentes obesos (n = 239)

	Fenotipo FOMS, n = 90	Fenotipo FORM, n = 149	p
Edad	12,0 ± 2,2	12,8 ± 2,4	0,009
Sexo n (%)	Masculino 46 (51,1%) Femenino 44 (48,9%)	Masculino 79 (53,0%) Femenino 70 (47,0%)	0,79
IMC (kg/m <sup>2</sup> )	30,4 ± 3,6	32,1 ± 4,6	0,002
IMC z-score	3,3 ± 1,1	3,6 ± 1,3	0,05
IMT (kg/m <sup>3</sup> )	20,0 ± 2,4	20,6 ± 2,6	0,05
Ind. cintura/talla	0,61 ± 0,05	0,62 ± 0,05	0,10
P. cintura (cm)	91,8 ± 9,0	100,5 ± 11,6	0,001

**Tabla 3** Distribución de los valores de la insulina, HOMA, Quicki y componentes del FOMS (glucemia, triglicéridos, cHDL, presión arterial sistólica [PAS] y presión arterial diastólica [PAD]) con relación al fenotipo obeso metabólicamente sano (FOMS) y con riesgo metabólico (FORM) de la cohorte de niños y adolescentes obesos (n = 239)

	Fenotipo FOMS, n = 90	Fenotipo FORM, n = 149	p
Insulina (mU/l)	16,4 ± 7,4	20,4 ± 11,7	0,01
HOMA	3,2 ± 1,5	4,0 ± 2,3	0,02
Quicki	0,328 ± 0,034	0,320 ± 0,029	0,02
Glucemia (mg/dl)	81,0 ± 7,5	80,8 ± 7,1	0,50
Triglicéridos (mg/dl)	82,8 ± 28,2	133,1 ± 154,5	0,0001
cHDL (mg/dl)	51,9 ± 15,8	43,2 ± 9,2	0,0001
PAS (mmHg)	111,4 ± 7,4	125,2 ± 13,7	0,0001
PAD (mmHg)	65,1 ± 8,2	72,7 ± 11,1	0,0001

**Tabla 4** Curvas ROC. Mejores puntos de corte de los parámetros antropométricos para identificar el fenotipo obeso con riesgo metabólico

	Área ROC	Sensibilidad	Especificidad	Clasificados correctamente	Punto de corte (Youden)	Mejor punto de corte (AUC)
IMC (kg/m <sup>2</sup> )	0,621	81,2	41,1	66,1	28,8	30,4
IMC z-score	0,574	30,8	82,2	50,2	4,0	3,5
IMT (kg/m <sup>3</sup> )	0,561	75,8	42,2	63,1	18,7	18,7
Ind. cintura/talla	0,565	73,3	40,9	61,2	0,59	0,62

se acumula en otros tejidos del organismo. Estos serían los que se denominan depósitos ectópicos, que estarían a nivel de hígado, pericardio, espacio retroperitoneal, mesenterio y espacio perivascular, entre otros, constituyendo la denominada grasa visceral<sup>27,28</sup>. Esta grasa está íntimamente

relacionada con los factores de riesgo cardiovascular, como diabetes, hipertensión, hígado graso no alcohólico, hiperlipidemias y su nexa, la resistencia insulínica<sup>29</sup>. El fenotipo FORM, al no incluir como criterio diagnóstico la medida del perímetro de la cintura, que es el criterio principal para

Cómo citar este artículo: Yeste D, et al. Precisión diagnóstica del índice de masa triponderal (kg/m<sup>3</sup>) para identificar el fenotipo de riesgo metabólico en pacientes obesos. An Pediatr (Barc). 2020. <https://doi.org/10.1016/j.anpedi.2020.04.004>

definir el síndrome metabólico<sup>30</sup>, tiene una mejor capacidad discriminativa para identificar a los pacientes que presentan resistencia a la insulina y en los que la medida del perímetro de la cintura es inferior al p90. Es evidente la trascendencia y el interés que tiene la identificación precoz de los pacientes obesos con riesgo cardiometabólico, ya sea a través de marcadores antropométricos o bioquímicos que sean sensibles y accesibles a los clínicos con el objeto de revertir su desfavorable situación metabólica.

La antropometría es una herramienta fundamental en la evaluación nutricional de los individuos y las poblaciones, siendo el IMC el parámetro más empleado en la definición del estado ponderal y de la obesidad. No obstante, en el ámbito clínico se alcanza mayor precisión diagnóstica al incluir la medida de los pliegues cutáneos y la estimación de la densidad corporal para calcular indirectamente el porcentaje de grasa corporal, aunque presenta limitaciones de índole práctica que limitan su aplicación clínica. Además, es motivo de discusión qué patrones de IMC/edad han de utilizarse como referencia para definir el grado de sobrepeso y obesidad durante la infancia y la adolescencia, señalándose la necesidad de disponer de patrones obtenidos en poblaciones actuales sin malnutrición ni obesidad, ya que los patrones hoy en uso están sesgados por la inclusión en proporción variable de niñas/niños con sobrepeso y/u obesidad.

Estudios recientes indican que el IMT estima el porcentaje de grasa corporal con mayor precisión que el IMC en niños y adolescentes de 8 a 18 años de edad, y se ha propuesto sustituir el uso de los valores z-score del IMC por los del IMT<sup>8,9</sup>. En nuestro país, recientemente se han publicado los valores de referencia del IMC y del IMT según la edad y el sexo de los niños sanos sin malnutrición ni obesidad<sup>10</sup>. Estos valores pueden ser de gran utilidad para la evaluación clínica de la obesidad, especialmente durante la etapa prepuberal y la adolescencia, ya que los valores del IMT se mantienen muy uniformes tanto en niños como en niñas desde la edad de 8 años hasta los 18 años, por lo que un único punto de corte sería suficiente para identificar el estado de sobrepeso y de obesidad y de este modo evitar cálculos matemáticos más complejos para estimar el grado y la intensidad de la obesidad. En concreto, un valor de IMT igual o superior a 13,9 en los niños y de 13,8 en las niñas identificaría a los pacientes con sobrepeso, y un valor de 15,4 en los niños y de 15,2 en las niñas identificaría la obesidad en este rango de edades. Nuestro estudio, además, pone de relieve que, aunque la precisión diagnóstica del IMT no es muy elevada, permite clasificar adecuadamente al 63% de los pacientes FORM, siendo el mejor punto de corte el valor de 18,7, y en este fin es similar al IMC y al ICT. Los pacientes obesos FORM presentan significativamente mayor grado de insulinoresistencia, lo que pone de relieve la importancia de esta alteración en la génesis de los trastornos metabólicos asociados a la obesidad. Un estudio reciente diseñado para establecer la capacidad predictiva del IMT para identificar marcadores de riesgo cardiovascular en una amplia muestra poblacional multirracial de niños y adolescentes canadienses de 6 a 19 años de edad muestra una precisión diagnóstica del IMT similar a la observada en nuestra población<sup>31</sup>. Nuestro estudio se limita exclusivamente a población caucásica española, por lo que se debería validar de forma específica en otras etnias y razas.

La prevalencia del fenotipo FORM en nuestra cohorte es del 62,4%, situándose en un rango intermedio-alto al comunicado por otros estudios, en los que varía entre el 21,5 y el 79,1%<sup>32-34</sup>. El análisis de los factores que ejercen una influencia más directa en el desarrollo del fenotipo de riesgo cardiovascular muestra que los pacientes de mayor edad, sexo masculino y con valores más elevados de IMC z-score o IMT son las variables que más directamente parecen estar implicadas junto a la insulinoresistencia en su desarrollo. La raza, el perímetro de la cintura, el grado de actividad física y el estado socioeconómico parecen tener una influencia menor<sup>31,35-39</sup>. En este sentido, quisiéramos destacar no solo la importancia que tiene identificar adecuadamente al paciente con sobrepeso y obesidad, sino también de la trascendencia que tiene la categorización del grado y de la intensidad de la obesidad, ya que está muy estrechamente relacionada con la presencia de complicaciones metabólicas<sup>4,40</sup>. Estratificar el grado de obesidad con patrones de IMT/edad obtenidos en poblaciones no obesas ni malnutridas en los que su distribución es prácticamente normal y los valores de la DE constantes representa una ventaja metodológica y práctica respecto a hacerlo con los valores del IMC que varían en función de la edad y el sexo y precisan del cálculo del valor z-score.

En resumen, nuestro estudio pone de relieve que la precisión diagnóstica del IMT para identificar niños y adolescentes con riesgo metabólico es similar al IMC y el ICT. No obstante, facilita y simplifica la categorización del grado de obesidad en ambos sexos en el rango de los 8 a los 18 años de edad.

## Conflicto de intereses

Los autores declaran no tener ningún conflicto de intereses.

## Agradecimientos

Al Sr. Santiago Pérez-Hoyos, bioestadístico y epidemiólogo de la Unitat d'Estadística i Bioinformàtica del Institut de Recerca Vall d'Hebron (VHIR) de Barcelona por el soporte y análisis estadístico del estudio.

## Bibliografía

1. Franks PW, Hanson RL, Knowler WC, Sievers ML, Bennett PH, Looker HC. Childhood obesity, other cardiovascular risk factors, and premature death. *N Engl J Med.* 2010;362:485-93.
2. Twig G, Yaniv G, Levine H, Leiba A, Goldberger N, Derazne E, et al. Body-mass index in 2.3 million adolescents and cardiovascular death in adulthood. *N Engl J Med.* 2016;374:2430-40.
3. Carrascosa A. Obesidad durante la infancia y adolescencia. Una pandemia que demanda nuestra atención. *Med Clin (Barc).* 2006;118:693-4.
4. Yeste D, Carrascosa A. Complicaciones metabólicas de la obesidad infantil. *An Pediatr (Barc).* 2011;75:e1-9.
5. Calañas-Continento A, Arrizabalaga J, Caixas A, Cordido F, Grupo de Trabajo sobre Obesidad de la Sociedad Española de Endocrinología y Nutrición. Recomendaciones diagnósticas y terapéuticas en el sobrepeso y la obesidad durante la adolescencia. *Med Clin (Barc).* 2010;135:265-73.
6. Yeste D, Carrascosa A. Obesidad. Etiopatogenia. Factores de riesgo. Evaluación y tratamiento. En: *Tratado de Medicina del Adolescente.* Madrid: Ergon; 2012. p. 425-40.

7. Wright N, Wales J. Assessment and management of severely obese children and adolescents. *Arch Dis Child*. 2016;101:1161–7.
8. Wu F, Buscot MJ, Juonala M, Hutri-Kähönen N, Viikari JSA, Raitakari OT, et al. Association of youth triponderal mass index vs body mass index with obesity-related outcomes in adulthood. *JAMA Pediatr*. 2018;172:1192–5.
9. De Lorenzo A, Romano L, di Renzo L, Gualtieri P, Salimei C, Carrano E, et al. Triponderal mass index rather than body mass index: An indicator of high adiposity in Italian children and adolescents. *Nutrition*. 2019;60:41–7.
10. Carrascosa A, Yeste D, Moreno-Galdó A, Gussinyé M, Ferrández A, Clemente M, et al. Índice de masa corporal e índice de masa triponderal de 1.453 niños no obesos ni malnutridos de la generación del milenio. Estudio longitudinal de Barcelona. *An Pediatr (Bar)*. 2018;89:137–43.
11. Maffeis C, Banzato C, Talamini G, Obesity Study Group of the Italian Society of Pediatric Endocrinology and Diabetology. Waist-to-height ratio, a useful index to identify high metabolic risk in overweight children. *J Pediatr*. 2008;152:207–13.
12. Stefan N, Häring HU, Hu FB, Schulze MB. Metabolically healthy obesity: Epidemiology, mechanisms, and clinical implications. *Lancet Diabetes Endocrinol*. 2013;1:152–62.
13. Goossens GH. The metabolic phenotype in obesity: Fat mass, body fat distribution, and adipose tissue function. *Obes Facts*. 2017;10:207–15.
14. Blüher M. Are metabolically healthy obese individuals really healthy? *Eur J Endocrinol*. 2014;171:R209–19.
15. Blüher S, Schwarz P. Metabolically healthy obesity from childhood to adulthood – Does weight status alone matter? *Metabolism*. 2014;63:1084–92.
16. Damahoury S, Newth AS, Rashid M, Hartling L, Byrne JLS, Ball GDC. Defining metabolically healthy obesity in children: A scoping review. *Obes Rev*. 2018;19:1476–91.
17. Stefan N, Häring HU, Schulze MB. Metabolically healthy obesity: The low-hanging fruit in obesity treatment? *Lancet Diabetes Endocrinol*. 2018;6:249–58.
18. Magkos F. Metabolically healthy obesity: What's in a name? *Am J Clin Nutr*. 2019;110:533–9.
19. Tanner JM, Whitehouse RH. Clinical longitudinal standards for height, weight, height velocity, weight velocity, and stages of puberty. *Arch Dis Child*. 1976;51:170–9.
20. Flegal KM, Wei R, Ogden CL, Freedman DS, Johnson CL, Curtin LR. Characterizing extreme values of body mass index-for-age by using the 2000 Centers for Disease Control and Prevention growth charts. *Am J Clin Nutr*. 2009;90:1314–20.
21. Lurbe E, Agabiti-Rosei E, Cruickshank JK, Dominiczak A, Erdine S, Hirth A, et al. 2016 European Society of Hypertension guidelines for the management of high blood pressure in children and adolescents. *J Hypertens*. 2016;34:1887–920.
22. Matthews DR, Hosker JP, Rudenski AS, Naylor BA, Treacher DF, Turner RC. Homeostasis model assessment: Insulin resistance and beta-cell function from fasting plasma glucose and insulin concentrations in man. *Diabetologia*. 1985;28:412–9.
23. Katz A, Nambi SS, Mather K, Baron AD, Follmann DA, Sullivan G, et al. Quantitative insulin sensitivity check index: A simple, accurate method for assessing insulin sensitivity in humans. *J Clin Endocrinol Metab*. 2000;85:2402–10.
24. Jaacks LM, Vandevijvere S, Pan A, McGowan CJ, Wallace C, Imamura F, et al. The obesity transition: Stages of the global epidemic. *Lancet Diabetes Endocrinol*. 2019;7:231–40.
25. Appleton SL, Seaborn CJ, Visvanathan R, Hill CL, Gill TK, Taylor AW, et al. Diabetes and cardiovascular disease outcomes in the metabolically healthy obese phenotype: A cohort study. *Diabetes Care*. 2013;36:2388–94.
26. Mørkedal B, Vatten LJ, Romundstad PR, Laugsand LE, Janszky I. Risk of myocardial infarction and heart failure among metabolically healthy but obese individuals: HUNT (Nord-Trøndelag Health Study) Norway. *J Am Coll Cardiol*. 2014;63:1071–8.
27. Blüher M. The distinction of metabolically 'healthy' from 'unhealthy' obese individuals. *Curr Opin Lipidol*. 2010;21:38–43.
28. Goossens GH. The Metabolic Phenotype in Obesity: Fat Mass Body fat distribution, and adipose tissue function. *Obes Facts*. 2017;10:207–15.
29. Griera JL, Contreras J. ¿Existe el obeso sano? *Endocrinol Nutr*. 2014;61:47–51.
30. Alberti KG, Zimmet P, Shaw J, IDF Epidemiology Task Force Consensus Group. The metabolic syndrome -a new worldwide definition. *Lancet*. 2005;366:1059–62.
31. Ashley-Martin J, Ensenauer R, Maguire B, Kuhle S. Predicting cardiometabolic markers in children using tri-ponderal mass index: A cross-sectional study. *Arch Dis Child*. 2019;104:577–82.
32. Heinzle S, Ball GD, Kuk JL. Variations in the prevalence and predictors of prevalent metabolically healthy obesity in adolescents. *Pediatr Obes*. 2016;11:425–33.
33. Cadenas-Sanchez C, Ruiz JR, Labayen I, Huybrechts I, Manios Y, González-Gross, et al. Prevalence of metabolically healthy but overweight/obese phenotype and its association with sedentary time physical activity, and fitness. *J Adolesc Health*. 2017;61:107–14.
34. Rocha EPAA, Vogel M, Stanik J, Pietzner D, Willenberg A, Körner A, et al. Serum uric acid levels as an indicator for metabolically unhealthy obesity in children and adolescents. *Horm Res Paediatr*. 2018;90:19–27.
35. Prince RL, Kuk JL, Ambler KA, Dhaliwal J, Ball GD. Predictors of metabolically healthy obesity in children. *Diabetes Care*. 2014;37:1462–8.
36. Smith KJ, Bessell E, Magnussen CG, Dwyer T, Venn AJ. Does youth adiposity, or change in adiposity from youth to adulthood, predict metabolically healthy obesity in adulthood? *Pediatr Obes*. 2016;11:349–53.
37. Khokhar A, Chin V, Perez-Colon S, Farook T, Bansal S, Kochummen E, et al. Differences between metabolically healthy vs unhealthy obese children and adolescents. *J Natl Med Assoc*. 2017;109:203–10.
38. Margolis-Gil M, Yackobovitz-Gavan M, Phillip M, Shalitin S. Which predictors differentiate between obese children and adolescents with cardiometabolic complications and those with metabolically healthy obesity? *Pediatr Diabetes*. 2018;19:1147–55.
39. Vukovic R, Milenkovic T, Mitrovic K, Todorovic S, Plavsic L, Vukovic A, et al. Preserved insulin sensitivity predicts metabolically healthy obese phenotype in children and adolescents. *Eur J Pediatr*. 2015;174:1649–55.
40. Yeste D, Betancourth S, Gussinyé M, Potau N, Carrascosa A. Intolerancia a la glucosa en niños y adolescentes obesos. *Med Clin (Barc)*. 2005;125:405–8.