



Universidad
Zaragoza



TRABAJO DE FIN DE MÁSTER

UTILIDAD DEL ÍNDICE DE MASA TRIPONDERAL PARA DEFINIR SOBREPESO, OBESIDAD Y RIESGO METABÓLICO EN NIÑOS Y ADOLESCENTES

Máster en Condicionantes Genéticos, Nutricionales y Ambientales del Crecimiento y Desarrollo (NUTRENVIGEN G + D Factors)

CARLOS NAGORE GONZÁLEZ
DNI: 25204879F
Tutor: GLORIA BUENO LOZANO

Centro: Hospital Clínico Universitario Lozano Blesa, Zaragoza

AGRADECIMIENTOS

Agradecimiento al resto de investigadores principales del proyecto GENOBOX: Profesora Rosaura Leis Trabazo (Universidad de Santiago de Compostela), Profesora Mercedes Gil Campos (Universidad de Córdoba) y Profesora Concepción Aguilera (Universidad de Granada), por permitirme utilizar la base de datos GENOBOX.

Especial agradecimiento a la doctora Gloria Bueno Lozano, por su certera dirección de este trabajo de fin de máster.

ABREVIATURAS

- AUC: “*Area Under the Curve*”.
- BMI: “*Body Mass Index*”.
- COR: Característica Operativa del Receptor.
- DE: Derivación Estándar.
- DEXA: “*Dual Energy X-ray Absorptiometry*”.
- DM: Diabetes Mellitus.
- FOMS: Fenotipo Obeso Metabólicamente Sano.
- FORM: Fenotipo Obeso en Riesgo Metabólico.
- HDLc: “*High Density Lipoprotein cholesterol*”.
- HOMA: “*Homeostatic Model Assessment*”.
- HTA: Hipertensión Arterial.
- IC: Intervalo de Confianza.
- IR: “*Insulin Resistance*”.
- IDF: “*International Diabetes Federation*”.
- IMC: Índice de masa corporal.
- IMT: Índice de masa triponderal.
- IOTF: “*International Obesity Task Force*”.
- LDLc: “*Low Density Lipoprotein*”.
- OMS: Organización Mundial de la Salud.
- PAD: Presión Arterial Diastólica.
- PAS: Presión Arterial Sistólica.
- TAG: Triacilglicéridos.
- Z-Score: “*Standard Score*”.

ÍNDICE

1. INTRODUCCIÓN	8
1.1. DEFINICIÓN DE OBESIDAD Y RIESGO METABÓLICO EN EDADES PEDIÁTRICAS	8
1.1.1. Dificultades para la definición de obesidad en la infancia.....	8
1.1.2. Riesgo metabólico en la infancia.....	10
1.2. EPIDEMIOLOGÍA	12
1.3. ÍNDICE DE MASA CORPORAL Y SUS LIMITACIONES PARA DEFINIR OBESIDAD EN LA INFANCIA	14
1.4. ÍNDICES UTILIZADOS PARA DEFINIR OBESIDAD Y RIESGO METABÓLICO	16
1.4.1. Índices utilizados para definir sobrepeso y obesidad.....	17
1.4.2. Índices utilizados para definir riesgo metabólico.....	18
1.4.3. Índice de masa triponderal	19
2. JUSTIFICACIÓN	22
3. OBJETIVOS	23
3.1. OBJETIVO PRINCIPAL	23
3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	23
4. MATERIAL Y MÉTODOS.....	24
4.1. DISEÑO DEL ESTUDIO	24
4.2. POBLACIÓN DE ESTUDIO	24
4.2.1. Criterios de inclusión	24
4.2.2. Criterios de exclusión	24
4.2.3. Tamaño muestral	24
4.3. VARIABLES DE ESTUDIO	25
4.3.1. Medidas antropométricas	25
4.3.2. Datos clínicos	25

4.3.3. Medidas bioquímicas.....	26
4.4. CLASIFICACIÓN DE LA POBLACIÓN A ESTUDIO.....	26
4.4.1. Clasificaciones utilizadas para definir obesidad	26
4.4.2. Clasificaciones utilizadas para definir riesgo metabólico	26
4.5. ANÁLISIS ESTADÍSTICO.....	27
4.6. CONSIDERACIONES ÉTICAS.....	28
5. RESULTADOS.....	29
5.1. DESCRIPCIÓN Y CARACTERÍSTICAS DE LA MUESTRA.....	29
5.2. SENSIBILIDAD Y ESPECIFIDAD DEL ÍNDICE DE MASA TRIPODERAL Y EL INDICE DE MASA CORPORAL EN LA IDENTIFICACIÓN DE OBESIDAD.	32
5.3. UTILIDAD DEL ÍNDICE DE MASA TRIPONDERAL PARA DEFINIR SOBREPESO Y OBESIDAD EN LA INFANCIA.	33
5.4. ÍNDICE DE MASA TRIPONDERAL Y RIESGO METABÓLICO	35
5.5. IDENTIFICACIÓN DE SOBREPESO Y OBESIDAD EN BASE A ÍNDICE TRIPODERAL. PUNTOS DE CORTE EN LA COHORTE GENOBOX.	36
6. DISCUSIÓN	38
7. CONCLUSIONES	43
8. BIBLIOGRAFÍA	44

RESUMEN

Objetivos: Valorar la utilidad del índice de masa triponderal para identificar niños con sobrepeso y obesidad, así como para identificar pacientes con riesgo metabólico, en una cohorte de niños y adolescentes (cohorte GENOBOX, PI11/01425) atendiendo a los puntos de corte propuestos por Yeste D. et al. Proponer puntos de corte propios para dicho propósito.

Pacientes y métodos: La cohorte GENOBOX procede de un estudio transversal multicéntrico de 1355 niños y adolescentes (677 varones), con edad entre 8-18 años (media 11 años), 56% prepúberes. Dicha muestra fue clasificada según criterios de Cole 2000 (30,4% normopesos, 26,6% sobrepesos y 43% obesos). Se excluyeron de este estudio a pacientes con herencia caucásica no europea, presencia de enfermedades metabólicas congénitas o desnutrición, entre otros. Posteriormente, se aplicaron test estadísticos para analizar la concordancia entre las clasificaciones obtenidas.

Resultados: En varones, tanto la clasificación de Cole como la actualización de sus criterios de 2012 muestran una concordancia buena ($k= 0,729$ y $K= 0,721$ respectivamente) con los resultados obtenidos a partir el uso del índice de masa triponderal, con los puntos de corte establecidos previamente, para la misma muestra. El Estudio Español de crecimiento 2010 muestra una concordancia menor ($k= 0,542$), considerándose moderada. En mujeres los resultados difieren, encontrándose una concordancia menor ($k=0,584$, $k=0,594$ y $k=0,453$). Con los nuevos puntos de corte propuestos en este trabajo, la concordancia con los criterios de Cole 2000 ha aumentado ($k=0,841$ en hombres y $k=0,842$ en mujeres), considerándose muy buena. Los valores para kappa obtenidos indican que la concordancia entre las clasificaciones para definir riesgo metabólico y los resultados obtenidos a partir del índice de masa triponderal es pobre o débil.

Conclusiones: La concordancia encontrada entre los resultados obtenidos a partir de los distintos criterios de definición para obesidad y el uso del índice de masa triponderal es buena. Dicha concordancia es mayor con los nuevos puntos de corte propuestos en este trabajo. Los valores obtenidos al aplicar una curva COR indican que el índice de masa

triponderal tiene un escaso poder discriminativo a la hora de valorar el riesgo metabólico de pacientes pediátricos obesos.

Palabras Clave: Obesidad, Niños, Adolescentes, Riesgo cardiovascular, Índice de masa triponderal, Índice de masa corporal, Fenotipo obeso de riesgo metabólico.

ABSTRACT

Objectives: To assess the usefulness of triponderal mass index to identify overweight and obese children, as well as to identify patients with metabolic risk, in a cohort of children and adolescents (GENOBOX cohort, PI11/01425) according to the proposed cut-off points to define overweight Yeste D. et al. To propose own cut off points for that purpose.

Patients and methods: The GENOBOX cohort comes from a multicenter cross-sectional study of 1355 children and adolescents (677 males), with ages between 8-18 years (mean 11 years), 56% prepubescent. This sample was classified according to Cole 2000 criteria (30.4% normal weight, 26.6% overweight and 43% obese). Patients with non-European Caucasian heritage, presence of congenital metabolic diseases or malnutrition, among others, were excluded from this study. Subsequently, statistical tests were applied to analyze the concordance between the obtained classifications.

Results: In men, both the Cole classification and the updating of its 2012 criteria show a good agreement ($k= 0.729$ and $K= 0.721$ respectively) with the results obtained from the use of triponderal mass index, with the cut-off points previously established, for the same sample. The Spanish Growth Study 2010 shows a lower concordance ($k= 0.542$), considered moderate. In women, the results differed, with a lower concordance ($k=0.584$, $k=0.594$ and $k=0.453$). With the new cut-off points proposed in this paper, the agreement with the Cole 2000 criteria has increased ($k=0.841$ in men and $k=0.842$ in women), being considered very good. The values for kappa obtained indicate that the concordance between the classifications to define metabolic risk and the results obtained from triponderal mass index is poor or weak.

Conclusions: The concordance found between the results obtained from the different definition criteria for obesity and the use of triponderal mass index is good. This concordance is higher with the new cut-off points proposed in this paper. The values obtained when applying a ROC curve indicate that triponderal mass index has a poor discriminatory power when assessing the metabolic risk of obese pediatric patients.

Keywords: Obesity, Children, Adolescents, Cardiovascular Risk, Triponderal Mass Index, Body Mass Index, Metabolic Risk Obese Phenotype.

1. INTRODUCCIÓN

1.1. DEFINICIÓN DE OBESIDAD Y RIESGO METABÓLICO EN EDADES PEDIÁTRICAS

La obesidad en la población infantojuvenil supone un importante problema de salud cuya prevalencia sigue ascendiendo. Su impacto económico en nuestra sociedad, así como su persistencia en la edad adulta y su asociación con otras enfermedades, hace especialmente relevante su prevención y detección precoz (1).

En su etiopatogenia intervienen diversos factores que condicionan un desequilibrio entre la ingesta y el gasto energético. Los cambios en la forma de vida que han tenido lugar en los últimos años y que favorecen un modo de vida basado en el sedentarismo, parecen ser la principal causa del aumento de casos de obesidad infantil en nuestra sociedad. Por otro lado, con el desarrollo de nuevas técnicas de análisis, se están descubriendo cada vez más factores genéticos que influyen en su desarrollo y evolución.

La obesidad constituye un factor de riesgo para el desarrollo a corto y largo plazo de complicaciones endocrinológicas, cardiovasculares y metabólicas, condicionando y limitando en muchos casos la calidad de vida de los pacientes que la padecen. Por otro lado, el abordaje terapéutico de este tipo de pacientes es complejo. La falta de adherencia al tratamiento condiciona en muchos casos un alto porcentaje de fracasos y recaídas.

De esta forma, la identificación de pacientes con sobrepeso y obesidad, así como la diferenciación de aquellos que se encuentran en situación de riesgo metabólico, es un pilar fundamental del manejo de pacientes con obesidad en la consulta de endocrinología pediátrica.

1.1.1. Dificultades para la definición de obesidad en la infancia

A lo largo de los años, la descripción de obesidad se ha limitado por la terminología utilizada a los conceptos relacionados con el peso y no con el tejido adiposo(2). Hoy en día, la Organización Mundial de la Salud (OMS) define la obesidad como la acumulación excesiva de tejido adiposo que puede ser perjudicial para la salud (3).

El diagnóstico de obesidad se basa en la cuantificación del porcentaje de grasa corporal del individuo. Dicha medición puede llevarse a cabo de forma directa, mediante técnicas específicas como la bioimpedanciometría o densitometría de absorción dual de rayos X (DEXA). No obstante, dichos métodos raramente se encuentran disponibles en la práctica

clínica diaria, por lo que habitualmente se utilizan técnicas de medición indirecta del contenido graso corporal (4).

En la actualidad, se acepta el índice de masa corporal (IMC) como método de medida indirecta para la valoración de sobrepeso y obesidad en niños mayores de 2 años, utilizándose en los pacientes de menor edad la relación peso/talla. No obstante, durante la infancia y la adolescencia, dado el crecimiento longitudinal propio de la edad, los valores de IMC deben ser contrastados con los valores de referencia para edad y sexo del paciente, expresándose los mismos en percentiles o Z-scores (desviaciones estándar de la población de referencia) (5).

Para poder llevar a cabo dicho análisis, existen gráficas con patrones de crecimiento que permiten realizar dicha comparación. Por un lado, se encuentran los valores publicados por la OMS, que presentan valores para niños y niñas con una edad comprendida entre los 2 y 19 años, siendo inadecuadas para valorar el crecimiento infantil temprano debido a limitaciones de la muestra utilizada (estudio longitudinal de niños de ascendencia europea de una sola comunidad en los Estados Unidos) y en la recogida de datos. En cambio, el resto de valores se obtuvieron de una muestra internacional (Brasil, Ghana, India, Noruega, Omán y los Estados Unidos de América) de lactantes sanos y niños pequeños criados en entornos que no limitaran el crecimiento. El tamaño muestral final obtenido fue de 8440 niños (6).

Por encima de los 5 años, la OMS define sobrepeso como un IMC mayor a 1 desviación estándar (DE), obesidad cuando el IMC se encuentra por encima de 2 DE y obesidad grave con valores superiores a 3 DE. Por otro lado, para la valoración de obesidad en muestras internacionales, en el año 2000 se publicaron los puntos de corte de la International Obesity Task Force (IOTF), obtenidos a partir de seis grandes encuestas transversales representativas a nivel nacional sobre el crecimiento del Brasil, Gran Bretaña, Hong Kong, los Países Bajos, Singapur y los Estados Unidos (tabla 1) (7).

Tabla 1: Características poblacionales de los países incluidos en el estudio International Obesity Task Force.

Tabla modificada de: Cole TJ et al, (2000) (7).

País	Año	Descripción	Varones		Mujeres	
			Rango de edad	Tamaño muestral	Rango de edad	Tamaño muestral
Brasil	1989	Segundo estudio nacional antropométrico	2-25	15 947	2-25	15 859
Gran Bretaña	1978-93	Datos recogidos de 5 estudios nacionales de crecimiento	0-23	16 491	0-23	15 731
Hong Kong	1993	Estudio nacional de crecimiento	0-18	11 797	0-18	12 168
Países Bajos	1980	Tercer estudio nacional de crecimiento	0-20	21 521	0-20	20 245
Singapur	1993	Estudio de los servicios de salud escolar	6-19	17 356	6-20	16 616
Estados Unidos	1963-80	Datos recogidos de 4 estudios nacionales	2-20	14 764	2-20	14 232

Además, en España existen gráficas de referencia para la población española. En este ámbito nacional, destacan las publicadas por Hernández et al en 1988, con los puntos de corte para sobrepeso situados en el percentil 85 y en el percentil 97 para obesidad (8), y el Estudio Transversal Español de Crecimiento de 2008 y 2010, donde se fusionaron los datos de crecimiento de Andalucía, Aragón, Cataluña, Madrid y País Vasco, obteniendo finalmente datos de una muestra compuesta por 38.461 pacientes desde el nacimiento hasta los 22 años de edad (38.461 varones y 19.975 mujeres) (9,10). Aunque se aconseja la actualización y la utilización de los datos poblacionales más recientes, la Guía de Práctica clínica de 2009 propone la utilización de las tablas del estudio semilongitudinal, iniciado en 1978-80, de la Fundación Faustino Orbegozo, elaboradas por Hernández et al., lo cual puede ser objeto de controversia (1).

1.1.2. Riesgo metabólico en la infancia

En la población pediátrica, el riesgo metabólico se ha definido tradicionalmente como un estado de resistencia a la insulina o cuando el paciente asocia obesidad (por IMC o perímetro de cintura) con uno de los siguientes factores: hipertensión, dislipemia o alteraciones en el metabolismo de la glucosa como el desarrollo de diabetes mellitus (DM) (11,12). No obstante, los criterios para definir dicha condición siguen siendo objeto de

debate, sin haberse alcanzado un consenso hasta la fecha, complicando la identificación precoz de pacientes en dicha situación.

En el seguimiento del paciente con obesidad, se ha podido apreciar que no todos los pacientes presentan el mismo número de complicaciones. Recientemente, se ha definido el fenotipo obeso metabólicamente sano (FOMS) en los pacientes con criterios de obesidad que no presentan complicaciones metabólicas y que tienen preservada la sensibilidad a la insulina a pesar del exceso de grasa corporal. Por otro lado, los pacientes obesos que presentan algunos de los criterios previamente mencionados, son clasificados como pacientes con fenotipo obeso en riesgo metabólico (FORM), mostrando una mayor tasa de complicaciones metabólicas y cardiovasculares. Cabe destacar que individuos no obesos con criterios de riesgo metabólico también presentan un riesgo mayor de dichas afecciones (13).

Para llevar a cabo dicha diferenciación entre pacientes FOMS y FORM es necesario entender los mecanismos fisiopatológicos que subyacen en los pacientes obesos. Por un lado, los depósitos de grasa humana se encuentran en varios compartimentos: tejido adiposo subcutáneo, grasa visceral y grasa intrahepática, así como tejido adiposo marrón. En comparación con la grasa subcutánea, que en su mayoría es metabólicamente inactiva, el tejido adiposo visceral es endocrinológicamente activo. Hasta la fecha, se sabe que más de 200 hormonas son secretadas por los adipocitos viscerales (llamados adipoquinas), y la mayoría de ellas juegan un papel significativo en la patogénesis de las comorbilidades metabólicas crónicas en pacientes obesos. Por ejemplo, varias adipoquinas, así como ácidos grasos libres, están asociadas con el desarrollo de resistencia a la insulina y de diabetes tipo 2. La grasa intrahepática, por otro lado, se ha asociado con una mayor prevalencia de enfermedades cardiovasculares, independientemente de los factores de riesgo cardiometaobólicos subyacentes. Parece que esa pequeña cantidad de grasa intrahepática puede generar un efecto fatal para la salud similar a una cantidad mucho mayor de grasa visceral. Por todo ello, se ha propuesto que la localización de los depósitos de grasa en los pacientes obesos conlleva un impacto diferente para la su salud, en el sentido de que la grasa subcutánea es de menor importancia, seguida de la grasa visceral y encabezada por la grasa intrahepática, siendo ésta última la de mayor riesgo (figura 1) (11,13).

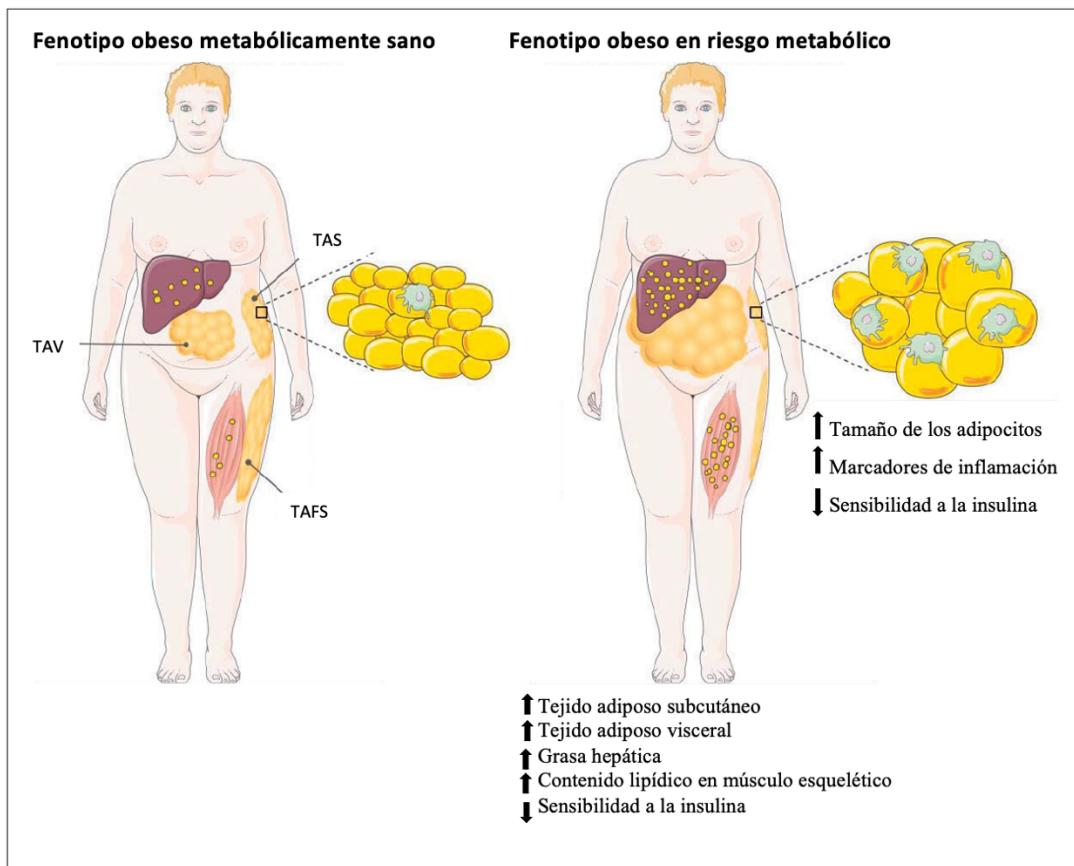


Figura 1: Diferencias en la función del tejido adiposo y la distribución de grasa corporal entre los individuos con fenotipo obeso metabólicamente sano y aquellos con fenotipo obeso en riesgo metabólico. TAS: tejido adiposo subcutáneo, TAV: tejido adiposo visceral, TAFS: tejido adiposo femoral subcutáneo. Modificado de Goossens G, et al (2017) (13).

1.2. EPIDEMIOLOGÍA

Como se indicaba previamente, el sobrepeso y la obesidad infantil se ha convertido en un problema de creciente magnitud en las últimas décadas a nivel internacional.

Actualmente, se estima que aproximadamente un tercio de los niños y adolescentes en Estados Unidos tiene sobrepeso u obesidad, con un aumento significativo de la obesidad grave en niños de 2 a 5 años (14).

De acuerdo con los datos de la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos, compuesta por 34 países y entre los cuales se encuentra España, la prevalencia del exceso de peso en la población de 5-17 años es de un 21,4% en las niñas y de un 22,9% en los niños. En la mayoría de estos países, 1 de cada 5 niños presenta un

exceso de peso, siendo mayor (1 de cada 3) en países como Grecia, Estados Unidos e Italia, y siendo menor (1 de cada 10) en países como China, Turquía y Corea (15).

En nuestro país, los resultados de la Encuesta Nacional de Salud, realizada durante los años 2006-2007 en población de entre 2 y 15 años con una muestra final de 6139 niños, fueron analizados según criterios de la IOTF, obteniendo una prevalencia de obesidad del 10,3% y de sobrepeso del 18,8%. La prevalencia de obesidad fue mayor en niños de 4 a 5 años (18,3%) y el sobrepeso fue mayor en los de 8 a 9 años (25,5%). Si se analiza por sexo, la prevalencia global de sobrepeso fue mayor en los niños que en las niñas (19,8% y 17,8%, respectivamente). La prevalencia de exceso de peso fue un 29,1%, es decir 2 de cada 7 niños padecían sobrepeso u obesidad (16).

En el año 2012, a partir de datos recogidos por una nueva Encuesta Nacional de Salud, se apreció una prevalencia de exceso de peso entre los 2 y los 17 años, del 35%, con un 9% de obesidad y un 26% de sobrepeso. Se objetivó que 1 de cada 3 niños padecían exceso de peso. También se apreció que la prevalencia de la obesidad aumentaba entre los niños que vivían en hogares de menor nivel socioeconómico y en los hogares en los que los padres eran obesos (17).

En 2019, se llevó a cabo el estudio de Alimentación, Actividad física, Desarrollo infantil Y obesidad en España ALADINO 2019 (18), formando parte de la quinta oleada de la iniciativa para la vigilancia de la obesidad en la región europea de la OMS, siendo la cuarta ronda de vigilancia de la obesidad infantil en España (estudio ALADINO 2011, 2013 y 2015) (19–21). Se trata de un estudio descriptivo transversal con datos de 16.665 escolares de 267 centro de educación primaria, representando de la población escolar de 6 a 9 años residente en España, de las 17 Comunidad Autónomas y 2 Ciudades Autónomas del territorio nacional. Como resultado, dicho estudio muestra que la prevalencia de sobrepeso es del 23,3% y la prevalencia de obesidad del 17,3% en la población infantil española de 6 a 9 años, según los estándares de situación ponderal de la OMS. Dentro de la obesidad, un 4,2% de los escolares estudiados presentan obesidad severa. Por sexo, el porcentaje de niñas con sobrepeso es significativamente mayor que el de niños (24,7% vs 21,9%), mientras que el porcentaje de obesidad es significativamente superior en niños (19,4% vs 15,0%), así como el de obesidad severa (6,0% vs 2,4 %). Respecto a la evolución de dichos datos en comparación con estudios previos (ALADINO 2011, 2013 y 2015) (19–21), se puede apreciar que entre 2011 y 2019, la prevalencia de exceso de peso (sobrepeso + obesidad) ha disminuido un 3,9% y la de sobrepeso un 2,9%, en ambos casos de forma significativa. Por otro lado, la población

infantil con normopeso ha aumentado significativamente un 3,7% y la prevalencia de obesidad en 2019 es ligeramente inferior (figura 2).

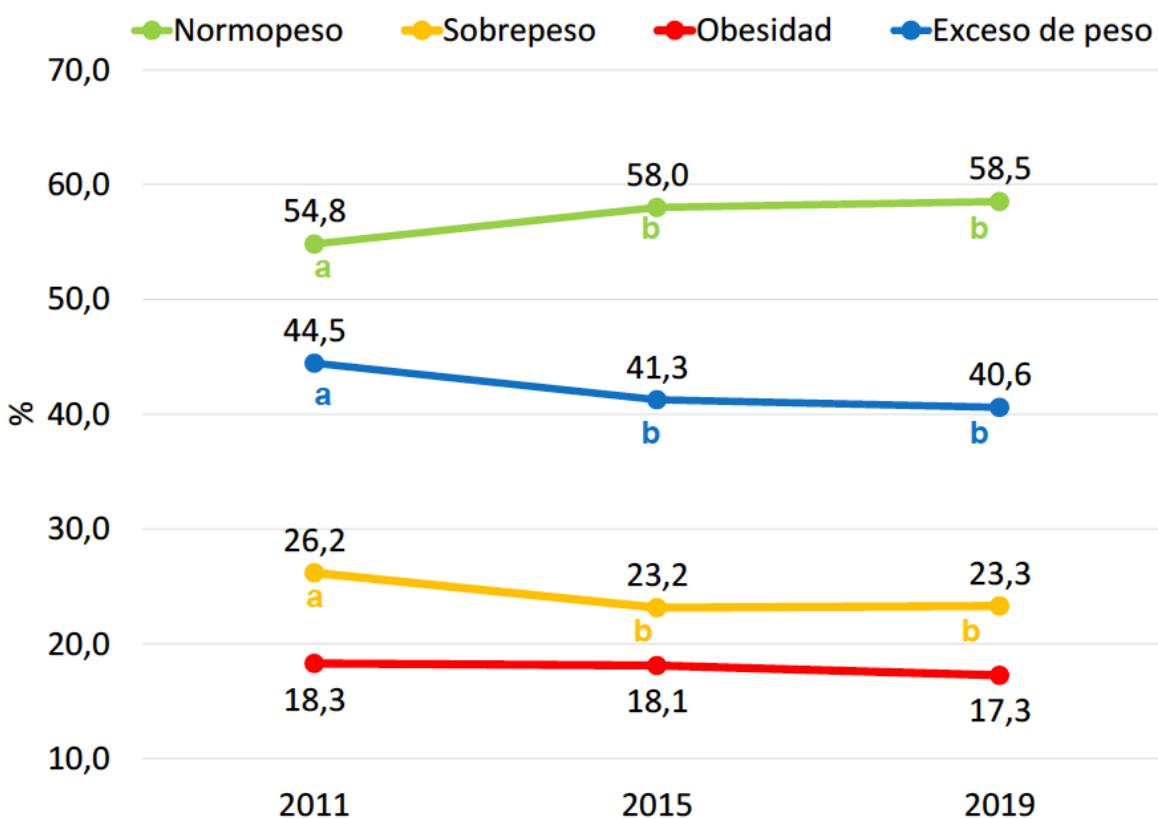


Figura 2: Prevalencia de sobre peso, obesidad y exceso de peso en las diferentes fases del estudio ALADINO.
Fuente: Estudio sobre la alimentación, actividad física, desarrollo infantil y obesidad en España (2019) (18).

1.3. ÍNDICE DE MASA CORPORAL Y SUS LIMITACIONES PARA DEFINIR OBESIDAD EN LA INFANCIA.

El IMC, como ya se ha explicado previamente, es un índice antropométrico que se utiliza como marcador para clasificar la obesidad, asociándose con factores de riesgo de enfermedades cardiovasculares y metabólicas cuando el IMC es superior a 2 DE.

A pesar de ser el parámetro antropométrico más utilizado para estimar el contenido de grasa corporal de un sujeto, el IMC presenta limitaciones en su interpretación a lo largo de la infancia y la adolescencia, ya que no se trata de un índice constante y varía ampliamente en función de la edad, del sexo, del estadio madurativo y de la prevalencia de la obesidad en la población. Dichas limitaciones son especialmente remarcables durante la adolescencia. En dicho periodo, el desarrollo de la talla no es proporcional con el desarrollo del peso. Además, aunque se utilicen valores de referencia poblacionales

para sexo y edad, no se tiene en cuenta que la proporción y la cantidad de grasa corporal también cambian durante el crecimiento (22,23). La población pediátrica sufre cambios en la composición corporal durante la pubertad. Los varones aumentan su masa muscular, mientras que las mujeres adquieren significativamente más masa grasa. Estos cambios dependen de la liberación y las interacciones de gonadotropinas, leptina, esteroides sexuales y hormona del crecimiento. Además, la pubertad se asocia con la reducción de la sensibilidad a la insulina y con un aumento compensatorio de la secreción de la misma, que conlleva un efecto anabólico (24).

En 1986, Cole diagnosticó sobre peso en niños preescolares usando el IMC y demostró cómo mejorar la precisión diagnóstica teniendo en cuenta la edad y la altura del sujeto a partir de datos obtenidos de tres encuestas de salud americanas y otros 11 estudios publicados previamente (5). En 2010, Flegal et al demostraron la necesidad de curvas basadas en el IMC, etnia, sexo específico y edad para la evaluación de la obesidad infantil (25). Ogden y cols destacaron la presencia de una alteración cardiometabólica relacionada con un aumento de los niveles de lípidos sanguíneos, en lugar de una obesidad basada en el IMC, en la infancia (26).

Es importante destacar que la relación entre el IMC y la masa grasa corporal no es lo suficientemente fuerte como para estimar con precisión la adiposidad de un individuo en particular, ya que el IMC no tiene en cuenta el resto de los compartimentos corporales, especialmente la masa magra. Por lo tanto, si la cantidad de masa grasa es el verdadero factor de riesgo para la salud cardiometabólica y la longevidad, entonces el uso de IMC es sólo una aproximación y, por lo tanto, es inadecuado (13).

Por otro lado, el uso de puntos de corte universales del IMC para clasificar a los sujetos como peso normal, sobre peso y obesos, no reflejan la adiposidad en diferentes poblaciones étnicas. El valor del IMC como marcador de obesidad e indicador de salud metabólica se encuentra en pleno debate. Por otro lado, el uso del IMC en la práctica clínica diaria conlleva la necesidad de llevar a cabo cálculos para obtener valores o Z-scores que se han de comparar con valores de referencia poblacionales para sexo y edad, dificultando un manejo ágil y fluido del mismo.

Actualmente, el desarrollo de técnicas más sensibles para determinar la composición corporal y el fenotipo más allá del IMC es claramente necesario para evaluar con precisión la salud metabólica a nivel individual.

1.4. ÍNDICES UTILIZADOS PARA DEFINIR OBESIDAD Y RIESGO METABÓLICO

A lo largo del tiempo, a medida que ha aumentado nuestro conocimiento acerca del sobrepeso, la obesidad y el riesgo metabólico, sus distintas definiciones se han desarrollado, utilizando diferentes índices y puntos de corte para la definición de los mismos. La importante variabilidad de las características de la población pediátrica en distintas comunidades, así como de la prevalencia de sobrepeso, obesidad y riesgo metabólico en las mismas, ha dificultado un consenso en su definición y clasificación.

Un ejemplo del desarrollo de dichos índices se encuentra en el la relación cintura/cadera. Este cociente se desarrolló con el objetivo de la valorar la distribución abdominal o troncular de la grasa, la cual se asocia a un mayor riesgo de enfermedad cardiovascular y metabólica. En la medida de dicho índice influyen la postura y la curvatura de la columna vertebral, el contenido del abdomen (tejido graso y no graso), la cantidad y el tono de los músculos de la pared abdominal, así como las dimensiones óseas a nivel de la cadera. Por otro lado, la medición exclusiva de la circunferencia de cintura estima con una exactitud similar la grasa intraabdominal, por lo que es de elección, ya que su medición es más sencilla. Para llevarla a cabo, se debe realizar la medición al final de una espiración suave, en posición de pie, en el punto medio entre el borde costal inferior y la cresta ilíaca a nivel de la línea axilar media (27,28).

Para estimar el porcentaje de grasa corporal, Deurenberg et al. desarrollaron fórmulas para llevar a cabo dicha estimación:

- En los niños el porcentaje de grasa corporal podría ser predicho por la fórmula: $BF\% = 1.51 \times IMC - 0.70 \times \text{edad} - 3.6 \times \text{sexo} + 1.4$ ($R^2 0.38$, SE de estimación (SEE) 4.4% BF%).
- En adultos la fórmula de predicción fue: $BF\% = 1.20 \times IMC + 0.23 \times \text{edad} - 10.8 \times \text{sexo} - 5.4$ ($R^2 0.79$, SEE = 4.1% BF%) (29).

Otro método de medición de la grasa corporal es la medición de los pliegues subcutáneos en distintos puntos (bicipital, tricipital, subescapular y suprailiaco), cuya suma se considera un indicador de la grasa subcutánea. Sin embargo, es un método de alta variabilidad inter-observador y difícil de realizar en pacientes obesos con pliegues cutáneos muy grandes (28).

1.4.1. Índices utilizados para definir sobrepeso y obesidad

La principal dificultad del niño con sobrepeso y obesidad radica en la identificación del mismo, ya que como se ha expuesto previamente, la obesidad no se vincula tanto a un aumento de peso si no a un exceso de tejido adiposo (30).

Existen, no obstante, estándares internacionales para el establecimiento de puntos de corte del IMC para las distintas categorías de sobrepeso y obesidad en el niño y en el adolescente. Éste es el caso de los criterios de Cole et al. (7), cuya utilización recomienda la IOTF.

No obstante, la utilización de los mismos no se encuentran exenta de críticas por parte de algunos expertos, que recomiendan la revisión de sus valores o el cambio en sus puntos de corte (31).

A nivel nacional, como ya se ha indicado en el apartado previo, existen los valores poblacionales publicados en el estudio transversal español de crecimiento, en el cual se establecen las equivalencias aproximadas para definir sobrepeso y obesidad en varones y mujeres de acuerdo a los percentiles de dicho estudio (figura 3) (32).

VARONES ♂		MUJERES ♀	
Español 2010		Español 2010	
Cole (obesidad)	Percentil 95-97	Cole (obesidad)	Percentil 97
Cole (sobrepeso)	Percentil 80	Cole (sobrepeso)	Percentil 85
OMS Percentil 97	Percentil 90	OMS Percentil 97	Percentil 95
OMS Percentil 85	Percentil 75	OMS Percentil 85	Percentil 80
BIB 1988, Percentil 97	Percentil 95 (0-3 años) Percentil 90 (3-18 años)	BIB 1988, Percentil 97	Percentil 97 (0-5 años) Percentil 95 (3-18 años)
BIB 1988, Percentil 75	Percentil 75	BIB 1988, Percentil 75	Percentil 75
BIB 1988, Percentil 50	Percentil 50	BIB 1988, Percentil 50	Percentil 50

Figura 3: Equivalencias aproximadas de los percentiles del Estudio Español 2010 con los valores propuestos por Cole (2000) para definir sobrepeso y obesidad y con los percentiles de los estudios de la OMS (2007) y de Bilbao (1988) (BIB 88) en ambos sexos. Fuente: Estudios Español de Crecimiento (2010) (32).

1.4.2. Índices utilizados para definir riesgo metabólico

Como se indicaba previamente, a día de hoy la definición de riesgo metabólico es muy heterogénea, pudiendo encontrarse diferentes criterios para la diferenciación del mismo.

Los niños se clasifican comúnmente como riesgo metabólico cuando hay un estado de resistencia a la insulina (IR por sus siglas en inglés) o cuando uno o más criterios cardio-metabólicos, ya explicados previamente, están presentes.

Hasta la fecha, los principales índices utilizados para definir riesgo metabólico incluyen la medición de la tensión arterial, los niveles de glucemia, triglicéridos y HDL, así como, en algunos casos, el índice HOMA (33–38). No obstantes, aunque las variables utilizadas para dicha definición son, en muchos casos, similares, los puntos de corte discrepan, lo que complica la interpretación de los resultados disponibles (tabla 2).

La definición, por la tanto, de paciente metabólicamente sano exige que ninguno de dichos factores se encuentre presentes.

Tabla 2: definiciones de las diferentes clasificaciones utilizadas para definir riesgo metabólico en este estudio.

Clasificación	Presión Arterial	Triglicéridos	HDL*	Glucemia	HOMA*
IDF	PAS \geq 130 o PAD \geq 85	\geq 150 mg/dL	<40 mg/dL	\geq 100 mg/dL	
Li et al.	PAS o PAD* \geq percentil 90 para sexo, edad y talla.	\geq 110 mg/dL	<40 mg/dL	\geq 100 mg/dL	
Reinher et al.	PA > percentil 95 para edad y sexo	>150 mg/dL	<40 mg/dL	\geq 100 mg/dL	
Prince et al.	PAS o PAD \geq percentil 90 para sexo, edad y talla.	\geq 110 mg/dL	<40 mg/dL	\geq 100 mg/dL	\geq 3,16
Damanhoury et al.	PAS o PAD \geq percentil 90 para sexo, edad y talla.	>150 mg/dL	<40 mg/dL	\geq 100 mg/dL	
Olza et al.	PAS o PAD \geq percentil 90 para sexo, edad y talla.	Percentil \geq 90 para edad, sexo y raza.	Percentil < 10 para edad, sexo y raza.	\geq 100 mg/dL	> 2,5

PAD: Presión arterial diastólica, PAS: Presión arterial sistólica, HDL: High density lipoprotein, IDF: International Diabetes Federation, HOMA: Homeostatic model assessment. Fuente: Azahara I. Rupérez et al, (2018) (12)

1.4.3. Índice de masa triponderal

Con el paso del tiempo, y debido a las limitaciones del IMC previamente descritas, se han desarrollado diferentes índices para la valoración del paciente con obesidad.

El desarrollo de dichos índices ha ido encaminado no sólo a buscar la mayor correlación con el porcentaje de grasa corporal, si no a la adquisición de nuevos conocimientos en el campo de la obesidad infantil, como el desarrollo del concepto de riesgo metabólico.

Como alternativa a una mejor estimación del porcentaje de grasa corporal, aplicando métodos simples, Peterson et al. probaron el IMC mediante el uso de diferentes números exponenciales en el denominador (altura). Este estudio tuvo como objetivo comparar el IMC (kg/m^2) y el IMT (kg/m^3) como predictores del porcentaje de masa grasa, así como desarrollar puntos de corte de IMT para sexo y edad. Compararon los índices de adiposidad utilizando 3 criterios (estabilidad con la edad, exactitud en la estimación del porcentaje de grasa corporal y exactitud en la clasificación del estado de sobrepeso). Finalmente verificaron que el IMT fue más preciso que los índices de peso-estatura para indicar adiposidad en niños blancos y adolescentes no hispanos (23).

Posteriormente, De Lorenzo et al. corroboró los resultados de Peterson y su grupo en niños y adolescentes italianos, desarrollando a su vez sus propios puntos de corte para dicha población. En este estudio también se verificó, tras aplicar curvas COR y el estadístico kappa, la mejor precisión del IMT respecto al IMC a la hora de valorar el porcentaje de grasa corporal en pacientes pediátricos (39).

En lo referente a la población pediátrica española, el grupo de Carrascosa et al. ha publicado recientemente valores de referencia del IMC y del IMT desde el nacimiento hasta los 18 años en mujeres y 19 años en varones de niños sanos sin malnutrición ni obesidad, valorando a su vez el crecimiento y el estado puberal, con una muestra final compuesta por 1453 niños que han llamado la generación del milenio (40).

Respecto a los valores del IMT obtenidos en dicho estudio, se pudo apreciar que dicho índice descendía de forma considerable durante los primeros 6 años de vida para ambos sexos, para posteriormente disminuir más lentamente hasta los 18 y 19 años. Por otro lado, se encontraron diferencias estadísticamente significativas para los valores del IMT en las edades de 12,14,15,16,17 y 18 años, siendo dicha diferencia mayor conforme mayor es la edad de la población estudiada (figura 4) (40).

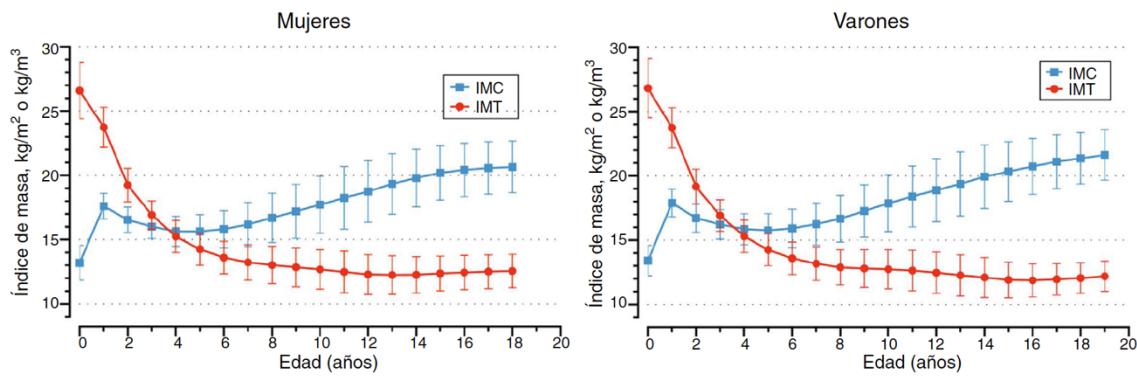


Figura 4: Índice de masa corporal (IMC) e índice de masa triponderal (IMT) según la edad para ambos sexos. Valores de la media y derivaciones estándar. Fuente: Carrascosa A. et al (2018) (40).

Además, en dicho estudio se objetivó que los valores de IMT se mantienen muy uniformes en ambos sexos desde la edad de 8 años hasta los 18 años (figura 5), por lo que con un único punto de corte se obtendría la suficiente precisión para evaluar el estado de sobrepeso y obesidad en este grupo poblacional, evitando el uso so del valor de z-score para la estimación de los mismos (22).

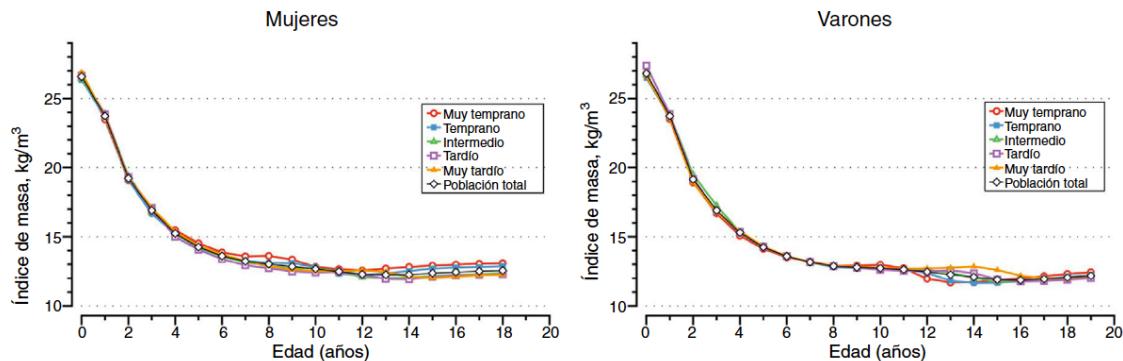


Figura 5: Valores medios del índice de masa corporal (IMC) y el índice de masa triponderal (IMT) según la edad al inicio del brote de crecimiento puberal. Fuente: Carrascosa A. et al (2018) (40).

Por otro lado, el IMT ha demostrado tener una correlación aceptable con un único punto de corte a la hora de definir riesgo metabólico en pacientes pediátricos, sin la necesidad de la medición de las diferentes variables anteriormente descritas, suponiendo un importante ahorro de recursos y de tiempo (22).

Por todo ello, el índice de masa triponderal supondría, en caso de confirmarse su utilidad en posteriores estudios, un posible sustituto del IMC a la hora de valorar a los pacientes

pediátricos en situación de sobrepeso y obesidad, así como un valioso recurso a la hora de definir el riesgo metabólico en este grupo de población, simplificando y agilizando debido a su fácil manejo la atención al paciente en consultas de atención primaria y de endocrinología infantil, entre otros.

2. JUSTIFICACIÓN

El índice de masa corporal (IMC) es el parámetro antropométrico más utilizado para estimar la grasa corporal de un sujeto. No obstante, no se encuentra exento de limitaciones. Su interpretación durante una etapa de desarrollo como son la infancia y la adolescencia presenta dificultades, ya que se trata de un índice variable en función de el sexo, la edad y el estado puberal del paciente, siendo necesario el uso de valores de referencia poblacionales.

El desarrollo de otros índices que simplifiquen y faciliten la identificación de pacientes con sobrepeso y obesidad, así como la diferenciación del riesgo metabólico de los mismos, supone uno de los principales avances en el manejo de este grupo de patologías.

Entre los nuevos índices que se han desarrollado para dicho cometido, destaca el índice de masa triponderal. Recientemente se han publicado valores de referencia poblacionales para el mismo, así como nuevos puntos de corte para la identificación de obesidad y riesgo metabólico en la población pediátrica. Gracias a ello, se abre la puerta a nuevos estudios que analicen y desarrolle los hallazgos encontrados hasta la fecha, así como a comprobar si los mismos son válidos en diferentes poblaciones pediátricas.

En el caso de confirmarse la utilidad del índice de masa triponderal en la población pediátrica, supondría un gran avance en el diagnóstico y manejo de la obesidad en la infancia, con la consecuente repercusión en el desarrollo de la salud en etapas posteriores de la vida.

3. OBJETIVOS

3.1. OBJETIVO PRINCIPAL

Valorar la utilidad del IMT para definir sobrepeso y obesidad en la infancia y adolescencia, así como para identificar pacientes con riesgo metabólico, en una cohorte de niños y adolescentes (cohorte GENOBOX, P111/01425, P111/02059, P111/02042) atendiendo a los puntos de corte propuestos para definir sobrepeso, obesidad y riesgo metabólico según Yeste D. et al, 2020 (22).

3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- 1- Describir las características clínicas y antropométricas de la población a estudio (sexo, edad, desarrollo puberal, IMC e IMT).
- 2- Analizar la utilidad de las clasificaciones propuestas hasta la actualidad para definir sobrepeso y obesidad.
- 3- Comparar los diferentes criterios, así como las clasificaciones más utilizadas hasta la actualidad, para definir riesgo metabólico en pacientes obesos.
- 4- Estudiar las posibles asociaciones del IMT para definir obesidad, riesgo cardiom metabólico (insulina, glucemia, triglicéridos, HDLc, entre otros) con las clasificaciones propuestas en la infancia.
- 5- Definir nuevos puntos de corte del IMT para la clasificación de normopeso, sobrepeso y obesidad en la población pediátrica de 8 a 18 años.

4. MATERIAL Y MÉTODOS

4.1. DISEÑO DEL ESTUDIO

Estudio transversal multicéntrico utilizando la base de datos del proyecto GENOBOX (Asociación entre variantes génicas, biomarcadores de estrés oxidativo, inflamación y riesgo cardiovascular en niños obesos) (PI11/02042, PI11/02059, PI11/01425; PI16/00871, PI16/01301, PI16/01205), subvencionado por el Instituto Carlos III.

4.2. POBLACIÓN DE ESTUDIO

4.2.1. Criterios de inclusión

Pacientes procedentes de tres hospitales de tercer nivel pertenecientes a tres ciudades españolas distintas: Hospital Clínico Universitario Lozano Blesa de Zaragoza, Hospital Clínico Universitario de Santiago de Compostela, así como el Hospital Pozoblanco y el Hospital Clínico Universitario Reina Sofía de Córdoba, con una edad comprendida entre 8 - 18 años, que acudían al hospital para el diagnóstico de trastornos menores, que no se confirmaron después de investigaciones clínicas y de laboratorio, o sospechando sobrepeso u obesidad, y que fueron incluidos en la base de datos GENOBOX (PI11/01425) durante los años 2012-2015.

4.2.2. Criterios de exclusión

No se incluyen en este estudio pacientes con herencia caucásica no europea, presencia de enfermedades metabólicas congénitas (por ejemplo, diabetes o hiperlipemia), desnutrición, pacientes con uso confirmado de medicamentos que alteran la presión arterial, la glucosa o el metabolismo de los lípidos, y todos aquellos que no cumplan los criterios de inclusión.

4.2.3. Tamaño muestral

Se obtuvo una muestra de 1.355 niños y adolescentes (677 varones y 678 mujeres) con edad entre 8-18 años (media 11 años), 56% de ellos prepúberes. Dicha muestra incluye 30,4% pacientes clasificados como normopeso, 26,6% como sobrepeso y 43% como obesos según criterios de la IOTF 2000 (7).

4.3. VARIABLES DE ESTUDIO

4.3.1. Medidas antropométricas

- Peso: Medido en kilogramos (kg) mediante una báscula homologada Soehnle, colocando al paciente en el punto medio de la plataforma.
- Talla: Medida en centímetros (cm), con tallímetro homologado Harpenden (Holtain Limited, United Kingdom), colocando a los pacientes de pie en posición erecta con el cuerpo alineado y la cabeza con el plano de Frankfurt paralelo al suelo.
- IMC: Se calculó el IMC en kilogramo.metro al cuadrado (kg/m^2).
- IMT: Se calculó el IMT en kilogramo.metro al cubo (kg/m^3).

4.3.2. Datos clínicos

- Género: Diferenciado en sexo masculino y sexo femenino.
- Edad cronológica: Edad cronológica en edad decimal.
- Estadio Puberal: Se recogió el estadio puberal registrado en cada consulta, diferenciándose en dos grupos según la escala de desarrollo puberal de Tanner: prepuberal (Tanner I) y puberal (Tanner II-V) (figura 6) (41).

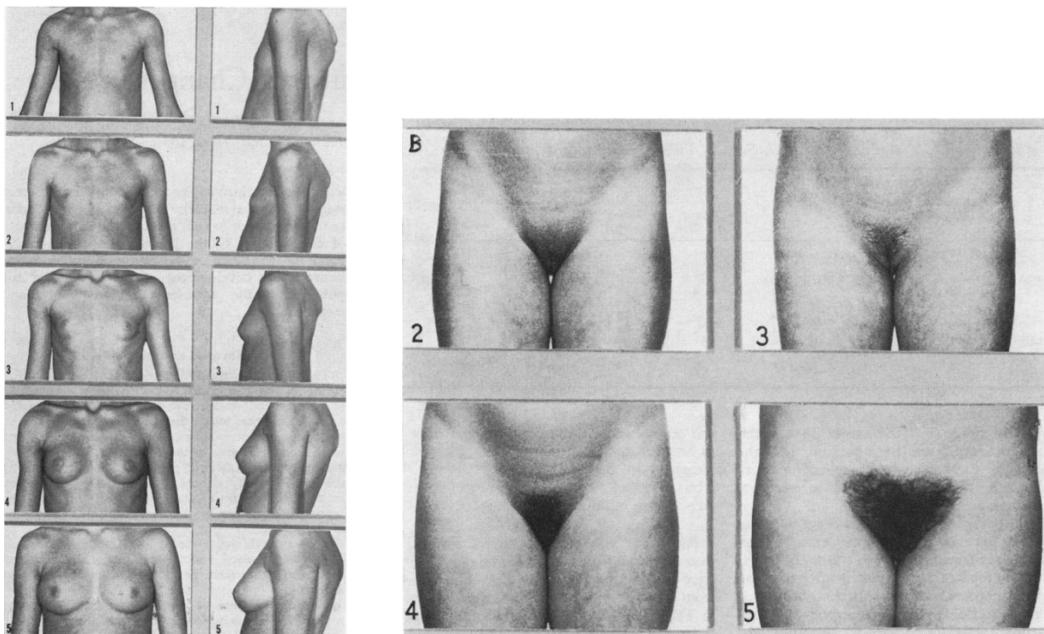


Figura 6: Estándares para las calificaciones de senos y desarrollo de vello pubiano. Fuente: Tanner JM et al, (1969) (41).

- Tensión arterial diastólica y sistólica: La toma de tensión arterial se ha llevado a cabo a través de un manguito adecuado para cada caso, a través de un dispositivo de la marca registrada Omron ®. Los valores medidos se expresaron en milímetros de mercurio y se valoraron en función de percentiles ajustados por sexo y edad (42).

4.3.3. Medidas bioquímicas

Glucemia (mg/dl), insulina (mU/l), HOMA, HDLc (mg/dl), triglicéridos (TG) (mg/dl).

Se ha calculado el índice de resistencia a la insulina HOMA, obteniéndose éste mediante la siguiente ecuación: $HOMA = (\text{insulina} \times \text{glucosa}) / 405$. Se determinó la insulina en $\mu\text{U/ml}$ y la glucemia en mg/dl (43).

4.4. CLASIFICACIÓN DE LA POBLACIÓN A ESTUDIO

En la clasificación de la muestra, se utilizaron diferentes clasificaciones validadas tanto para definir sobrepeso y obesidad como para diferenciar a los pacientes que se encontraban en riesgo metabólico.

4.4.1. Clasificaciones utilizadas para definir obesidad

- International Obesity Task Force 2000 (IOTF por sus siglas en inglés) (7)
- IOTF 2012 (44)
- Estudio Español de crecimiento del 2010 (10)

4.4.2. Clasificaciones utilizadas para definir riesgo metabólico

- Federación Internacional de Diabetes (IDF por sus siglas en inglés) (36).
- Li et al (34).
- Reinher et al (35).
- Prince et al (37).
- Damanhoury et al (33).
- Olza et al (38).

4.5. ANÁLISIS ESTADÍSTICO

El IMC de la muestra comprende valores desde 11,32 hasta 49 (media 24), con un IMT con valores comprendidos entre 7,3 y 32 (media 16,31). Los valores de IMC se compararon con los de una población de referencia de la misma edad y sexo, y se expresaron como puntuación Z según la fórmula: IMC del sujeto de la muestra – IMC de la población control para edad y sexo, y el resultado dividido por la desviación estándar correspondiente al valor de la población control de la misma edad y sexo.

Se ha aplicado una curva COR para ambos sexos, con el IMT y el IMC como variables de prueba y la clasificación de la IOTF 2000 como variable de estado. Para la valoración de la curva COR se han establecido rangos con valor proporcional a la capacidad de discriminación: 0,5: no discriminación, 0,5-0,7: pobre capacidad discriminativa, >0,7: capacidad discriminativa buena, >0,9: excelente.

Los puntos de corte establecidos para IMT se han obtenido de estudios previos (22), aplicando un valor igual o superior a 13,9 en niños y a 13,8 en niñas para definir sobrepeso, un valor mayor o igual de 15,4 en hombres y de 15,2 en mujeres para definir obesidad, y, posteriormente un valor igual o superior a 18,7 para diferenciar entre los grupos en fenotipo obeso metabólicamente sano (FOMS) y fenotipo obeso en riesgo metabólico (FORM) en ambos sexos. Se ha fijado un grado de significación estadística de $p<0,05$.

En primer lugar, se ha aplicado el test estadístico descriptivo Kappa para analizar la concordancia entre el valor del IMT y el IMC para definir normopeso, sobrepeso y obesidad. Se han establecido diferentes rangos de valor para el estadístico kappa, asignando una concordancia proporcional a dichos valores: <0,2: concordancia pobre, 0,2-0,4: débil, 0,4-0,6: moderada, 0,6-0,8: buena, >0,8: muy buena. (45).

Para llevar a cabo dicho análisis, se han utilizado diferentes clasificaciones: International obesity task force 2000 (IOTF por sus siglas en inglés), IOTF 2012 y Estudio Español de crecimiento del 2010. A su vez, se ha utilizado la variable pubertad en el análisis de concordancia de acuerdo con la clasificación obtenida a partir de los criterios de la IOTF 2000.

Posteriormente, se ha aplicado nuevamente el test estadístico descriptivo Kappa para analizar la concordancia de los resultados obtenidos con el valor del IMT para los grupos FOMS y FORM, respecto a los resultados obtenidos a partir de 6 criterios establecidos en diferentes clasificaciones para definir riesgo metabólico: Federación Internacional de Diabetes (IDF por sus siglas en inglés), Li et al, Reinher et al, Prince et al, Damanhoury et

al, así como los criterios de Olza et al. Se decide aplicar una curva COR, con el IMT como variable de prueba y las diferentes clasificaciones previamente indicadas como variable de estado.

Finalmente, se decide establecer un punto de corte propio para la clasificación de normopeso, sobrepeso y obesidad en función del IMT en la población pediátrica de 8 a 18 años. El punto de corte de una escala continua que determina la sensibilidad y especificidad más alta es aquel que presenta el mayor índice de Youden, calculado según la fórmula (sensibilidad + especificidad - 1). Gráficamente, éste corresponde al punto de la curva COR más cercano al ángulo superior-izquierdo del gráfico. Es necesario aclarar que existen situaciones en las que se requiere disponer de un test diagnóstico más sensible o bien más específico. En estos casos, no es aconsejable utilizar el punto de corte obtenido por el índice de Youden, siendo más útil conocer los valores de sensibilidad y especificidad determinados por diferentes puntos de corte, y optar por aquel que determine la mayor sensibilidad, o la mayor especificidad, según sea el objetivo. En nuestro caso, debido a la amplia área bajo la curva mostrada por el IMT en relación a la clasificación de la IOTF 2000, se ha decidido utilizar dicho índice para la determinación del mejor punto de corte (46).

Se ha comprobado la concordancia entre la clasificación obtenida con el uso de los puntos de corte propios para el IMT y la clasificación obtenida a partir de los criterios de la International obesity task force 2000, aplicando el test estadístico descriptivo Kappa.

Para el análisis estadístico de los datos se ha utilizado el programa IBM Statistics versión 25.0.

4.6. CONSIDERACIONES ÉTICAS

El estudio se realizó de conformidad con la Declaración de Helsinki. Los Comités de Ética aprobaron todos los experimentos y procedimientos. Todos los padres o tutores dan su consentimiento informado por escrito y los niños dan su consentimiento (Código CEICA: Zaragoza 10/2010).

5. RESULTADOS

5.1. DESCRIPCIÓN Y CARACTERÍSTICAS DE LA MUESTRA

Se han estudiado 1355 niños y adolescentes (677 varones), con edad entre 8-18 años (media 11 años), 56% prepúberes, procedentes de la base de datos GENOBOX.

El IMC de la muestra comprende valores desde 11,32 hasta 49 (media 24), con un IMT con valores comprendidos entre 7,3 y 32 (media 16,31) (Tabla 2).

Dicha muestra ha sido clasificada según criterios IOTF 2000 (30,4% normopesos, 26,6% sobrepesos y 43% obesos) (Tabla 3).

Tabla 3: Características clínicas y analíticas de la población estudiada.

		Frecuencia	Porcentaje	
Origen	Córdoba	455	33,6%	
	Santiago	636	46,9%	
	Zaragoza	264	19,5%	
Sexo	Masculino	677	50%	
	Femenino	678	50%	
Tanner	Prepúber	765	56,4%	
	Púber	560	43,6%	
IOTF* 2000	Normopeso	412	30,4%	
	Sobrepeso	360	26,6%	
	Obesidad	583	43%	
		Mínimo	Máximo	Media
Edad (años)		8	18	11,03
Peso (kg)		16,4	145	53,18
Talla (m)		1,05	1,81	1,47
IMC*		11,32	49,01	24,02
IMC* (z-score)	Varones (n=677)	-2,07	7,8	1,74
	Mujeres (n=678)	-1,86	6,89	1,61
IMT*		7,3	32	16,32
TAD*		35	118	65,64
TAS*		48	156	108,49
Glucosa (mg/dl)		39	113	85,53
HDL*		21	113	54,11
LDL*		31	257	95,93
Colesterol total		90	331	166,64
TAG*		16	510	69,82
HOMA		0,12	22,75	2,42
				1,87

IOTF: International obesity task force, IMC: Índice de masa corporal, IMT: Índice de masa tripondral,

TAD: Tensión arterial diastólica, TAS: Tensión arterial sistólica, HDL: High density lipoprotein, LDL: Low density lipoprotein, TAG: Triacilglicéridos, HOMA: Homeostatic model assessment.

En las figuras siguientes (figuras 7, 8, 9 y 10) se expone la distribución del IMC y del IMT en función del estadio puberal tanto de varones como de mujeres respectivamente.

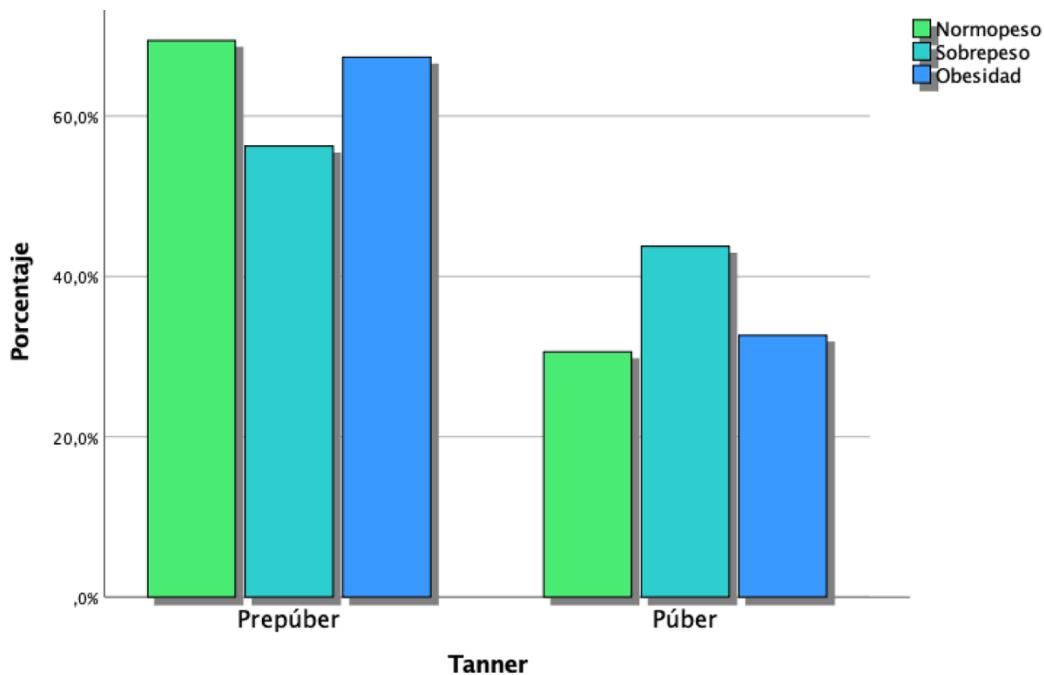


Figura 7: Distribución del IMC (Índice de Masa Corporal) de los varones de la muestra según su estadio puberal.

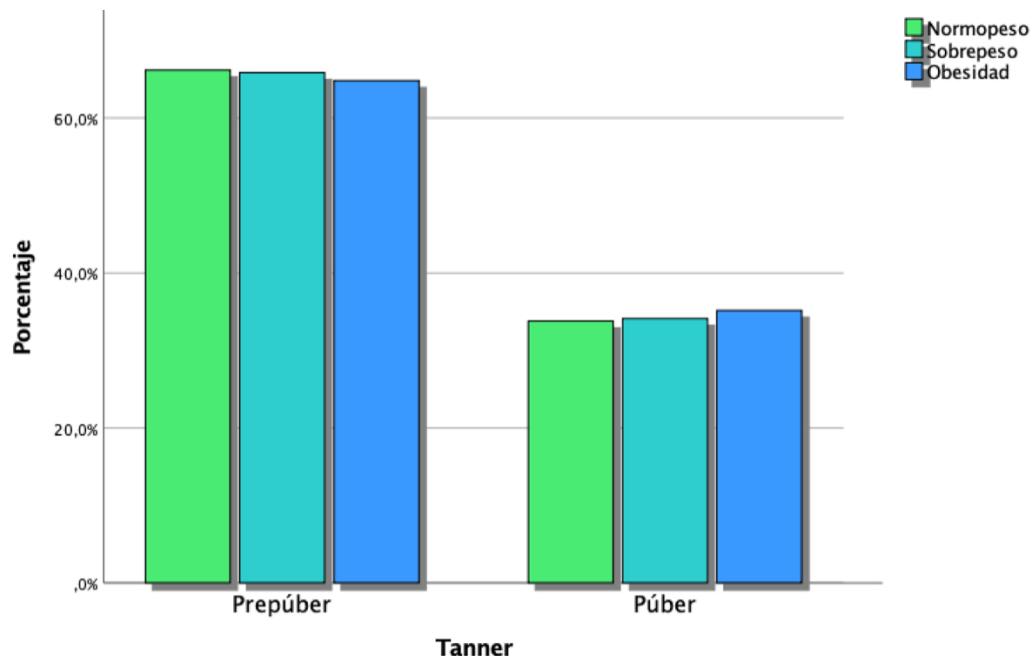


Figura 8: Distribución del IMT (Índice de Masa Triponderal) de los varones de la muestra según su estadio puberal.

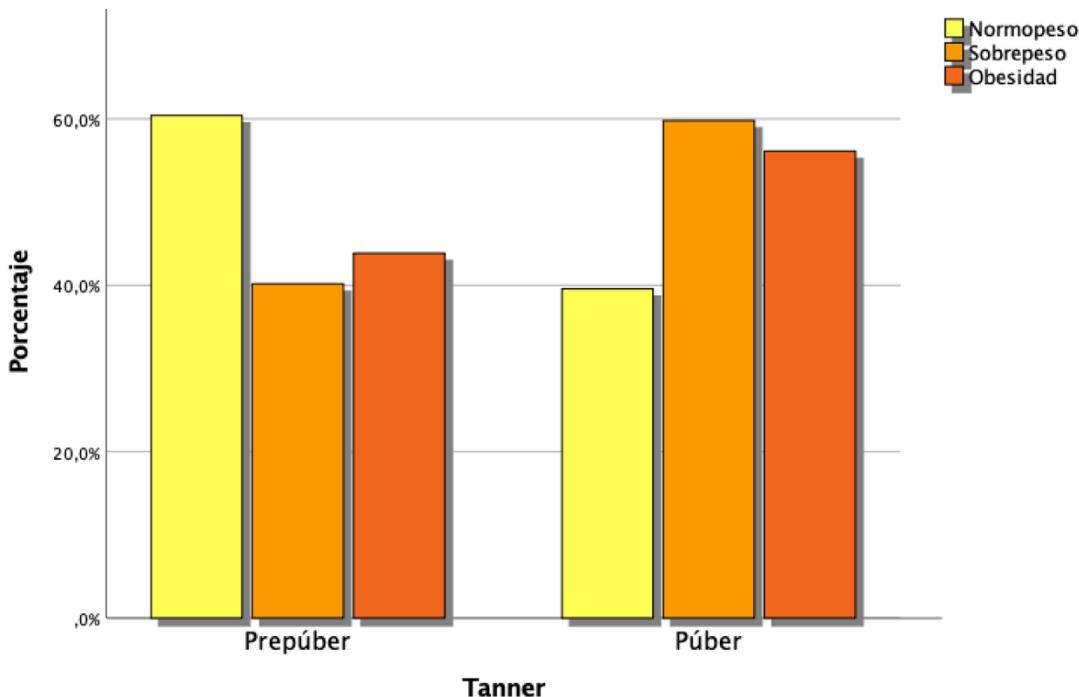


Figura 9: Distribución del IMC (Índice de Masa Corporal) de las mujeres de la muestra según su estadio puberal.

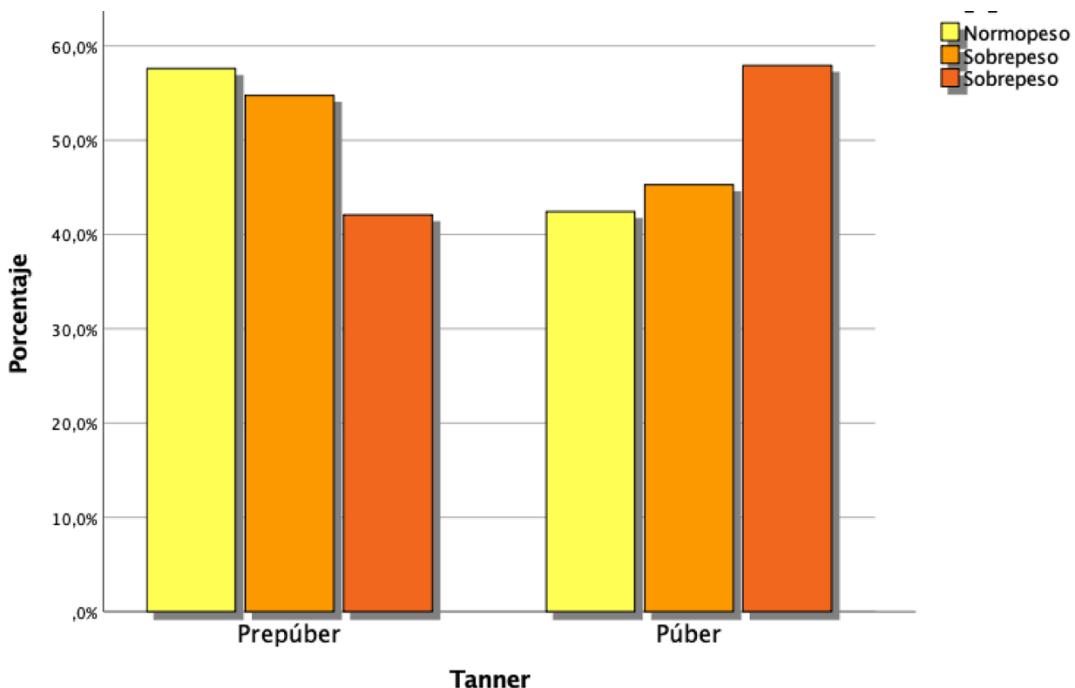
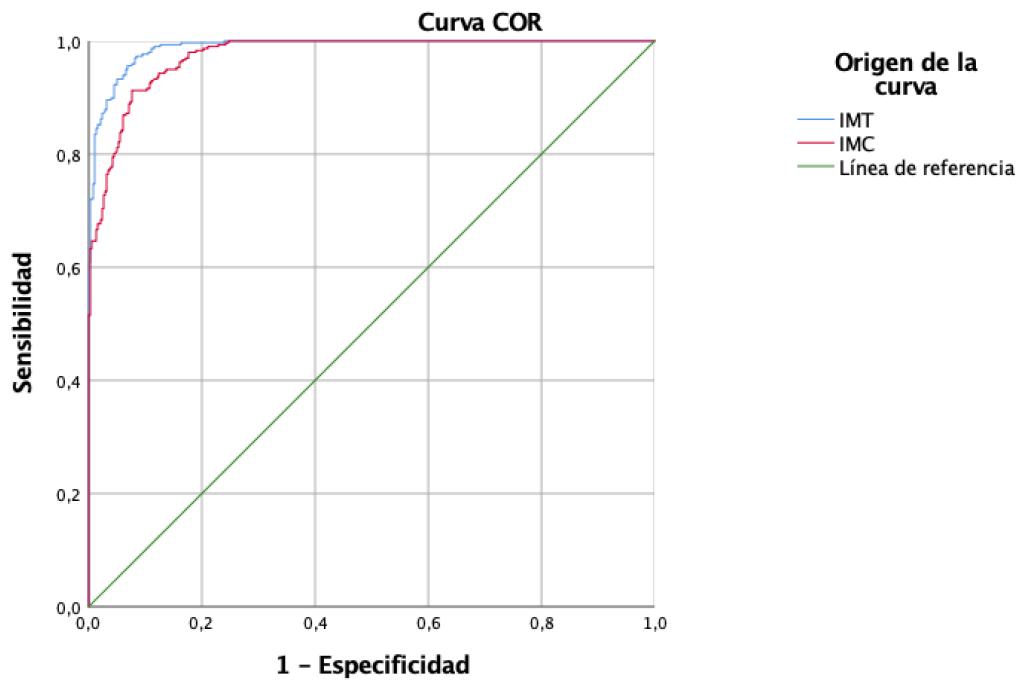


Figura 10: Distribución del IMT (Índice de Masa Triponderal) de las mujeres de la muestra según su estadio puberal.

5.2. SENSIBILIDAD Y ESPECIFICIDAD DEL ÍNDICE DE MASA TRIPONDERAL Y EL INDICE DE MASA CORPORAL EN LA IDENTIFICACIÓN DE OBESIDAD.

Se ha aplicado una curva COR para ambos sexos, aplicando el IMT y el IMC como variables de prueba y la clasificación de la IOTF 2000 para obesidad como variable de estado (figuras 11 y 12):



Área bajo la curva

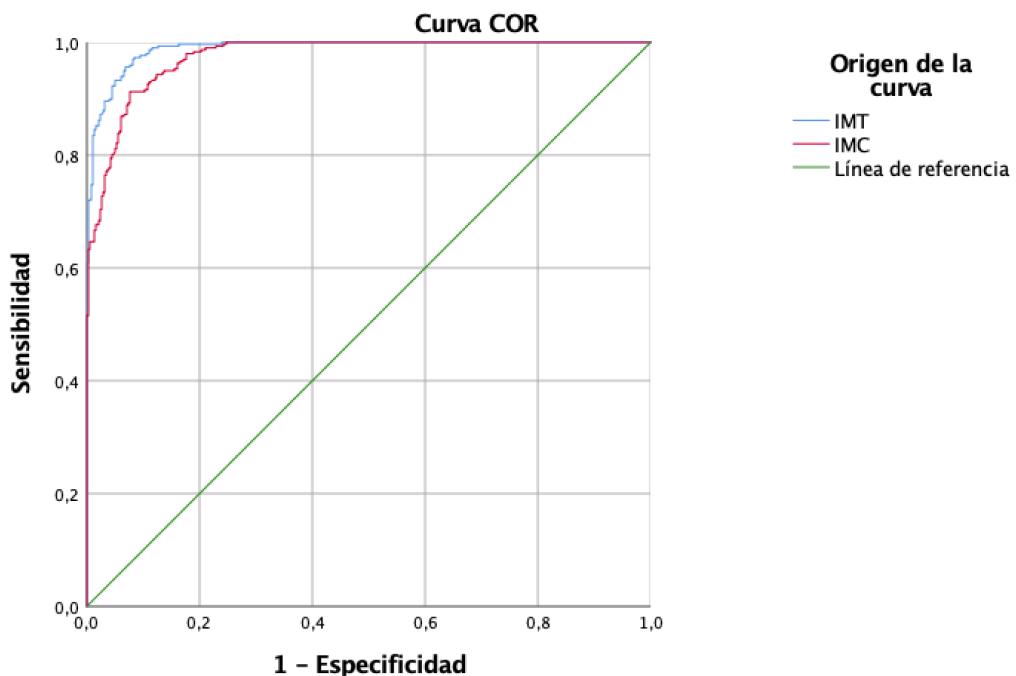
Variables de resultado de prueba	Área	Desv. Error ^a	Significación asintótica ^b	95% de intervalo de confianza asintótico	
				Límite inferior	Límite superior
IMT	,989	,003	,000	,984	,994
IMC	,974	,005	,000	,966	,983

Las variables de resultado de prueba: IMT, IMC tienen, como mínimo, un empate entre el grupo de estado real positivo y el grupo de estado real negativo. Las estadísticas podrían estar sesgadas.

a. Bajo el supuesto no paramétrico

b. Hipótesis nula: área verdadera = 0,5

Figura 11: Área bajo la curva (AUC) en varones del índice de masa corporal y del índice de masa triponderal para definir obesidad según criterios IOTF, 2000.



Área bajo la curva

Variables de resultado de prueba	Área	Desv. Error ^a	Significación asintótica ^b	95% de intervalo de confianza asintótico	
				Límite inferior	Límite superior
IMT	,989	,003	,000	,984	,994
IMC	,974	,005	,000	,966	,983

Las variables de resultado de prueba: IMT, IMC tienen, como mínimo, un empate entre el grupo de estado real positivo y el grupo de estado real negativo. Las estadísticas podrían estar sesgadas.

a. Bajo el supuesto no paramétrico

b. Hipótesis nula: área verdadera = 0,5

Figura 12: Área bajo la curva (AUC) en mujeres del índice de masa corporal y del índice de masa triponderal para definir obesidad según criterios IOTF, 2000.

En ambos casos se puede aprecia que la variable IMT tiene un área bajo la curva mayor que el IMC para la variable de estado de obesidad de acuerdo a la clasificación de la IOTF 2000. En ningún caso se incluye en el intervalo de confianza (IC) el valor de no discriminación (0,5) (46).

5.3. UTILIDAD DEL ÍNDICE DE MASA TRIPONDERAL PARA DEFINIR SOBREPESO Y OBESIDAD EN LA INFANCIA.

Para analizar la posible utilidad de este índice para definir sobrepeso y obesidad en la infancia se ha utilizado el estadístico kappa. A su vez, para la valoración del mismo se

han establecido rangos con valor proporcional al nivel de concordancia: valores <0,2: concordancia pobre, 0,2-0,4: débil, 0,4-0,6: moderada, 0,6-0-8: buena, >0,8: muy buena (45).

En varones, tanto la clasificación de la IOTF como la actualización de sus criterios de 2012 muestran una concordancia buena ($k= 0,729$ y $K= 0,721$ respectivamente) con los resultados obtenidos a partir el uso del IMT para la misma muestra. El Estudio Español de crecimiento 2010 muestra una concordancia menor ($k= 0,542$), considerándose moderada (*Tabla 3*). Si se analiza la concordancia entre varones prepúberes del IMT con la clasificación de la IOTF 2000, se obtiene un valor $k= 0,749$, mientras que en púberes es de $k= 0,692$.

En mujeres los resultados difieren, encontrándose una concordancia menor. En concreto, los valores para la clasificación de la IOTF 2000, su actualización en 2012 y el estudio español de crecimiento ha sido de $k=0,584$, $k=0,594$ y $k=0,453$ respectivamente, mostrando una concordancia moderada (*Tabla 4*). Si se analiza la concordancia entre mujeres prepúberes del IMT con la clasificación de la IOTF 2000, se obtiene un valor $k= 0,621$, mientras que en púberes es de $k= 0,546$.

Tabla 4: Índice de masa triponderal (IMT) en la definición de sobrepeso y obesidad según los diferentes estudios poblacionales (IOTF 2000, IOTF 2012 y los criterios establecidos en el estudio español de crecimiento 2010).

	Sexo	Concordancia respecto al IMT	Discrepancia respecto al IMT	Kappa
IOTF 2000	Varones	83%	<i>Normopeso: 1,5% Sobrepeso: 3% Obesidad: 12,5%</i>	<i>Prepubéres: 0,749 Púberes: 0,692 Total: 0,729</i>
	Mujeres	74%	<i>Normopeso: 0,5% Sobrepeso: 5% Obesidad: 20,5%</i>	<i>Prepubéres: 0,621 Púberes: 0,546 Total: 0,584</i>
IOTF 2012	Varones	83%	<i>Normopeso: 1,5% Sobrepeso: 2,5% Obesidad: 13%</i>	0,721
	Mujeres	74,5%	<i>Normopeso: 0,5% Sobrepeso: 4,5% Obesidad: 20,5%</i>	0,594
Tablas España 2010	Varones	71%	<i>Normopeso: 0% Sobrepeso: 1% Obesidad: 18%</i>	0,542
	Mujeres	65%	<i>Normopeso: 0% Sobrepeso: 10,5% Obesidad: 24,5%</i>	0,453

Valoración del estadístico kappa: <0,2: pobre, 0,2-0,4: débil, 0,4-0,6: moderada, 0,6-0-8: buena, >0,8: muy buena.

En todos los casos, la mayor discrepancia se ha encontrado entre los pacientes identificados por el IMT como obesos y por el resto de clasificaciones utilizadas en este estudio como pacientes con sobrepeso.

5.4. ÍNDICE DE MASA TRIPONDERAL Y RIESGO METABÓLICO

Los valores para kappa obtenidos indican que la concordancia es pobre o débil para ambos sexos entre las clasificaciones para definir riesgo metabólico utilizadas en este estudio y los resultados obtenidos a partir del IMT. Se lleva a cabo un análisis con la curva COR aplicando el IMT como variable de prueba y las distintas clasificaciones para definir riesgo metabólico como variable de estado. Se diferencian a su vez los valores obtenidos al aplicar la variable obesidad a nuestra muestra a estudio (*tabla 5*).

Tabla 5: Índice de masa triponderal (IMT) en la definición de riesgo metabólico según las diferentes clasificaciones utilizadas.

	Sexo	Kappa	Curva COR (AUC) sin variable obesidad	Curva COR (AUC) con variable obesidad
<i>Olza et al. (2011)</i>	Varones	0,109	0,751	0,543
	Mujeres	0,24	0,789	0,625
<i>Damanhoury et al. (2018)</i>	Varones	0,121	0,727	0,574
	Mujeres	0,174	0,766	0,597
<i>Prince et al. (2014)</i>	Varones	0,142	0,719	0,582
	Mujeres	0,224	0,764	0,641
<i>IDF (2007)</i>	Varones	0,126	0,674	0,556
	Mujeres	0,221	0,746	0,619
<i>Li et al. (2016)</i>	Varones	0,14	0,721	0,580
	Mujeres	0,244	0,761	0,673
<i>Reinehr et al. (2015)</i>	Varones	0,138	0,698	0,576
	Mujeres	0,234	0,76	0,645

Valoración del estadístico kappa: <0,2: pobre, 0,2-0,4: débil, 0,4-0,6: moderada, 0,6-0-8: buena, >0,8: muy buena. Curva COR: 0,5: no discriminación, 0,5-0,7: pobre capacidad discriminativa, >0,7: capacidad discriminativa buena, >0,9: excelente.

Los valores de la curva COR indican una capacidad discriminativa buena del IMT a la hora de diferenciar a sujetos con riesgo metabólico sin aplicar la variable obesidad. Por otro lado, al seleccionar únicamente a sujetos clasificados previamente como obesos, se aprecia un área bajo la curva menor, tanto en varones como en mujeres, con valores que indican una pobre capacidad discriminativa del IMT para valorar sujetos con fenotipo

obeso metabólicamente sano y con fenotipo obeso en riesgo metabólico. En todos los casos, la capacidad discriminativa del IMT es mayor en mujeres que en varones (*Tabla 4*).

5.5. IDENTIFICACIÓN DE SOBREPESO Y OBESIDAD EN BASE A ÍNDICE TRIPONDERAL. PUNTOS DE CORTE EN LA COHORTE GENOBOX.

Para la obtención de un punto de corte propio, se ha utilizado el valor que presenta el mayor índice de Youden, calculado según la fórmula (sensibilidad + especificidad - 1), en una curva COR, con el IMT como variable de prueba y la clasificación de la IOTF 2000 como variable de estado.

De esta forma, se ha apreciado que el mejor punto de corte para identificar a los pacientes con sobrepeso de 8 a 18 años es de 13,85 en niños y de 14,26 en niñas. En la identificación de paciente con obesidad en dicho rango de edades, los valores se establecen en 16,4 para niños y 16,97 para niñas (*tabla 6*)

Tabla 6: clasificación de normopeso, sobrepeso y obesidad. Puntos de corte en el grupo de trabajo de Yeste et al. y la cohorte GENOBOX (22).

	Sexo	Normopeso	Sobrepeso	Obesidad
Yeste et al. (2020)	Varones	< 13,9	13,9 - 15,3	≥ 15,4
	Mujeres	< 13,8	13,8 - 15,1	≥ 15,2
GENOBOX (2021)	Varones	< 13,85	13,85 - 16,3	≥ 16,4
	Mujeres	< 14,26	14,26 - 16,96	≥ 16,97

Al analizar la concordancia entre la nueva clasificación obtenida a partir de dichos puntos de corte del IMT para hombres y la clasificación de la IOTF 2000 utilizando una tabla cruzada, se ha obtenido un valor kappa = 0,841. Al llevar a cabo el mismo proceso con la clasificación obtenida en mujeres, el resultado ha sido similar, obteniendo un valor kappa = 0,842. Si se analiza la concordancia entre varones prepúberes de los nuevos puntos de corte propuestos IMT con la clasificación de la IOTF 2000, se obtiene un valor k= 0,857,

mientras que en púberes es de $k= 0,809$. En el caso del grupo compuesto por mujeres prepúberes se obtiene un valor $k= 0,844$, mientras que en púberes es de $k= 0,836$. En ambos casos, la concordancia encontrada ha sido mayor en el grupo de prepúberes que en el de púberes, con una variabilidad menor en mujeres (tabla 7).

De esta forma, se puede confirmar que la correlación con los nuevos puntos de corte propuestos es muy buena para ambos sexos, tanto en prepúberes como en púberes.

Tabla 7: Puntos de corte del índice de masa triponderal (IMT) para identificar sobrepeso y obesidad de acuerdo con los criterios de la IOTF 2000, en la cohorte GENOBOX según sexo y estadio puberal, así como su comparación con los criterios de Yeste et al.

	Sexo	Kappa
Yeste et al. (2020)	Varones	Prepúberes: 0,749
		Púberes: 0,692
		Total: 0,729
	Mujeres	Prepúberes: 0,621
		Púberes: 0,546
		Total: 0,584
Cohorte GENOBOX	Varones	Prepúberes: 0,857
		Púberes: 0,809
		Total: 0,841
	Mujeres	Prepúberes: 0,844
		Púberes: 0,836
		Total: 0,842

Valoración del estadístico kappa: <0,2: pobre, 0,2-0,4: débil, 0,4-0,6: moderada, 0,6-0-8: buena, >0,8: muy buena.

6. DISCUSIÓN

La obesidad infantil es una enfermedad multifactorial que tiene importantes repercusiones en la vida del individuo, condicionando su calidad de vida y, en muchos casos, incluso su esperanza de vida. El abordaje del sobrepeso y obesidad infantil es de suma importancia, ya que dichas condiciones tienden a perpetuarse en la edad adulta, propiciando alteraciones metabólicas y un mayor riesgo cardiovascular.

La nueva definición de términos como Fenotipo Obeso Metabólicamente Sano (FOMS) y Fenotipo Obeso con Riesgo Metabólico (FORM) permite personalizar las medidas terapéuticas aplicadas a estos pacientes, utilizando diferentes marcadores metabólicos validados en combinación, y no únicamente el IMC (33–38).

En el caso de pacientes con fenotipo FOMS, éstos presentan un riesgo menor de padecer enfermedades cardiovasculares, así como alteraciones en la secreción de insulina, en la edad adulta. Desde un punto de vista funcional, parece que este tipo de pacientes tiene una capacidad para acumular el exceso de tejido adiposo a nivel subcutáneo, mientras que en el caso de pacientes con fenotipo FORM dichos depósitos no serían suficientes, y por lo tanto el exceso de grasa se depositaría a nivel de otros órganos como hígado, mesenterio, pericardio y espacio perivascular, entre otros, conformando la llamada grasa visceral. Dichos depósitos de grasa se encuentran íntimamente relacionados con los factores de riesgo cardiovascular: diabetes, hígado graso, hipertensión y resistencia insulínica, entre otros (13).

Por todo ello, es destacable la importancia de la detección precoz de los pacientes en riesgo metabólico, así como la identificación de aquellos que se encuentran en riesgo de desarrollar dicha condición, ya que sus implicaciones futuras son notables. Diversos marcadores antropométricos y metabólicos han sido definidos para identificar el riesgo metabólico de forma precoz, no obstante, los criterios expuestos en las diferentes clasificaciones son muy variables, difiriendo en puntos de corte y, en algunos casos, incluso en los ítems a tener en cuenta (33–38).

El índice más utilizado hasta la fecha para definir obesidad, el IMC, tiene una utilidad limitada en la valoración de la adiposidad de un individuo en particular, ya que no valora el resto de los compartimentos corporales, especialmente la masa magra. Es por ello que es necesaria la búsqueda de nuevos índices que permitan la clasificación de individuos con sobrepeso y obesidad de una forma sencilla y precisa, teniendo en cuenta los nuevos hallazgos en lo referente a riesgo metabólico, redefiniendo el objetivo terapéutico final.

Para la definición de obesidad, se han utilizado diversas clasificaciones: International Obesity Task Force 2000 (IOTF por sus siglas en inglés) (7), IOTF 2012 (44), Estudio Español de crecimiento del 2010 (10). No obstante, la clasificación que se ha escogido finalmente para la valoración de nuevos puntos de corte en nuestra cohorte, han sido los criterios de la IOTF 2000. Dichos criterios han sido elegidos debido a su validez internacional. Como ya se indicaba previamente, la International Obesity Task Force (IOTF), obtuvo sus datos a partir de seis grandes encuestas transversales de Brasil, Gran Bretaña, Hong Kong, los Países Bajos, Singapur y los Estados Unidos (tabla 1) (7). Su objetivo fue vincular las definiciones de sobrepeso y obesidad en el adulto, con los valores percentilados en niños, con la finalidad de establecer puntos de corte pediátricos. Gracias al enfoque propuesto por la IOTF, es posible comparar las prevalencias de obesidad y sobrepeso en niños y adolescentes entre estudios y entre poblaciones, así como establecer un continuo en la evaluación del sobrepeso y la obesidad que abarca desde la infancia hasta la edad adulta. No obstante, no se ha establecido con claridad si estos puntos de corte se asocian con riesgos en la salud similares a los objetivados en el adulto. Ésto es difícil de determinar, ya que la población pediátrica presenta menos comorbilidades que la población adulta y, además, la obesidad infantil puede asociarse a patologías que debutarán a lo largo de la vida adulta, sin objetivarse en edades precoces del desarrollo en algunos casos (47).

A partir de la publicación por primera vez de los valores de referencia para el IMC y el IMT según la edad en niños sin bajo peso ni obesidad por parte del grupo de trabajo de Carrascosa (40), así como la publicación de puntos de corte para la valoración de IMT como marcador de sobrepeso, obesidad y riesgo metabólico por parte de Yeste y su equipo (único en la población española hasta el momento) (22), se ha abierto la posibilidad al uso del IMT como índice que aúna tanto la definición de obesidad como la diferenciación de riesgo metabólico.

El IMT ha demostrado estimar el porcentaje de grasa corporal con mayor precisión que el IMC en pacientes de 8 a 17 años, además, también es más preciso que el IMC en la clasificación de sobrepeso, siendo tan preciso como los percentiles actualizados del IMC. Sin embargo, el IMT sólo requiere un único punto de corte para cada sexo, en lugar de múltiples cálculos complicados y específicos para cada sexo y edad (23). Entre dichas dificultades, se encuentran el hecho que la existencia de múltiples puntos de corte del IMC según la edad y el sexo. Así como su expresión en forma de percentiles o desviaciones estándar, lo que dificulta la práctica clínica diaria.

En la población pediátrica menor de 8 años, los hallazgos previamente mencionados no han sido confirmados, por los que el IMT no sería aplicable en el momento actual.

En este estudio, la concordancia encontrada entre los resultados obtenidos a partir de los principales criterios para obesidad y los obtenidos a partir del uso del IMT con los puntos de corte propuestos hasta la fecha es aceptable. Dicha concordancia es mayor en ambos sexos con las clasificaciones de Cole (IOTF, 2000) que con el estudio español de crecimiento 2010, siendo en todos los casos mayor la concordancia en el sexo masculino que en el femenino.

A raíz de estos resultados, se puede considerar que los puntos de corte del IMT para sobrepeso (13,9 en hombres y 13,8 en mujeres) así como los propuestos para obesidad (15,4 en hombres y 15,2 en mujeres) tienen una correlación aceptable con los criterios utilizados para dicha clasificación.

No obstante, dados los altos valores del área bajo la curva que ha mostrado el IMT en la valoración de la obesidad de acuerdo con la clasificación de la IOTF 2000, se ha decidido valorar nuevos puntos de corte que pudiesen aumentar la correlación previamente descrita. De esta forma, utilizando el índice de Youden, se propone un valor de 13,85 en niños y de 14,26 en niñas para identificar a los pacientes con sobrepeso de 8 a 18 años. En la identificación de pacientes con obesidad, los valores propuestos son de 16,4 para varones y 16,97 para mujeres. Con esta nueva clasificación la concordancia hallada ha sido mayor que la previamente descrita, considerándose muy buena. Llama la atención que los valores para clasificar a los pacientes con sobrepeso y obesidad son mayores en mujeres que en varones, al contrario que en la clasificación propuesta por Yeste y su grupo de trabajo. Ésto puede tener diversas causas, entre ellas las características de la muestra estudiada. El estudio llevado a cabo por Yeste et al. se trata de un estudio prospectivo de 239 niños y adolescentes de edades comprendidas entre los 8 y 18 años, derivados para estudio de obesidad. De ellos, 125 eran varones con una edad media de 12,7 años y tenían un IMC medio de $31,4 \text{ kg/m}^2$, una puntuación z de IMC de 5,7 y un IMT medio de $20,4 \text{ kg/m}^3$. Por otro lado, 114 eran mujeres con una edad media de 12,3 años y tenían un IMC medio de 31,6, una puntuación z de IMC de 5,4 y un IMT medio de 20,1. El estadio puberal evaluado según los criterios de Tanner era de 45 pacientes prepúberales, 119 pacientes puberales y 75 pacientes pospuberales con talla adulta. En nuestro caso, como ya se ha indicado previamente (tabla 3), el tamaño muestral es de 1355 pacientes con una edad comprendida entre los 8 y 18 años, en los que el IMC medio es de 24,2, con una puntuación z de IMC de 1,74 para varones y de 1,61 para mujeres, ya que en nuestro

caso se han incluido además pacientes no obesos, por ser de esta forma una muestra más representativa de la población pediátrica. El IMT medio de nuestra muestra, por el mismo motivo que el expuesto previamente, es de 16,32. Por otro lado, en lo que a estadio puberal se refiere, presentamos 765 pacientes prepuberales y a 560 pacientes puberales. Esto supone una proporción más adecuada para evaluar los cambios en la composición corporal debidos al inicio del desarrollo puberal, y para identificar cómo afecta ésto a los índices estudiados (IMC e IMT principalmente). En ambos estudios, la proporción entre el sexo masculino y femenino ha sido similar, siendo la representación de ambos sexos mayor en nuestro estudio.

Respecto al índice de masa triponderal y la identificación del paciente pediátrico obeso con riesgo metabólico, la concordancia encontrada ha sido pobre o débil para ambos sexos independientemente de las clasificaciones utilizadas. Estos hallazgos no indican necesariamente que dicho índice no sea útil en la valoración del riesgo metabólico en niños de 8 a 18 años. Los valores obtenidos al aplicar una curva COR indican que el IMT podría tener poder discriminativo a la hora de valorar el riesgo metabólico de pacientes no obesos en el rango de edad anteriormente indicado. No obstante, dichos valores disminuyen al seleccionar únicamente a pacientes obesos en la población estudiada con valores del área bajo la curva que indicarían una pobre capacidad discriminativa del IMT en la identificación de pacientes con fenotipo obeso metabólicamente sano y fenotipo obeso en riesgo metabólico. Ésto se puede deber a la dificultad y discrepancia encontrada en las diferentes clasificaciones expuestas para definir riesgo metabólico. Los parámetros analíticos (tabla 2) utilizados para dicha definición son variados, y comprenden aspectos del metabolismo que difícilmente pueden ser valorados por un único índice antropométrico como es el IMT. No obstante, se abren nuevas líneas de investigación, ya que éste nuevo índice puede favorecer, junto con el uso de los parámetros previamente indicados, un consenso en la clasificación del paciente pediátrico con riesgo metabólico. Por todo ello, es necesaria la realización de más estudios en el futuro que permitan establecer la utilidad del índice de masa triponderal en la valoración del riesgo metabólico.

Las discrepancias halladas entre varones y mujeres pueden tener diversas causas. Por un lado, aunque como ya se ha descrito previamente el IMT ha demostrado ser uniforme en ambos sexos desde la edad de 8 años hasta los 18 años, se han demostrado diferencias estadísticamente significativas a los 12,14,15,16,17 y 18 años (40). Dichos hallazgos pueden ser atribuibles a las diferencias encontradas en el grupo madurador muy temprano.

De este modo, las diferencias en la distribución de grasa corporal debidos al brote puberal, así como las distintas edades de inicio del mismo en función del sexo, explicarían en parte las diferencias encontradas entre ambos性, así como las halladas entre el grupo de prepúberes y púberes (45 pacientes prepuberales, 119 pacientes puberales y 75 pacientes pospuberales con talla adulta en el estudio de D. Yeste et al. (22), 765 pacientes prepuberales y 560 puberales en nuestro estudio).

Como fortalezas de este estudio deben ser destacadas las siguientes. Es el segundo estudio en población española, con un tamaño muestral considerable, agrupando a 1.355 niños y adolescentes, con una buena proporción entre el sexo masculino y femenino (677 varones y 678 mujeres), así como en estadio puberal (56% prepúberes y 44% púberes). Gracias a ello, variables como el sexo y el estadio puberal que, como se ha expuesto previamente, pueden condicionar la aparición de obesidad en las diferentes etapas del desarrollo, son más representativas y resaltan los resultados del trabajo. Además, incluye también niños y niñas con peso normal, de lo que adolece el estudio previo realizado por Yeste et al. (22). Aunque se han sido incluidos niños y adolescentes de tres comunidades autónomas diferentes, en las tres se ha contado con un mismo diseño y metodología de estudio.

No obstante, como todo índice, cuenta con sus limitaciones. Su aplicabilidad en la valoración del riesgo metabólico en pacientes obesos no está del todo esclarecida. Por otro lado, son necesarios estudios futuros con diferentes cohortes poblacionales para definir con mayor exactitud y fiabilidad nuevos puntos de corte, que permitan un consenso y uniformidad en su utilización.

De esta forma, a raíz de los hallazgos en este estudio, se puede apreciar la utilidad y aplicabilidad del IMT en la valoración del paciente con sobrepeso y obesidad. Se trata de un índice de fácil manejo, que no presenta las limitaciones en cuanto a sexo, edad y desarrollo puberal que se encuentran en el IMC, y que estadísticamente demuestra ser incluso más preciso en la selección de pacientes con sobrepeso y obesidad. Si a eso se le añade su buena correlación con el porcentaje de grasa corporal, puede ser una herramienta muy asequible tanto en el campo de la práctica clínica en pediatría como en futuros trabajos de investigación.

7. CONCLUSIONES

1. El índice de masa triponderal es un parámetro antropométrico con buena precisión en la medida de porcentaje de grasa corporal de la población pediátrica, con valores que se mantienen uniformes en ambos sexos para edades comprendidas entre los 8 y 18 años.
2. El índice de masa triponderal ha mostrado una concordancia aceptable con los distintos criterios aceptados a nivel nacional e internacional para definir obesidad en la infancia y adolescencia.
3. Los resultados de aplicar el índice de masa triponderal en la población estudiada (Cohorte GENOBOX) para definir sobrepeso y obesidad han dado lugar a nuevos puntos de corte que muestran una concordancia superior a lo aportado hasta el momento, especialmente con los criterios de la International Obesity Task Force del año 2000, siendo mayor en mujeres que en varones.
4. Los puntos de corte del índice de masa triponderal propuestos para definir sobrepeso y obesidad en varones han sido similares a los de estudios previos; sin embargo, en el caso del sexo femenino, dicho punto de corte ha resultado ser superior a lo publicado anteriormente para población española.
5. La concordancia del índice de masa triponderal para definir sobrepeso y obesidad ha sido mayor en prepúberes que en púberes, tanto en varones como en mujeres.
6. No se ha evidenciado una buena concordancia entre el índice de masa triponderal y la identificación de riesgo metabólico, independientemente de la clasificación utilizada.
7. En la población no obesa, el índice de masa triponderal ha evidenciado capacidad discriminativa para identificar riesgo metabólico; sin embargo, dicha concordancia se pierde al seleccionar tan sólo a los pacientes obesos.

8. BIBLIOGRAFÍA

1. Salud. SN de. Grupo de trabajo de la Guía de Práctica Clínica sobre la Prevención y el Tratamiento de la Obesidad Infantojuvenil. Centro Cochrane Iberoamericano, coordinador. Guía de Práctica Clínica sobre la Prevención y el Tratamiento de la Obesidad Infantojuvenil. 2009.
2. Rolland-Cachera MF. Childhood obesity: Current definitions and recommendations for their use. *Int J Pediatr Obes.* 2011;6(5–6):325–31.
3. Organización Mundial de la salud. Obesidad y obrepeso. Ginebra: OMS; 2012 [Nota descriptiva; 311] [citado 10 marzo 2014].
4. Greydanus DE, Agana M, Kamboj MK, Shebrain S, Soares N, Eke R, et al. Pediatric obesity: Current concepts. *Disease-a-Month.* 2018;64(4):98–156.
5. Cole TJ. Weight/height^p compared to weight/height² for assessing adiposity in childhood: Influence of age and bone age on p during puberty. *Ann Hum Biol.* 1986;13(5):433–51.
6. De Onis M. WHO Child Growth Standards based on length/height, weight and age. *Acta Paediatr Int J Paediatr.* 2006;95(Suppl. 450):76–85.
7. Cole TJ, Bellizzi MC, Flegal KM, Dietz WH. and Obesity Worldwide : International Survey. *Bmj* [Internet]. 2000;320(table 1):1–6. Available from: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC27365/>
8. Hernández M, Castellet J, Narvaiza J, Rincón J, Ruiz I, Sánchez E, et al. Curvas y tablas de crecimiento (0-18 años). Instituto de Investigación sobre crecimiento y desarrollo. 1988. p. 1–32.
9. Carrascosa Lezcano A, Fernández García JM, Fernández Ramos C, Ferrández Longás A, López-Siguero JP, Sánchez González E, et al. Estudio transversal español de crecimiento 2008. Parte II: Valores de talla, peso e índice de masa corporal desde el nacimiento a la talla adulta. *An Pediatr.* 2008;68(6):552–69.
10. Carrascosa A, Fernández JM, Ferrández Á, López-Siguero JP, López D, Sánchez E, et al. Estudios Españoles de Crecimiento. *An Pediatría.* 2010;68:552–69.
11. Blüher S, Schwarz P. Metabolically healthy obesity from childhood to adulthood -

- Does weight status alone matter? Metabolism [Internet]. 2014;63(9):1084–92. Available from: <http://dx.doi.org/10.1016/j.metabol.2014.06.009>
12. Rupérez AI, Olza J, Gil-Campos M, Leis R, Bueno G, Aguilera CM, et al. Cardiovascular risk biomarkers and metabolically unhealthy status in prepubertal children: Comparison of definitions. Nutr Metab Cardiovasc Dis [Internet]. 2018;28(5):524–30. Available from: <https://doi.org/10.1016/j.numecd.2018.02.006>
 13. Goossens GH. The Metabolic Phenotype in Obesity: Fat Mass, Body Fat Distribution, and Adipose Tissue Function. Obes Facts. 2017;10(3):207–15.
 14. Skinner AC, Ravanbakht SN, Skelton JA, Perrin EM, Armstrong SC. Prevalence of obesity and severe obesity in US children, 1999–2016. Pediatrics. 2018;141(3).
 15. Indicators O. Health at a Glance 2013 (Summary in Korean). Health at a Glance 2013. 2013.
 16. Pizarro JV, Salud ENDE. Prevalence of childhood obesity in Spain: National Health Survey 2006-2007 Prevalencia de obesidad infantil en España: Encuesta Nacional de Salud 2006-2007. Nutr Hosp. 2012;27(1):154–60.
 17. Gil JM, Takourabt S. Socio-economics, food habits and the prevalence of childhood obesity in Spain. Child Care Health Dev. 2017;43(2):250–8.
 18. AESAN. ALADINO 2019. ESTRATEGIA NAOS. 2020;17. Disponible en: https://www.aesan.gob.es/AECOSAN/web/nutricion/detalle/aladino_2019.htm
 19. Aladino E, Infantil D. Estudio de Prevalencia de Obesidad Infantil. Agencia Española Consum Segur Aliment y Nutr. 2011;XIII:493–5.
 20. Ortega Anta R, López - Sobaler A, Aparicio Vizuete A. Estudio de vigilancia del crecimiento, alimentación, actividad física, desarrollo infantil y obesidad en España, 2013. Agencia Española Consum Segur Aliment y Nutr. Madrid, 2014.
 21. Pérez A, Santamaría E. Estudio de vigilancia del crecimiento, alimentación, actividad física, desarrollo infantil y obesidad en España, 2015. Agencia Española Consum Segur Aliment y Nutr. Madrid, 2016.
 22. Yeste D, Clemente M, Campos A, Fábregas A, Mogas E, Soler L, et al. Precisión diagnóstica del índice de masa triponderal (kg/m^3) para identificar el fenotipo de

- riesgo metabólico en pacientes obesos. *An Pediatr*. 2021;94(2):68–74.
23. Peterson CM, Su H, Thomas DM, Heo M, Golnabi AH, Pietrobelli A, et al. Tri-ponderal mass index vs body mass index in estimating body fat during adolescence. *JAMA Pediatr*. 2017;171(7):629–36.
 24. 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* [Internet]. 2017;109(3):203–10. Available from: <http://dx.doi.org/10.1016/j.jnma.2017.02.008>
 25. Flegal KM, Ogden CL, Yanovski JA, Freedman DS, Shepherd JA, Graubard BI, et al. High adiposity and high body mass index-for-age in US children and adolescents overall and by race-ethnic group. *Am J Clin Nutr*. 2010;91(4):1020–6.
 26. Ogden CL, Li Y, Freedman DS, Borrud LG, Flegal KM. Smoothed percentage body fat percentiles for U.S. children and adolescents, 1999–2004. *Natl Health Stat Report*. 2011;(43):1999–2004.
 27. Moreno Aznar LA, Fleta Zaragozano J, Mur De Frenne L, Feja Solana C, Rodríguez Martínez G, Sarría Chueca A, et al. Distribucion de la grasa en ninos y adolescentes de ambos sexos. *An Esp Pediatr*. 1998;49(2):135–9.
 28. Seidell JC. Epidemiology - Definition and Classification of Obesity. *Clin Obes Adults Child*. 2007;23(2):1–11.
 29. Deurenberg P, Weststrate J, Seidell JC. Body mass index as a measure of body fatness: age- and sex-specific prediction formulas. *Br J Nutr*. 1991;65:105–14.
 30. Marrodán Serrano MD, Mesa Santurino MS, Alba Díaz JA, Ambrosio Soblechero B, Barrio Caballero PA, Drak Hernández L, et al. Diagnosis de la obesidad: Actualización de criterios y su validez clínica y poblacional. *An Pediatr*. 2006;65(1):5–14.
 31. Chinn S, Rona RJ. International definitions of overweight and obesity for children: A lasting solution? *Ann Hum Biol*. 2002;29(3):306–13.
 32. Ferrández A, Carrascosa A, Sánchez. Estudio Longitudinal Español de Crecimiento 1978/2000 (2010). Ed Hercu, Barcelona ISBN 978-84-613-5384-2.

33. Damanhoury S, Newton AS, Rashid M, Hartling L, Byrne JLS, Ball GDC. Defining metabolically healthy obesity in children: a scoping review. *Obes Rev*. 2018;19(11):1476–91.
34. Li L, Yin J, Cheng H, Wang Y, Gao S, Li M, et al. Identification of genetic and environmental factors predicting metabolically healthy obesity in children: Data from the BCAMS study. *J Clin Endocrinol Metab*. 2016;101(4):1816–25.
35. Reinehr T, Wolters B, Knop C, Lass N, Holl RW. Strong effect of pubertal status on metabolic health in obese children: A longitudinal study. *J Clin Endocrinol Metab*. 2015;100(1):301–8.
36. Zimmet P, Alberti GKMM, Kaufman F, Tajima N, Silink M, Arslanian S, et al. The metabolic syndrome in children and adolescents - An IDF consensus report. *Pediatr Diabetes*. 2007;8(5):299–306.
37. Prince RL, Kuk JL, Ambler KA, Dhaliwal J, Ball GDC. Predictors of metabolically healthy obesity in children. *Diabetes Care*. 2014;37(5):1462–8.
38. Olza J, Gil-Campos M, Leis R, Bueno G, Aguilera CM, Valle M, et al. Presence of the metabolic syndrome in obese children at prepubertal age. *Ann Nutr Metab*. 2011;58(4):343–50.
39. 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* [Internet]. 2019;60:41–7. Available from: <https://doi.org/10.1016/j.nut.2018.09.007>
40. Carrascosa A, Yeste D, Moreno-Galdó A, Gussinyé M, Ferrández Á, 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 Pediatría*. 2018;89(3):137–43.
41. Marshall WA, Tanner JM. Variations in pattern of pubertal changes in girls. *Arch Dis Child*. 1969;44(235):291–303.
42. Roccella EJ. Update on the 1987 task force report on high blood pressure in children and adolescents: A working group report from the national high blood pressure education program. *Pediatrics*. 1996;98(4 PART 1):649–58.

43. Matthews DR, Hosker JP, Rudenski AS, Naylor BA, Treacher DF, Turner RC. Homeostasis model assessment: insulin resistance and β -cell function from fasting plasma glucose and insulin concentrations in man. *Diabetologia*. 1985;28(7):412–9.
44. Cole TJ, Lobstein T. Extended international (IOTF) body mass index cut-offs for thinness, overweight and obesity. *Pediatr Obes*. 2012;7(4):284–94.
45. Altman DG. Practical Statistics for Medical Research. Practical Statistics for Medical Research. 1990.
46. Cerdá J, Cifuentes L. Using ROC curves in clinical investigation. Theoretical and practical issues. *Rev Chil infectología*. 2012;29(2):138–41.
47. Kaufer-Horwitz M, Toussaint G. Indicadores antropométricos para evaluar sobrepeso y obesidad en pediatría. *Bol méd Hosp Infant Méx*. 2008;65(6):502–18.