



Facultad de
Ciencias de la Salud
y del Deporte - Huesca
Universidad Zaragoza

Grado de Nutrición Humana y Dietética

Trabajo Fin de Grado

Composición corporal en adolescentes con bajo
índice de masa corporal

Body composition in adolescents with low body
mass index

Autor

Joaquín Galvez Villar

Director/es

Dr. Luis A. Moreno Aznar (Dpto. Fisiatría y Enfermería)

Dña. Diana Paola Córdoba Rodríguez (Dpto. Fisiatría y Enfermería)

Facultad de Ciencias de la Salud y del Deporte
Junio 2020

RESUMEN

INTRODUCCIÓN: A pesar de la importancia que ha ido adquiriendo en los últimos años el estudio de la obesidad y el sobrepeso en población infantil y adolescente, es necesario seguir prestando atención a los datos de bajo peso, debido a que también se trata de un problema real de salud pública. Para ello, es necesario valorar, no solo el estado de peso de manera ajustada a las características propias de la adolescencia, sino también su composición corporal, con el objetivo de determinar que compartimentos se encuentran más comprometidos y cuáles pueden ser las consecuencias a corto y a largo plazo en la salud de los adolescentes.

MATERIAL Y MÉTODOS: Se seleccionaron 262 adolescentes de 12,5 a 17,5 años de ambos sexos pertenecientes a la ciudad de Zaragoza (España), que fueron parte del estudio transversal multicéntrico Healthy Lifestyle by Nutrition in Adolescence (HELENA). A todos ellos se les valoraron los diferentes compartimentos corporales (Masa grasa (MG), Masa libre de grasa (MLG) y Masa ósea (MO)) a partir del análisis de cuatro métodos de valoración de la composición corporal utilizados en el estudio (Antropometría, Impedancia bioeléctrica (BIA), Absorciometría dual de rayos X (DXA) y Pletismografía por desplazamiento de aire (PDA)). También fueron clasificados en dos estados de peso corporal (bajo peso y peso óptimo) utilizando valores específicos de Z-score por país / edad / género.

RESULTADOS: De acuerdo a la clasificación del peso, los adolescentes de bajo peso muestran una menor MG (kg), MLG (kg) y CMO (kg) que los adolescentes de peso óptimo, siendo mayor la diferencia en la MG (kg), que en los demás parámetros. En relación a las diferencias por género, los niños presentaron una menor MG (kg) y una mayor MLG (kg) y CMO (kg) que las niñas. Conforme a la madurez sexual, independientemente de la clasificación de peso y del género, hay un aumento en la MG (kg), la MLG (kg) y el CMO (kg).

CONCLUSIONES: En los adolescentes, a pesar de que la distribución de la composición corporal es parecida entre distintos estados de peso, en los de bajo peso los valores absolutos de cada compartimento corporal (MG, MLG y MO), se encuentran disminuidos en comparación con los adolescentes de peso óptimo, siendo la MG la que refleja un mayor decrecimiento. Es importante tener estos datos en cuenta de cara a estrategias de salud pública, con el objetivo de evitar posibles riesgos y complicaciones en la salud de los adolescentes.

ÍNDICE

1. LISTADO DE ABREVIATURAS	4
2. INTRODUCCIÓN	5
3. MATERIAL Y MÉTODOS.....	9
4. ANÁLISIS ESTADÍSTICO.....	12
5. RESULTADOS.....	13
6. DISCUSIÓN	18
7. CONCLUSIONES	21
8. BIBLIOGRAFIA	22

1. LISTADO DE ABREVIATURAS

HELENA: Healthy Lifestyle by Nutrition in Adolescence

MG: Masa de grasa

MLG: Masa libre de grasa

MO: Masa ósea

BIA: Impedancia bioeléctrica

DXA: Absorciometría dual de rayos X

PDA: Pletismografía por desplazamiento de aire

IMC: Índice de masa corporal

OMS: Organización Mundial para la Salud

TCA: Trastornos de la conducta alimentaria

ICA: Índice cintura-altura

DMO: Densidad mineral ósea total

CMO: Contenido mineral óseo

IMMA: Índice de masa muscular apendicular

IMLG: índice de masa libre de grasa

IMG: índice de masa grasa

2. INTRODUCCIÓN

A nivel mundial, la prevalencia de obesidad infantil aumentó del 0,9% al 7,8% en niños y del 0,7% al 5,6% en niñas, entre los años 1975 y 2016(1). De igual manera, a nivel europeo, se ha observado una tendencia ascendente, con una alta prevalencia en las tasas de sobrepeso y obesidad, especialmente en países de la región mediterránea; por ejemplo, en el año 2016 en niños de 7 años de Grecia, Italia y España, la prevalencia fue del 42%, mientras que en niñas de la misma edad de Grecia e Italia fue del 38%, y en España del 41%(2).

La principal preocupación sobre estas tendencias es su impacto potencial en la salud física, no solo en la infancia, sino también en años posteriores(3). Para la mayoría de los niños y adolescentes, las complicaciones del sobrepeso no se hacen evidentes de manera inmediata, pero se debe tener en cuenta que jóvenes con sobrepeso grave pueden sufrir a futuro diversas patologías, como hipercolesterolemia, diabetes, cálculos biliares, hepatitis, apnea del sueño e hipertensión(4–7), ya que los cambios metabólicos y fisiológicos asociados con el sobrepeso tienden a seguir hasta la edad adulta(3).

A causa de este problema de salud pública, el sobrepeso y la obesidad han sido objeto de una investigación continua por parte de la comunidad científica. Sin embargo, la considerable cantidad de datos epidemiológicos sobre obesidad en niños y adolescentes contrasta con la escasez de datos sobre la prevalencia de delgadez o bajo peso en los adolescentes a nivel europeo(8).

A nivel mundial, más del 10% de los niños y adolescentes de entre 5 a 19 años tienen para su edad, un índice de masa corporal (IMC) dos desviaciones estándar inferiores a la media de la población de referencia de la Organización Mundial para la Salud (OMS), existiendo notables diferencias en la prevalencia de la delgadez en distintas regiones del mundo. En la India, más de una cuarta parte de los niños son demasiado delgados y en países como Afganistán, Bután o Sri Lanka, la prevalencia está por encima del 15%, debido a la escasez de recursos de la población(9).

Por el contrario, los orígenes de la delgadez en países industrializados son otros, ya que, en la mayoría de estos países, los adolescentes están siendo presionados para perseguir un ideal de belleza irreal de delgadez(10). Este hecho puede conducir a prácticas de riesgo en el control de peso incluidos trastornos de la conducta alimentaria (TCA), los cuales constituyen al día de hoy un grave problema de salud pública por su creciente incidencia, gravedad de la sintomatología, resistencia al tratamiento y porque se presenta en edades cada vez más tempranas, persistiendo hasta la edad adulta en muchas ocasiones(11).

La delgadez se asocia con deficiencias nutricionales, irregularidades menstruales y TCA(12), y algunos estudios han demostrado que podría ser más frecuente que la obesidad(13,14).

En una muestra de adolescentes portugueses, se observó que la prevalencia de delgadez aumentaba con la edad y se volvía más frecuente que la obesidad después de los 14 años en niñas y de los 16 en niños(8). Sin embargo, las comparaciones entre países son complejas, debido a los diferentes puntos de corte utilizados para definir el bajo peso/delgadez (15,16).

En cuanto a las consecuencias de la delgadez y el bajo peso, siguen sin estar claras, habiendo evidencia que sugiere que la delgadez se asocia con un mayor riesgo de mortalidad(17) y osteoporosis(18), entre otras patologías. Respecto a la composición corporal, se ha comprobado que se encuentra significativamente alterada en los individuos con bajo peso(19).

Una gran cantidad de estudios observacionales han indicado que la nutrición y el crecimiento comprometidos durante la juventud están relacionados con una menor MLG y un mayor riesgo de síndrome metabólico en la edad adulta(20–22). Diversas investigaciones en países desarrollados han señalado asociaciones importantes de insatisfacción corporal entre adolescentes de ambos sexos, siendo mayor la prevalencia en el sexo femenino(23). Esta insatisfacción corporal, se asocia de manera directa con el IMC(24) y con la presencia de TCA(25).

En la actualidad, para evaluar el estado nutricional, los parámetros antropométricos más empleados en la práctica clínica son el peso y la talla, a partir de los cuales hallamos el IMC. Esta medida se obtiene dividiendo el peso (kg) por la altura al cuadrado (m^2), y es considerado en estudios poblacionales como un indicador adecuado del estado nutricional; sin embargo, en la infancia y en la adolescencia se reconoce que el IMC es un indicador que presenta múltiples limitaciones a la hora de valorar la composición corporal(26).

Una primera razón es porque la relación peso-altura en niños y adolescentes depende de la edad y desarrollo puberal, lo cual debe tenerse en cuenta(27). Por otra parte, el IMC no es un indicador de diagnóstico de los cambios en la MG, la MLG y/o la MO, que son marcadores muy importantes de la gravedad de la desnutrición y afectan al resultado de la enfermedad(28).

A pesar de que, a nivel epidemiológico, los puntos de corte internacionales de IMC propuestos por Cole et al(29), son ampliamente utilizados para evaluar la prevalencia de delgadez en niños y adolescentes, ya que corrige los sesgos por edad, encontramos problemas para cuantificar con mayor exactitud las características del bajo peso en esta población, por lo que sería idóneo utilizar herramientas que nos permitan valorar los diferentes compartimentos corporales (MG, MLG y MO). Para ello, existen en la actualidad diversos métodos de evaluación de la composición corporal, algunos de los más utilizados en investigación son los siguientes:

-Antropometría. Esta técnica mide diferentes dimensiones del cuerpo: longitud, peso, perímetros corporales y grosor del pliegue cutáneo. El grosor del pliegue cutáneo ha sido durante muchos años un predictor aceptado de la densidad corporal y la grasa corporal total(30). Es un método no invasivo, que ayuda a evaluar el estado nutricional y a proporcionar información sobre las reservas de grasa y músculo del cuerpo. Debido a que es un método económico, se utiliza frecuentemente en situaciones clínicas y grandes estudios epidemiológicos(31).

- Impedancia bioeléctrica (BIA). Esta técnica mide la impedancia u oposición al flujo de una corriente eléctrica a través de los líquidos corporales contenidos fundamentalmente en los tejidos magro y graso(32). Es un método comúnmente utilizado para las evaluaciones en la práctica clínica y los estudios de investigación. Los desarrollos recientes en las tecnologías BIA involucran sistemas que incorporan múltiples frecuencias (MF-BIA) y múltiples segmentos corporales. Es una tecnología rápida, fácil de usar y que mide el agua corporal total (los sistemas de múltiples frecuencias miden el agua intracelular y extracelular de forma independiente). Sin embargo, la MLG se estima necesariamente suponiendo una hidratación constante del 73%, lo que puede suponer una limitación(33).

- Absorciometría dual de rayos X (DXA). Este método tiene una alta precisión, con un margen de error del 2-6% para la composición corporal(34) y con los mejores datos de reproducibilidad entre los métodos de análisis de compartimentos(35). Frente a otros métodos más sencillos, cuantifica la MG y MLG de forma muy precisa al tener en cuenta la variabilidad de los distintos componentes, más allá de asumir una densidad constante de la MLG(36). Además, aporta medidas de la composición corporal total y regional. Su uso es cada vez más frecuente, muchos clínicos la emplean como herramienta habitual, y para diversos autores es la técnica de referencia para la valoración de la MLG. Por el contrario, su coste, y la necesidad de equipos sofisticados y personal cualificado limitan su uso en la práctica clínica(35).

- Pletismografía por desplazamiento de aire (PDA). Esta técnica mide el volumen composición corporal a través del desplazamiento de aire dentro de una cámara sellada. Es una técnica no invasiva, rápida y en contraste con la DXA, no requiere una amplia capacitación de técnicos(33).

Pese al panorama de delgadez a nivel mundial y sus implicaciones en salud pública, en la actualidad son pocos los estudios que han analizado cambios en los compartimentos corporales en adolescentes de bajo peso.

Se ha observado que los pacientes con TCA, altamente relacionados con la delgadez clínica, se caracterizan por una pérdida de MG(37). Por el contrario, la literatura sobre la pérdida de la MLG y el grado en el que se produce, es del todo inconsistente(37). Esto plantea una incógnita acerca de las características de la distribución de la composición corporal en estos adolescentes, pudiendo existir varios escenarios posibles como son un déficit variable de MG, de MLG o de ambas, siendo importante

conocer dichos valores. ya que son determinantes del estado de salud de un individuo por sus implicaciones en la aparición de patologías(38).

El presente trabajo pretende analizar la MG, MLG y MO medidos mediante antropometría, BIA, DXA y PDA en adolescentes con bajo peso y peso óptimo que formaron parte del estudio HELENA (Healthy Lifestyle by Nutrition in Adolescence) e identificar sus diferencias.

3. MATERIAL Y MÉTODOS

Muestra de estudio

La muestra total del presente estudio (n=382) comprende adolescentes de ambos sexos pertenecientes a la ciudad de Zaragoza (España), que fueron parte del estudio transversal multicéntrico HELENA (the HELENA study, <http://www.helenastudy.com>). Los adolescentes se encontraban en un rango de edad de 12,5 a 17,5 años, los cuales fueron reclutados a través de sus escuelas durante el período comprendido entre septiembre de 2006 a diciembre de 2007.

El estudio HELENA fue diseñado para obtener datos confiables y comparables sobre una amplia batería de parámetros relevantes de nutrición y salud, ingesta dietética, elección y preferencias de alimentos, factores socioeconómicos, antropometría, escala de maduración Tanner, composición corporal, indicadores séricos del metabolismo de los lípidos, metabolismo de la glucosa, estatus de vitaminas y minerales, parámetros inmunológicos, actividad física, condición física y factores genéticos(39). Este estudio, se realizó siguiendo las pautas éticas de la Declaración de Helsinki de 1961 (revisión de Edimburgo 2000) y con un protocolo aprobado por el comité de ética(40). Se obtuvo el consentimiento informado por escrito de los adolescentes y de sus respectivos padres.

Para los propósitos del presente trabajo, la muestra seleccionada de 382 adolescentes fue clasificada con base a los puntos de corte del IMC "óptimo", "bajo" y "muy bajo", utilizando valores específicos de Z-score por país / edad / género. Para la clasificación de "óptimo" se definieron en valores de $-0.675 \leq Z\text{-score} \leq +0.675$ (correspondientes a percentiles del 25-75%); para la de "bajo", valores de $-1.280 < Z\text{-score} < -0.675$ (percentiles del 10- 25%); y para la de "muy bajo" $Z\text{-score} \leq -1.280$ (percentiles de $\leq 10\%$) Los puntos de corte del IMC "bajo y "muy bajo" se aunaron en una única variable de peso bajo, quedando finalmente dos categorías en la que clasificaron a los adolescentes: "Bajo peso" y "Peso óptimo". Los adolescentes con sobrepeso y obesidad fueron excluidos del análisis actual, para una muestra final de 262 sujetos.

Antropometría

Los métodos antropométricos seguidos en el estudio HELENA han sido descritos por Nagy y colaboradores(41). Las mediciones antropométricas fueron tomadas a los adolescentes descalzos y en ropa interior por investigadores entrenados. La altura se midió al 0.1 cm más cercano con un tallímetro telescópico (Tipo SECA 225) y el peso corporal se midió en kg usando una báscula estándar SECA 861 (precisión 100 g, rango 0-150 kg). El IMC se calculó como el peso (kg) dividido por la altura al cuadrado (m²). El grosor del pliegue cutáneo se midió al 0.2 mm más cercano con un plicómetro profesional analógico Holtain (Crymych, Reino Unido). Dichas mediciones fueron tomadas tres veces en el lado

izquierdo, en bíceps, tríceps, subescapular, suprailíaco, muslo y pantorrilla. El mismo investigador capacitado por el centro de estudio realizó todas las mediciones. Los errores técnicos de medición intraobservador fueron menores de 1 mm y la confiabilidad mayor del 95%(41). El porcentaje de grasa corporal (% MG) se estimó a partir de las mediciones de los pliegues cutáneos, de acuerdo con las ecuaciones descritas por Slaughter(42). La MLG (kg) se calculó como la diferencia entre la MG (kg) y el peso corporal.

También se estableció el índice cintura-altura (ICA) que se estima al dividir la cintura por la altura en centímetros (cm). El mismo investigador capacitado realizó todas las mediciones y la confiabilidad fue superior al 95%(41).

DXA

La densidad mineral ósea total (DMO, g / cm²), el área ósea (cm²), la MG (kg) y la MLG (kg) se midieron utilizando una versión pediátrica del software QDR-Explorer (Hologic, versión de software 12.4, Bedford, MA). El QDR-Explorer utiliza un procedimiento de escaneo de fan beam, que proporciona alta resolución y precisión con un tiempo de escáner corto (7 minutos para el escáner de todo el cuerpo). El contenido mineral óseo (CMO, Kg) se calculó utilizando la fórmula $CMO = DMO \times \text{área ósea}$ y el índice de masa muscular apendicular (IMMA, kg/m²), se calculó mediante la suma de la masa muscular de piernas y brazos (kg) dividida por la altura en metros al cuadrado(43). El análisis de la MG (kg) y la MLG (kg) se realizó utilizando el modo de investigación extendida de acuerdo con el manual del fabricante(44). El equipo DXA se calibró utilizando fantomas escalonados según lo recomendado por el fabricante. Para la medición de todo el cuerpo, los sujetos fueron escaneado con la menor cantidad de ropa posible, sin objetos metálicos, en posición supina y en alta resolución(45).

BIA

El análisis de impedancia bioeléctrica (BIA 101, Akern SRL) se realizó con la técnica clásica tetrapolar con corriente sinusoidal a 50 KHz de frecuencia. El valor de la corriente se mantuvo constante en 800 microamperios sobre cargas de 1 a 4000 ohms. Los valores de impedancia se evaluaron entre las prominencias óseas de la muñeca derecha y el tobillo derecho (ipsilateral). En la prueba, se midió a los adolescentes acostados en decúbito supino sobre una superficie no conductora, durante al menos cinco minutos para permitir una distribución uniforme de todos los fluidos corporales. La prueba se realizó con los pies descalzos. Se retiraron de los sujetos calcetines, zapatos y cualquier joya de metal antes de la medición(46).

A partir de esta técnica se obtuvo la estimación del agua corporal total (ACT, en L)(47), de la MG (en kg y en % MG) , de la MLG (en kg).

Pletismografía por desplazamiento de aire

Por medio del BodPod se midió el volumen corporal utilizando procedimientos estandarizados. Los sujetos usaron ropa según la recomendación del fabricante (un traje de baño y un gorro de baño) para descartar el aire atrapado en la ropa y el cabello y el BodPod fue calibrado diariamente de acuerdo con las recomendaciones. Los adolescentes fueron pesados en la báscula digital calibrada y luego entraron en la cámara BodPod. El volumen corporal fue medido dos veces para garantizar la fiabilidad de la medición. Si las dos primeras lecturas para el volumen corporal diferían en más de 150 ml, se tomaba una tercera medida. Si se necesitaban lecturas adicionales, el BodPod se recalibraba y las mediciones se repitan. El porcentaje de grasa corporal total se calculó utilizando la ecuación propuesta por Siri(48). La MLG (kg) se calculó como la diferencia entre la MG (kg) y el peso corporal.

Los índices de composición corporal (IMG y IMLG) se calcularon para todos los métodos de evaluación de la composición corporal (antropometría, DXA y PDA) de la siguiente manera,: índice de masa libre de grasa (IMLG kg/m^2) $\text{MLG (kg) dividido la altura en m}^2$. e índice de masa grasa IMG (kg/m^2) $\text{MG (kg) dividido altura en m}^2$) (46,47)

Estadio puberal

El estadio puberal fue evaluado por médicos experimentados mediante observación directa, clasificando a los adolescentes en cinco estadios según Tanner(49).

4. ANÁLISIS ESTADÍSTICO

Para el análisis de los datos, los adolescentes fueron estratificados por sexo y separados de acuerdo con su estado de peso corporal (IMC "óptimo" e IMC "bajo"). El grupo de IMC bajo incluye los adolescentes de bajo y muy bajo peso, según los puntos de corte, tal y como se detalló en el apartado de materiales y métodos.

Las variables cuantitativas se presentaron como media y desviación estándar. La variable de "Estadios Tanner" fue categorizada en los niveles II, III, IV, V, excluyendo el nivel I de la escala, ya que no se representado ningún sujeto con esta categoría dentro de la muestra. Los resultados para esta variable fueron presentados como porcentajes de la muestra

Para evaluar la distribución normal de las variables, se utilizó la prueba no paramétrica de Kolmogórov-Smirnov. Como resultado de este test, se identificó normalidad en las siguientes variables: "Altura", "Peso", "IMC", "Masa libre de grasa (Kg)(PDA)", "Masa libre de grasa (Kg)(BIA)", "CMO" e "IMG (PDA)", por lo que para el resto de variables se rechazó la hipótesis de distribución normal.

El análisis comparativo de grupos se realizó mediante la prueba paramétrica T-student para las variables con distribución normal y cuantitativas, y la prueba de chi-cuadrado para la variable de "Estadios Tanner", por su naturaleza categórica. Para las variables que no cumplen una distribución normal, se realizó la prueba no paramétrica de la U de Mann-Whitney.

Se estableció un nivel de significación $p < 0.05$. El análisis de los datos fue realizado mediante la versión 25.0 del programa estadístico Statistical Package for the Social Sciences (SPSS).

5. RESULTADOS

De un total de 262 adolescentes, 55 (29 niños y 26 niñas) fueron clasificados con bajo y muy bajo peso y 207 con peso óptimo (88 niños y 119 niñas).

La tabla 1 muestra las diferencias en la composición corporal de acuerdo a la clasificación del peso, donde se puede observar cómo los adolescentes de bajo peso, presentan una mayor altura, un menor peso corporal y un menor IMC que los adolescentes de peso óptimo.

Respecto a los parámetros compartimentos corporales, los adolescentes de bajo peso muestran una menor MG (kg), CMO (kg), IMG (kg/m²) e IMLG (kg/m²) que los adolescentes de peso óptimo. En cuanto a la MLG (kg) en valores absolutos, no se encontraron diferencias significativas entre grupos, según antropometría y BIA. Sin embargo, cuando la MLG (kg) se presenta como índice (IMLG (kg/m²)), las diferencias sí son significativas en las cuatro técnicas utilizadas en el presente trabajo (BIA, antropometría, DXA, PDA).

Las gráficas 1, 2 y 3, muestran que, estadios Tanner más avanzados, independientemente del estado de peso, reportan valores más altos de MG (kg), MLG (kg) y CMO (kg), con excepción de la MG (kg) en bajo peso, donde hay una fluctuación de valores por estadios, a pesar de la tendencia ascendente

La tabla 2 muestra las diferencias en la composición corporal en relación al género, donde los niños presentan una mayor altura y peso e IMC que las niñas. Respecto a los parámetros de compartimentos corporales, podemos comprobar que los niños tienen una menor MG (kg) y una mayor MLG (kg) y CMO (kg) que las niñas; por consecuencia, también tienen un menor IMG (kg/m²), un mayor IMLG (kg/m²), y un mayor IMMA (kg/m²).

En las gráficas 4, 5 y 6 comprobamos como estadios Tanner más avanzados, independientemente del género, muestran valores más altos de MG (kg), MLG (kg) y CMO (kg), con excepción de la MG (kg) en niños; donde también hay una fluctuación de valores por estadios, con una tendencia ascendente.

Por otra parte, observamos que existen diferencias significativas respecto a la maduración sexual. Los adolescentes de peso óptimo tienen frecuencias mayores de estadios Tanner avanzados que los adolescentes de bajo peso y en cuanto al género, las niñas presentan frecuencias mayores de estadios avanzados que los niños.

Por último, respecto a los métodos de valoración de la composición corporal, solo se encontraron diferencias en las mediciones de MLG, donde BIA y antropometría no mostraron diferencias significativas entre grupos por estado de peso (peso óptimo y bajo peso), mientras que la DXA y la PDA, sí que reportaron diferencias significativas.

Tabla 1. Diferencias en la composición corporal por clasificación del peso

	Bajo peso N=55	Peso óptimo N=207	Total N=262	
	Media (\pm DE)	Media (\pm DE)	Media (\pm DE)	P valor
Edad	14,99 \pm 1,24	14,91 \pm 1,18	14,92 \pm 1,19	0,665
Altura (cm)	166,8 \pm 10,1	163,89 \pm 9,3	164,5 \pm 9,5	0,042
Peso (kg)	48,37 \pm 7,43	54,28 \pm 7,74	53 \pm 8	0,000
IMC (kg/m ²)	17,26 \pm 0,95	20,11 \pm 1,35	19,52 \pm 1,73	0,000
ICA	0,40 \pm 0,02	0,43 \pm 0,03	0,42 \pm 0,03	0,000
Estadio Tanner (% II/III/IV/V)	(3/17/15/65)	(1/6/13/80)	(2/8/13/77)	0,045
Antropometría				
Σ (pliegues tríceps y subescapular) (mm)	18 \pm 5	26 \pm 9	24 \pm 9	0,000
Porcentaje graso (%) *	15,37 \pm 5,23	21,37 \pm 7,22	20,09 \pm 7,27	0,000
MG (kg)*	7,36 \pm 2,49	11,54 \pm 4,24	10,65 \pm 4,29	0,000
MLG (kg)*	41,01 \pm 7,38	42,55 \pm 7,5	42,23 \pm 7,48	0,153
IMG (kg/m ²)	2,66 \pm 0,95	4,34 \pm 1,62	3,98 \pm 1,65	0,000
IMLG (kg/m ²)	14,6 \pm 1,08	15,76 \pm 1,38	15,51 \pm 1,4	0,000
DXA				
Porcentaje graso (%)	20,38 \pm 5,12	24,15 \pm 6,91	23,35 \pm 6,74	0,000
MG (kg)	9,48 \pm 2,17	12,92 \pm 3,96	12,19 \pm 3,91	0,000
MLG (kg)	37,89 \pm 7,44	41,04 \pm 7,91	40,37 \pm 7,9	0,012
CMO (kg)	1,76 \pm 0,4	1,98 \pm 0,38	1,93 \pm 0,39	0,001
IMMA (kg/m ²)	5,65 \pm 0,66	6,31 \pm 0,91	6,17 \pm 0,9	0,000
IMG (kg/m ²)	3,45 \pm 0,88	4,85 \pm 1,55	4,55 \pm 1,54	0,000
IMLG (kg/m ²)	13,5 \pm 1,22	15,10 \pm 1,55	14,76 \pm 1,62	0,000
PDA				
Porcentaje graso (%)	19,32 \pm 5,66	22,28 \pm 7,38	21,64 \pm 7,14	0,006
MG (kg)	9,13 \pm 2,55	12,02 \pm 4,26	11,39 \pm 4,12	0,000
MLG (kg)	38,93 \pm 7,5	42,27 \pm 7,87	41,54 \pm 7,9	0,005
IMG (kg/m ²)	3,33 \pm 1,01	4,52 \pm 1,63	4,26 \pm 1,59	0,000
IMLG (kg/m ²)	13,90 \pm 1,28	15,6 \pm 1,49	15,23 \pm 1,61	0,000
BIA				
MG (kg)	5,89 \pm 3,16	10,26 \pm 4,13	9,34 \pm 4,33	0,000
MLG (kg)	42,48 \pm 7,06	44,07 \pm 7,5	43,74 \pm 7,42	0,182
IMG (kg/m ²)	2,11 \pm 1,12	3,85 \pm 1,57	3,48 \pm 1,65	0,000
IMLG (kg/m ²)	15,15 \pm 1,05	16,27 \pm 1,27	16,04 \pm 1,31	0,000

IMC: Índice de masa corporal; ICA: Índice cintura-altura; MG: Masa de grasa; MLG: Masa libre de grasa; IMG: índice de masa grasa; IMLG: índice de masa libre de grasa; CMO: Contenido mineral óseo.

*Calculado a partir de la fórmula de Slaughter (43).

Las variables se expresan como media \pm desviación estándar excepto a la variable “Estadio Tanner”, que, al ser de naturaleza categórica, se expresa en N (%).

Gráfico 1. MG (kg) de la muestra mediante DXA (Agrupada por estado de peso corporal y estadio Tanner)

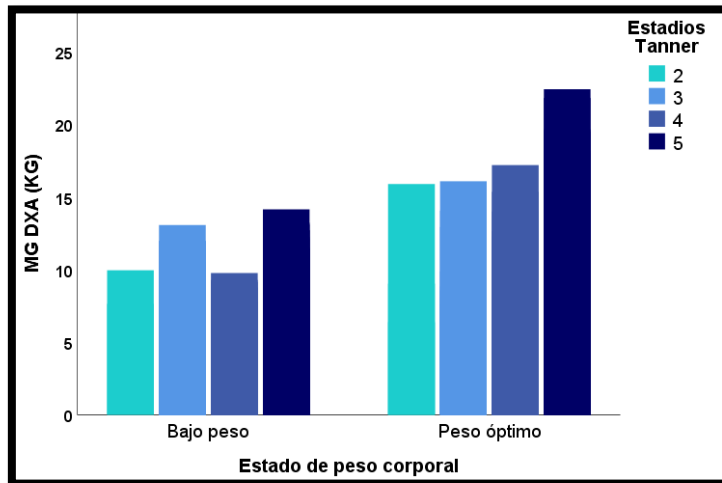


Gráfico 2. MLG (kg) de la muestra mediante DXA (Agrupada por estado de peso corporal y estadio Tanner)

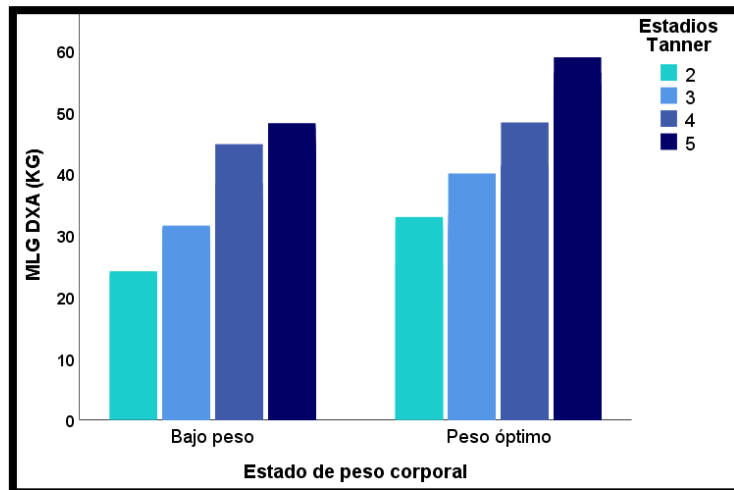


Gráfico 3. CMO (kg) de la muestra mediante DXA (Agrupada por estado de peso corporal y estadio Tanner)

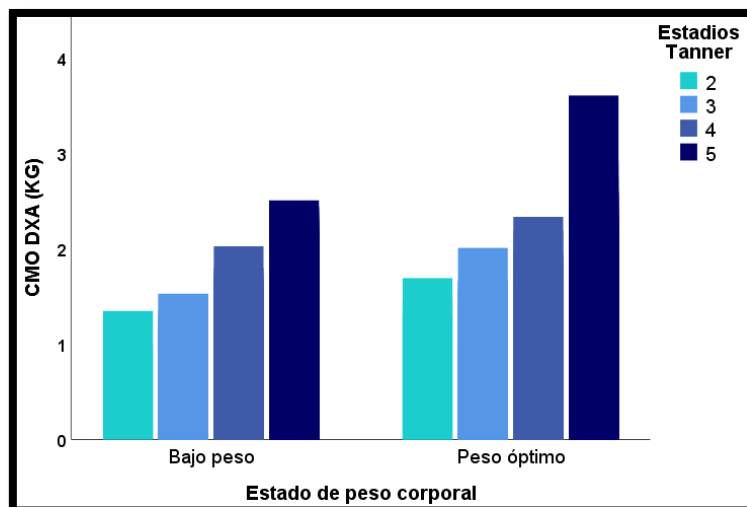


Tabla 2. Diferencias en la composición corporal por género

	Género masculino N=117	Género femenino N=145	Total N=262	
	Media (\pm DE)	Media (\pm DE)	Media (\pm DE)	P valor
Edad	14,95 \pm 1,25	14,9 \pm 1,14	14,92 \pm 1,19	0,676
Altura (cm)	169,1 \pm 9,8	160,8 \pm 7,6	164,5 \pm 9,5	0,000
Peso (kg)	55,4 \pm 9,1	51,1 \pm 6,5	53 \pm 8	0,000
IMC (kg/m ²)	19,24 \pm 1,75	19,74 \pm 1,69	19,52 \pm 1,73	0,020
ICA	0,42 \pm 0,02	0,43 \pm 0,03	0,42 \pm 0,03	0,000
Estadio Tanner (% II/III/IV/V)	(4/11/20/65)	(1/6/7/86)	(2/8/13/77)	0,001
Antropometría				
Σ (pliegues tríceps y subescapular) (mm)	18 \pm 6	29 \pm 9	24 \pm 9	0,000
Porcentaje grasa (%) *	14,09 \pm 5,11	24,73 \pm 4,91	20,09 \pm 7,27	0,000
MG (kg)	7,83 \pm 3,31	12,82 \pm 3,66	10,65 \pm 4,29	0,000
MLG (kg)	47,27 \pm 7,81	38,33 \pm 4,19	42,23 \pm 7,48	0,000
IMG (kg/m ²)	2,74 \pm 1,15	4,94 \pm 1,31	3,98 \pm 1,65	0,000
IMLG (kg/m ²)	16,43 \pm 1,38	14,8 \pm 0,92	15,51 \pm 1,4	0,000
DXA				
Porcentaje grasa (%)	17,82 \pm 4,94	27,9 \pm 4,1	23,35 \pm 6,74	0,000
MG (kg)	9,8 \pm 3,36	14,16 \pm 3,17	12,19 \pm 3,91	0,000
MLG (kg)	45,32 \pm 8,31	36,31 \pm 4,53	40,37 \pm 7,9	0,000
CMO (kg)	2,06 \pm 0,44	1,82 \pm 0,24	1,93 \pm 0,39	0,000
IMMA (kg/m ²)	6,83 \pm 0,78	5,63 \pm 0,58	6,17 \pm 0,9	0,000
IMG (kg/m ²)	3,44 \pm 1,2	5,46 \pm 1,14	4,55 \pm 1,54	0,000
IMLG (kg/m ²)	15,71 \pm 1,62	13,99 \pm 1,15	14,76 \pm 1,62	0,000
PDA				
Porcentaje grasa (%)	16,34 \pm 6,29	25,44 \pm 4,95	21,64 \pm 7,14	0,000
MG (kg)	8,94 \pm 3,6	13,14 \pm 3,54	11,39 \pm 4,12	0,000
MLG (kg)	46,38 \pm 8,84	38,07 \pm 4,6	41,54 \pm 7,9	0,000
IMG (kg/m ²)	3,15 \pm 1,3	5,05 \pm 1,28	4,26 \pm 1,59	0,000
IMLG (kg/m ²)	16,06 \pm 1,81	14,64 \pm 1,11	15,23 \pm 1,61	0,000
BIA				
MG (kg)	6,54 \pm 3,34	11,62 \pm 3,65	9,34 \pm 4,33	0,000
MLG (kg)	48,86 \pm 7,47	39,58 \pm 3,98	43,74 \pm 7,42	0,000
IMG (kg/m ²)	2,26 \pm 1,1	4,47 \pm 1,3	3,48 \pm 1,65	0,000
IMLG (kg/m ²)	16,98 \pm 1,26	15,27 \pm 0,69	16,04 \pm 1,31	0,000

IMC: Índice de masa corporal; ICA: Índice cintura-altura; MG: Masa de grasa; MLG: Masa libre de grasa; IMG: índice de masa grasa; IMLG: índice de masa libre de grasa; CMO: Contenido mineral óseo.

*Calculado a partir de la fórmula de Slaughter (43).

Las variables se expresan como media \pm desviación estándar excepto a la variable “Estadio Tanner”, que, al ser de naturaleza categórica, se expresa en N (%).

Gráfico 4. MG (kg) de la muestra mediante DXA (Agrupada por género y por estadio Tanner)

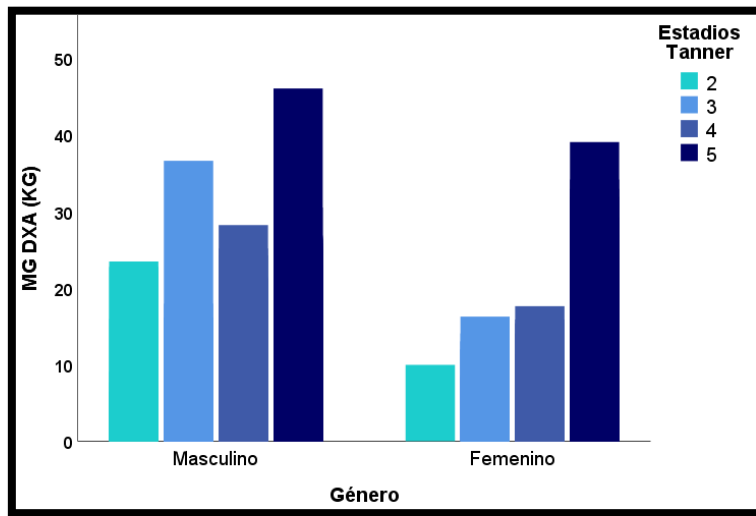


Gráfico 5. MLG (kg) de la muestra mediante DXA (Agrupada por género y por estadio Tanner)

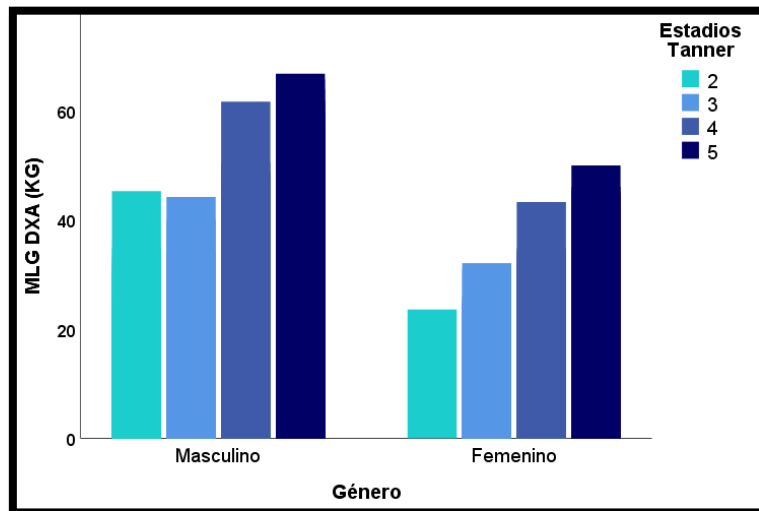
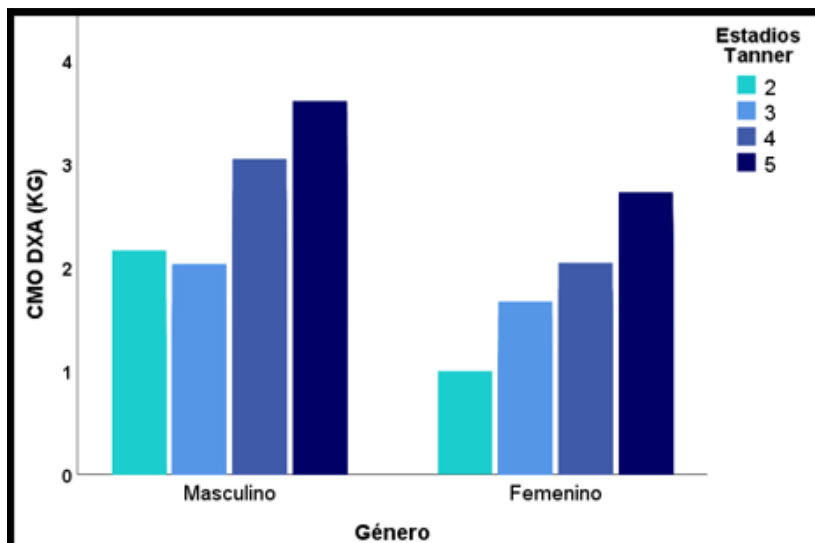


Gráfico 6. CMO (kg) de la muestra mediante DXA (Agrupada por género y por estadio Tanner)



6. DISCUSIÓN

El propósito del presente trabajo fue el evaluar la composición corporal de una muestra de adolescentes con peso bajo y óptimo de Zaragoza (España), para poder así arrojar luz sobre qué compartimentos se encuentran más comprometidos en el bajo peso.

Uno de los principales puntos que se ha observado en el actual trabajo es que, estadios Tanner más avanzados, correlacionan con cifras mayores de MG, MLG y CMO, con dos excepciones remarcables, la MG en bajo peso y la MG en niños. En estos dos casos, los valores fluctúan según avanza la maduración sexual.

Con respecto al comportamiento de la MG en niños, estos cambios en la composición corporal, concuerdan con la literatura sobre la maduración sexual (50–52). Según Weber y cols., los niños experimentan un aumento de MG prepuberal seguido de ganancias rápidas en la MLG y reducciones de grasa en las extremidades (53). Por su parte, otro estudio donde se realizó un seguimiento en la composición corporal de adolescentes estadounidenses durante su maduración puberal(54) reportó un aumento de la MLG y una disminución en el porcentaje de MG a medida que los niños maduraron sexualmente, lo que señala los efectos de la testosterona en la grasa corporal(50,52). Estos hallazgos, coinciden con los resultados obtenidos en el trabajo y explican las variaciones en los datos de la MG según estadios de Tanner y la estabilidad en la MLG. Sin embargo, en el citado estudio se observaron menores valores MG en niños de estadios 3 a 5 Tanner y, aunque esta tendencia de disminución es observable en los resultados obtenidos en el trabajo entre los estadios de Tanner 3 al 4, no es así para el paso del estadio 4 al 5, donde se alcanza el pico de MG en niños, en contraposición a lo encontrado en la literatura.

En el estudio de Guo y cols.(55) se reportan menores valores de IMG en niños, conforme avanza la maduración sexual. Estas observaciones, no coinciden del todo con los datos de IMG utilizados en el trabajo, donde, el máximo IMG en niños se encuentra en el estadio Tanner 5.

Con respecto a la niñas, sabemos que tienen una madurez biológica más temprana que los niños, especialmente en el período de crecimiento rápido de la adolescencia(56), lo cual se ve reflejado en los reportes de porcentajes de estadios más avanzados para una misma edad y en comparación con el otro género. Este hecho, tiene una implicación importante en la composición corporal, tal y como se reporta en varios estudios sobre la temática(57,58), en los que se observa que las niñas obtienen ganancias en la MLG y en la MG durante el proceso de maduración, pero ganan proporcionalmente más MG. La ganancia de MG en relación con la MLG, en parte es debido al crecimiento del tejido mamario y al desarrollo gradual de la forma del cuerpo femenino con la deposición de grasa en las caderas y los

muslos(53). Es observable en los datos del presente trabajo que, en niñas y por estadio de maduración sexual, el aumento de MG es bastante superior a los aumentos de MLG y de MO.

Las ganancias de MLG y peso son consistentes en ambos sexos. La MG, sin embargo, en niños y según avanza la maduración sexual, es variable.

La maduración se asocia también, según los resultados del presente trabajo, con un aumento de la MO según respaldan varios autores(59–61). Este aumento de la MO está asociado al incremento de la MLG, según Gracia-Marco y cols(62). Bray y cols.(54) reportan, de igual manera, un aumento significativo del CMO en todos los grupos de adolescentes, durante el seguimiento de 2 años de la maduración sexual. En este mismo estudio se muestra, además, como los adolescentes cuyo estadio Tanner avanzó, experimentaron un aumento significativamente mayor en CMO, por encima de aquellos adolescentes en los que su estadio Tanner no evolucionó. La mineralización ósea, la densidad cortical y la densidad trabecular aumentan durante la adolescencia de manera notable, ganado durante esa etapa el 40% de la MO máxima acumulada(63–65).

Conforme al estado de peso corporal, pudimos comprobar en el presente trabajo como el bajo peso se vincula con unos valores menores de todos los compartimentos corporales (MG, MLG y MO) encontrando una disminución más marcada en la MG, respecto a los adolescentes de peso óptimo. Los adolescentes de bajo peso a pesar de tener un menor peso corporal, mostraban una altura significativamente mayor. Según estos resultados, un bajo peso no está relacionado con una menor altura, tal y como confirman los datos reportados por Marques-Vidal y cols.(8). En este mismo estudio de Marques-Vidal, se expone también que la delgadez se caracteriza no solo por una menor MG, sino también por una menor MLG, coincidiendo con los resultados obtenidos de la composición corporal en nuestro análisis.

La disminución de la MG se asocia con amenorrea en las niñas y, en ambos sexos, la disminución de la MLG y de la fuerza muscular, con un mayor riesgo de fracturas, ya que la MLG es un determinante importante de la acumulación de MO(64). De manera general, el bajo peso puede conllevar problemas en los adolescentes de retraso del crecimiento, debilidad, deficiencia del sistema inmunitario, anemia y problemas de fertilidad en etapas vitales posteriores(66).

El estado de peso corporal va a marcar los valores absolutos de cada compartimento. Esto es de gran importancia puesto que, como hemos visto anteriormente, dichos valores de MG, MLG y CMO, según se encuentren más altos o bajos, influyen en el riesgo de padecer determinadas patologías durante la adolescencia, con riesgo a continuar padeciéndolas durante la etapa adulta.

La fortaleza más reseñable del presente trabajo, es la fiabilidad de las mediciones de la composición corporal, al emplear métodos gold standard. Gracias a la variabilidad de técnicas utilizadas, se obtuvieron mediciones de alta precisión, que, además, fueron tomadas en un mismo día y en las mismas

condiciones, reduciendo ampliamente el margen de error. También cabe destacar que todas las mediciones fueron realizadas por personal cualificado.

Como limitaciones del estudio, se debe tener en cuenta el diseño del mismo, ya que, al ser transversal, no permite establecer una secuencia temporal ni valorar la relación causal entre los resultados extraídos. De igual manera, hay que considerar que los datos se tomaron en el año 2006, por lo que, en una situación actual, podrían variar los resultados.

Otra limitación es que no se pueden extrapolar los resultados a otras poblaciones puesto que el grupo posee unas características propias que no son las mismas que en otras etnias y las condiciones ambientales son diferentes de un lugar a otro. Además, cabe destacar que una muestra más grande ayudaría a extrapolar los resultados de manera más contundente.

Siguiendo esta línea de investigación sería interesante, en un futuro, incluir niños en edad escolar de manera que se pudiese prevenir con mayor antelación los riesgos que pueden sufrir adolescentes con respecto a su peso. De igual manera, medir la insatisfacción corporal en sujetos con bajo peso, podría ser una buena manera de ampliar el campo de conocimiento, identificando los riesgos de padecer TCA en esta población.

7. CONCLUSIONES

Conforme a los resultados obtenidos en el presente trabajo podemos extraer las siguientes conclusiones:

- El género y la maduración sexual influyen fuertemente y con un patrón determinado en la composición corporal, independientemente del estado de peso. Tanto para clasificaciones de bajo peso como de peso óptimo, las niñas tienen más MG y menos que MLG y CMO que los niños y ambos géneros tienen más MG, MLG y CMO según avanzan en su maduración sexual.

- Tener un bajo peso durante la adolescencia, no va a influir en la forma especialmente característica en la que se distribuye la composición corporal, pero sí va a marcar los valores absolutos de cada compartimento (MG, MLG y MO) que van a verse reducidos respecto al peso óptimo, especialmente la MG.

- Las mediciones de la composición corporal pueden ser utilizadas en adolescentes de bajo peso para valorar su estado nutricional y de salud. Desde una perspectiva de salud pública, se debería evaluar adecuadamente estos adolescentes, con el objetivo de prevenir posibles riesgos en el futuro para su salud como riesgos de fracturas, retraso en el crecimiento o amenorrea en las niñas.

8. BIBLIOGRAFÍA

1. Abarca-Gómez L, Abdeen ZA, Hamid ZA, Abu-Rmeileh NM, Acosta-Cazares B, Acuin C, et al. Worldwide trends in body-mass index, underweight, overweight, and obesity from 1975 to 2016: a pooled analysis of 2416 population-based measurement studies in 128· 9 million children, adolescents, and adults. *The Lancet*. 2017;390(10113):2627-42.
2. Rito AI, Buoncristiano M, Spinelli A, Salanave B, Kunešová M, Hejgaard T, et al. Association between characteristics at birth, breastfeeding and obesity in 22 countries: The WHO European Childhood Obesity Surveillance Initiative–COSI 2015/2017. *Obesity facts*. 2019;12(2):226-43.
3. Dietz WH. Health consequences of obesity in youth: childhood predictors of adult disease. *Pediatrics*. 1998;101(Supplement 2):518-25.
4. Kraak VA, Liverman CT, Koplan JP. Preventing childhood obesity: health in the balance. National Academies Press; 2005.
5. Must A, Strauss RS. Risks and consequences of childhood and adolescent obesity. *International journal of obesity*. 1999;23(2):S2-11.
6. General USPHSO of the S, Prevention USO of D, Promotion H, Control C for D, Prevention (US). The Surgeon General's call to action to prevent and decrease overweight and obesity. US Government Printing Office; 2001.
7. Jiang S-Z, Lu W, Zong X-F, Ruan H-Y, Liu Y. Obesity and hypertension. *Experimental and therapeutic medicine*. 2016;12(4):2395-9.
8. Marques-Vidal P, Ferreira R, Oliveira JM, Paccaud F. Is thinness more prevalent than obesity in Portuguese adolescents? *Clinical nutrition*. 2008;27(4):531-6.
9. Fao F, UNICEF. PMA y OMS. 2018. El estado de la seguridad alimentaria y la nutrición en el mundo Fomentando la resiliencia climática en aras de la seguridad alimentaria y la nutrición. 2018;
10. Wang Y, Lobstein TIM. Worldwide trends in childhood overweight and obesity. *International journal of pediatric obesity*. 2006;1(1):11-25.
11. Moreno González MA, Ortiz Viveros GR. Trastorno alimentario y su relación con la imagen corporal y la autoestima en adolescentes. *Terapia psicológica*. 2009;27(2):181-90.
12. Lawrie Z, Sullivan EA, Davies PSW, Hill RJ. Media influence on the body image of children and adolescents. *Eating Disorders*. 2006;14(5):355-64.
13. Misra M, Aggarwal A, Miller KK, Almazan C, Worley M, Soyka LA, et al. Effects of anorexia nervosa on clinical, hematologic, biochemical, and bone density parameters in community-dwelling adolescent girls. *Pediatrics*. 2004;114(6):1574-83.
14. Villa I, Yngve A, Poortvliet E, Grjibovski A, Liiv K, Sjöström M, et al. Dietary intake among under-, normal-and overweight 9-and 15-year-old Estonian and Swedish schoolchildren. *Public health nutrition*. 2007;10(3):311-22.
15. Kim E, Hwang J-Y, Woo E-K, Kim S-S, Jo SA, Jo I. Body mass index cutoffs for underweight, overweight, and obesity in South Korean schoolgirls. *Obesity research*. 2005;13(9):1510-4.

16. Öner N, Sari A, Ekuklu G, Güzel A, Karasalihoglu S, Boris NW, et al. Prevalence of underweight, overweight and obesity in Turkish adolescents. *Swiss medical weekly*. 2004;134(3536).
17. Flegal KM, Graubard BI, Williamson DF, Gail MH. Excess deaths associated with underweight, overweight, and obesity. *Jama*. 2005;293(15):1861-7.
18. Asomaning K, Bertone-Johnson ER, Nasca PC, Hooven F, Pekow PS. The association between body mass index and osteoporosis in patients referred for a bone mineral density examination. *Journal of women's health*. 2006;15(9):1028-34.
19. Pencharz PB, Azcue M. Use of bioelectrical impedance analysis measurements in the clinical management of malnutrition. *The American journal of clinical nutrition*. 1996;64(3):485S-488S.
20. Kuzawa CW, Hallal PC, Adair L, Bhargava SK, Fall CH, Lee N, et al. Birth weight, postnatal weight gain, and adult body composition in five low and middle income countries. *American Journal of Human Biology*. 2012;24(1):5-13.
21. Wells JC, Dumith SC, Ekelund U, Reichert FF, Menezes AM, Victora CG, et al. Associations of intrauterine and postnatal weight and length gains with adolescent body composition: prospective birth cohort study from Brazil. *Journal of Adolescent Health*. 2012;51(6):S58-64.
22. Aihie Sayer A, Syddall HE, Dennison EM, Gilbody HJ, Duggleby SL, Cooper C, et al. Birth weight, weight at 1 y of age, and body composition in older men: findings from the Hertfordshire Cohort Study. *The American journal of clinical nutrition*. 2004;80(1):199-203.
23. Knauss C, Paxton SJ, Alsaker FD. Body dissatisfaction in adolescent boys and girls: Objectified body consciousness, internalization of the media body ideal and perceived pressure from media. *Sex roles*. 2008;59(9-10):633-43.
24. Trejo Ortiz PM, Castro Veloz D, Facio Solís A, Mollinedo Montano FE, Valdez Esparza G. Insatisfacción con la imagen corporal asociada al Índice de Masa Corporal en adolescentes. *Revista Cubana de Enfermería*. 2010;26(3):150-60.
25. Rivarola MF. La imagen corporal en adolescentes mujeres: su valor predictivo en trastornos alimentarios. *Fundamentos en humanidades*. 2003;(7):149-61.
26. Nuttall FQ. Body mass index: obesity, BMI, and health: a critical review. *Nutrition today*. 2015;50(3):117.
27. Rodríguez G, Moreno LA, Blay MG, Blay VA, Garagorri JM, Sarria A, et al. Body composition in adolescents: measurements and metabolic aspects. *International Journal of Obesity*. 2004;28(3):S54-S58.
28. Calcaterra V, Pelizzo G, Cena H. BMI is a poor predictor of nutritional status in disabled children. What is the most recommended method for body composition assessment in this pediatric population? *Frontiers in pediatrics*. 2019;7:226.
29. Cole TJ, Flegal KM, Nicholls D, Jackson AA. Body mass index cut offs to define thinness in children and adolescents: international survey. *Bmj*. 2007;335(7612):194.
30. Fosbøl MØ, Zerahn B. Contemporary methods of body composition measurement. *Clinical physiology and functional imaging*. 2015;35(2):81-97.

31. Kuriyan R. Body composition techniques. *The Indian journal of medical research*. 2018;148(5):648.
32. Tovar-Galvez MI, González-Jiménez E, Martí-García C, Schmidt-RioValle J. Composición corporal en escolares: comparación entre métodos antropométricos simples e impedancia bioeléctrica. *Endocrinología, Diabetes y Nutrición*. 2017;64(8):424–431.
33. Lemos T, Gallagher D. Current body composition measurement techniques. *Current opinion in endocrinology, diabetes, and obesity*. 2017;24(5):310.
34. Albanese CV, Diessel E, Genant HK. Clinical applications of body composition measurements using DXA. *Journal of Clinical Densitometry*. 2003;6(2):75–85.
35. Ramos RL, Armán JA, Galeano NA, Hernández AM, Gómez JG, Molinero JG. Absorciometría con rayos X de doble energía. *Fundamentos, metodología y aplicaciones clínicas. Radiología*. 2012;54(5):410–423.
36. Bellido D, Bellido V. Composición corporal en niños y adolescentes: en búsqueda de la técnica ideal. *Nutrición Hospitalaria*. 2016;33(5):1013–1014.
37. Wells JCK, Haroun D, Williams JE, Nicholls D, Darch T, Eaton S, et al. Body composition in young female eating-disorder patients with severe weight loss and controls: evidence from the four-component model and evaluation of DXA. *European journal of clinical nutrition*. 2015;69(12):1330–1335.
38. Ramírez-Vélez R, Zúñiga RAA, Jerez AM. Relación entre la composición corporal y la capacidad de ejercicio con el riesgo de enfermedades crónicas no transmisibles en mujeres jóvenes. *Apunts Medicina de l'Esport*. 2010;45(166):75–80.
39. Moreno LA, Gonzalez-Gross M, Kersting M, Molnar D, De Henauw S, Beghin L, et al. Assessing, understanding and modifying nutritional status, eating habits and physical activity in European adolescents: the HELENA (Healthy Lifestyle in Europe by Nutrition in Adolescence) Study. *Public health nutrition*. 2008;11(3):288–299.
40. Beghin L, Castera M, Manios Y, Gilbert CC, Kersting M, De Henauw S, et al. Quality assurance of ethical issues and regulatory aspects relating to good clinical practices in the HELENA Cross-Sectional Study. *International Journal of Obesity*. 2008;32(5):S12–S18.
41. Nagy E, Vicente-Rodriguez G, Manios Y, Béghin L, Iliescu C, Censi L, et al. Harmonization process and reliability assessment of anthropometric measurements in a multicenter study in adolescents. *International journal of obesity*. 2008;32(5):S58–S65.
42. Rodriguez G, Moreno LA, Blay MG, Blay VA, Fleta J, Sarria A, et al. Body fat measurement in adolescents: comparison of skinfold thickness equations with dual-energy X-ray absorptiometry. *European journal of clinical nutrition*. 2005;59(10):1158–1166.
43. Infante JR, Reyes C, Ramos M, Rayo JI, Lorente R, Serrano J, et al. Utilidad de la densitometría como método de valoración del estado nutricional del deportista. Comparación con el índice de masa corporal. *Revista Española de Medicina Nuclear e Imagen Molecular*. 2013;32(5):281–285.
44. Moliner-Urdiales D, Ortega FB, Vicente-Rodriguez G, Rey-Lopez JP, Gracia-Marco L, Widhalm K, et al. Association of physical activity with muscular strength and fat-free mass in adolescents: the HELENA study. *European journal of applied physiology*. 2010;109(6):1119–1127.

45. Vicente-Rodríguez G, Rey-López JP, Mesana MI, Poortvliet E, Ortega FB, Polito A, et al. Reliability and intermethod agreement for body fat assessment among two field and two laboratory methods in adolescents. *Obesity*. 2012;20(1):221–228.
46. Elberg J, McDuffie JR, Sebring NG, Salaita C, Keil M, Robotham D, et al. Comparison of methods to assess change in children's body composition. *The American journal of clinical nutrition*. 2004;80(1):64–69.
47. Sun SS, Chumlea WC, Heymsfield SB, Lukaski HC, Schoeller D, Friedl K, et al. Development of bioelectrical impedance analysis prediction equations for body composition with the use of a multicomponent model for use in epidemiologic surveys. *The American journal of clinical nutrition*. 2003;77(2):331–340.
48. Moliner-Urdiales D, Ruiz JR, Ortega FB, Rey-Lopez JP, Vicente-Rodriguez G, Espana-Romero V, et al. Association of objectively assessed physical activity with total and central body fat in Spanish adolescents; the HELENA Study. *International Journal of Obesity*. 2009;33(10):1126–1135.
49. Tanner JM, Whitehouse RH. Clinical longitudinal standards for height, weight, height velocity, weight velocity, and stages of puberty. *Archives of disease in childhood*. 1976;51(3):170–179.
50. Forbes GB. Body composition in adolescence. En: *Human growth*. Springer; 1978. p. 239–272.
51. Horlick M, Thornton J, Wang J, Levine LS, Fedun B, Pierson Jr RN. Body composition changes during Tanner stage 5. *Annals of the New York Academy of Sciences*. 2000;904(1):410–415.
52. Tanner JM, Tanner JM. *A history of the study of human growth*. Cambridge University Press; 1981.
53. Weber DR, Leonard MB, Zemel BS. Body composition analysis in the pediatric population. *Pediatric endocrinology reviews: PER*. 2012;10(1):130.
54. Bray GA, DeLany JP, Harsha DW, Volaufova J, Champagne CM. Body composition of African American and white children: a 2-year follow-up of the BAROC study. *Obesity Research*. 2001;9(10):605–621.
55. Guo SS, Chumlea WC, Roche AF, Siervogel RM. Age-and maturity-related changes in body composition during adolescence into adulthood: the Fels Longitudinal Study. *International journal of obesity*. 1997;21(12):1167–1175.
56. Iuliano-Burns S, Mirwald RL, Bailey DA. Timing and magnitude of peak height velocity and peak tissue velocities for early, average, and late maturing boys and girls. *American Journal of Human Biology: The Official Journal of the Human Biology Association*. 2001;13(1):1–8.
57. Rico H, Revilla M, Villa LF, Hernandez ER, de Buergo MA, Villa M. Body composition in children and Tanner's stages: a study with dual-energy x-ray absorptiometry. *Metabolism*. 1993;42(8):967–970.
58. Slemenda CW, Miller JZ, Hui SL, Reister TK, Johnston Jr CC. Role of physical activity in the development of skeletal mass in children. *Journal of bone and mineral research*. 1991;6(11):1227–1233.
59. Bunt JC, Going SB, Lohman TG, Heinrich CH, Perry CD, Pamerter RW. Variation in bone mineral content and estimated body fat in young adult females. *Medicine and science in sports and exercise*. 1990;22(5):564–569.

60. Ogle GD, Allen JR, Humphries IR, Lu PW, Briody JN, Morley K, et al. Body-composition assessment by dual-energy x-ray absorptiometry in subjects aged 4-26 y. *The American Journal of Clinical Nutrition*. 1995;61(4):746–753.
61. Weiler HA, Janzen L, Green K, Grabowski J, Seshia MM, Yuen KC. Percent body fat and bone mass in healthy Canadian females 10 to 19 years of age. *Bone*. 2000;27(2):203–207.
62. Gracia-Marco L, Ortega FB, Jimenez-Pavon D, Rodriguez G, Castillo MJ, Vicente-Rodriguez G, et al. Adiposity and bone health in Spanish adolescents. The HELENA study. *Osteoporosis International*. 2012;23(3):937–947.
63. Bailey DA, Martin AD, McKay HA, Whiting S, Mirwald R. Calcium accretion in girls and boys during puberty: a longitudinal analysis. *Journal of Bone and Mineral Research*. 2000;15(11):2245–2250.
64. Rauch F, Bailey DA, Baxter-Jones A, Mirwald R, Faulkner R. The ‘muscle-bone unit’ during the pubertal growth spurt. *Bone*. 2004;34(5):771–775.
65. Kirmani S, Christen D, Van Lenthe GH, Fischer PR, Bouxsein ML, McCready LK, et al. Bone structure at the distal radius during adolescent growth. *Journal of Bone and Mineral Research*. 2009;24(6):1033–1042.
66. Schönbeck Y, Van Dommelen P, HiraSing RA, Van Buuren S. Thinness in the era of obesity: trends in children and adolescents in The Netherlands since 1980. *The European Journal of Public Health*. 2015;25(2):268–273.