







# VALORACIÓN DE LA MASA GRASA MEDIANTE DXA Y SU RELACIÓN CON VARIABLES E ÍNDICES ANTROPOMÉTRICOS

MEMORIA TESIS DOCTORAL

LAURA MONGE BARRIO

Directores:

Dr. Ernesto Cortés i Castell

Dra. Mercedes Juste Ruiz

Septiembre de 2015





D. Francisco Horga de la Parte, Director del Departamento de Farmacología, Pediatría y Química Orgánica de la Universidad Miguel Hernández.

## **AUTORIZA:**

La presentación y defensa de la tesis doctoral del trabajo “VALORACIÓN DE LA MASA GRASA MEDIANTE DXA Y SU RELACIÓN CON VARIABLES E ÍNDICES ANTROPOMÉTRICOS” realizado por Dña. Laura Monge Barrio, bajo la dirección de los profesores D. Ernesto Cortés i Castell y Dña. Mercedes Juste Ruiz.

Dicho trabajo está concluido y en mi criterio, reúne todos los méritos necesarios para optar al Grado de Doctor por la Universidad Miguel Hernández.

Lo que firmo en San Juan a \_\_\_\_\_ de \_\_\_\_\_ de 2015.





D. Ernesto Cortés i Castell y Dña. Mercedes Juste Ruiz, profesores titulares de la Universidad Miguel Hernández, como directores de la tesis.

## **CERTIFICAN:**

Que el trabajo “VALORACIÓN DE LA MASA GRASA MEDIANTE DXA Y SU RELACIÓN CON VARIABLES E ÍNDICES ANTROPOMÉTRICOS”, realizado por Dña. Laura Monge Barrio ha sido llevado a cabo bajo nuestra dirección y se encuentra en condiciones de ser leído y defendido como Tesis doctoral en la Universidad Miguel Hernández.

Lo que firmamos para los oportunos efectos en

San Juan de Alicante a \_\_\_\_\_ de \_\_\_\_\_ de Dos Mil Quince.

Fdo. Prof. M. Juste  
Director de tesis

Fdo. Prof. E. Cortés  
Director de tesis



A mi familia.





## AGADECIMIENTOS

A mis directores de tesis D. Ernesto Cortés i Castell y Dña. Mercedes Juste Ruiz.

A D. Ernerto Cortés i Castell por su conocimiento, ayuda y orientaciones especialmente en el desarrollo estadístico.

A Dña. Mercedes Juste Ruiz, por animarme a hacer este trabajo, por aportar su extensa experiencia clínica, por su generosidad, esfuerzo, ayuda y dedicación.

A Félix, por acompañarme en los proyectos más importantes de mi vida.

A Félix, Íñigo, Javier, Tomás y María, por regalarme los momentos más dulces de mi vida, por ser mis motores y motivación diaria, por alegrarme todas las mañanas.

A mis padres, Antonio y Aurora, por enseñarme a aprender, por su ayuda y cariño, por confiar en mí y apoyarme siempre con un “adelante”.

A mis hermanos tan cercanos siempre.

A mis suegros, Félix y Merche, por su apoyo, generosidad y disponibilidad.

Al resto de mi familia.

A todos, gracias. Sin vosotros este trabajo nunca hubiera podido realizarse.

# ÍNDICE





# ÍNDICE

1. INTRODUCCIÓN .....	11
1.1 LA OBESIDAD EN EL NIÑO Y ADOLESCENTE.....	11
1.2 CONCEPTO DE OBESIDAD .....	11
1.3 PREVALENCIA DE OBESIDAD EN NIÑOS.....	13
1.4 ETIOLOGÍA DE OBESIDAD EN NIÑOS .....	19
1.4.1 Obesidad secundaria. ....	20
1.4.2 Obesidad de origen  nutricional o exógena.....	21
1.4.2.1 Factores genéticos.....	21
1.4.2.2 Factores ambientales y de estilo de vida .....	22
1.5 OBESIDAD Y SUS COMORBILIDADES.....	27
1.6 PARÁMETROS ANTROPOMÉTRICOS PARA LA DEFINICIÓN Y CUANTIFICACIÓN DE LA OBESIDAD .....	30
1.6.1 Índice de Masa Corporal (IMC).....	30
1.6.1.1 Evolución del IMC.....	31
1.6.1.2 Sistemas de clasificación del IMC.....	32
1.6.1.3 Relación del IMC con la grasa corporal .....	33
1.6.2 Índice de Masa Corporal relativo (IMCr) .....	34
1.6.4 Parámetros antropométricos para la estimación de la grasa corporal y su distribución.....	34
1.6.4.1 Pliegues cutáneos.....	35
1.6.4.2 Perímetro braquial .....	36
1.6.4.3 Perímetro cintura .....	36
1.6.4.4 Perímetro cadera.....	37
1.6.5 Índices.....	37
1.6.5.1 Índice Cintura-Talla.....	38
1.6.5.2 Índice Cadera-Talla .....	38
1.6.5.3 Relación Cintura-Cadera.....	38

1.6.5.4 Índice de conicidad .....	39
1.6.3 Índice de Masa Corporal inverso (iIMC).....	40
1.7 ABSORCIOMETRÍA RADIOLÓGICA DE DOBLE ENERGÍA (DXA).....	40
1.7.1 Principios de la técnica.....	41
2. JUSTIFICACIÓN E HIPÓTESIS.....	45
2.1 JUSTIFICACIÓN .....	45
2.2 HIPÓTESIS.....	46
3. OBJETIVOS.....	49
3.1 OBJETIVOS PRINCIPALES .....	49
3.2 OBJETIVOS SECUNDARIOS .....	49
4. MATERIAL Y MÉTODOS .....	53
4.1 POBLACIÓN ESTUDIADA.....	53
4.2 MÉTODOS.....	54
5. RESULTADOS .....	63
5.1 DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA .....	63
5.1.1 Descripción general de la muestra.....	63
5.1.2 Grado de Obesidad de la muestra y distribución .....	66
5.1.3 Descripción según grupos de sexo.....	68
5.1.4 Descripción según grupos de edad y sexo .....	70
5.2 CORRELACIÓN DE PARÁMETROS OBTENIDO POR DXA FRENTE A LAS DISTINTAS MEDIDAS ANTROPOMÉTRICAS .....	77
5.2.1 Datos obtenidos del DXA frente al Z Score del perímetro del brazo .....	78
5.2.2 Datos obtenidos del DXA frente al Z Score de la cintura .....	82
5.2.3 Datos obtenidos del DXA frente al Z Score de la cadera .....	85
5.2.4 Datos obtenidos del DXA frente al índice cintura/talla .....	91
5.2.5 Datos obtenidos del DXA frente al índice Cadera/talla .....	94
5.2.6 Datos obtenidos del DXA frente al índice cintura/cadera .....	101
5.2.7 Datos obtenidos del DXA frente al IMC .....	103

5.2.8 Datos obtenidos del DXA frente al ZS IMC .....	108
5.2.9 Datos obtenidos del DXA frente al IMCr .....	111
5.2.10 Datos obtenidos del DXA frente al iIMC.....	115
5.2.11 Datos obtenidos del DXA frente al Índice de Conicidad.....	121
5.3 ECUACIONES PARA DETERMINAR PARÁMETROS MEDIDOS POR DXA MEDIANTE VALORES ANTROPOMÉTRICOS E ÍNDICES.....	123
6. DISCUSIÓN .....	131
6.1 POBLACIÓN ESTUDIADA .....	131
6.2 CORRELACIÓN ENTRE LOS DATOS OBTENIDOS DEL DXA Y LOS DISTINTOS PARÁMETROS E ÍNDICES ANTROPOMÉTRICOS.....	132
6.2.1 Datos obtenidos del DXA frente al Z Score del perímetro del brazo.....	132
6.2.2 Datos obtenidos del DXA frente al Z Score de la cintura.....	132
6.2.3 Datos obtenidos del DXA frente al Z Score de la cadera .....	133
6.2.4 Datos obtenidos del DXA frente al índice cintura/talla.....	133
6.2.5 Datos obtenidos del DXA frente al índice cadera/talla .....	134
6.2.6 Datos obtenidos del DXA frente al índice Cintura/cadera .....	135
6.2.7 Datos obtenidos del DXA frente al IMC.....	135
6.2.8 Datos obtenidos del DXA frente al ZS IMC .....	136
6.2.9 Datos obtenidos del DXA frente al IMCr .....	137
6.2.10 Datos obtenidos del DXA frente al IMC inverso (iIMC) .....	137
6.2.11 Datos obtenidos del DXA frente al Índice de Conicidad.....	137
7. CONCLUSIONES.....	141
8. BIBLIOGRAFÍA .....	145



## ABREVIATURAS

AgRP	Péptido Relacionado con la Proteína Agouti
ANOVA	Análisis de la varianza (ANalysis Of VAriance,)
CART	Transcrito Relacionado con Cocaína-Anfetamina
CDC	Center for Disease Control of Atlanta
CMO	Contenido Mineral Óseo
DPA	Absorciometría de fotones de dos energías
DXA	Absorciometría con rayos X de doble energía (Dual-energy X-ray absorptiometry)
FMI	Índice Masa Grasa (Fat Mass Index)
GA	Grasa Androide
GER	Gasto Energético en Reposo
GG	Grasa Ginoide
GH	Hormona del crecimiento (Growth Hormone)
GT	Grasa Tronco
G total	Grasa total
ICT	Índice Cintura-Talla
limc	Índice de Masa Corporal inverso
IMC	Índice de Masa Corporal
IMCr	Índice de masa corporal relativo
IOTF	International Obesity Task Force
MC4R	Receptor 4 de la Melanocortina
NHANES	National Health and Nutrition Examination Survey
nFMI	Índice de Masa no Grasa
NPY	Neuropéptido Y
OECD	Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos
OMS	Organización Mundial de la Salud (World Health Organization)

PB	Perímetro del Brazo
P G total	Peso Grasa total
POMC	Proopiomelanocortina
P/T	Peso para la Talla
$P / T^3$	Índice ponderal
RCV	Riesgo Cardiovascular
RNM	Resonancia Nuclear Magnética
SNC	Sistema Nervioso Central
T3	Triyodotironina
TAC	Tomografía Axial Computarizada
TSH	Tirotropina
UNICEF	United Nations International Children's Emergency Fund





# INTRODUCCIÓN



## 1. INTRODUCCIÓN

### 1.1 LA OBESIDAD EN EL NIÑO Y ADOLESCENTE

La obesidad es una enfermedad crónica, compleja y multifactorial que suele iniciarse en la infancia y adolescencia y tiene importantes implicaciones para la salud en la vida adulta. Se considera la alteración nutricional más frecuente en el momento actual en los países industrializados (Bueno et al., 1999).

Así la United Nations International Children's Emergency Fund (UNICEF) recibió el Premio Nobel de la Paz por su iniciativa "Un mejor inicio de la vida" cuyo objetivo fue proporcionar alimentos a todos los niños. Actualmente aunque este problema no está resuelto la OMS ha establecido una Comisión de Alto nivel para "Terminar con la Obesidad Infantil" incluida en la iniciativa de UNICEF (OMS, 2014).

Durante la infancia y adolescencia la ganancia ponderal es paralela al incremento de altura y existe un equilibrio en el aumento de los diferentes componentes del organismo: masa magra, masa grasa, masa ósea, masa visceral y masa adiposa. La obesidad representa un incremento en el peso corporal asociado a un desequilibrio en las proporciones de los diferentes componentes del organismo con un predominio porcentual de la masa grasa (Ballabriga et al., 2006).

El estudio de la obesidad en el niño y adolescente es un reto importante si se consideran algunos aspectos como su incremento general en épocas recientes que ha condicionado la puesta en marcha de medidas preventivas y por otro lado, su evidente asociación a enfermedades en edades posteriores de la vida (Bastien et al., 2014).

### 1.2 CONCEPTO DE OBESIDAD

En la actualidad y desde hace unos años, la obesidad se define como un exceso de masa grasa en relación a la masa corporal total (Hymes et al., 1994).

Se carece de criterios para definir los límites de la obesidad en la infancia, pero se han sugerido puntos de corte basados en la distribución de parámetros antropométricos (peso, IMC,...) que no han sido aceptados completamente de forma global. Existen muchas y diferentes propuestas, guías y recomendaciones, pero el problema básico es la

falta de evidencia para establecer una definición precisa para delimitar la obesidad en el niño y adolescente.

En 1994 el *Expert Committee on Clinical Guidelines for Overweight in Adolescent Preventive Services* recomendó que aquellos niños con índice de masa corporal (IMC) mayor de 30 kg/m<sup>2</sup> o con percentil mayor de 95 para su edad y género, debería ser considerado como pacientes con sobrepeso (Hymes et al., 1994), y a aquellos niños y adolescentes con IMC mayor o igual al percentil 85 pero menor del percentil 95 se les deberían considerar “en riesgo de sobrepeso”. Este comité deliberadamente obvió el término obesidad dada la falta de precisión en la medida de la grasa corporal a partir del IMC (Krebs et al., 2007). En el año 2005 el *Institute of Medicine*, utilizando los mismos puntos de corte, cambió las denominaciones por los términos de obesidad y sobrepeso respectivamente (Koplan et al., 2005). Esta nueva terminología fue paralela a las recomendaciones de la *International Obesity Task Force (IOTF)* (Cole et al., 2000), siguiendo la línea de la *International Classification of Diseases, Ninth Edition*. Dos años más tarde un comité de expertos de la *Asociación Médica Americana* acuñó estas definiciones (Krebs et al., 2007).

En la actualidad ya existe prácticamente un consenso para definir el sobrepeso como un IMC situado entre el percentil 85 y el 95 y la obesidad como un IMC igual o mayor del percentil 95 (Must et al., 1991; Power et al., 1997; Prentice, 1998; Serra Majem et al., 2002), y así se considera en EEUU (Dietz et al., 1998) y la OMS, aunque esta última considera necesaria la presencia de otro indicador como el pliegue tricótipal (*World Health Organisation, 1995*). En Europa y Asia igualmente se acepta el mismo punto de corte para el sobrepeso, considerándose obesidad un IMC mayor o igual al percentil 97 (Rolland-Cachera et al., 2001).

Usando el IMC como medida de adiposidad, también se puede definir la obesidad como el estado en aquellos individuos cuyo IMC es igual o superior a un valor determinado para su sexo y edad. En 1997 la OMS definió la obesidad a partir de los 18 años (18 - 24 años) como un IMC  $\geq 30$  kg/m<sup>2</sup>, y el sobrepeso como un IMC  $\geq 25$  kg/m<sup>2</sup> (Serra et al., 2002). Sobre este consenso, un estudio internacional estableció para cada una de las edades (2 - 18 años) y sexo los valores del IMC equivalentes a los valores de IMC 25 y 30 kg/m<sup>2</sup> a los 18 años (Prentice, 1998; Saxena et al., 2004).

A lo largo del tiempo se han ido aceptando los llamados “Criterios de Cole” que considera sobrepeso si el percentil de un determinado individuo, a cualquier edad, se corresponde con un IMC de 25 kg/ m<sup>2</sup> a los 18 años y obesidad si el percentil corresponde con un IMC de 30 kg/ m<sup>2</sup> a los 18 años (Cole et al., 2000).

En cuanto a la relación del sobrepeso / obesidad con comorbilidades posteriores, es evidente que aunque el IMC es una medida de obesidad ampliamente aceptada, no está claro que a cualquier edad esté asociado en un futuro con un estado de buena o mala salud. (Whitlock et al., 2005). Por lo que resulta difícil decidir si es mejor definir la obesidad infantil atendiendo a los percentiles de IMC o a los valores de IMC que se corresponden con las cifras de corte en la edad adulta.

Varios grupos de expertos han recomendado el IMC relacionado con la edad y el sexo, como el mejor parámetro antropométrico para la evaluación de la obesidad en los niños y adolescentes entre 2 y 19 años. Además se puede obtener fácilmente y tiene una buena correlación con el porcentaje de grasa corporal, especialmente en los valores extremos altos del IMC (Krebs et al., 2003; Koplan et al., 2005; WHO, 2000; Krebs et al., 2007). Por lo que se acepta como un buen indicador para la estimación de la obesidad en niños de 2 a 18 años, tanto para estudios epidemiológicos como para el cribado clínico (Colomer, 2004).

En el ámbito clínico y epidemiológico, probablemente lo más útil sería la combinación de un valor de IMC superior al percentil 95 en unas tablas de referencia adecuadas de población a estudiar, junto con una estimación de la grasa corporal para asegurar de esta manera la existencia de una elevada adiposidad en el individuo. De este modo se evitaría clasificar como obeso a un individuo con un IMC alto a causa de un aumento de la masa magra o de una constitución corporal atlética (Serra et al., 2002; Whitlock et al., 2005).

### **1.3 PREVALENCIA DE OBESIDAD EN NIÑOS**

A pesar de que las cifras son difíciles de estimar y comparar, por los problemas metodológicos en la definición de obesidad y las diferentes características genéticas, socioeconómicas y culturales de las poblaciones estudiadas, su elevada prevalencia y la

tendencia a su incremento, hasta fechas recientes, en los países desarrollados es un hecho plenamente comprobado.

La prevalencia de la obesidad en niños y adolescentes se ha incrementando en todo el mundo y se ha configurado en las últimas décadas como un importante problema de salud pública por las dimensiones adquiridas y por su tendencia creciente sobre todo en los países desarrollados, aunque en fechas recientes parece haberse estabilizado (Dids et al., 2011).

La Organización Mundial de la Salud ha considerado la obesidad como la “epidemia del siglo XXI” por las dimensiones que ha adquirido y por su impacto sobre la mortalidad, morbilidad, la calidad de vida y el gasto sanitario. En la Unión Europea (UE-27), aproximadamente el 60% de los adultos son obesos. Los últimos datos de la IOTF americana correspondientes a 2010 estiman que la obesidad ha alcanzado proporciones epidémicas mundiales: 1.000 millones de adultos padecen sobrepeso y alrededor de 475 millones son obesos.

En cuanto a la obesidad infantil, la IOTF estima que hasta 200 millones de niños en edad escolar (5-17 años) tienen sobrepeso u obesidad. El estudio National Health Examination Survey realizado en EEUU en los años 60 indicaba un sobrepeso del 4 -5 % de los niños (Troiano et al., 1995). Según la OMS, en 2010 alrededor de 43 millones de niños menores de 5 años tenían sobrepeso. En la Unión Europea más del 20% de los niños en edad escolar tienen sobrepeso o son obesos lo cual permite estimar que son más de 12 millones de niños (García et al., 2011).

La evolución de la incidencia del sobrepeso ha aumentado en los últimos años. Por ejemplo, en Francia en el año 1992 en sus niñas era del 1,6% y en el año 2000 del 4,4%. En Alemania en 1982 era del 1,8%, aumentando hasta el 2,8% en 1997. Y en Finlandia en 1997 se situaba en un 1.1% para los niños y de 0,4% para las niñas, ascendiendo en 1999 hasta el 2,7% y 1,4% para los niños y niñas respectivamente (Lissau et al., 2004). Estas cifras son visiblemente superponibles en otros países europeos (figura 1), siendo realmente preocupante la estimación de la posible evolución de la prevalencia de no iniciarse acciones que lo modifiquen.

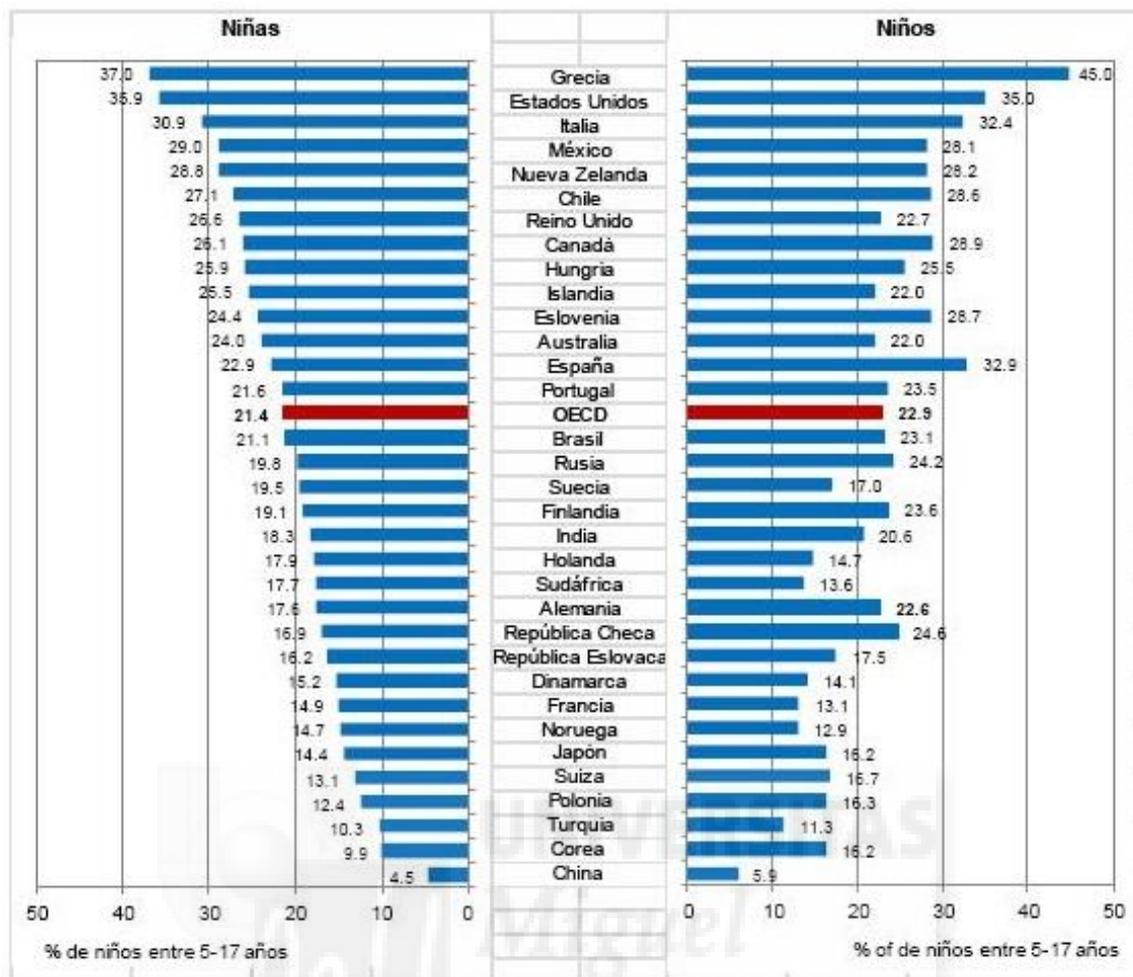


Figura 1: Prevalencia mundial de sobrepeso y obesidad en niños y adolescentes de 5-17 años. Fuente OECD Obesity Update, Febrero de 2012.

En España, en relación con la prevalencia del sobrepeso y obesidad en los niños y adolescentes se dispone de tres estudios, ya clásicos a nivel nacional: Paidos 1984, RICARDIN 1992 y enKID 1998-2000 (tabla 1). Según sus resultados, la prevalencia de la obesidad española en los niños y adolescentes, como mínimo se ha duplicado en los últimos años (Grupo Cooperativo Español para el estudio de Factores de Riesgo Cardiovascular en la infancia y adolescencia en España, 1995; Paidos, 1985; Serra et al., 2003).

Tabla 1. Estudios de la Prevalencia de la Obesidad en niños y adolescentes en la población española.

ESTUDIO AÑO	ÁMBITO	n	EDAD	SEXO	DEFINICIÓN OBESIDAD	PREVALENCIA
Paidos, 1984	España	4231	6 – 13	(♀♂)	P. Tricipital ≥ 2 sd	4.9%
		2271	6 – 13	(♂)		5.1%
		1960	6 – 13	(♀)		4.6%
RICARDIN, 1995	España	11342	6 – 18	(♀♂)	IMC ≥ p97	3.0%
enKID, 2000	España	3534	2 – 24	(♀♂)	IMC ≥ p97	13.9%
		1629	2 – 24	(♂)		15.6%
		1905	2 – 24	(♂)		12.0%

Tras los resultados del estudio más reciente (enKid) se estimó una prevalencia de la obesidad de la población española entre los 2 y los 24 años del 13.9% y un 12.4% para el sobrepeso, lo que tipifica un 26.3% con sobrecarga ponderal. Estas estimaciones están basadas en la definición del sobrepeso como valores del IMC comprendidos entre los percentiles 85 y 97, específicos por edad y sexo, según los valores de referencia en las tablas de Orbegozo y la obesidad para valores del IMC iguales o mayores al percentil 97 (Hernández et al., 1988). La obesidad fue más elevada en el subgrupo de los hombres (15.6%) en comparación con las mujeres (12.0%). Entre los chicos las tasas de prevalencia más elevadas se observaron entre los 6 y los 13 años, sin embargo en las mujeres este aumento aparece en edades más avanzadas entre los 18 y los 24 años (Serra et al., 2003).

Si se utilizan los criterios propuestos por Cole y colaboradores (Cole et al., 2000) y recomendados por la IOTF para la definición del sobrepeso y la obesidad, con el fin de poder hacer comparaciones internacionales, la prevalencia de la obesidad en España en este grupo de edad es del 6.4% y sigue siendo más elevada en varones (7.98%) que en mujeres (4.65%). El sobrepeso se estima en 18.1%, mucho más elevado en varones (21.53%) que en mujeres (14.42%), y en conjunto 24.4% del colectivo presenta

sobrecarga ponderal (29.5% de los varones y el 19.1% de las mujeres). En la tabla 2, se describe la prevalencia de obesidad y sobrepeso por grupos de edad y sexo en la población infantil y juvenil española, de acuerdo con los criterios propuestos por Cole et al., y según el valor de los percentiles 85 (sobrepeso) y 97 (obesidad) de Orbegozo (Aranceta-Bartrina et al., 2005) (tabla 2).

*Tabla2. Prevalencia de obesidad en población infantil y juvenil española (2-24 años) por grupos de edad y sexo (estudio enKid) según los criterios de Cole et al y según los percentiles 85 y 97 de Orbegozo, 1988.*

	2-5 años	6-9 años	10-13 años	14-17 años	18-24 años	Total
<b>Total</b>						
Sobrepeso IMC $\geq$ P85 < P97	9.9 (6.8-13.0)	14.5(11.1-17.9)	14.6(11.7-17.5)	9.3(7.1-11.5)	13.2(11.5-14.9)	12.4(11.3-13.5)
Obesidad IMC $\geq$ P97	11.1 (7.9-14.3)	15.9 (12.4-19.4)	16.6(13.5-19.7)	12.5(10.0-15.0)	13.7(11.9-15.5)	13.9(12.7-15.1)
Sobrecarga ponderal total	21.0(16.8-25.2)	30.4(26.0-34.8)	31.2(27.3-35.1)	21.8(18.7-24.9)	26.9(24.6-29.2)	26.3(24.8-27.8)
<b>Varones</b>						
Sobrepeso IMC $\geq$ P85 < P97	9.3(5.2-13.4)	16.0(11.0-21.0)	20.0(15.3-24.7)	10.3(7.1-13.7)	14.8(12.0-17.8)	14.3(12.6-16.0)
Obesidad IMC $\geq$ P97	10.8(6.4-15.2)	21.7(16.1-27.3)	21.9(17.0-26.8)	15.8(11.9-19.7)	12.6(9.9-15.3)	15.6(13.8-17.4)
Sobrecarga ponderal total	20.1(14.4-25.8)	37.7(31.1-44.3)	41.9(36.1-47.7)	26.2(21.5-30.9)	27.5(23.9-31.1)	29.9(27.7-32.1)
<b>Mujeres</b>						
Sobrepeso IMC $\geq$ P85 < P97	10.4(5.9-14.9)	13.0(8.5-17.7)	9.1(5.7-12.5)	8.0(5.1-10.9)	11.3(9.2-13.4)	10.4(9.1-11.9)
Obesidad IMC $\geq$ P97	11.5(6.8-16.2)	9.8(5.8-13.8)	10.9(7.2-14.6)	9.1(6.0-12.2)	14.9(12.5-17.3)	12.0(10.5-13.5)
Sobrecarga ponderal total	21.9(15.8-28.0)	22.9(17.2-28.6)	20.0(15.3-24.7)	17.1(13.1-21.1)	26.2(23.3-29.1)	22.5(20.6-24.4)
<b>Total</b>						
Sobrepeso Cole et al IMC >25	16.6(13.1-20.7)	24.7(21.1-28.8)	22.4(19.7-25.3)	15.4(12.8-18.5)	15.8(13.4-18.6)	18.1(16.5-19.7)
Obesidad Cole et al IMC >30 IMC	10.4(7.8-13.8)	10.4(7.3-14.7)	4.7(3.5-6.2)	6.5(4.9-9.0)	4.0(2.3-5.5)	6.3(5.4-7.5)
Sobrecarga ponderal total	27.0(22.0-32.6)	35.2(29.9-40.8)	27.1(24.1-30.3)	21.9(18.5-25.9)	19.9(16.8-23.3)	24.4(22.3-26.6)
<b>Hombres</b>						
Sobrepeso Cole et al	13.6(9.7-18.7)	25.7(20.4-31.8)	26.1(22.3-30.3)	20.7(17.5-24.4)	21.5(18.3-25.0)	21.5(19.6-23.5)
Obesidad Cole et al	8.3(5.9-11.5)	12.1(7.3-19.4)	6.6(5.1-8.5)	10.0(6.8-14.4)	5.9(4.2-8.4)	7.9(6.6-9.6)
Sobrecarga ponderal total	21.9(16.0-29.2)	37.9(31.2-45.0)	32.8(29.1-36.7)	30.7(26.2-35.6)	27.4(23.7-31.4)	29.5(27.1-31.9)
<b>Mujeres</b>						
Sobrepeso Cole et al	19.9(14.5-26.6)	23.7(19.1-29.0)	18.4(15.4-21.9)	9.8(6.8-14.1)	9.8(8.0-12.0)	14.4(12.4-16.6)
Obesidad Cole et al	12.7(8.1-19.4)	8.6(5.1-14.1)	2.6(1.7-3.9)	2.8(1.9-4.2)	2.0(1.5-2.8)	4.6(3.4-6.2)
Sobrecarga ponderal total	32.6(24.9-41.3)	32.4(24.7-41.1)	21.0(18.1-24.3)	12.7(9.3-17.2)	11.9(9.9-14.2)	19.0(16.2-22.2)

El Programa Thao-Infantil proporciona nuevos datos sobre la obesidad infantil en España. Según Thao 2009-2010, realizado en 29 ciudades españolas, un 29,3% de los niños participantes entre los 3 y los 12 años sufre sobrepeso (21,1%) u obesidad (8,2%). El trabajo de campo realizado, que abarca a 26.251 menores, constata los elevados niveles de sobrepeso y obesidad ya obtenidos en los resultados correspondientes a los años 2008-2009, en especial en pequeños de 3 a 9 años, lo que pone de relieve su incidencia en edades tempranas, reforzando la idea de llevar a cabo acciones preventivas desde los primeros años de vida (tabla 3) (Fundación Thao, 2011).

*Tabla 3: Fundación Thao. Programa de prevención de la obesidad infantil en los municipios. Disponible en: <http://www.thaoweb.com/es/publicaciones/estudio-longitudinal-5-municipio-piloto-thao-2007-2011>.*

Edad	2008-2009			2009-2010		
	Sobrepeso (%)	Obesidad (%)	Total (%)	Sobrepeso (%)	Obesidad (%)	Total (%)
3-5 años	14,5	5,5	19,9	15,0	6,3	21,3
6-9 años	20,5	9,6	30,1	21,7	9,8	31,5
10-12 años	24,1	7,8	31,9	24,2	7,0	31,2
3-12 años	20,0	8,0	28,0	21,1	8,2	29,3

Los últimos datos disponibles sobre la prevalencia de la obesidad infantil en España provienen del estudio ALADINO 2010-2011, realizado dentro del marco de la estrategia NAOS, que recoge información a partir de una muestra de 7.923 niños de entre 6 y 9 años. Los resultados muestran un alarmante exceso de peso en la población infantil superior al 45%, estimado según los estándares de crecimiento de la OMS, confirmando la tendencia de convergencia entre géneros en la prevalencia del sobrepeso entre 6 y 9 años, no tanto por el descenso en los niños (ha pasado de 21,7% en 1998- 2000 a 20,2% en 2010-2011), sino por el aumento en las niñas (ha pasado de 9,8% a 14,8% en el mismo intervalo temporal) (Ministerio de Sanidad, Política e Igualdad, 2011). Según el último plan de salud de la Comunidad Valenciana 2010-2013, la prevalencia de sobrepeso y obesidad se sitúan en el 16,1% y el 17,1% respectivamente (Consellería de Sanitat, 2013).

Destacar que, pese a los datos expuestos, ya hay algunos datos recientes que refieren que el incremento de la obesidad infantil va siendo menos importante y que incluso se está llegando a un “plateau” (Dids et al., 2011, Wabitsch et al., 2014) aunque se afirma que la gravedad se está incrementando (Skinner et al., 2014). Igualmente se ha referido que esta tendencia va a ser más llamativa en los niños de menor edad (Olds et al., 2011). En fechas muy recientes se han publicados dos estudios, El primero realizado en USA, ha comprobado este descenso que es más llamativo en los niños de 2 a 5 años y se ha cifrado en un 5.5% en el NHANES más reciente (Ogden et al., 2014). Esto se atribuye a un descenso de la ingesta calórica global probablemente favorecida por la educación de la población y por las medidas gubernamentales en relación con el contenido calórico y composición de los alimentos manufacturados (Dietz et al., 2014). En cualquier caso este ha sido un hallazgo inesperado ya que se había afirmado que en 2030 la obesidad infantil alcanzaría el 30 % (Wang et al., 2008). El segundo estudio es el realizado en Dinamarca con datos de tres cohortes de pacientes de 1988 a 2011, con un total de más de 100.000 pacientes, concluyendo que parece mostrar una tendencia al descenso (Schmidt Morgen et al., 2013).

Con todo esto se puede concluir que los verdaderos problemas de la obesidad en el niño es que los niños obesos de hoy seguirán siéndolo con posterioridad y colaborarán al aumento de adultos obesos con el consiguiente impacto sobre la salud pública y el consumo de recursos. Por otro lado, se pone de manifiesto que es una situación en la que las medidas adoptadas para su prevención pueden ser eficaces.

## **1.4 ETIOLOGÍA DE OBESIDAD EN NIÑOS**

En la mayor parte de los casos la obesidad es de origen multifactorial, siendo responsable la interacción de los genes de susceptibilidad, el entorno de riesgo, los hábitos de alimentación poco saludables y la falta de actividad física. Sin embargo hay algunos casos en que la obesidad y/o sobrepeso reconocen una causa orgánica y se han denominado obesidades secundarias que en su conjunto no suponen más allá del 5% de las obesidades

La obesidad es un buen ejemplo de epigenética, ya que el amplio espectro de factores genéticos familiares se pueden modificar por factores ambientales como

demuestra la tasa de discordancia en gemelos monozigotos. Esta situación probablemente se podrá transmitir a generaciones posteriores (Bouchard et al., 1990).

La obesidad se entiende en la actualidad como un estado inflamatorio ya que está demostrado que existe una infiltración del tejido graso por macrófagos, linfocitos CD8 y CD4 que expresan citoquinas proinflamatorias. Igualmente se ha demostrado la existencia de niveles aumentados de IgE y de reactantes de fase aguda como la proteína C reactiva, indicadores de una respuesta anómala (Visness et al., 2009). La etiología y patogenia de la obesidad son complejas y está todavía por esclarecer, debido a los múltiples factores implicados en ella, como son los referidos factores genéticos, ambientales, neuroendocrinos, metabólicos, conductuales y de estilo de vida.

#### **1.4.1 Obesidad secundaria.**

Existen diversas causas de obesidad secundaria:

##### **Causas Endocrinas**

Las más frecuentes son el hipotiroidismo, el hipercortisolismo, que puede tener un origen central o suprarrenal, y el déficit de la hormona del crecimiento.

##### **Causas Sindrómicas**

Existen algunos síndromes que incluyen en su cuadro clínico la obesidad, habiéndose localizado el defecto genético en muchos de ellos. Algunos de ellos son el síndrome de Bardet-Biedl, Alström, Cohen, X frágil, y Prader-Willi entre otros.

##### **Obesidades Monogénicas**

Se han identificado numerosos genes llamados “genes de la obesidad” y cada uno juega un papel distinto. Se pueden involucrar genes relacionados con el metabolismo energético o con la regulación del apetito, aunque parece haber una separación entre la evidencia de la regulación del peso y la composición corporal y los genes conocidos. La mayoría son infrecuentes como son los genes de la alteración del receptor 4 de la

melanocortina (MC4R), la mutación del gen de la leptina o de su receptor. Hay investigaciones recientes que sugieren que desencadenantes ambientales pueden afectar la expresión de algunos genes claves en la regulación del peso (Kuehnen et al., 2012; Manco et al., 2012).

### **Causas Farmacológicas**

Tras tratamientos con esteroides y algunos otros fármacos que actúan por mecanismos diversos, en su mayoría sobre el SNC, y modifican el apetito y / o el consumo calórico.

#### **1.4.2 Obesidad de origen nutricional o exógena**

La obesidad nutricional es un desorden multifactorial en el que interaccionan diversos factores genéticos y ambientales, con tal interrelación entre ellos que los hace inseparables. Las tendencias actuales ilustran cómo en el determinismo de la obesidad dominan progresivamente las influencias de los cambios en el “estilo de vida”, frente a las obesidades originadas por influencias genéticas secundarias a la acción de genes mayores (Muls et al., 1995).

##### **1.4.2.1 Factores genéticos**

El desequilibrio entre la ingesta y el gasto energético que facilita el cúmulo de grasa está influido por la predisposición genética de cada individuo y sus interacciones con el estilo de vida. Se ha estimado que el 25-35% de los casos de obesidad ocurren en familias en las que el peso de los padres es normal, aunque el riesgo es mayor si los padres son obesos (Power et al., 1997). Así mismo, el patrón de distribución de la grasa corporal sigue también la misma tendencia que el observado en los padres (Must et al., 1991). Además, el riesgo de ser obeso puede estar atribuido al seguimiento de hábitos similares de alimentación en la familia genéticamente predispuesta. Stunkard y Prentice, demostraron que el peso de niños adoptados se correlaciona significativamente con el peso de sus padres genéticos (Prentice et al., 1998). Estudios realizados en hermanos gemelos apoyan también la heredabilidad de la masa grasa (Serra et al., 2002). Existe de

este modo una base genética que puede actuar a través de diferentes mecanismos como son la preferencia por determinados tipos de comidas, la modulación del gasto energético, el patrón de distribución de la grasa, el efecto termogénico de los alimentos y el grado de actividad física. El contenido corporal de grasa está modulado a lo largo de la vida mediante una diversidad de efectos surgidos de interacciones entre genes, factores ambientales y estilo de vida. Estos efectos son el resultado de las diferencias en sensibilidad a la exposición al ambiente según la individualidad genética y a los diferentes estilos de vida de un individuo a otro (Serra et al., 2002).

#### 1.4.2.2 Factores ambientales y de estilo de vida

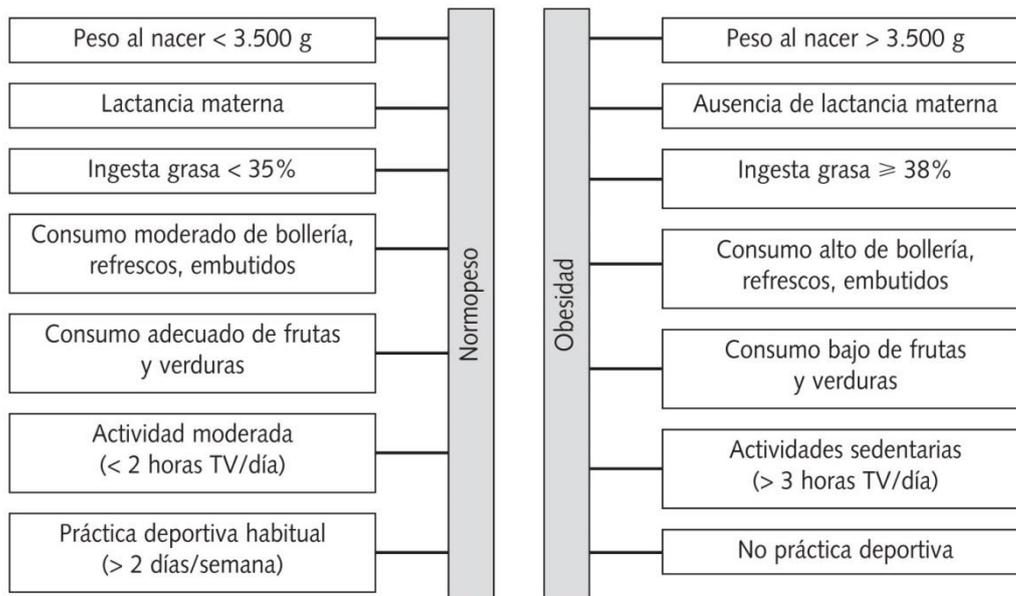
La edad escolar y la adolescencia son unas etapas cruciales para la configuración de los hábitos alimentarios y el estilo de vida que persistirán en etapas posteriores, con repercusiones no sólo en esta etapa, sino también en la edad adulta e incluso en la senectud.

Son numerosos los factores externos al niño que están involucrados en la génesis de la obesidad. Entre ellos destacan: el exceso de alimentación durante el período prenatal y de lactancia, la malnutrición materna, el tipo de estructura familiar (hijo único, hijos adoptados, el último hijo de una gran familia, padres separados, familias monoparentales, madre mayor de 35 años, familia numerosa...), el nivel socioeconómico (clase social baja en los países desarrollados y clase social alta en países en vías de desarrollo), factores relacionados con el clima, la falta de ejercicio físico y el fácil acceso a la comida. Especial importancia adquieren los factores de conducta familiar que repercuten en el niño tales como el tiempo dedicado a la televisión, conducta alimentaria en la mesa familiar y actividad física (Ballabriga et al., 2006).

En relación con la alimentación se trata de un desbalance que ha sido, en parte, generado por la evolución en los años recientes, con un acceso fácil a los alimentos, que estos son de gran densidad calórica, porciones de mayor tamaño, consumo habitual de bebidas azucaradas,... Todo ello ha condicionado una alimentación que aunque sea considerada como normal, está claramente sobredimensionada. Este exceso de ingesta calórica, aunque pequeño inicialmente, puede ocasionar aumentos acumulados del peso a largo plazo (Sabin et al., 2015).

Un factor ambiental que se ha relacionado con un aumento de la obesidad en nuestra sociedad es ver la televisión durante muchas horas. Hoy en día y teniendo en cuenta la apetencia de los niños y adolescentes a jugar con ordenadores y otros dispositivos electrónicos se va utilizando el “tiempo ante pantallas” para su cuantificación. Datos del National Health Examination Survey (Fundación Thao, 2011), han demostrado que el número de horas ante pantallas tiene una relación directa con el riesgo de obesidad, siendo en adolescentes, el factor predictor de obesidad más importante y muestra un efecto dosis-respuesta (Ministerio de Sanidad, Política Social e Igualdad, 2011). Paralelamente, la televisión anuncia alimentos con alto contenido calórico (aperitivos) y los personajes de la televisión, en general, muestran unos hábitos alimentarios inadecuados. Además, los niños que ven más horas la televisión tienen más posibilidad de tomar aperitivos mientras están delante del televisor y a la vez la televisión reemplaza las actividades al aire libre que consumen más energía, como los juegos o deportes. Recientemente se han relacionado las escasas horas de sueño como factor colaborador en la génesis de la obesidad (Burt et al., 2014).

En la siguiente figura (figura 2), se agrupan los factores determinantes de la obesidad infantil y juvenil a tener en cuenta con respecto a los estilos de vida y antecedentes de la primera infancia.

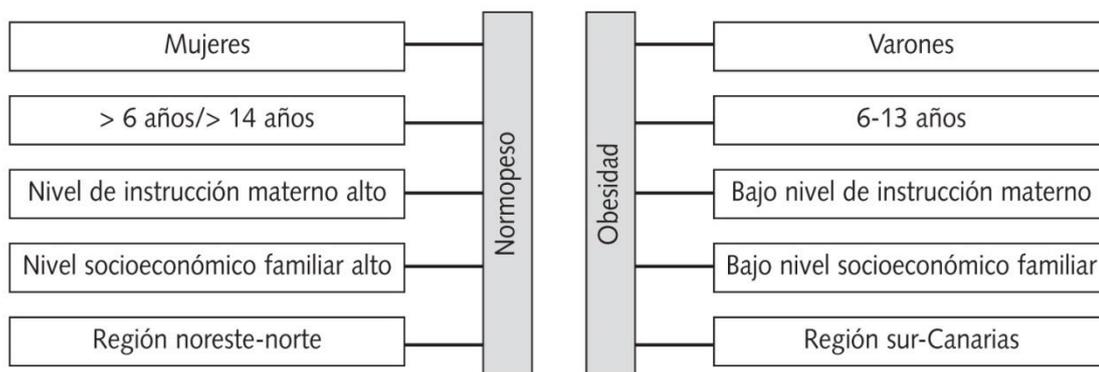


*Figura 2: Factores a considerar en la primera infancia respecto a los estilos de vida y antecedentes. Fuente: Aranceta Bartrina J, Serra Majem LL. Factores determinantes de la obesidad infantil y juvenil en España. Estudio Enkid. Barcelona: Ed. Masson, 2001.*

Recientemente se habla de la importancia de la ingesta aumentada de proteínas durante los primeros meses de la vida, ya que se ha relacionado la ingesta proteica con el aumento de IMC posterior más que la propia ingesta de grasas en este periodo (Dalmau et al., 2014).

### Aspectos sociodemográficos.

El estudio Enkid reveló distintas tasas de obesidad en relación al nivel socioeconómico de la familia. Se detectó una mayor incidencia en familias con un perfil bajo y donde la madre, presentaba un bajo nivel cultural. En la figura 3 se muestran algunos de los factores sociodemográficos que influyen en la obesidad infantil y juvenil en España y que fueron establecidos a partir del estudio Enkid.



*Figura 3. Factores sociodemográficos que influyen en la obesidad infantil y juvenil en España. Fuente: Aranceta Bartrina J, Serra Majem LL. Factores determinantes de la obesidad infantil y juvenil en España. Estudio Enkid. Barcelona: Ed. Masson, 2001.*

### **Factores neuroquímicos**

En relación con la etiología de la obesidad se puede considerar que tiene rasgos similares a los de la depresión, en la que intervienen diversos neurotransmisores y mediadores neuroquímicos (Kuczmarski et al., 2000). El sistema de señales neuroquímicas que regulan el apetito y el gasto energético está todavía pendiente de concretar de forma completa (Consellería de Sanitat, 2013). La leptina, hormona descrita en 1999 (se había sugerido su existencia en épocas previas), liberada por la grasa blanca del tejido adiposo, actúa en el sistema nervioso central, en el hipotálamo, e influye en la saciedad a través de cuatro mediadores neuroquímicos del apetito: neuropéptido Y (NPY), péptido relacionado con la proteína agouti (AgRP), proopiomelanocortina (POMC), y el transcrito relacionado con cocaína-anfetamina (CART). De esta forma, cuando los niveles séricos de leptina disminuyen, el NPY y el AgRP aumentan y POMC y CART disminuyen (Bueno et al., 1999). Algunos neurotransmisores como la serotonina parecen estar también implicados en la etiología y patogenia de la obesidad. La serotonina inyectada directamente en el hipotálamo disminuye el apetito y la noradrenalina disminuye la ingesta actuando a través de receptores beta-2 o alfa-1 hipotalámicos. Sin embargo, la infusión crónica de noradrenalina intrahipotalámica produce el efecto contrario (Muls et al., 1995). La ghrelina es una hormona orexigénica secretada principalmente por el estómago y duodeno que estimula la secreción de hormona de

crecimiento y que está implicada en la regulación de la ingesta y del peso corporal (Ruy et al., 1994). Los niveles séricos de ghrelina aumentan inmediatamente antes de las comidas y disminuyen después y sea referido que regula el balance energético actuando a través de neuronas hipotalámicas (Bueno et al., 1999). En la obesidad, paradójicamente, se han descrito niveles de ghrelina bajos. La disminución del peso secundaria a una reducción de la ingesta aumenta los niveles de ghrelina, hecho que sugiere que la ghrelina puede contribuir a modificar la tendencia a comer, y podría contribuir a que las restricciones dietéticas no tengan éxito a largo plazo (Bueno et al., 1997). La ghrelina tiene efectos opuestos a otras hormonas gastrointestinales (gastrina y colecistoquinina) que inhiben la ingesta y el vaciamiento gástrico por activación de los nervios vagales aferentes (Moreno et al., 1997).

Las prioridades actuales en la investigación de la obesidad humana, se dirigen al mejor conocimiento del factor “estimulador de la alimentación”, la acción del neuropéptido hipotalámico Y (NPY) y, al factor “inhibidor de la alimentación” o leptina. Según datos actuales, la obesidad humana podría ser secundaria a la disregularización del sistema de asa central periférica que comprende corteza cerebral, hipotálamo, páncreas endocrino, corteza adrenal y tejido adiposo. La leptina parece ser una hormona crucial en este sistema en el que actuaría como un mecanismo de retroalimentación negativa sobre el NPY, que permitiría mantener un equilibrio entre ingesta y gasto energético (Bueno et al., 1999).

También se ha descrito que los niveles séricos de TSH y T3 pueden estar elevados en niños y adolescentes obesos (Whitaker et al., 1997). Todos estos cambios parecen ser secundarios a la obesidad y la mayor parte de estas alteraciones hormonales son reversibles tras la pérdida de peso.

### **Factores relacionados con el gasto energético.**

La energía ingerida a través de los alimentos no es utilizada en su totalidad; un 5% se pierde con las heces, orina y sudor, siendo el resto la energía metabolizable. Esta energía se utiliza por el organismo para el metabolismo basal o gasto energético en reposo (GER) que puede ser medido por calorimetría indirecta. El GER es la cantidad de energía necesaria para mantener los procesos vitales en reposo, después de 12 horas de ayuno y en condiciones de neutralidad térmica, y supone del 60 al 75% del gasto energético diario

total. El GER es uno de los factores determinantes del almacenamiento de la energía en forma de masa grasa, y su interpretación tanto en niños como en adultos es objeto de controversia (Aranceta et al., 2003; Power et al., 1997). En sujetos afectados de obesidad se ha descrito que el GER es igual, superior o inferior al GER de niños no obesos (Aranceta et al., 2003; Power et al., 1997). Estas diferencias pueden ser explicadas, en primer lugar, por los diferentes métodos utilizados, por la dificultad que existe en determinar en verdaderas condiciones de reposo el GER en los niños, y por las diferencias en la composición corporal de los individuos. El GER depende principalmente de la masa magra dado que la masa grasa tiene una tasa metabólica bastante más baja que la masa magra, pero hay que tener presente que el GER no sólo depende de la composición corporal de un sujeto, sino también de la edad, el sexo y de la actividad física que realice (Mei et al., 2002; Forriol et al., 1990).

También se utiliza energía para la actividad física, efecto térmico de los alimentos y termogénesis facultativa o adaptativa. Excesos relativamente pequeños en la ingesta energética, pero mantenidos durante largo tiempo, producen aumentos significativos en la grasa corporal.

## 1.5 OBESIDAD Y SUS COMORBILIDADES

La obesidad del adulto se asocia con comorbilidades bien conocidas, como son la hipertensión arterial, alteraciones de los lípidos plasmáticos, diabetes mellitus y la patología pulmonar crónica, todos ellos condicionantes del llamado riesgo cardiovascular. Al margen de los aspectos cuantitativos, la distribución de la grasa corporal con predominio central o visceral, incluso en niveles bajos de obesidad, se asocia en el adulto a un mayor riesgo de complicaciones metabólicas. El riesgo de enfermedad coronaria y las alteraciones lipídicas plasmáticas se asocian sobre todo con la obesidad troncular o androide, aunque la hipercolesterolemia e hiperinsulinismo son comunes en ambos tipos (Bueno et al., 1996).

Desde los estudios de los "indios pilman" en 1979 (Savaje et al., 1979) y el estudio Bogalusa (Aristimuno et al., 1984) se ha acumulado evidencia que permite afirmar que existe una clara relación entre la obesidad en el niño y adolescente y la obesidad posterior. No queda duda de que los riesgos metabólicos de los niños con obesidad

nutricional existen y que, al igual que en los adultos, se han relacionado sobre todo con la cantidad y la distribución de la grasa corporal.

Las comorbilidades más importantes en la obesidad del niño y del adolescente son:

### **Síndrome metabólico**

Se denomina así al conjunto de factores de riesgo cardiovascular de origen metabólico como son la hipertensión arterial, las alteraciones del metabolismo hidrocarbonado y la dislipemia. Aunque no hay un acuerdo completo en su definición son cada vez más numerosas las publicaciones que hablan de la presencia del síndrome metabólico en la infancia, situándose su prevalencia entre el 3-4% (Sabin et al., 2006; Tapia et al., 2007) aunque hay estudios que llegar a cifrarlo en aproximadamente un 25 % de los niños y adolescentes obesos. (Huang et al., 2013).

### **Hígado graso no alcohólico**

La manifestación más frecuente e importante es la esteatosis no alcohólica que llega a producir un cierto grado de inflamación por lo que se denomina esteatohepatitis no alcohólica. Se sospecha ante la elevación de enzimas hepáticas y el aumento de ecogenicidad hepática y se confirma con biopsia hepática percutánea. La causa de esta situación guarda relación con la resistencia a la insulina y el metabolismo hepático alterado de los principios inmediatos, sobre todo de las grasas (Schwimmer et al., 2006).

### **Problemas ortopédicos**

De diversa índole y generados habitualmente por la mala distribución de una carga excesiva. Precozmente aparece el genu valgum, el pie plano y una marcha peculiar que es causa y consecuencia de la distribución anómala de la carga, siendo frecuentes las epifisiolisis de cadera de causa probablemente de origen multifactorial. Suelen quejarse de dolores óseos sobre todo lumbar, no siempre correlacionados con el contenido mineral óseo (Taylor et al., 2006).

### **Repercusión psicosocial.**

El aislamiento, la falta de interés por el ambiente, el mal rendimiento escolar y la baja autoestima así como la depresión son frecuentes y a menudo subestimados (Reilly et al., 2003).

### **Complicaciones cardiovasculares**

La hipertensión arterial es tres veces más frecuente que en los niños no obesos y guarda relación directa con el IMC. En este sentido han sido de gran interés los estudios de monitorización de tensión arterial ambulatoria (Lurbe et al., 2004).

Se ha comprobado que existe un aumento del espesor de las capas íntima y media de la carótida y una disfunción endotelial probablemente reversible tras la pérdida de peso. Igualmente se comprueba un incremento de la pared del tabique interventricular y de la pared posterior del ventrículo izquierdo (Wunsch et al., 2006).

### **Complicaciones respiratorias**

Además del conocido factor de riesgo para el padecimiento del asma, (Hampton, 2014) las complicaciones respiratorias de la obesidad son de diversa índole. Van desde la disnea de esfuerzo hasta el síndrome de apnea del sueño. Para su estudio se requiere una polisomnografía, que se indica ante somnolencia diurna y/o la existencia de ronquidos e irregularidades en el sueño. Si se demuestra que la hipoventilación es grave, con cierta frecuencia hay que recurrir a la indicación de un dispositivo de presión positiva continua (Reilly et al., 2003).

### **Alteraciones de la pubertad**

Aunque no existe una patología de la pubertad propia de los niños obesos, sí es conocido el adelanto del inicio puberal más frecuente en las niñas, que guarda relación con la leptina aunque puede tener otros condicionantes (Wang et al., 2002).

### **Síndrome de ovario poliquístico**

Aproximadamente el 50 % de los casos de ovario poliquístico se asocia a obesidad y sobre todo si es de predominio abdominal, insulinoresistencia y síndrome metabólico.

Recientemente se ha considerado el tratamiento con metformina, además de con antiandrógenos, que es el tratamiento habitual (Nicandri et al., 2012).

## 1.6 PARÁMETROS ANTROPOMÉTRICOS PARA LA DEFINICIÓN Y CUANTIFICACIÓN DE LA OBESIDAD

### 1.6.1 Índice de Masa Corporal (IMC)

El estadístico y astrónomo belga Adolphe Quetelet en 1830 con el argumento de que era necesario corregir las diferencias de tamaño para comparar la nutrición de los sujetos, fue quien estableció la relación del peso con la talla. Posteriormente se denominó IMC (Keys et al., 1977) pero no fue hasta 1980 que las agencias de salud pública lo adoptaron más como una manera de identificar a los individuos con riesgo cardiovascular que para cuantificar la obesidad. Su uso se ha generalizado por sus ventajas como son su simplicidad, el que no requiere personal muy entrenado para su cálculo y que no requiere tablas de referencia a pesar que su relación con la masa grasa se ha cuestionado (Cole et al., 2005)

El IMC es una medición estadística que relaciona el peso y la estatura de una persona. Es uno de los índices que ajusta el peso en función de la talla elevada a una potencia (n) dada. En sentido estricto es una medida de infrapeso/sobrepeso, no de delgadez /obesidad (Power et al., 1997). El IMC, dada su baja correlación con la talla y su alta correlación con el peso y los pliegues cutáneos, es mejor medida de adiposidad que el peso para la talla (P/T) y que el índice ponderal ( $P / T^3$ ) (Forriol et al., 1990; Mei et al., 2002; Power et al., 1997; Prentice, 1998) y por ello la ITFO y otros autores consideran que es un índice razonable de sobrepeso y probablemente de adiposidad (Dietz et al., 1998; Geiss et al., 2001).

De los numerosos parámetros e índices antropométricos que se han utilizado para definir el sobrepeso, el IMC en los niños y adolescentes es el más usado, aunque está sujeto a mucha discusión respecto a su precisión para la estimación de la masa grasa corporal (Maynard et al., 2001). Dado que en la población pediátrica el IMC no sólo varía con el peso sino también con la edad, un mismo IMC puede indicar diferentes porcentajes de masa grasa y de masa grasa total según el grado de maduración sexual, edad, sexo, raza y grado de adiposidad central (Daniels et al.1997; Wells, 2001), lo que

obliga a compararlo con valores de referencia ajustados para la edad y el sexo. Al no tener el peso y la talla una distribución normal se debe calcular el Z-score del IMC para la edad y sexo o percentil relativo respecto a una distribución específica del IMC para la edad. En este sentido son importantes los trabajos de Nevil que el IMC subestima la masa grasa en sujetos con valores más bajos de IMC y al contrario en sujetos obesos (Nevil et al., 2011).

El Z Score representa el número de desviaciones estándar por encima o por debajo de la media. Es decir, el peso y la talla son transformados en el valor del IMC y éste es transformado en el valor de Z Score para la edad y el sexo específicos, por lo tanto no se trata de una simple medida del peso y la talla del niño. Por otro lado, el peso se correlaciona con el tejido graso y el porcentaje de masa grasa, es por ello que se tiende a correlacionar el IMC con el porcentaje de masa grasa. Pero se ha de tener en cuenta que el peso también está influenciado por la masa muscular y el tejido no graso. Es decir, el IMC está relacionado con el tejido graso pero no es una medida precisa de tejido graso (Daniels et al.1997; Wells, 2001), es un buen índice para la realización de estudios epidemiológicos y permite comparar los resultados de diversos orígenes.

#### 1.6.1.1 Evolución del IMC

La evolución natural del IMC muestra variaciones escalonadas durante la infancia, con un pico a los 9 – 12 meses de vida, seguido de un declive progresivo hasta los 6 años y tras ello un segundo aumento que se producirá en el periodo peripuberal que se mantiene hasta la edad adulta. Este segundo aumento es denominado por algunos autores como rebote adiposo (Power et al., 1997; Rolland-Cachera et al., 1984). Actualmente se asiste a un rebote adiposo precoz en los países desarrollados probablemente en relación con las dietas con alto contenido proteico y bajo contenido en grasas (Rolland-Cachera et al., 2006). Aunque se ha propuesto como factor de riesgo para el desarrollo futuro de obesidad a nivel clínico, la utilidad de la detección del rebote adiposo es limitada, ya que por definición es un dato retrospectivo. Por lo que la identificación de la edad del rebote adiposo, como estrategia para identificar a los niños de riesgo a desarrollar sobrepeso u obesidad, no es mejor que la determinación de los percentiles del IMC (Freedman et al., 2009), pero sí es importante saber que puede ser el momento de inicio de obesidad posterior y por lo tanto un buen momento para su detección y prevención si procede. Por

el contrario el niño en edad preescolar reduce su adiposidad y mantiene el aumento de peso y de talla.

### 1.6.1.2 Sistemas de clasificación del IMC

La clasificación del IMC más ampliamente aceptada en niños y adolescentes son las de las tablas de crecimiento del CDC y los puntos de corte de la IOTF (Chinn, 2006; Cole et al., 2000; Freedman et al., 2009; Ogden et al., 2002). Los puntos de corte establecidos para definir la condición de sobrepeso u obesidad no están basados en la asociación con desarrollo de enfermedad, no obstante varios estudios han demostrado que los IMC elevados para la edad están asociados con el aumento de la grasa corporal, efectos adversos metabólicos y elevados valores de IMC en la vida adulta (Freedman et al., 2004).

Los puntos de corte de la clasificación IOTF están basados en datos de 6 países (incluidos los Estados Unidos), y relacionan el IMC de 25 kg/m<sup>2</sup> (adulto con sobrepeso) y 30 kg/m<sup>2</sup> (adulto obeso) a la edad de 18 años con el IMC a edades más tempranas. A los 18 años un chico en los Estados Unidos con un IMC de 30 kg/m<sup>2</sup> corresponde con percentil 96,7 y un Z-score de 1,84, usando este punto de corte para definir obesidad entre las edades de 2 a 17,5 años (Cole et al., 2000). Si esta distribución del IMC se considera en función de las edades de 25 a 30 años (en lugar de los 18 años), la prevalencia del sobrepeso y la obesidad en la infancia aumentaría, ya que la distribución de los valores del IMC en los adultos tiende al aumento con el tiempo. A edades más tempranas (2-5 años), los puntos de corte de la CDC son más bajos que los de la IOTF, posiblemente esto sea reflejo del incremento secular más pequeño que presenta el IMC en edades preescolares (respecto a las edades escolares) en los niños americanos (Cole et al., 2000; Freedman et al., 2009).

A nivel nacional se dispone de las tablas creadas por la fundación Orbegozo publicadas en 1995. Son muy utilizadas en la práctica clínica así como en los estudios realizados sobre población española. Estos datos de referencia fueron creados a partir de un gran trabajo formado por un estudio longitudinal y un estudio transversal, cuyo objetivo fue obtener estándares para poder hacer el seguimiento individual en la clínica de un sujeto concreto y valorar si su patrón o ritmo de crecimiento se situaba dentro o fuera

de los límites de variación normal (Hernández et al., 1988; Sobradillo et al., 2004). En este momento se dispone también de las tablas resultantes de la continuación de los estudios de crecimiento transversales y longitudinales realizados en la población caucásica autóctona, junto con datos de crecimiento en la población inmigrante, como son las proporcionadas por el grupo de Carrascosa publicadas en el año 2010 (Carrascosa et al., 2010). A los que les atribuye el problema de estar realizadas en un momento de importante aumento de obesidad en la población pediátrica y por lo tanto puede dar como no obesos pacientes realmente obesos.

En el año 2005 la OMS se propuso la elaboración de unos estándares, basados en un seguimiento longitudinal de niños, hijos de madres sanas, no fumadoras y que recibieron una alimentación ideal (lactancia materna un mínimo de 4 meses) (OMS 2010), que ya han sido aceptadas en más de 125 países (de Onis., 2012).

#### 1.6.1.3 Relación del IMC con la grasa corporal

La masa grasa normalmente es estandarizada por el peso corporal y expresado en porcentaje de grasa corporal ( $100 \times \text{masa grasa en kg} / \text{peso corporal en kg}$ ). Una alternativa es expresar la masa grasa en relación a la talla elevada al cuadrado, esto permite el uso del índice de masa grasa (FMI):  $\text{masa grasa} / \text{talla}^2$ , y por otro lado el índice de masa no grasa (nFMI):  $\text{masa no grasa} / \text{talla}^2$ . De tal forma que como  $\text{FMI} + \text{nFMI} = \text{IMC}$ , el uso de estos índices proporcionaría una herramienta para saber si las diferencias del IMC son debidas a la masa grasa o bien a la masa no grasa. Existen estudios que examinan la capacidad del IMC en valores altos para identificar a niños con exceso de grasa corporal. Aunque el IMC no es muy útil para estimar el porcentaje de grasa corporal en niños con peso normal, su sensibilidad aumenta conforme la hace el grado de grasa corporal. En el estudio pediátrico Rossetta se mide la grasa corporal por DXA en 1196 niños de 6 a 17 años y estudian la relación del IMC para la edad según los valores del índice de masa grasa (FMI) y el índice de masa no grasa (nFMI). Encuentran que la masa grasa aumenta de forma importante sólo cuando el Z Score del IMC estaba por encima de 1 (percentil 85 según las tablas de la CDC). En cambio la relación del IMC para la edad según el nFMI si tiene un comportamiento lineal. Valores de IMC en niños delgados entre 5 y 8 años, muestran una mejor asociación con el nFMI ( $r:0.83$ ) que con el FMI

( $r:0.22$ ), mientras que la masa grasa corporal muestra una buena relación ( $r:0.96$ ) entre los niños con IMC elevados ( $IMC \geq$  percentil 85 según las tablas de la CDC). El análisis del proyecto pediátrico Rosseta indica que los IMC elevados para la edad son un buen índice para determinar el exceso de grasa corporal (Freedman et al., 2007).

### 1.6.2 Índice de Masa Corporal relativo (IMCr)

Al igual que el índice de Quetelet, fue ideado por Shuckla como medida de malnutrición y posteriormente se ha mostrado muy útil en el estudio general de la nutrición normal como de sus desviaciones ya sea por defecto o por exceso. Es una proporción entre el IMC del sujeto y el del percentil 50 según las tablas de referencia utilizadas. Se expresa en porcentaje y se ha considerado normal cualquier valor entre 90 y 110 %, sobrepeso si rebasa en 110 % y obesidad si el resultado es igual o mayor de 120 %. Tiene la ventaja sobre el IMC de que relaciona la situación del sujeto en un momento dado con la normalidad de los sujetos de su edad y género aunque se ha referido que es menos orientativo en valores extremos de la talla tendiendo a estimar por exceso a los niños en valores altos de la talla y a realizar lo contrario en niños en percentiles bajos de talla (Martínez et al., 2010).

Aunque es algo más laborioso de realizar y requiere disponer de las tablas en el momento tiene a su favor su fácil comprensión por parte de los pacientes y de familiares no habituados a estos datos.

Durante los últimos años, y probablemente, condicionado por las definiciones de obesidad basadas en el IMC se ha dejado de utilizar, aunque en fechas recientes se le ha llamado Cociente de Obesidad y se ha preconizado su uso sobre todo en niños pequeños (Dunn-Rankin et al., 2015) alegando para su simplificación que el denominador podría ser una constante para cada edad.

### 1.6.4 Parámetros antropométricos para la estimación de la grasa corporal y su distribución

Se ha definido la obesidad en el niño y adolescente como un exceso de grasa corporal y se ha visto que el grado de adiposidad, sobre todo troncular, guarda relación

con las distintas comorbilidades, por lo que parece importante y necesario desde el punto de vista clínico intentar su cuantificación con la mayor exactitud posible.

Es conocido que el tejido graso tiene una importante actividad metabólica y su distribución corporal está relacionada con enfermedades cardiovasculares en el adulto, por lo que es importante cuantificar de masa grasa corporal en la práctica clínica diaria. El tejido adiposo intraabdominal es el tipo de grasa corporal que más relevancia clínica tiene en la edad adulta, siendo un factor de riesgo para complicaciones metabólicas y con efectos nocivos para la salud (Aranceta et al., 2003). El parámetro ideal para determinar la grasa corporal debería ser sensible, preciso y accesible.

La valoración de la grasa corporal total se puede realizar con la medida de los pliegues cutáneos o de los perímetros. La estimación cuantitativa de la grasa corporal total puede obtenerse a partir de varias fórmulas predictivas ideadas especialmente para niños y adolescentes de ambos sexos. Las mediciones se suelen efectuar en extremidades sobre el tríceps y el bíceps de la extremidad superior no dominante, y en el tronco los pliegues subescapular y suprailíaco.

Diferentes ecuaciones permiten estimar la densidad corporal. Conociendo ésta, el porcentaje de la grasa puede calcularse utilizando las ecuaciones de Book, Siri o Slaughter, éstas últimas se han utilizado como patrón de referencia en Reino Unido y algún otro país europeo (Laurson et al., 2011). Del mismo modo, el cálculo de la grasa y del músculo de una sección del brazo, derivado de las mediciones del grosor del pliegue del tríceps y del perímetro del brazo permiten estimar el contenido del compartimiento graso y magro corporal.

Existen factores que hay que considerar cuando se usan medidas antropométricas para la determinación de la distribución de la grasa, particularmente cuando se pretende hacer comparaciones entre diferentes géneros o grupos étnicos. De ahí la importancia de disponer de valores de referencia que sean representativos de la población a estudio (Freedman et al., 2004; Sarría et al., 2001).

#### **1.6.4.1 Pliegues cutáneos**

Los pliegues cutáneos tanto aislados como formando parte de ecuaciones diversas se consideraron una herramienta muy atractiva y no invasiva para estimar la cantidad de

masa grasa corporal (Slaugther et al., 1988). Se han mostrado de gran utilidad para diferenciar un niño o adolescente obeso de uno de la misma edad de constitución atlética (Martínez et al., 2010). Aunque se ha sugerido que una simple medida o las ecuaciones referidas, pueden proporcionar una estimación más precisa de la grasa corporal que el valor del IMC para la edad, se han encontrado pequeñas diferencias en relación a la determinación del porcentaje de masa grasa con el IMC respecto a la medida de los pliegues cutáneos (Freedman et al., 2004). Por otro lado, la medición de los pliegues cutáneos puede ser fuente de errores de interpretación derivados de los resultados de medidas incorrectas realizadas por parte de personal no entrenado adecuadamente y de la dificultad para determinar los puntos precisos en los que se debe realizar la medición. Hay, además otro factor a considerar, que es la necesidad de variaciones importantes en el peso del paciente para que se traduzca en cambios valorables en la cuantificación de la medida de los pliegues. Por todo ello estas herramientas antropométricas no se recomiendan como parte de una exploración rutinaria, pero sí se han sugerido como ayuda para determinar el exceso de grasa corporal en los niños y adolescentes con sobrepeso definido a partir del IMC (Freedman et al., 2009; Krebs et al., 2007).

#### **1.6.4.2 Perímetro braquial**

Se comenzó a utilizar para la detección de malnutrición en grandes poblaciones dado que es más sencillo de determinar que el IMC (Goossens et al., 2012) y considerando esta sencillez se incluyó entre los parámetros auxológicos de rutina en pacientes obesos.

Posteriormente se ha validado con múltiples estudios en poblaciones de obesos, tanto adultos como niños, y se ha ido consolidado como un buen marcador de exceso de peso y de exceso de grasa (Craig et al., 2014), aunque para esta estimación es algo menos sensible sobre todo en niños de 5 – 9 años sin que se haya dado una razón convincente para este hecho. Igualmente queda por dilucidar su capacidad para predecir algunas de las comorbilidades de la obesidad.

#### **1.6.4.3 Perímetro cintura**

El perímetro de la cintura es la medida antropométrica que mejor representa la distribución de la grasa corporal, siendo un buen medidor de la grasa intraabdominal, responsable de la mayoría de alteraciones metabólicas tanto en niños como en adultos (Aranceta et al., 2003). El perímetro de la cintura está siendo punto de atención como indicador de masa grasa para el RCV tanto en adultos como en niños. Este interés creciente se debe a la relación encontrada entre el tejido graso visceral y perivisceral con las alteraciones metabólicas en los niños y adultos. Comparado con el IMC, el perímetro de la cintura en los niños parece proporcionar una mejor estimación de la grasa visceral, mientras que el IMC es mejor parámetro para estimar el tejido graso subcutáneo. Varios estudios de regresión multivariante muestran que el perímetro de la cintura es mejor predictor de insulinoresistencia, alteraciones de la presión arterial y alteraciones lipídicas que el IMC (Krebs et al., 2007). No existen datos disponibles para determinar el punto de corte del perímetro de la cintura, para identificar a los niños con más grasa visceral o aquellos con mayor RCV que hayan sido clasificados como sobrepesos u obesos según su IMC. No obstante se va añadiendo este parámetro a las herramientas de medida de obesidad y probablemente del RCV en niños y adolescentes.

#### 1.6.4.4 Perímetro cadera

Aunque inicialmente se pensó como una medición útil es el estudio de los parámetros indicadores de obesidad y de RCV, aunque se ha visto que tiene sus limitaciones sobre todo derivadas de su dependencia con la raza, el género, edad y situación puberal del sujeto a estudiar. Actualmente se incluye en las medidas auxológicas y existen tablas percentiladas, pero su mayor utilidad es la de permitir calcular el índice cintura/cadera y cadera /talla (Serra et al., 2003).

#### 1.6.5 Índices

Tras aumentar la evidencia acerca de que el depósito de grasa troncular es lo que se relaciona más firmemente con la aparición de complicaciones metabólicas, se ha intentado definir índices que, partiendo de las mediciones clínicas habituales, permitan orientar hacia la cantidad de grasa y por tanto a la posible aparición de complicaciones.

#### 1.6.5.1 Índice Cintura-Talla

Como la mayor parte de las mediciones auxológicas son raza, edad y sexo dependientes, el índice cintura/talla ha emergido como una nueva herramienta para la estimación de la grasa. Se ha referido sobre todo en adultos, que es un buen indicador de obesidad abdominal y por tanto de riesgo metabólico (Mansur-Kuba et al., 2013). En niños hay estudios realizados en grandes poblaciones que demuestran que es poco o nada dependiente de la edad, del sexo y del estadio puberal por lo que se propone que el valor de corte de 0.55 podría utilizarse como herramienta práctica para definir los niños y adolescentes en riesgo de síndrome metabólico (Arnaiz et al., 2014).

#### 1.6.5.2 Índice Cadera-Talla

También llamado índice de adiposidad parece que se va mostrando como un buen indicador de masa grasa total y tiene la ventaja, sobre todo para estudios de grandes poblaciones, que no requiere la determinación del peso. El estudio de Bergman realizado en 1733 adultos de origen Mejicano y 223 de origen africano concluyó que además de ser un buen índice de estimación de grasa corporal comparado con los datos obtenidos por DXA, no está tan influenciado por la grasa como otros índices (Bergman et al., 2011). Sin embargo en otro estudio realizado posteriormente también en una población de 1151 adultos sanos y de razas diferentes concluyen que no es mejor índice para la estimación de la grasa corporal que el IMC o las circunferencias de cintura o cadera (Freedman et al., 2012).

#### 1.6.5.3 Relación Cintura-Cadera

Existen dos tipos de obesidad según el patrón de distribución de grasa corporal: androide y ginoide. Al primer tipo se le llama obesidad troncular, intraabdominal o visceral y al segundo extraabdominal o subcutáneo (González et al., 2000; Jover., 1997; Montalbán., 2001). La relación cintura/cadera se usa con frecuencia en adultos para describir la distribución de la grasa corporal, estableciendo la OMS los valores de

normalidad en adultos en 0.8 para las mujeres y 1 para los hombres (OMS., 2000; OMS., 2004). En la medida de este índice influye la postura y la curvatura de la columna vertebral, el contenido del abdomen (grasa y no grasa), la cantidad y el tono de los músculos de la pared abdominal y las dimensiones óseas a nivel de la cadera. Una relación cintura/cadera elevada indica un aumento relativo de la grasa a nivel abdominal. Sin embargo, varios estudios han mostrado un valor predictivo modesto de la relación cintura/cadera respecto al tejido graso intraabdominal (Armellini et al., 1990; Van der Kooy et al., 1993). En algunos estudios la relación cintura/cadera explica del 12 al 60% de la variabilidad de la grasa intraabdominal determinada por tomografía computadorizada (Koester et al., 1992), resonancia nuclear magnética (Ros et al., 1993; Van der Kooy et al., 1993) y ecografía (Armellini et al., 1990). En niños, Brambilla y colaboradores han observado resultados similares a los de los adultos (Brambilla et al., 1994).

Aunque de lo dicho anteriormente se puede pensar que la relación cintura/cadera no es útil para la estimación de la distribución de la grasa, la sencillez de su medida la hacen aceptable para su uso a nivel clínico y epidemiológico. Además, la relación cintura/cadera presenta una estrecha relación con las complicaciones metabólicas de la obesidad (Flodmark et al., 1994) y se considera un factor de riesgo de enfermedades cardiovasculares (Kahn et al., 1996). Datos que apoyan los resultados obtenidos por Moreno y colaboradores en los que concluyen que la relación cintura/cadera parece definir de forma más precoz que la relación tríceps/subescapular el patrón de distribución de la grasa en niños (Moreno et al., 1998).

#### **1.6.5.4 Índice de conicidad**

Es la relación del valor de perímetro de un cilindro imaginario generado con el peso y la altura. Esto se debe a que la obesidad abdominal supone la progresión a una forma de doble cono cuya base común es la cintura (Valdez et al., 1993).

La fórmula del Índice de conicidad:

$$\text{Índice de Conicidad} = \frac{\text{Perímetro cintura}(m)}{0,109 \times \sqrt{\text{Peso}(kg)/\text{Talla}(m)}}$$

En la que 0.109 sería la resultante de la transformación de unidades de volumen a unidades de longitud.

Tendría la ventaja teórica sobre el IMC que orientaría hacia la distribución de la grasa y por tanto hacia el riesgo metabólico de un determinado paciente. Es una ventaja añadida el hecho de que para su cálculo no requiere el perímetro de la cadera del que no se dispone habitualmente en estudios de grandes poblaciones y que es sabido que su precisión es menor.

En el estudio de Taylor realizado en 270 niños de edades comprendidas entre 3 y 9 años y comparando con los datos obtenidos del DXA concluye que no es más exacto para la estimación de la masa grasa que el perímetro de la cintura de forma aislada (Taylor et al., 2000). Posteriormente hay pocos estudios que confirmen o desmientan estos hechos.

### 1.6.3 Índice de Masa Corporal inverso (iIMC)

Considerando que el IMC no tiene una distribución normal en la población pediátrica y que se ha cuestionado su utilidad para la estimación de la masa grasa se propuso el iIMC ( $\text{cm}^2/\text{kg}$ ) y se concluyó, en estudios realizados en adultos, que era útil y más preciso para esta estimación (Nevill et al., 2011).

Recientemente se ha llevado a cabo un estudio en población infantil utilizando como referencia la masa grasa obtenida por DXA, que ha permitido concluir que el iIMC sí tiene una distribución normal en la población estudiada y que aunque tanto el IMC como el iIMC son buenos predictores de la masa grasa el iIMC predice algo mejor la varianza de la misma (Duncan et al., 2014).

## 1.7 ABSORCIOMETRÍA RADIOLÓGICA DE DOBLE ENERGÍA (DXA)

Los escáneres DXA se concibieron inicialmente para mejorar las determinaciones de masa ósea obtenidas con las técnicas de absorciometría de fotones de dos energías (DPA) mediante la incorporación de un tubo estable de rayos X en sustitución de la

fuentes de fotones radiactiva de Gadolinio  $^{153}\text{Gd}^{44}$ . Esta modificación permitió mejorar la detección de los márgenes óseos, obtener imágenes con mayor resolución y acortar los tiempos de medición, todo ello con una mínima irradiación (Mazees et al., 1990). Además, la composición de los tejidos blandos que rodean el hueso, que se consideraba constante en las técnicas absorciométricas tradicionales, puede medirse ahora en los píxeles vecinos, lo que minimiza consiguientemente, el error en las medidas del contenido mineral óseo.

### 1.7.1 Principios de la técnica

Bajo la camilla se localiza un tubo de rayos X que emite un haz de rayos X. Éste, al atravesar un filtro se convierte en otro haz de rayos X con dos picos de energía separados y claramente definidos (energía A y energía B). Dichas energías varían de un fabricante de DXA a otro. El haz de rayos X de dos energías es atenuado exponencialmente al pasar por un absorbente de dos fases, que se consideran en el organismo, el mineral óseo y los tejidos blandos. No obstante, dado que la masa grasa y la masa magra de los tejidos blandos poseen coeficientes de atenuación diferentes para los rayos X, los píxeles que no contienen hueso se comportan también como un absorbente de dos fases, permitiendo la diferenciación de los tejidos blandos en grasa y tejido magro no óseo. Los rayos X transmitidos son recogidos por un detector situado encima del paciente.

El haz de fotones resultante de un flujo inicial  $I_0$  es atenuado al atravesar el organismo. La reducción en el flujo producida por la absorción en los tejidos es exponencial. A partir de la intensidad del haz incidente y de la intensidad del haz resultante atenuado después de haber atravesado el organismo, para cada una de las energías y tras una serie de cálculos, la técnica DXA permitirá dividir el peso corporal en tres compartimientos: masa grasa, masa magra libre de hueso y masa ósea (Heymsfield et al., 1989; Kehayias et al., 2001), es decir permite estudiar la composición corporal total ya que puede independizar el tejido del hueso de la masa grasa y la masa magra (Fields et al., 2000).

Aunque los resultados obtenidos por Tomografía Axial Computarizada (TAC) y la Resonancia Nuclear Magnética (RNM) se han considerado el patrón oro para cuantificar y estudiar la distribución de la grasa corporal su uso no se ha generalizado debido a la

alta radiación de la TAC y de las dificultades que entraña realizar una RNM en niños (Goulding et al., 1996).

Por el contrario el DXA es una técnica relativamente simple, exenta de los problemas derivados de la radiación y que permite valorar la adiposidad total y regional en niños, además del CMO (Taylor et al., 2000).

Se ha referido que el estudio por DXA tiende a sobrestimar el % de grasa corporal en los niños obesos y a subestimarlos en niños delgados si se compara con los resultados de los pliegues cutáneos, pero esto se atribuye a las variaciones intra e inter observador de los pliegues cutáneos (Sopher et al., 2004).

Aunque el DXA no puede diferenciar entre la grasa intraabdominal y la subcutánea, investigaciones en niños han demostrado una gran correlación entre la grasa del tronco y la intraabdominal medida por TAC y/o RNM (Goran et al., 1992). Igualmente ha mostrado una importante correlación con las medidas antropométricas y con los pliegues cutáneos en el estudio realizado en Dinamarca en una amplia población de niños sanos (Wohlfahrt-Veje et al., 2014) del que se han generado tablas de referencia del % de grasa total a las distintas edades.

En resumen el DXA se considera en el momento actual como un método rápido, preciso, seguro y de bajo riesgo. Es por tanto de gran ayuda en el trabajo clínico y el patrón oro para estudios de campo (Ellis., 2001).



# JUSTIFICACIÓN E HIPÓTESIS



## 2. JUSTIFICACIÓN E HIPÓTESIS

### 2.1 JUSTIFICACIÓN

El alarmante aumento de la prevalencia de la obesidad en las últimas décadas, y la tendencia a que en la vida adulta se mantengan los problemas iniciados en la infancia (Tracking) han condicionado que se desarrollen numerosas estrategias tanto a nivel social como sanitario para luchar contra la obesidad infantil que parece que ya van consiguiendo una cierta inflexión en este aumento.

Así pues, la evaluación precoz de la obesidad infantil es importante porque es el mejor momento para intentar evitar su progresión y la morbilidad asociada a la misma.

De forma paralela al aumento de la población pediátrica con sobrepeso/obesidad a lo largo de las últimas décadas, la definición de obesidad ha ido cambiando y hoy en día parece existir un consenso mundial para la definición de obesidad como el exceso de masa grasa, clasificando el sobrepeso y la obesidad, cuyos puntos de corte han sido establecidos a partir de magníficos trabajos poblacionales.

Por otro lado, se plantea la falta de idoneidad de las diferentes herramientas disponibles para medir o estimar la masa grasa en la práctica clínica diaria. Así pues, no existe unanimidad sobre cuál es el mejor parámetro antropométrico para estimar el tejido graso en la práctica clínica diaria, por lo que cada grupo de trabajo usa el que cree más adecuado y mejor se adapta a sus necesidades, originando una gran diversidad de herramientas de medida que dificulta la exploración de los resultados de los diferentes trabajos.

Con todo esto parece oportuno estudiar las medidas antropométricas de las que habitualmente se dispone en la clínica y su relación con la masa grasa corporal medida de una forma objetiva y ya validada.

## 2.2 HIPÓTESIS

Determinados parámetros antropométricos sencillos para ser utilizados en la práctica clínica pediátrica diaria pueden guardar relación con el contenido graso y su distribución medido por DXA. Igualmente, los índices de ellos derivados podrían ser de ayuda para la estimación de la grasa corporal y su distribución y por tanto para la detección y seguimiento de la obesidad en el niño y adolescente.





# OBJETIVOS



## 3. OBJETIVOS

### 3.1 OBJETIVOS PRINCIPALES

- Evaluar los parámetros indicadores de adiposidad obtenidos por DXA en una población de niños y adolescentes obesos.
- Determinar cuál de estas medidas e índices clínicos correlaciona mejor con los distintos porcentajes de grasa e índices medidos por DXA y puede ser utilizada indirectamente para estimar el porcentaje de masa grasa. Aplicar los llamados “nuevos índices para el estudio de la obesidad” (iIMC e índice de conicidad) utilizados en adultos y valorar su aplicabilidad en el niño.

### 3.2 OBJETIVOS SECUNDARIOS

- Estudiar si la distribución de la grasa corporal total medida por DXA se ve influida por la edad y el género en la población estudiada.
- Estudiar cuál de los parámetros auxológicos que se utilizan en la práctica clínica diaria, como son las medidas de talla, peso, perímetro del brazo, perímetro cintura, perímetro cadera e índices antropométricos clásicos como el índice de masa corporal, índice de masa corporal relativo, y las relaciones cintura/talla y cadera/talla se correlaciona mejor con la grasa corporal total, los porcentajes de grasa corporal total, grasa tronco, grasa androide y grasa ginoide, así como con el FMI y el nFMI.
- Valorar su inclusión como herramienta aplicable en la práctica clínica diaria que pueda ayudar en la detección y seguimiento de niños con sobrepeso y obesidad.





# MATERIAL Y MÉTODOS



## 4. MATERIAL Y MÉTODOS

### 4.1 POBLACIÓN ESTUDIADA

Se incluyeron pacientes remitidos por obesidad/sobrepeso desde atención primaria o de las diversas Unidades del Servicio de Pediatría a la Unidad de Nutrición Crecimiento y Metabolismo de dicho Servicio del Hospital Universitario San Juan de Alicante entre los años 2010-2015.

Para ser incluidos en el estudio se consideraron los siguientes criterios:

- Primera visita a la Unidad de Nutrición Crecimiento y Metabolismo.
- Tener un Z score para el IMC  $> 2$  lo cual supone un IMCr superior a 120 %.
- Ausencia de enfermedades crónicas asociadas conocidas.
- No estar recibiendo ningún tratamiento farmacológico de forma continuada.
- Haberse realizado estudio de DXA antes del inicio del tratamiento dietético y de las modificaciones en el estilo de vida habitual.

Como criterios de exclusión se establecieron todas aquellas situaciones en que la composición corporal pudiera verse modificada, al margen de la obesidad, y fueron aquellos pacientes:

- Diagnosticados de déficit de GH y por tanto que estuvieran recibiendo hormona exógena.
- Diagnosticados de obesidad sindrómica.
- Aquellos cuya obesidad se considerase secundaria a otras patologías como hipotiroidismo, tratamiento continuado con esteroides u otros fármacos que pudieran influir en la ingesta o consumo energético.
- Adelanto puberal.
- Aquellos pacientes en los que de forma aislada se detectó un IMCr igual o superior a 120%.

- Pacientes con problemas neurológicos o neuromusculares que les impidiese una deambulación y actividad física normales.

## 4.2 MÉTODOS

A todos los pacientes se les realizó un protocolo consistente en:

- a) Historia clínica detallada haciendo hincapié en los antecedentes personales como la situación nutricional al nacer, factores familiares (padres y hermanos) y el entorno social. Puede aportar evidencia acerca del origen nutricional de la obesidad y las posibles causas de esta situación, útiles en relación con el manejo posterior.
- b) Exploración física completa incluyendo la toma de tensión arterial sistólica y diastólica.
- c) Encuesta dietética del día anterior y encuesta de estilo de vida. Aunque únicamente tiene un valor orientativo, permite detectar una alimentación cualitativa o cuantitativamente inadecuada.
- d) Somatometría completa: incluyendo peso, talla y perímetros de brazo, cintura y cadera.
- e) Cálculo de los distintos índices: Se calcularon los índices clásicos como el IMC [ $\text{Peso}(\text{kg})/\text{Talla}(\text{m})^2$ ], el IMCr [ $\text{Peso}(\text{kg})/\text{Talla}(\text{m})^2/(\text{Peso}(\text{kg})/\text{Talla}(\text{m})^2 \text{ P50})$ ], los índices cintura/talla, cadera/talla y cintura/cadera, y los de más reciente descripción como son el iIMC (talla en  $\text{cm}^2/\text{kg}$ ) y el índice de conicidad [ $\text{Perímetro de la cintura}(\text{m})/0.109 \times \sqrt{\text{Peso}(\text{kg})/\text{Talla}(\text{m})}$ ].
- f) Estudio de la composición corporal por DXA: Tras el análisis DXA, se recogió para el estudio el peso de grasa total, los porcentajes de masa grasa total, grasa del tronco, grasa androide y grasa ginoide, y se calculan el FMI ( $\text{masa grasa}/\text{talla}^2$ ) y nFMI ( $\text{masa no grasa}/\text{talla}^2$ ).

La recogida de los valores antropométricos se realizó siguiendo el protocolo que se describe a continuación.

## Talla

Se utilizó un estadiómetro anclado en la pared con una aproximación de 0,1 cm. Los pacientes se midieron de pie, mirando al frente, desprovistos de calzado, con la cabeza erguida y plano de Frankfurt (plano ideal establecido entre el punto inferior de la órbita y el punto superior del meato auditivo paralelo al suelo (figura 4).

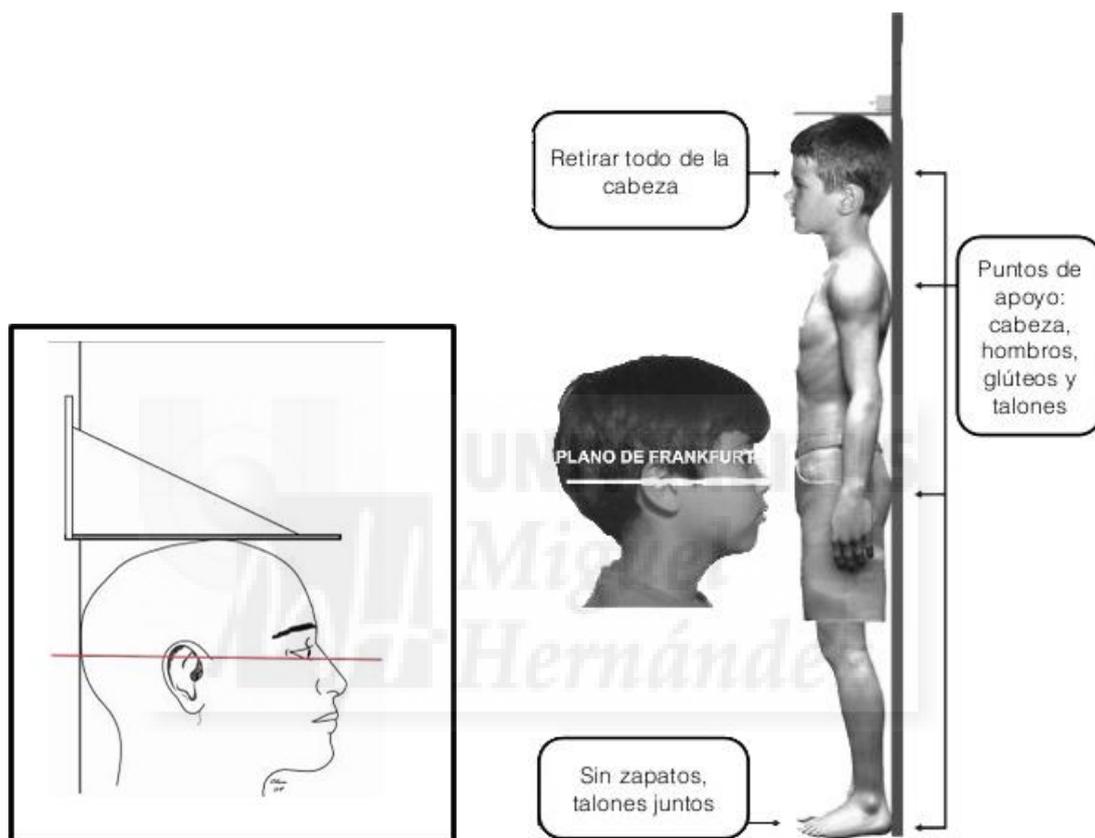


Figura 4: Plano de Frankfurt y puntos de contacto para la medición de la talla

A los habituales 4 puntos de contacto clásicos (figura 4) occipucio, escápulas, nalgas y talones se añadió, como va siendo habitual, el punto de las pantorrillas para un mejor contacto.

## Peso

Para la medición de peso se utilizó una báscula SECA con una aproximación de 0,1 kg. La báscula se niveló y calibró antes de cada paciente, verificando que todos los casos que el sujeto se encuentre en el centro de la plataforma y es importante tener en

cuenta que el paciente no contacte en ningún sitio. Los pesos se realizaron por duplicado y se consideró para el estudio la media aritmética de ambas mediciones.

## **PERÍMETROS**

Para la medición de los perímetros se utilizó una cinta métrica no extensible. Todas las mediciones se realizaron por duplicado y se obtuvo media aritmética de los dos resultados.

### **Perímetro braquial**

Se midió en la parte media del brazo no dominante y con el brazo relajado. Para calcular este punto se consideró la distancia entre el acromion escapular y el olecranon cubital.

### **Perímetro cintura**

Se midió con el sujeto de pie, con el abdomen relajado y de frente al examinador, se localizan las crestas iliacas y en una línea que va desde la cresta al borde costal inferior, se calcula a la parte media y se sitúa la cinta en éste punto perpendicular al eje corporal. La medición se efectúa al final de la espiración y sin apretar.



## Perímetro cadera

Se llevó a cabo en la misma posición que el de la cintura teniendo en cuenta pasar la cinta métrica por la máxima protuberancia de las nalgas. Igualmente se realizaron dos mediciones para obtener la media.

## ÍNDICES

A partir de estos datos, se calculan los distintos índices: cintura/talla, cadera/talla, cintura/cadera, IMC, Z Score IMC, IMCr, iMCR e índice de conicidad ya definidos.

## DXA

El estudio se efectuó con un densitómetro DXA General Electric Lunar Modelo DPXN PRO™. Este equipo dispone de Tecnología Pencil Beam con una fuente constante a 76 KV. Con esto permite una gran velocidad de exploración y optimiza el barrido y da unos resultados muy precisos. Lleva acoplado un sistema informático que permite analizar los resultados y compararlos con tablas de valores de referencia basadas en el estudio NHANHES II .

Con esta tecnología que ofrece la posibilidad de realizar un estudio exhaustivo de cuerpo completo. Los parámetros recogidos para el estudio fueron los siguientes:

- 1.- Grasa total corporal en kg y porcentaje de masa grasa con la siguiente ecuación:

$$\% \text{ masa grasa} = \frac{\text{masa grasa}}{\text{masa magra} + \text{masa magra libre de hueso} + \text{CMO}} \times 100$$

- 2.- La masa grasa de las diferentes del tronco: la región de tronco se delimita por una línea horizontal que pasa por debajo de la barbilla, unas laterales por los rebordes costales y una oblicuas por cuellos femorales.

- 3.- La masa grasa androide: mide la grasa contenida en la región de interés androide, cuyo límite inferior es la línea de sección de la pelvis y el superior se sitúa a 20 % de la distancia entre la pelvis y el cuello, siendo los límites laterales las secciones de los brazos.

4.- La masa grasa ginoide mide la grasa contenida en la región de interés ginoide. El límite superior de esta región, está debajo de la línea de la sección de la pelvis 1,5 veces de altura de la región androide y la línea superior 2 veces la altura de la región androide. Las laterales son las secciones de los brazos.

5.- FMI y nFMI: A partir de los datos obtenidos por DXA, es posible calcular el FMI [masa grasa(kg)/Talla(m)<sup>2</sup>] y el el nFMI [masa no grasa(kg)/Talla(m)<sup>2</sup>]



## ESTUDIO ESTADÍSTICO

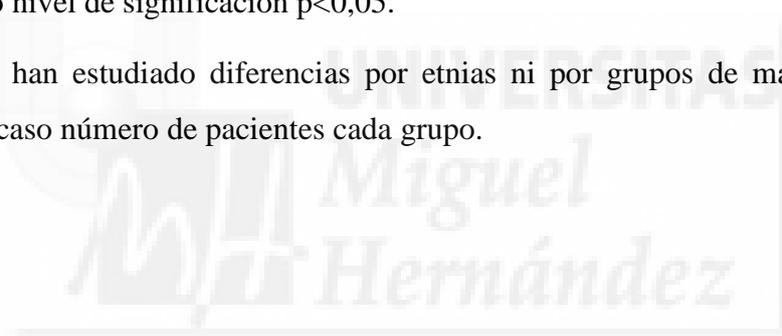
Para los cálculos estadísticos de los distintos parámetros auxológicos y nutricionales respecto a valores de normalidad, se utilizó la aplicación informática SEINAPTRAKER generada desde la SEINAP (SOCIEDAD ESPAÑOLA DE INVESTIGACION EN NUTRICION Y ALIMENTACIÓN PEDIATRICA) para “la gestión de pacientes y cálculos auxológicos y nutricionales en Pediatría”.

Esta aplicación incluye la posibilidad en cada paciente de utilizar diversos estándares de los más utilizados en clínica como son los de la Fundación Orbeagozo 1988

– 2002, los de Recién nacidos Hospital de Cruces 1966, Recién nacidos Barcelona 2003, Centro Andrea Prader Zaragoza 2002 y Grupo Colaborativo AEP-SENC-SEEDO (En Kid). Para este estudio se optó por los realizados en el Centro Andrea Prader y para los perímetros por los establecidos en el estudio En Kid.

Para el procesado estadístico de los datos se utilizó el paquete informático IBM SPSS Statistics 22.0., calculando las medidas de tendencia central (media y mediana) y de dispersión (desviación típica). Para comparar variables se realizaron pruebas no paramétricas y para estudiar la relación entre diferentes parámetros se efectuaron estudios de correlación lineal ANOVA, utilizando como variable dependiente los parámetros obtenidos en DXA y variables independientes los distintos parámetros antropométricos e índices obtenidos. En los casos en que se considera una regresión lineal aceptable, se calcularon las rectas de regresión del parámetro DXA frente a la medida antropométrica o índice calculado, expresando dichos valores mediante las ecuaciones de la recta. Se utilizó como nivel de significación  $p < 0,05$ .

No se han estudiado diferencias por etnias ni por grupos de maduración sexual debido al escaso número de pacientes cada grupo.







# RESULTADOS



## 5. RESULTADOS

### 5.1 DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA

#### 5.1.1 Descripción general de la muestra

La población total estudiada incluye 133 niños y adolescentes de edades comprendidas entre los 5 y 15 años con sobrepeso-obesidad remitidos a la Unidad de Nutrición Crecimiento y Metabolismo del Servicio de Pediatría del Hospital San Juan de Alicante entre Diciembre del 2010 y Febrero de 2015. El 42,9% de la muestra fueron niñas (57 niñas) y el 57,1% restante niños (76 niños). La media de edad de los niños fue de 10,7 años mientras que la de las niñas fue de 11,4 años, sin diferencias significativas entre los grupos de distinto sexo (tabla 4).

Tabla 4: Valor de la edad de los niños incluidos (media, desviación estándar y mediana)

Edad	Media	S.D.	Mediana
Niños	10,7	2,7	10,7
Niñas	11,4	2,5	11,9

Prueba U de Mann-Whitney  $p=0,191$

Las características de los parámetros somatométricos del grupo total están expresados en la tabla 5.

*Tabla 5: Descripción de la muestra total (n=133). Edad y medidas antropométricas.*

n=133	Media	S.D.	Mediana	Mínimo	Máximo
Edad (años)	11,1	2,6	11,5	5	15
Talla (cm)	150,5	14,9	152,7	111,7	180,9
ZS Talla	0,9	1,1	0,9	-1,7	3,6
Peso (Kg)	64,3	18,1	64,4	27,5	120,1
ZS Peso	3,5	1,5	3,2	2,0	9,1
PB (cm)	31,4	6,9	30,5	22,5	97,0
ZS PB	3,2	2,3	2,9	0,4	25,8
Cintura (cm)	83,7	10,0	83,0	62,0	121,0
ZS Cintura	2,5	1,1	2,3	0,7	7,6
Cadera (cm)	94,3	11,5	95,0	58,5	130,5
ZS Cadera	1,9	1,1	1,8	-2,4	5,8

Los datos obtenidos tras la realización del DXA de los pacientes del grupo total (peso grasa total, % grasa total, % grasa tronco, % grasa androide, % grasa ginoide, FMI y nFMI, están expresados en la tabla 6.

Tabla 6: Descripción de la muestra general (n = 133). Datos obtenidos del DXA.

n = 133	Media	S.D.	Mediana	Mínimo	Máximo
P G total	29,7	10,4	28,1	8,4	66,5
% G total	45,4	5,8	45,1	26,1	60,6
% GT	47,1	6,2	47,4	26,1	59,7
% GA	52,9	6,0	53,3	32,2	64,6
% GG	53,4	5,2	53,5	33,1	65,4
FMI	12,8	3,2	12,5	5,7	26,4
nFMI	15,1	1,6	14,8	12,2	21,2

Así mismo, los valores de los índices cintura/talla, cadera/talla, cintura/cadera, IMC, Z Score IMC, IMCr, iIMC e índice de conicidad (media, desviación estándar, mediana, mínimo y máximo) están expresados en la tabla 7.

Tabla 7: Descripción de la muestra general (n = 133). Índices calculados.

n=133	Media	S.D.	Mediana	Mínimo	Máximo
Ci/T	0,56	0,05	0,55	0,50	0,72
Ca/T	0,63	0,05	0,62	0,42	0,82
Ci/Ca	0,89	0,07	0,89	0,75	1,20
IMC (kg/m <sup>2</sup> )	27,9	4,0	27,2	20,9	43,5
ZS IMC	3,6	1,5	3,2	2,01	9,3
IMCr (%)	149,2	18,6	143,3	122,5	217,8
iIMC (m <sup>2</sup> /kg)	365,4	47,0	367,8	229,7	478,6
IC (m <sup>1/2</sup> kg <sup>-1/2</sup> )	1,19	0,06	1,18	1,07	1,41

### 5.1.2 Grado de Obesidad de la muestra y distribución

Para el estudio se clasificó la población seleccionada en cuatro grupos según el Z Score del IMC: Grupo 1 sobrepeso; grupos 2, 3 y 4 distintos grados de obesidad. El grupo 1 con Z Score IMC comprendido entre 1 y 2, incluye el 4,5% de la muestra y la media de edad de este grupo está en 13,4 años. El grupo 2 con Z Score IMC comprendido entre 2 y 3, incluye el 66,2% de la muestra, con una media de edad de 11,4 años. El grupo 3 con Z Score IMC comprendido entre 3 y 4, incluye el 11,3% de la muestra y su edad media es de 10,1 años. El grupo 4 con Z Score IMC comprendido entre 4 y 5, incluye el 18% de la muestra y su media de edad era de 10,2 años. La media de las edades de los diferentes grupos, su desviación estándar y mediana se recogen en la tabla que aparece a continuación (tabla 8).

Tabla 8: Distribución por grupos en relación Z Score del IMC y edad de cada grupo.

Grado Obesidad	Z score IMC	% Muestra	Edad [media (SD) mediana]
Grupo 1	>1 y <2	4,5	13,4 (1,0) 13,1
Grupo 2	≥2 y <3	66,2	11,4 (2,2) 11,5
Grupo 3	≥3 y <4	11,3	10,1 (3,3) 9,6
Grupo 4	≥4 y <5	18	10,2 (3,2) 10,3

Test de Kruskal-Wallis p=0,069

La distribución de los distintos grupos en función del grado de obesidad por sexo se recogen en la tabla que aparece a continuación (tabla 9).

Tabla 9: Distribución por grupos en relación Z Score del IMC y sexo.

Grado Obesidad	Z Score IMC	Niñas	Niños
Grupo 1	>1 y <2	2	4
Grupo 2	≥2 y <3	37	51
Grupo 3	≥3 y <4	8	7
Grupo 4	≥4 y <5	10	14

Test Chi Cuadrado  $p = 0,818$

Estos datos recogidos, pueden verse también en la figura 5.

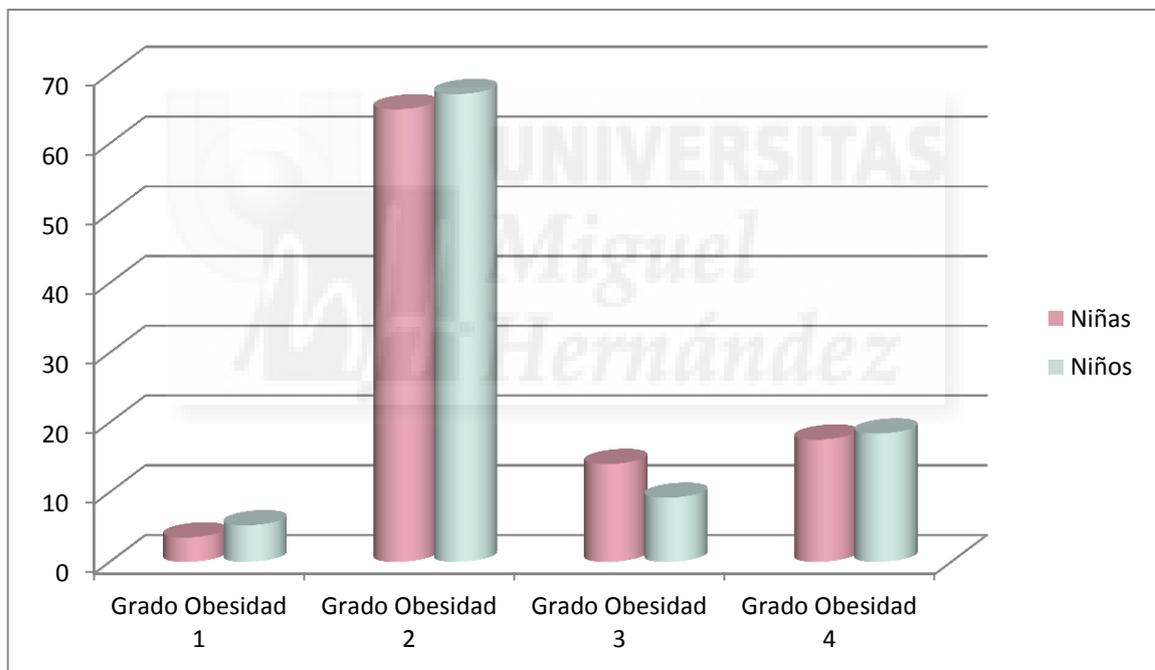


Figura 5: Distribución en % de la población en función del sexo y del grado de obesidad. Test Chi cuadrado no significativo.

Debido a que los grupos de obesidad 1, 3 y 4 incluyen un pequeño número de pacientes, se decide no utilizar esta distribución para el resto de los análisis.

### 5.1.3 Descripción según grupos de sexo

A continuación se realizó un estudio descriptivo de la muestra total por sexos (tabla 10).

Tabla 10: Descripción de la muestra por sexos. Edad y medidas antropométricas.

	Niñas (n=57) media (SD) mediana	Niños (n=76) media (SD) mediana	p U-MW
Edad (años)	10,7 (2,7) 10,7	11,4 (2,5) 11,9	0,191
Talla (cm)	147,5 (15,1) 151,1	152,6 (14,5) 154,2	0,075
ZS Talla	0,98 (1,11) 1,00	0,78 (1,04) 0,80	0,339
Peso (kg)	62,2 (18,9) 60,8	65,8 (17,6) 68,1	0,125
ZS Peso	3,67 (1,40) 3,50	3,44 (1,58) 3,10	0,328
PB (cm)	30,6 (4,3) 29,5	31,1 (3,3) 31,2	0,079
ZS PB	3,63 (1,28) 3,30	2,72 (0,88) 2,60	<0,001
Cintura (cm)	80,9 (9,1) 79,0	85,8 (10,3) 86,5	<0,001
ZS Cintura	2,88 (1,13) 2,60	2,28 (1,05) 2,00	<0,001
Cadera (cm)	94,4 (11,9) 93,0	94,0 (11,2) 96,3	0,669
ZS Cadera	2,14 (1,08) 1,90	1,64 (1,07) 1,55	0,023

*Test U-Man Whitney*

De las mediciones efectuadas, la del perímetro del brazo no ofreció diferencias en valores absolutos pero si en el ZS que resultó superior en el grupo de niñas.

Se encontraron diferencias en el perímetro de la cintura que resulto en valor absoluto superior en los niños, mientras que el ZS del perímetro de la cintura fue superior en el grupo de las niñas.

Se estudiaron a continuación los datos obtenidos del DXA por sexo en la muestra total, expresándose los resultados en la tabla 11.

*Tabla 11: Descripción de la muestra por sexo. Datos obtenidos del DXA.*

	Niñas (n=57) media (S.D.) mediana	Niños (n=76) media (S.D.) mediana	p U M-W
Peso grasa total	29,7 (11,5) 27,2	29,7 (9,6) 29,2	0,519
% G total	46,7 (5,3) 46,2	44,4 (6,0) 45,0	0,070
% GT	48,6 (5,3) 48,2	45,9 (6,6) 46,7	0,038
% GA	54 (5,2) 53,6	52,1 (6,4) 53,2	0,168
% GG	55,3 (4,2) 55,3	52,1 (5,5) 51,8	<0,001
FMI	13,2 (3,5) 12,5	12,5 (2,9) 12,4	0,418
nFMI	14,7(1,4) 14,6	15,4 (1,8) 15,0	0,038
<i>Test U-Man Whitney</i>			

En los datos recogidos se encuentra una diferencia importante en el % de grasa ginoide, siendo éste superior en el grupo de niñas, no habiendo diferencias en el resto de los parámetros estudiados (tabla 11).

Por último, los valores de los índices calculados en la muestra total por sexo se expresaron en la tabla 12.

Tabla 12: Descripción de la muestra por sexo. Índices antropométricos calculados.

	Niñas (n=57) media (S.D.) mediana	Niños (n=76) media (S.D.) mediana	p U M-W
Ci/T	0,55 (0,05) 0,54	0,56 (0,05) 0,55	0,056
Ca/T	0,64 (0,05) 0,63	0,62 (0,05) 0,61	0,016
Ci/Ca	0,86 (0,06) 0,86	0,92 (0,07) 0,91	<0,001
IMC (kg/m <sup>2</sup> )	27,9 (4,4) 26,6	27,9 (3,7) 27,4	0,435
Z Score IMC	3,73 (1,60) 3,30	3,49 (1,36) 3,15	0,696
IMCr (%)	150,3 (19,7) 143,3	148,4 (17,9) 143,2	0,611
iIMC (m <sup>2</sup> /kg)	365,4 (49,2) 377,2	365,4 (45,6) 365,4	0,434
I.C.(m <sup>1/2</sup> kg <sup>-1/2</sup> )	1,16 (0,06) 1,16	1,21 (0,06) 1,20	<0,001

Test U-Man Whitney

Tras efectuar las distintas comparaciones únicamente se encuentra que el índice cintura/cadera fue superior en el grupo de niños al igual que el índice de conicidad.

#### 5.1.4 Descripción según grupos de edad y sexo

La distribución de los pacientes por sexos y grupos de edad siguiendo los criterios descritos en material y métodos (Grupo de edad 1: niñas con edad inferior a 8 años y niños con edad inferior a 9 años. Grupo de edad 2: niñas con edad igual o mayor a 8 años y niños con edad igual o mayor a 9 años), fue la siguiente (tabla 13):

Tabla 13: Distribución de la muestra según grupo de edad y sexo.

	Niñas	Niños
Grupo de edad 1	13	12
Grupo edad 2	44	64

Atendiendo a esta distribución se ha realizado el estudio de todos los parámetros, efectuando el test de U-Man Whitney entre los grupos de edad 1 (U-MW 1) y los grupos de edad 2 (U-MW 2) y se calcula la p de Kruskal-Wallis (p K-W) (tabla 14).

*Tabla 14: Descripción de la muestra total por sexos y grupos de edad. Talla y medidas antropométricas.*

	Niñas (n=57)		Niños (n=76)		U-MW 1	U-MW 2	p K-W
	G Edad 1 media (S.D.)	G Edad 2 media (S.D.)	G Edad 1 media (S.D.)	G Edad 2 media (S.D.)			
Talla (m)	128,7 (10,1)	153,6 (10,6)	130,9 (8,4)	157,3 (11,3)	0,538	0,160	<0,001
ZS Talla	1,3 (1,0)	0,9 (1,1)	1,2 (1,0)	0,7 (1,0)	0,689	0,479	0,151
Peso (kg)	41,7 (7,4)	68,5 (16,7)	42,6 (7,1)	70,8 (15,3)	0,810	0,263	<0,001
ZS Peso	4,2 (1,1)	3,4 (1,3)	4,6 (2,0)	3,2 (1,3)	0,810	0,485	0,007
PB	27,0 (2,6)	31,7 (4,1)	27,4 (2,4)	31,9 (3,0)	0,376	0,207	<0,001
ZS PB	3,6 (1,0)	3,6 (1,4)	3,5 (1,1)	2,6 (0,8)	0,437	<0,001	<0,001
Ci	73,4 (6,0)	83,2 (8,7)	74,3 (7,1)	87,0 (13,7)	0,689	<0,001	<0,001
ZS Ci	2,9 (0,9)	2,9 (1,2)	2,7 (1,5)	2,1 (1,5)	0,376	0,002	0,006
Ca	81,8 (5,7)	98,2 (10,8)	80,1 (9,3)	97,1 (9,8)	0,852	0,995	<0,001
ZS Ca	2,3 (0,8)	2,0 (1,1)	2,0 (1,4)	1,6 (1,0)	0,538	0,047	0,012

*U-Man Whitney (U-MW) entre grupos de edad 1 (U-MW 1) y grupos de edad 2 (U-MW 2). p de Kruskal Wallis (p K-W)*

Con los valores anteriores se observa que los niños y niñas del grupo de edad 1 no tienen diferencias en ninguno de los parámetros antropométricos estudiados, mientras que en el grupo 2 ya se establecen diferencias significativas y en concreto en el Z Score del perímetro del brazo, en el perímetro de cintura y en su Z Score. Dichas diferencias son evidentes entre los grupos de edad.

Se recogen los parámetros obtenidos del DXA de los distintos grupos de edad y sexos, calculándose la media y desviación estándar de todas ellas y realizando las mismas comparaciones anteriores (tabla 15).

*Tabla 15: Datos obtenidos del DXA de los distintos grupos de edad y sexos.*

	NIÑAS (n=57)		NIÑOS (n=76)		U-MW 1	U-MW 2	p K-W
	G Edad 1 media (S.D.)	G Edad 2 media (S.D.)	G Edad 1 media (S.D.)	G Edad 2 media (S.D.)			
P G total	18,6 (4,8)	33,0 (10,8)	17,8 (5,3)	32,0 (5,6)	0,894	0,900	0,000
% G total	44,2 (5,2)	47,5 (5,1)	41,0 (6,8)	45,0 (5,7)	0,437	0,050	0,016
% GT	46,8 (5,4)	49,1 (5,3)	42,7 (5,0)	46,5 (6,2)	0,295	0,047	0,048
% GA	54,1 (4,9)	53,9 (5,3)	49,6 (7,9)	52,6 (6,0)	0,205	0,355	0,374
% GG	54,1 (4,2)	55,6 (4,2)	51,5 (5,4)	52,2 (5,6)	0,295	0,001	0,007
FMI	11,4 (2,6)	13,8 (3,6)	10,3 (2,6)	12,9 (2,8)	0,503	0,308	0,003
nFMI	14,1 (0,8)	14,9 (1,5)	14,5 (1,3)	15,6 (1,8)	0,437	0,091	0,009

*U-Man Whitney (U-MW) entre grupos de edad 1 (U-MW 1) y grupos de edad 2 (U-MW 2). p de Kruskal Wallis (p K-W)*

Del mismo modo que en los parámetros antropométricos, no existen diferencias en los parámetros DXA en el grupo de edad 1 entre niños y niñas, no así en el grupo de edad 2 entre sexos y entre las distintas edades.

Esto, junto con la distribución según grado de obesidad queda reflejado en los gráficos que se presentan a continuación (figuras 6-12).

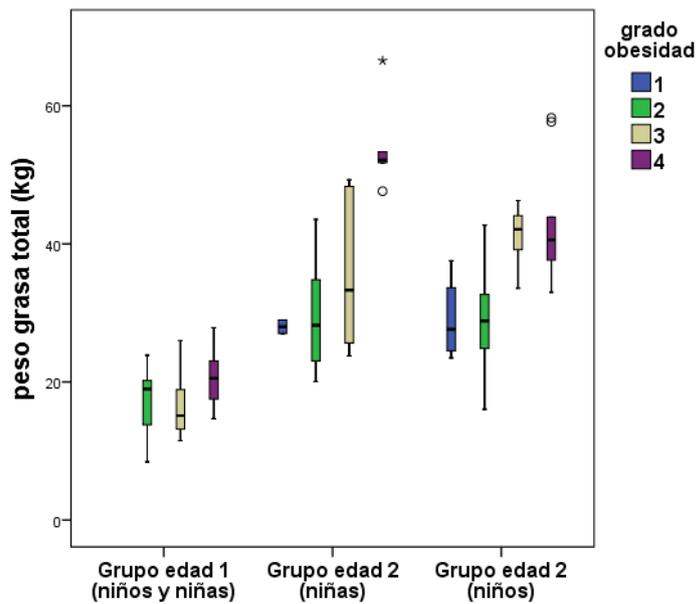


Figura 6. Valores de grasa total según edad, sexo y grado de obesidad.

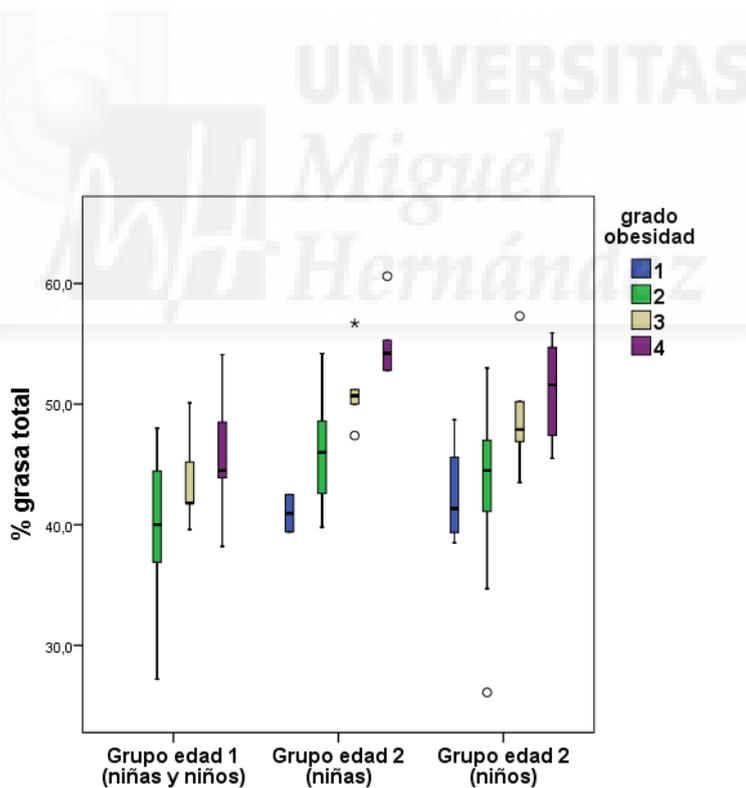


Figura 7. Porcentaje de grasa total según edad, sexo y grado de obesidad.

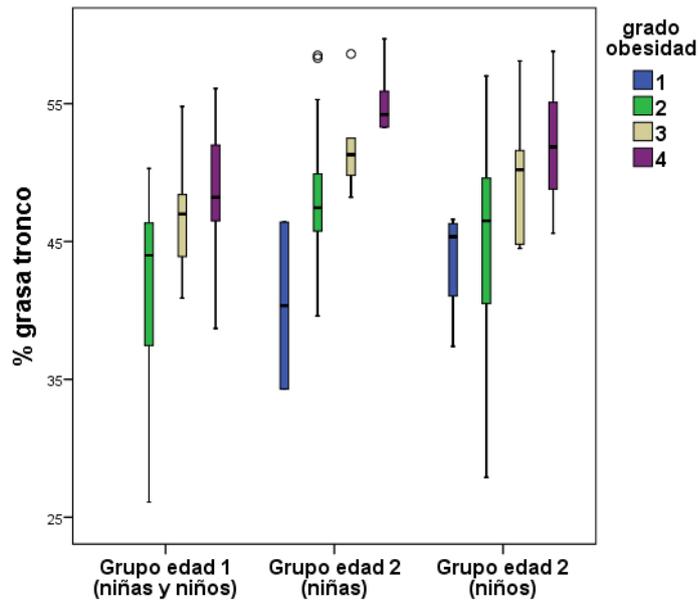


Figura 8. Porcentaje de grasa en tronco según edad, sexo y grado de obesidad.

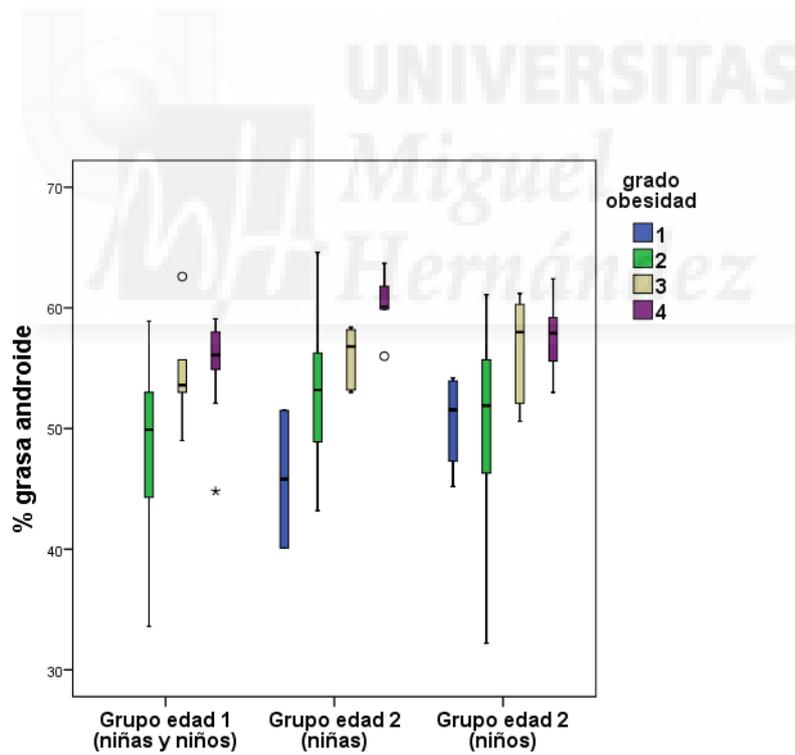


Figura 9. Porcentaje de grasa androide según edad, sexo y grado de obesidad.

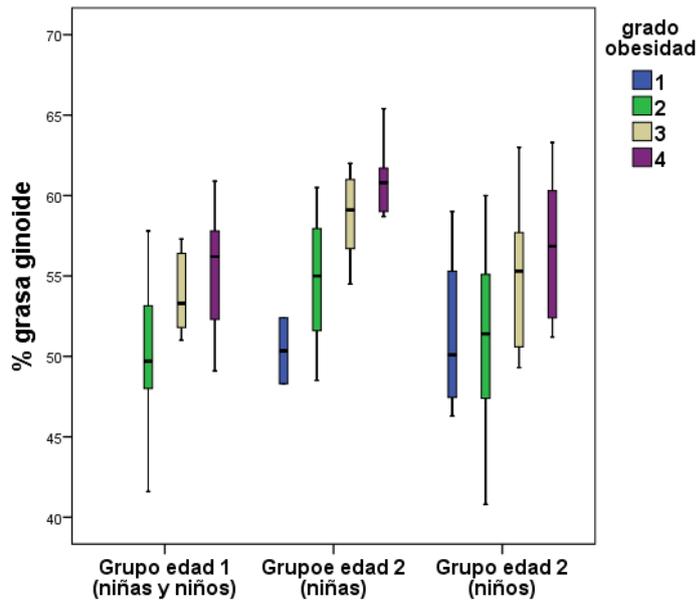


Figura 10. Porcentaje de grasa ginoide según edad, sexo y grado de obesidad.

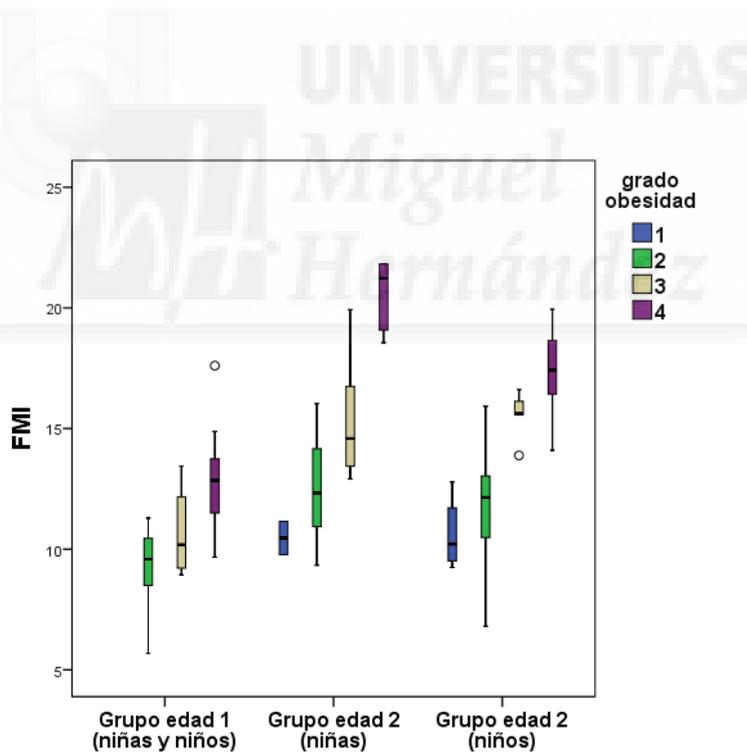


Figura 11. FMI según edad, sexo y grado de obesidad.

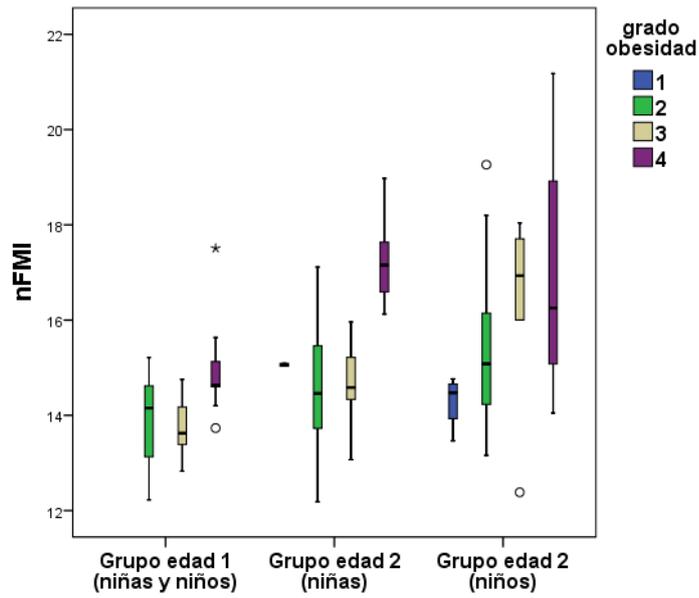


Figura 12. nFMI según edad, sexo y grado de obesidad.

Del mismo modo, los índices calculados están expresados en la tabla 16:

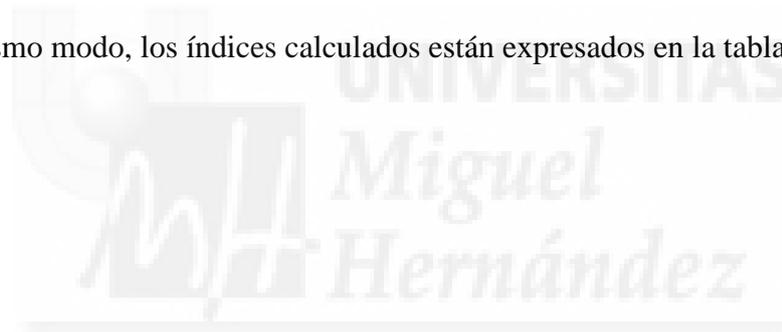


Tabla 16: Índices medidos por grupos de edad y sexos.

	Niñas (n=57)		Niños (n=76)		U-MW 1	U-MW 2	p K-W
	G EDAD 1 media (S.D.)	G EDAD 2 media (S.D.)	G EDAD 1 media (S.D.)	G EDAD 2 media (S.D.)			
Ci/T	0,58 (0,04)	0,54 (0,05)	0,57 (0,06)	0,55 (0,08)	0,728	0,011	0,028
Ca/T	0,65(0,05)	0,61 (0,06)	0,64 (0,05)	0,64 (0,05)	0,270	0,041	0,112
Ci/Ca	0,89 (0,03)	0,85 (0,07)	0,93 (0,08)	0,90 (0,12)	0,186	<0,001	<0,001
IMC (kg/m <sup>2</sup> )	25,2 (2,8)	28,7 (4,6)	27,8 (3,1)	28,4 (3,5)	0,470	0,515	<0,001
Zs IMC	4,5 (1,5)	3,4 (1,3)	4,4 (1,9)	3,3 (1,1)	0,538	0,802	0,011
IMCr (%)	153,6 (18,2)	149,3 (20,1)	149,6 (19,8)	148,1 (17,6)	0,406	0,913	0,710
iIMC (m <sup>2</sup> /kg)	397,4 (41,0)	356,0 (47,7)	409,0 (47,8)	356,1 (40,8)	0,503	0,511	<0,001
IC(m <sup>1/2</sup> kg <sup>-1/2</sup> )	1,18 (0,03)	1,15 (0,06)	1,20 (0,05)	1,22 (0,06)	0,470	<0,001	<0,001
<i>U-Man Whitney (U-MW) entre grupos de edad 1 (U-MW 1) y grupos de edad 2 (U-MW 2). p de Kruskal Wallis (p K-W)</i>							

Al estudiar la comparación entre los diferentes índices calculados, no se observan diferencias entre niños y niñas en el grupo de edad 1, pero si en el grupo de edad 2 en concreto en los índices cintura/talla, cintura/cadera e índice de conicidad, mientras que al comparar entre grupos de edad, todos son significativos a excepción del índice cadera/talla y el IMCr.

## 5.2 CORRELACIÓN DE PARÁMETROS OBTENIDO POR DXA FRENTE A LAS DISTINTAS MEDIDAS ANTROPOMÉTRICAS

Se estudiaron las correlaciones mediante el test Anova de los datos obtenidos del DXA frente a todos los parámetros antropométricos e índices calculados.

### 5.2.1 Datos obtenidos del DXA frente al Z Score del perímetro del brazo

El estudio de correlación de los datos obtenidos del DXA frente al Z Score del perímetro del brazo en la muestra total (n=133) reveló, como puede apreciarse en la tabla 17, ausencia de correlación.

Tabla 17: Datos del DXA frente al Z Score del perímetro del Brazo en la muestra total.

ZS PB vs	r <sup>2</sup>	p
Peso G total	0,086	<0,001
% G total	0,148	<0,001
% GT	0,128	<0,001
% GA	0,096	<0,001
% GG	0,100	<0,001
FMI	0,216	<0,001
nFMI	0,004	0,220
<i>Test Anova</i>		

Se realiza el mismo estudio de correlación de los datos obtenidos del DXA frente al Z Score del perímetro del brazo, pero esta vez con las niñas y niños del grupo de edad 1 (tabla 18). Se observa una mayor correlación con todos los parámetros pero sólo con una r<sup>2</sup> apreciable con el FMI (figura 13).

Tabla 18: Datos del DXA frente al Z Score del perímetro del brazo en niñas y niños del grupo de edad 1.

ZS PB vs	r <sup>2</sup>	p
Peso G total	0,353	0,001
% G total	0,380	0,001
% GT	0,300	0,003
% GA	0,256	0,006
% GG	0,210	0,012
FMI	0,636	<0,001
nFMI	0,087	0,082

Test Anova

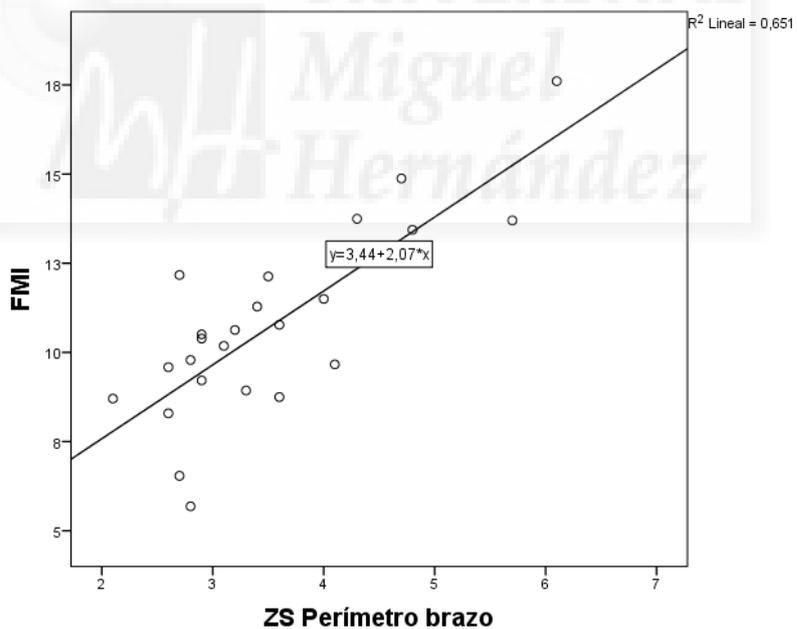


Figura 13: Regresión lineal del parámetro DXA FMI frente al Z Score del perímetro del brazo en niños y niñas del grupo de edad 1.

Al realizar el mismo estudio con los niños y niñas del grupo de mayor edad (Grupo2) separados en función del sexo (tabla 19), se obtienen buenas correlaciones en

las niñas con el peso de grasa total, % grasa total y FMI frente al Z Score del perímetro del brazo (figuras 14 y 15). No se observa ninguna correlación buena en los varones.

*Tabla 19: Datos del DXA frente al Z Score del perímetro del brazo en niñas del grupo edad 2 y niños del grupo edad 2.*

ZS PB vs	Niñas Grupo edad 2		Niños Grupo edad 2	
	r <sup>2</sup>	p	r <sup>2</sup>	p
Peso G total	0,737	<0,001	0,055	0,034
% G total	0,576	<0,001	0,089	0,009
% GT	0,349	<0,001	0,091	0,009
% GA	0,253	<0,001	0,060	0,029
% GG	0,421	<0,001	0,038	0,067
FMI	0,822	<0,001	0,152	0,001
nFMI	0,307	<0,001	-0,014	0,721
<i>Test Anova</i>				

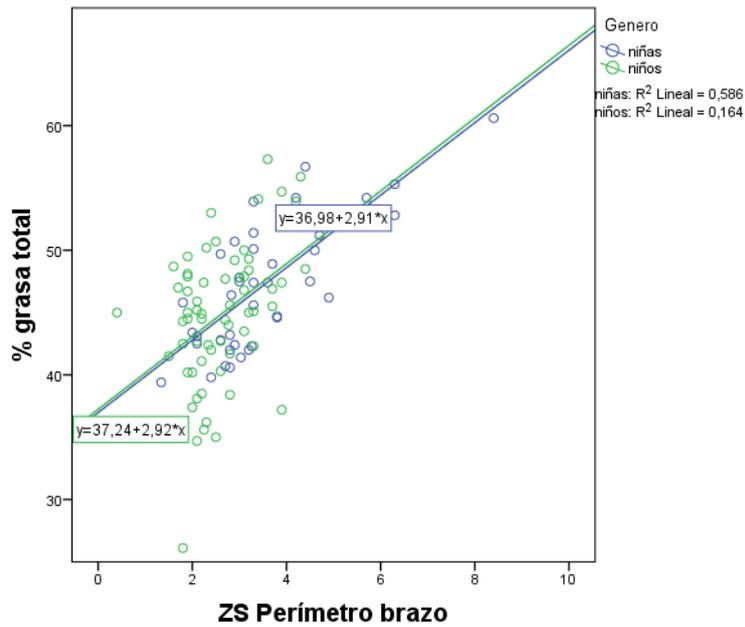


Figura 14: Regresión lineal del parámetro DXA % grasa total frente al Z Score del perímetro del brazo en niños y niñas del grupo de edad 2.

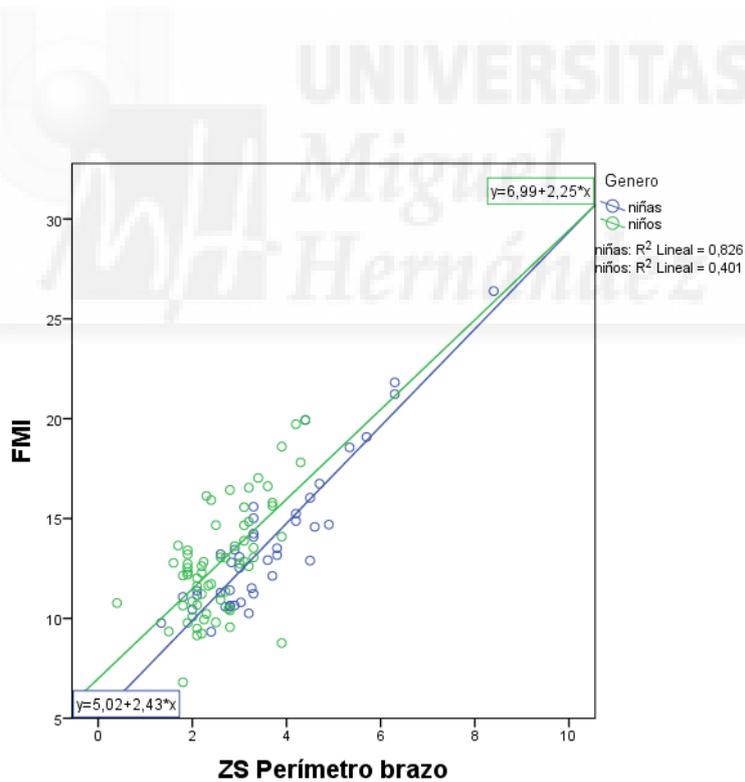


Figura15: Regresión lineal del parámetro DXA FMI frente al Z Score del perímetro del brazo en niños y niñas del grupo de edad 2.

### 5.2.2 Datos obtenidos del DXA frente al Z Score de la cintura

Al estudiar la correlación de los datos obtenidos del DXA frente al Z Score de la cintura en la muestra total (n=133) se obtienen los datos expresados en la tabla 20, no apreciándose ninguna con buen coeficiente de correlación.

Tabla 20: Datos del DXA frente al Z Score de la cintura en la muestra total.

ZS Ci vs	r <sup>2</sup>	p
Peso G total	0,222	<0,001
% G total	0,261	<0,001
% GT	0,270	<0,001
% GA	0,285	<0,001
% GG	0,145	<0,001
FMI	0,429	<0,001
nFMI	0,000	0,001
<i>Test Anova</i>		

Si se estudian las niñas y los niños del grupo de edad 1 (tabla 21) los resultados de correlación vuelven a mejorar con respecto al grupo total (figura 16), presentando un coeficiente de correlación mayor de 0,5 el FMI.

Tabla 21: Datos del DXA frente al Z Score cintura en niñas y niños del grupo de edad 1.

ZS Ci vs	r <sup>2</sup>	p
Peso G total	0,271	0,004
% G total	0,365	0,001
% GT	0,326	0,003
% GA	0,308	0,004
% GG	0,220	0,018
FMI	0,544	<0,001
nFMI	0,100	0,068

Test Anova

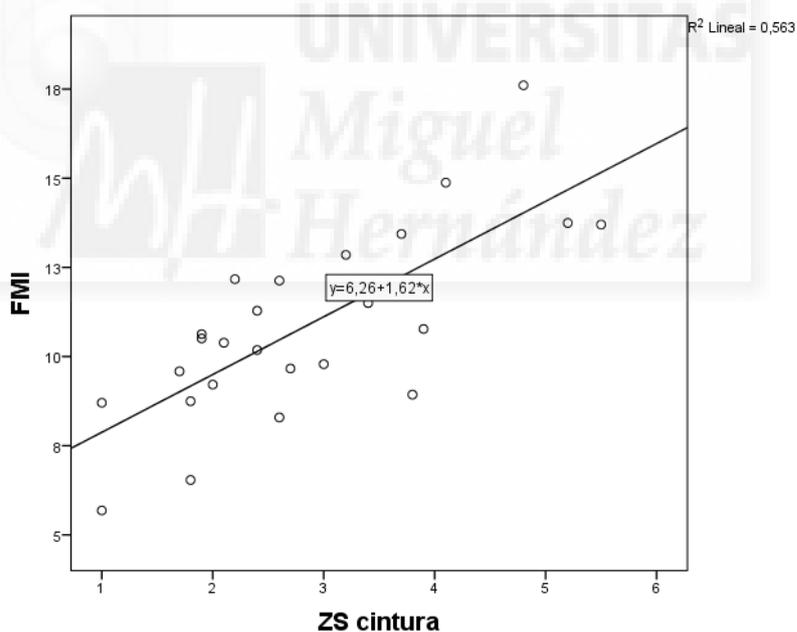


Figura16: Regresión lineal del parámetro DXA FMI frente al Z Score de la cintura en niñas y niños del grupo de edad 1.

Al realizar el estudio de correlaciones entre de los distintos parámetros del DXA frente al Z Score de la cintura en las niñas y niños del grupo de edad 2 por separado (tabla 22), se halla una buena correlación entre el Z Score de la cintura y el FMI, mejor entre las niñas (figura 17).

Tabla 22: Datos del DXA frente al Z Score de la cintura en niñas del grupo edad 2 y niños del grupo edad 2.

ZS Ci vs	Niñas Grupo edad 2		Niños Grupo edad 2	
	r <sup>2</sup>	p	r <sup>2</sup>	p
Peso G total	0,461	<0,001	0,431	<0,001
% G total	0,347	<0,001	0,222	<0,001
% GT	0,304	<0,001	0,263	<0,001
% GA	0,293	<0,001	0,299	<0,001
% GG	0,190	0,003	0,064	0,046
FMI	0,542	<0,001	0,483	<0,001
nFMI	0,285	<0,001	0,013	0,013

Test Anova

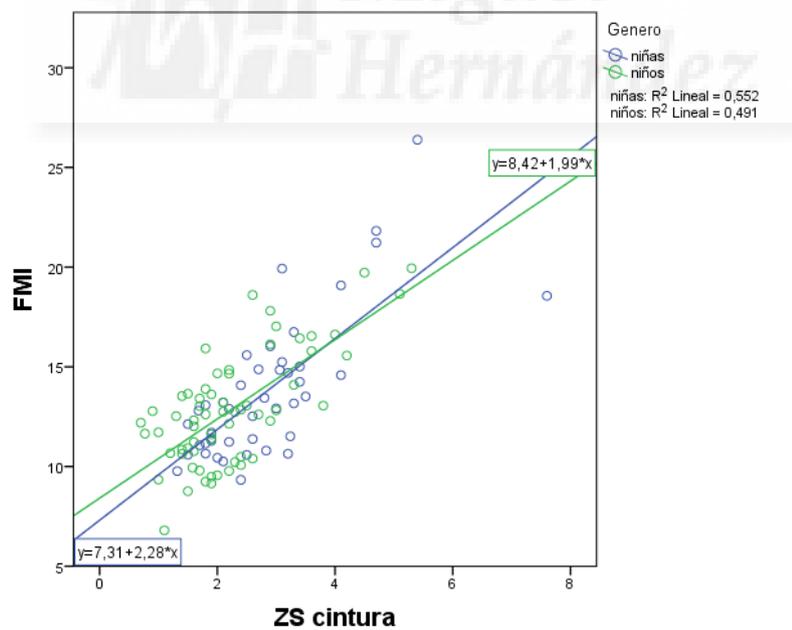


Figura 17: Regresión lineal del parámetro DXA FMI frente al Z Score de la cintura en niños y niñas del grupo de edad 2.

### 5.2.3 Datos obtenidos del DXA frente al Z Score de la cadera

En el estudio de los datos obtenidos del DXA frente al Z Score de la cadera en la muestra total (n=133) no se encuentra ninguna correlación apreciable salvo al del FMI (tabla 23).

Tabla 23: Datos del DXA frente al Z Score de la cadera en la muestra total (n=133).

ZS Ca vs	r <sup>2</sup>	p
Peso G total	0,236	<0,001
% G total	0,446	<0,001
% GT	0,342	<0,001
% GA	0,355	<0,001
% GG	0,400	<0,001
FMI	0,512	<0,001
nFMI	0,012	0,211

*Test Anova*

Al realizar el estudio de correlación en el grupo de edad 1 (tabla 24), se obtienen buenas correlaciones del % grasa total, % grasa tronco, % grasa androide, % grasa ginoide y FMI con el Z Score de la cadera (figuras 18-22).

Tabla 24: Datos del DXA frente al Z Score la cadera en niñas y niños del grupo de edad 1.

ZS Ca vs	r <sup>2</sup>	p
Peso G total	0,404	<0,001
% G total	0,706	<0,001
% GT	0,624	<0,001
% GA	0,586	<0,001
% GG	0,605	<0,001
FMI	0,692	<0,001
nFMI	-0,043	0,911

Test Anova

Se han representado gráficamente las correlaciones con un valor de r<sup>2</sup> elevado:

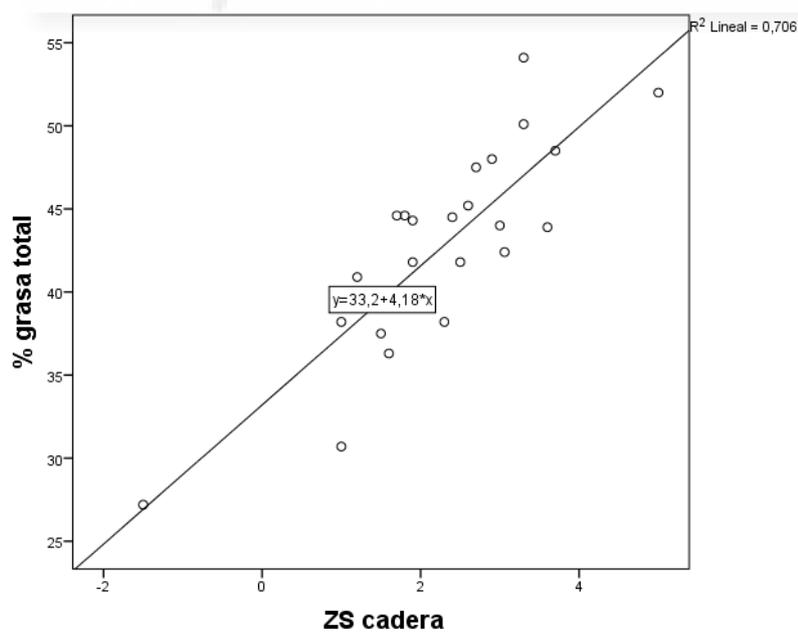


Figura18: Regresión lineal del parámetro DXA % Grasa Total frente al Z Score cadera en niños y niñas del grupo de edad 1.

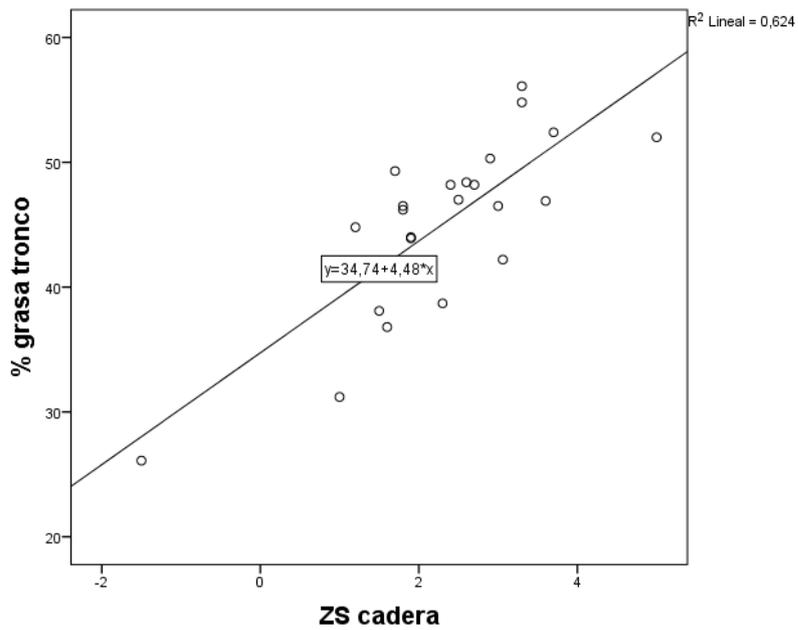


Figura19: Regresión lineal del parámetro DXA % Grasa Tronco frente al Z Score cadera en niños y niñas del grupo de edad 1.

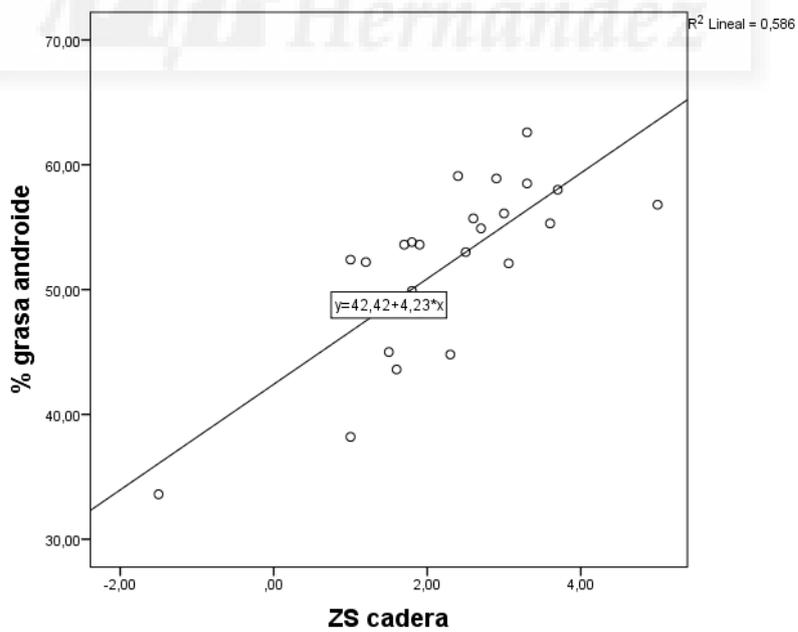


Figura 20: Regresión lineal del parámetro DXA % Grasa Androide frente al Z Score cadera en niños y niñas del grupo de edad 1.

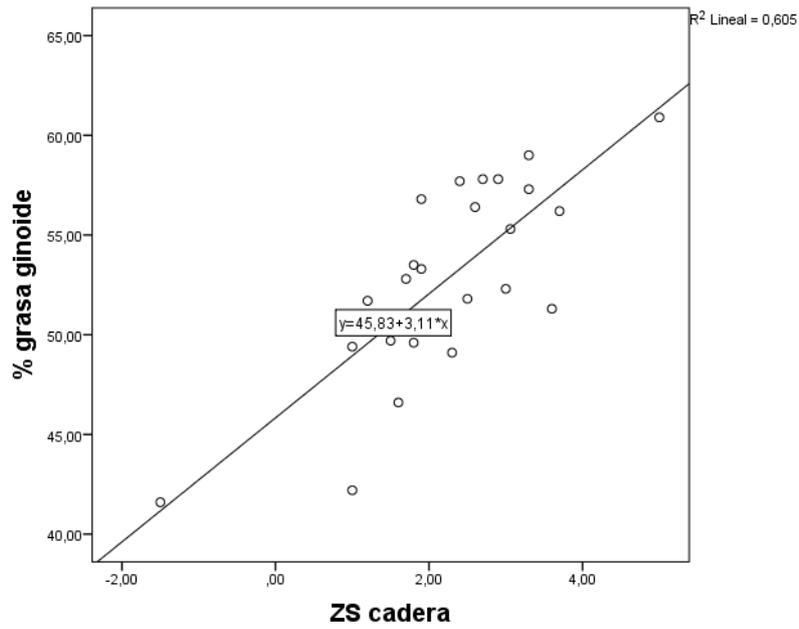


Figura 21: Regresión lineal del parámetro DXA % Grasa Ginoide frente al Z Score cadera en niños y niñas del grupo de edad 1.



Figura 22: Regresión lineal del parámetro DXA FMI frente al Z Score cadera en niños y niñas del grupo de edad 1.

Del mismo modo, se estudian las correlaciones de los datos obtenidos del DXA frente al Z Score de la cadera en las niñas y niños por separado del grupo de edad 2 (tabla 25), se aprecia una buena correlación con el peso grasa total, % grasa total y FMI en las niñas y con el FMI en los niños (figuras 23 y 24).

*Tabla 25: Datos del DXA frente al Z Score de la cadera en niñas del grupo edad 2 y niños del grupo edad 2.*

ZS Ca vs	Niñas Grupo edad 2		Niños Grupo edad 2	
	r <sup>2</sup>	p	r <sup>2</sup>	p
Peso G total	0,620	<0,001	0,016	0,872
% G total	0,515	<0,001	0,462	<0,001
% GT	0,290	<0,001	0,339	<0,001
% GA	0,246	0,001	0,373	<0,001
% GG	0,426	<0,001	0,346	<0,001
FMI	0,716	<0,001	0,611	<0,001
nFMI	0,211	0,001	-0,007	0,460
<i>Test Anova</i>				

Y sus correspondientes representaciones gráficas de interés:

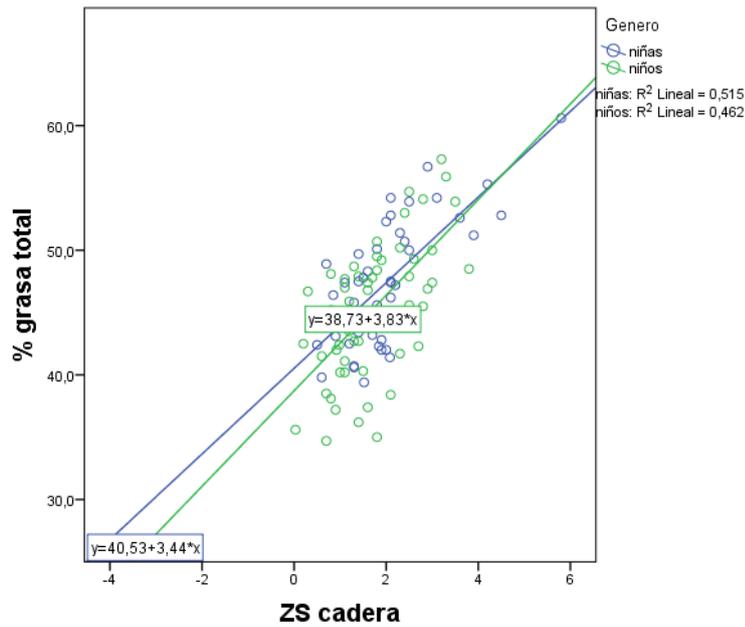


Figura23: Regresión lineal del parámetro DXA % Grasa Total frente al Z Score cadera en niños y niñas del grupo de edad 2.

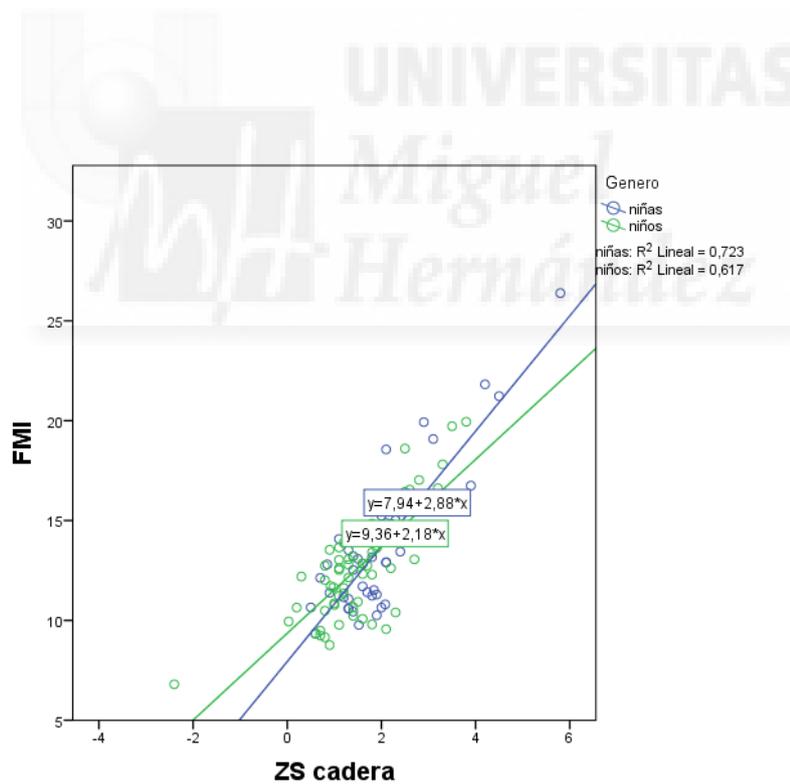


Figura24: Regresión lineal del parámetro DXA FMI frente al Z Score cadera en niños y niñas del grupo de edad 2.

#### 5.2.4 Datos obtenidos del DXA frente al índice cintura/talla

Al realizar el mismo estudio de los datos obtenidos del DXA frente al índice cintura/talla en la muestra total no aparece ninguna correlación con buen coeficiente (tabla 26).

Tabla 26: Datos del DXA frente al índice cintura/talla en la muestra total.

ZS Ci/T vs	r <sup>2</sup>	p
Peso G total	0,113	<0,001
% G total	0,215	<0,001
% GT	0,238	<0,001
% GA	0,310	<0,001
% GG	0,101	<0,001
FMI	0,373	<0,001
nFMI	0,100	0,100

*Test Anova*

Al realizar el mismo estudio por grupos de edad se encuentra una buena correlación con el FMI en el grupo de menor edad (grupo 1) (tabla 27 y figura 25).

Tabla 27: Datos del DXA frente al índice cintura/talla en niñas y niños del grupo de edad 1.

ZS Ci/T vs	r <sup>2</sup>	p
Peso G total	0,114	0,055
% G total	0,289	0,006
% GT	0,245	0,012
% GA	0,228	0,016
% GG	0,171	0,040
FMI	0,537	<0,001
nFMI	0,220	0,010

Test Anova

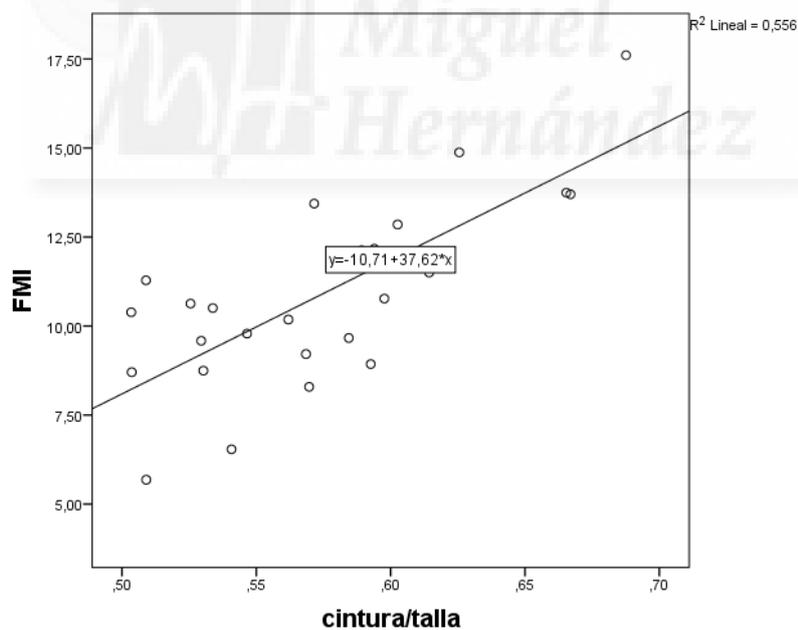


Figura 25: Regresión lineal del parámetro DXA FMI frente al índice Cintura/Talla en niños y niñas del grupo de edad 1.

En el mismo estudio en los niños del grupo de edad 2 y las niñas del grupo de edad 2 por separado (tabla 28), sólo se correlaciona bien el FMI de los niños del grupo 2 con dicho índice (figura 26).

*Tabla 28: Datos del DXA frente al índice cintura/talla en niñas del grupo edad 2 y niños del grupo edad 2.*

Índice Ci/T vs	Niñas Grupo edad 2		Niños Grupo edad 2	
	r <sup>2</sup>	p	r <sup>2</sup>	p
Peso G total	0,193	0,002	0,352	<0,001
% G total	0,359	0,001	0,329	<0,001
% GT	0,397	<0,001	0,354	<0,001
% GA	0,449	<0,001	0,402	<0,001
% GG	0,224	0,001	0,152	0,001
FMI	0,438	<0,001	0,622	<0,001
nFMI	0,106	0,018	0,073	0,018
<i>Test Anova</i>				

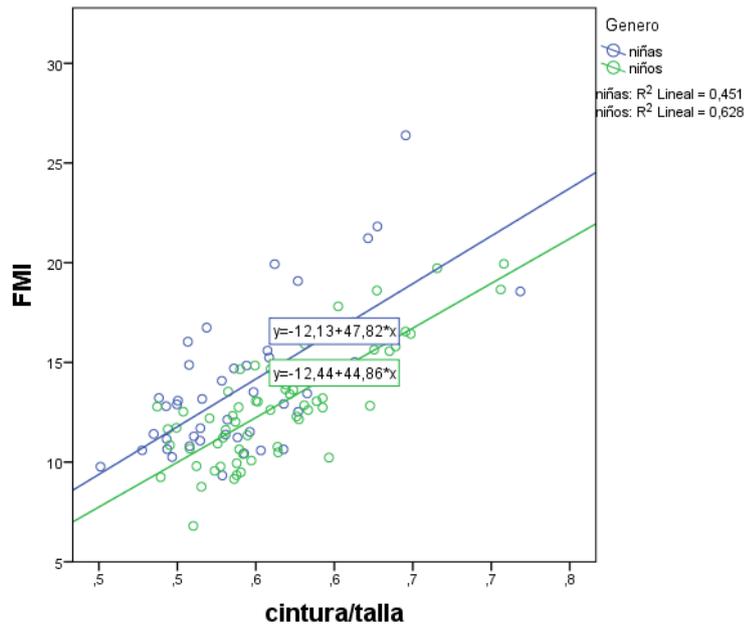


Figura 26: Regresión lineal del parámetro DXA FMI frente al índice Cintura/Talla en niños y niñas del grupo de edad 2.

### 5.2.5 Datos obtenidos del DXA frente al índice Cadera/talla

Al estudiar los datos obtenidos del DXA frente al índice cadera/talla en la muestra total (n=133) (tabla 29), se obtienen coeficientes de correlación mayores de 0,5 con el % de grasa total, el de grasa ginoide y el FMI.

Tabla 29: Datos del DXA frente al índice cadera/talla en la muestra total.

Índice Ca/T vs	r <sup>2</sup>	p
Peso G total	0,271	<0,001
% G total	0,562	<0,001
% GT	0,431	<0,001
% GA	0,414	<0,001
% GG	0,501	<0,001
FMI	0,656	0,001
nFMI	0,022	0,093
<i>Test Anova</i>		

Pero al realizar el mismo estudio de los niños y niñas del grupo de edad 1, se mejora la correlación con el % grasa total, % grasa tronco, % grasa androide, % grasa ginoide y FMI frente a dicho índice, datos en la tabla 30 (figuras 29-33).

Tabla 30: Datos del DXA frente al índice cadera/talla en niñas y niños del grupo de edad 1.

ZS Ca/T vs	r <sup>2</sup>	p
Peso G total	0,254	0,006
% G total	0,636	<0,001
% GT	0,560	<0,001
% GA	0,507	<0,001
% GG	0,543	<0,001
FMI	0,701	<0,001
nFMI	-0,030	05870
<i>Test Anova</i>		

Y las correspondientes representaciones gráficas:

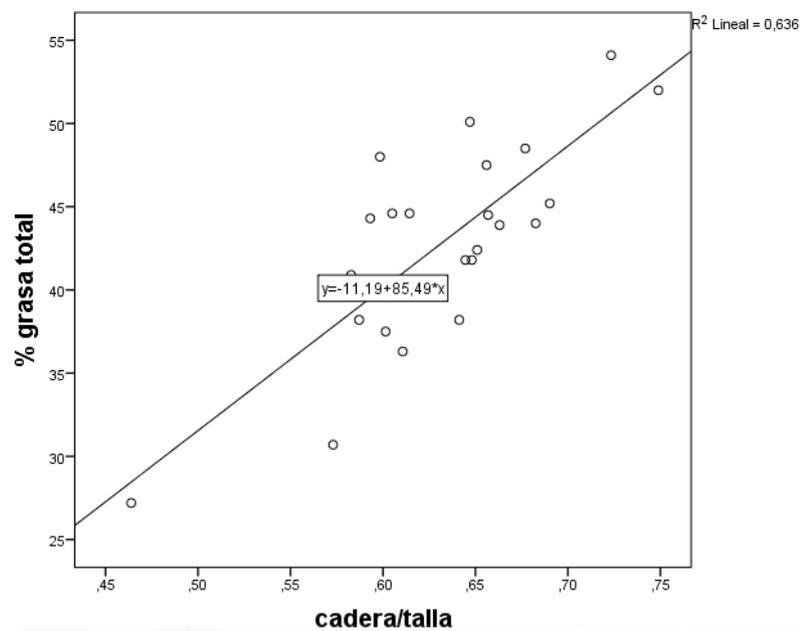


Figura 29: Regresión lineal del parámetro DXA % Grasa Total frente al índice cadera/talla en niños y niñas del grupo de edad 1.

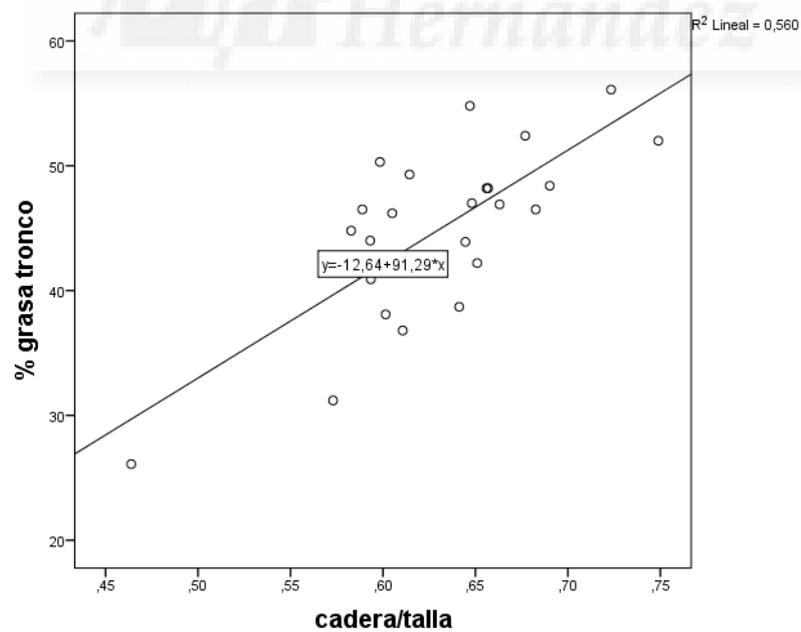


Figura 30: Regresión lineal del parámetro DXA % Grasa Tronco frente al índice cadera/talla en niños y niñas del grupo de edad 1.

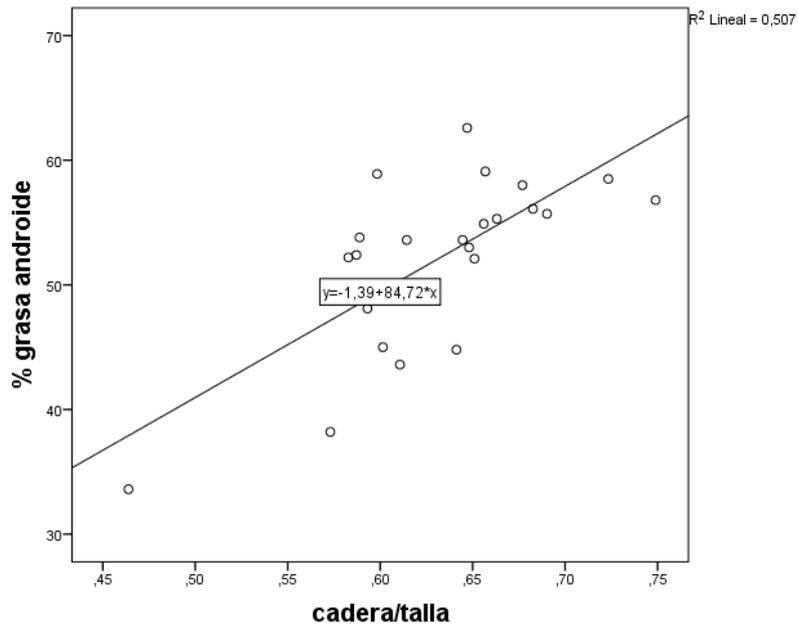


Figura 31: Regresión lineal del parámetro DXA % Grasa Androide frente al índice cadera/talla en niños y niñas del grupo de edad 1.

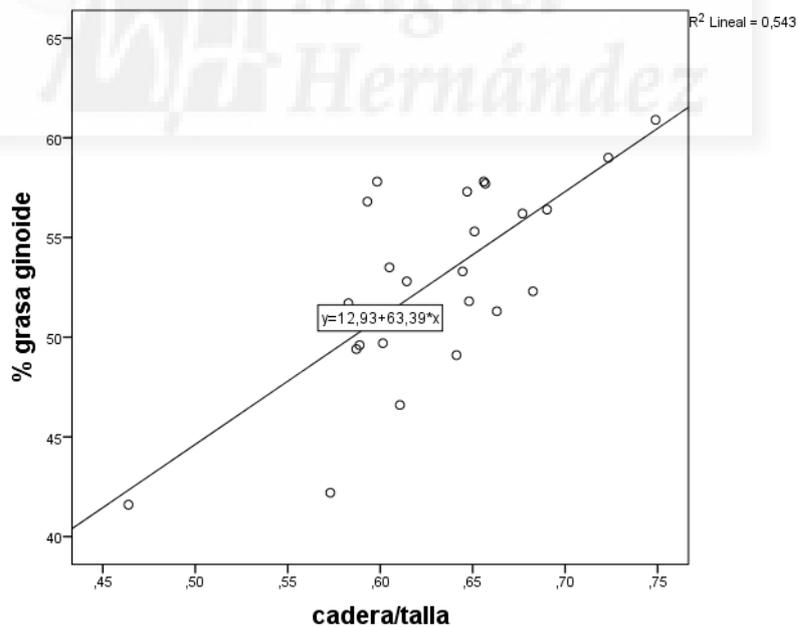
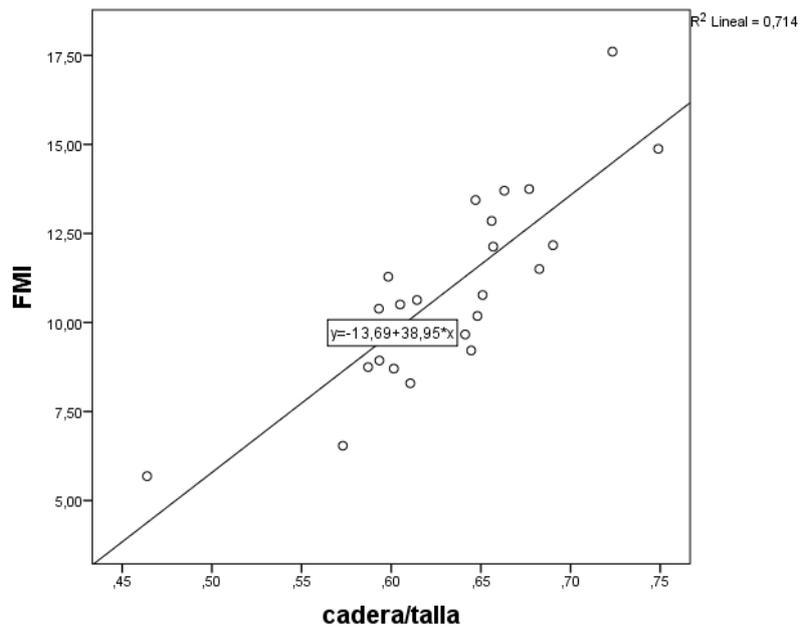


Figura 32: Regresión lineal del parámetro DXA % Grasa Ginoide frente al índice cadera/talla en niños y niñas del grupo de edad 1.



*Figura 33: Regresión lineal del parámetro DXA FMI frente al índice cadera/talla en niños y niñas del grupo de edad 1.*

El mismo estudio en los niños de mayor edad (grupo 2), separados por sexos, se aprecia tanto en niños como en niñas, una buena correlación con % peso total, % grasa ginoide y FMI (tabla 31 y figuras 34-36).

Tabla 31: Datos del DXA frente al índice cadera/talla en niñas del grupo edad 2 y niños del grupo edad 2.

Índice Ca/T vs	Niñas Grupo edad 2		Niños Grupo edad 2	
	r2	p	r2	p
Peso G total	0,535	<0,001	0,347	<0,001
% G total	0,599	<0,001	0,561	<0,001
% GT	0,418	<0,001	0,389	<0,001
% GA	0,326	<0,001	0,427	<0,001
% GG	0,497	<0,001	0,488	<0,001
FMI	0,783	<0,001	0,700	<0,001
nFMI	0,197	0,001	-0,012	0,598

Test Anova

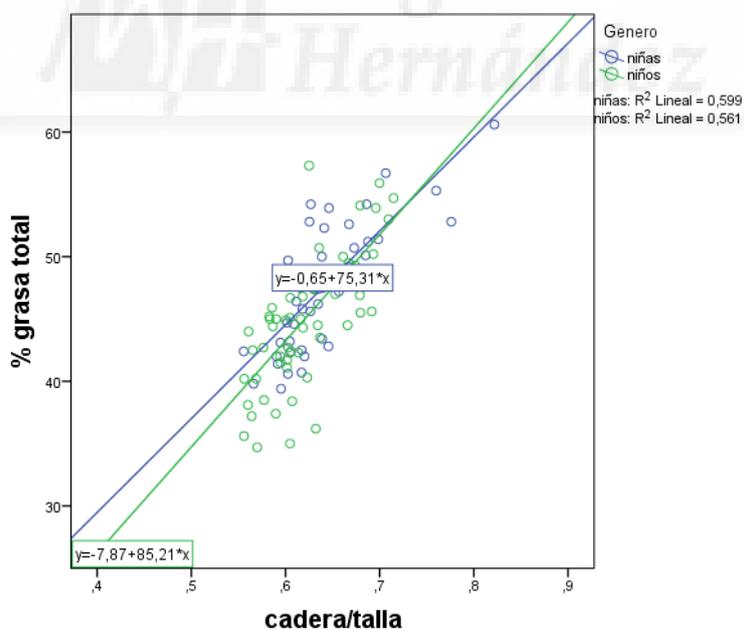


Figura 34: Regresión lineal del parámetro DXA % grasa total frente al índice cadera/talla en niños y niñas del grupo de edad 2.

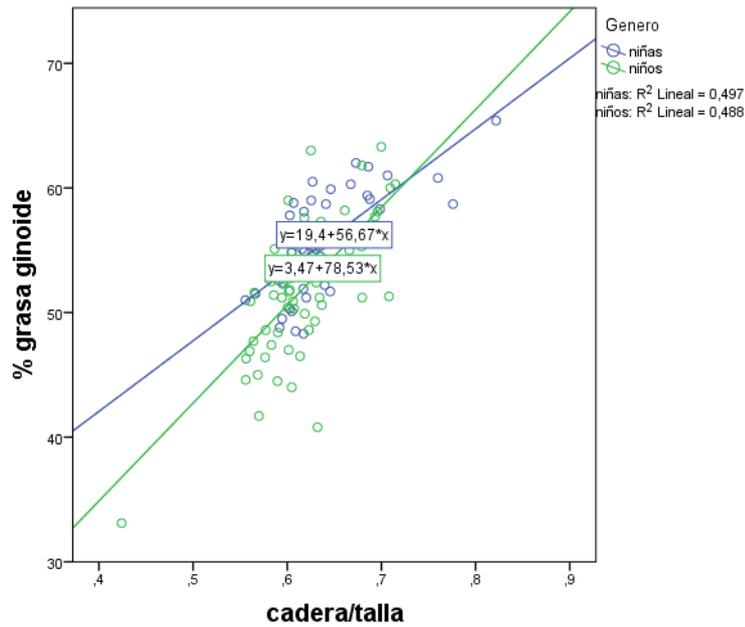


Figura 35: Regresión lineal del parámetro DXA % grasa ginoide frente al índice cadera/talla en niños y niñas del grupo de edad 2.

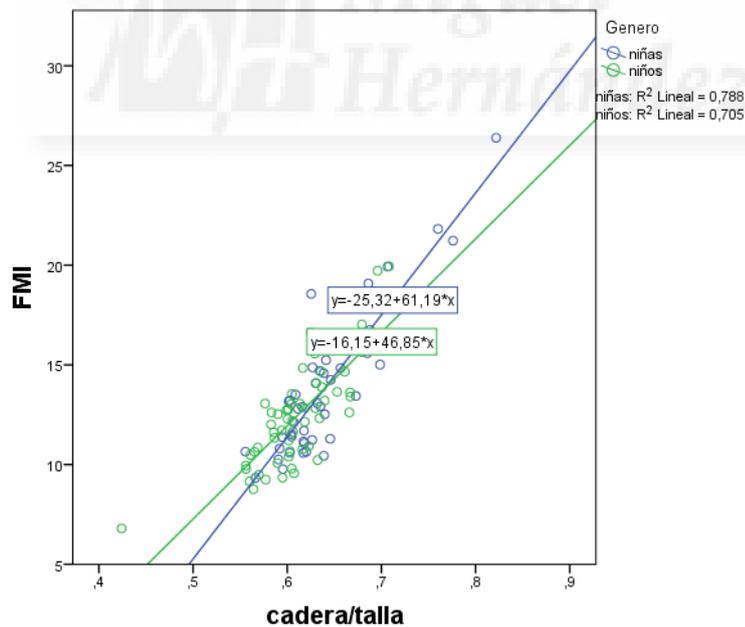


Figura 36: Regresión lineal del parámetro DXA FMI frente al índice cadera/talla en niños y niñas del grupo de edad 2.

### 5.2.6 Datos obtenidos del DXA frente al índice cintura/cadera

En el estudio de las correlaciones de los datos obtenidos del DXA frente al índice cadera/talla, en el grupo total (n=133) (tabla 32) no presenta ninguna correlación.

Tabla 32: Datos del DXA frente al índice cintura/cadera en la muestra total.

Índice Ci/ Ca vs	r <sup>2</sup>	p
Peso G total	0,027	0,033
% G total	0,099	<0,001
% GT	0,033	0,022
% GA	0,004	0,223
% GG	0,190	<0,001
FMI	0,022	0,032
nFMI	0,054	0,004

Test Anova

Algo similar sucede al hacer el mismo estudio en el grupo de menor edad (tabla 33).

Tabla 33: Datos del DXA frente al índice cintura/cadera en niñas/niños del grupo de edad 1.

Índice Ci/Ca vs	r <sup>2</sup>	p
Peso G total	0,041	0,169
% G total	0,155	0,024
% GT	0,154	0,030
% GA	0,130	0,043
% GG	0,227	0,004
FMI	-0,001	0,333
nFMI	0,267	0,005
<i>Test Anova</i>		

Los resultados son similares en grupo de mayor edad separados por sexos (tabla 34).

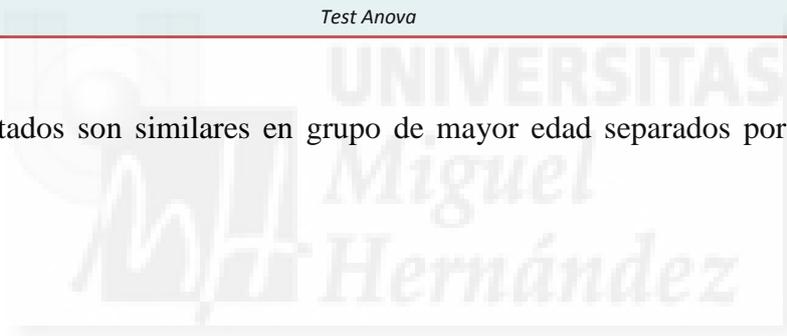


Tabla 34: Datos del DXA frente al índice cintura/cadera en niñas del grupo edad 2 y niños del grupo edad 2.

Índice Ci/Ca vs	Niñas Grupo edad 2		Niños Grupo edad 2	
	r2	p	r2	p
Peso G total	0,013	0,219	-0,016	0,872
% G total	-0,019	0,656	0,065	0,025
% GT	-0,014	0,521	-0,005	0,403
% GA	0,026	0,148	0,026	0,148
% GG	0	0,319	0,179	<0,001
FMI	-0,016	0,569	-0,016	0,569
nFMI	-0,023	0,836	0,102	0,006
Test Anova				

### 5.2.7 Datos obtenidos del DXA frente al IMC

Al realizar el estudio frente al IMC en la muestra total (n=133), a pesar de tratarse de un grupo muy heterogéneo, se encuentran correlaciones en el peso de grasa total y el FMI (tabla 35).

Tabla 35: Datos del DXA frente al IMC en la muestra total.

IMC vs	r <sup>2</sup>	p
Peso G total	0,789	<0,001
% G total	0,386	<0,001
% GT	0,265	<0,001
% GA	0,190	<0,001
% GG	0,167	<0,001
FMI	0,848	<0,001
nFMI	0,409	<0,001
<i>Test Anova</i>		

Al realizar este mismo estudio con las niñas y niños del grupo de edad 1 se encuentra una buena correlación con el peso total grasa, el % grasa total y el FMI, siendo en este último el coeficiente de correlación muy elevado (tabla 36 y figuras 37 y 38).

Tabla 36: Datos del DXA frente al IMC en niñas y niños del grupo de edad 1.

IMC vs	r <sup>2</sup>	p
Peso G total	0,522	<0,001
% G total	0,538	<0,001
% GT	0,488	<0,001
% GA	0,408	<0,001
% GG	0,378	0,001
FMI	0,864	<0,001
nFMI	0,167	0,024
<i>Test Anova</i>		

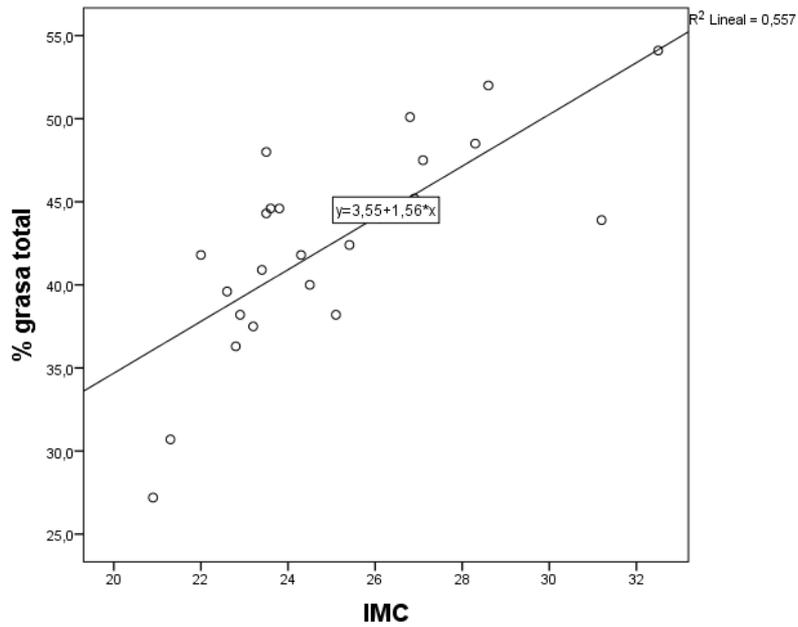


Figura 37: Regresión lineal del parámetro DXA % grasa total frente al IMC en niños y niñas del grupo de edad 1.

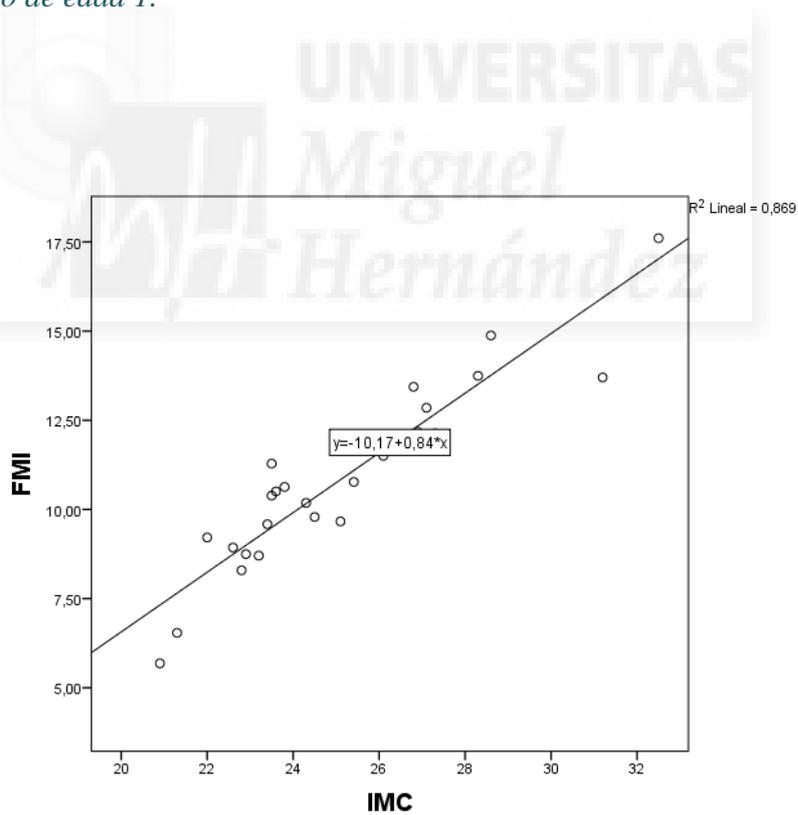


Figura 38: Regresión lineal del parámetro DXA % FMI frente al IMC en niños y niñas del grupo de edad 1.

Al estudiar los datos obtenidos de los niños y las niñas del grupo de edad 2 por separado, se obtienen unos buenos coeficientes de correlación del FMI frente al IMC, especialmente en las niñas, siendo también positivos los resultados del % grasa total en ambos sexos y el peso grasa total en las niñas (tabla 37 y figuras 39 y 40).

*Tabla 37: Datos del DXA frente al IMC en niñas del grupo edad 2 y niños del grupo edad 2.*

IMC vs	Niñas Grupo edad 2		Niños Grupo edad 2	
	r <sup>2</sup>	p	r <sup>2</sup>	p
Peso G total	0,874	<0,001	0,765	<0,001
% G total	0,522	<0,001	0,232	<0,001
% GT	0,311	<0,001	0,156	0,001
% GA	0,154	0,005	0,163	0,001
% GG	0,340	<0,001	0,077	0,015
FMI	0,925	<0,001	0,748	<0,001
nFMI	0,548	<0,001	0,359	<0,001
<i>Test Anova</i>				

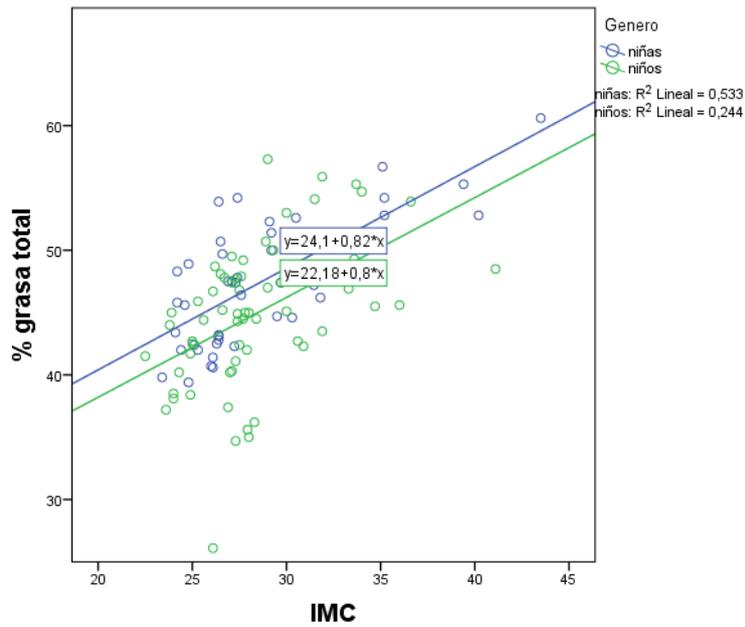


Figura 39: Regresión lineal del parámetro DXA % grasa total frente al IMC en niños y niñas del grupo de edad 2.

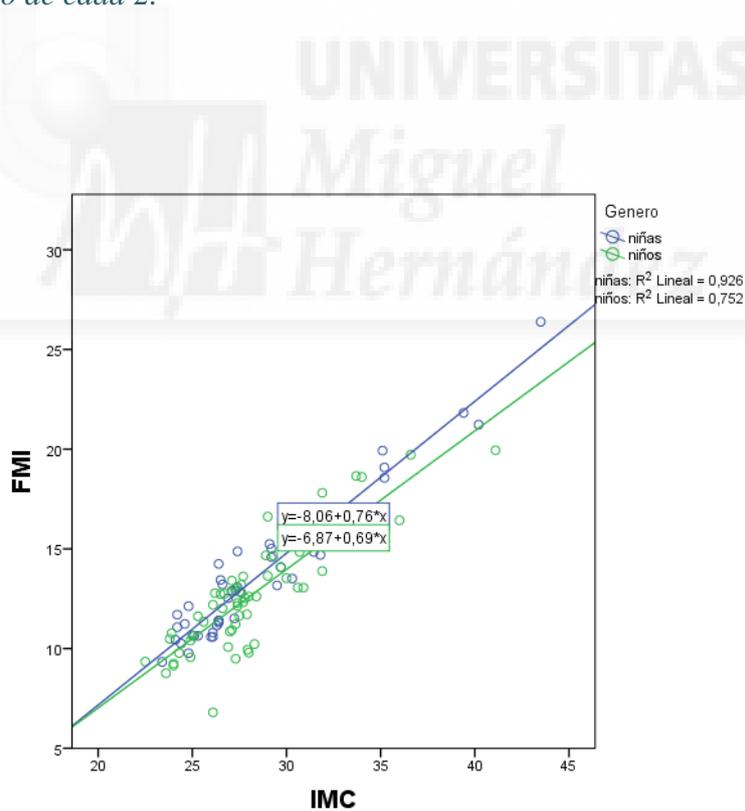


Figura 40: Regresión lineal del parámetro DXA FMI frente al IMC en niños y niñas del grupo de edad 2.

### 5.2.8 Datos obtenidos del DXA frente al ZS IMC

Al estudiar las correlaciones de los distintos parámetros del DXA frente al Z Score del IMC en la muestra total (n=133) (tabla 38), no se encuentra ninguna con buen coeficiente de correlación.

Tabla 38: Datos del DXA frente al ZS IMC en la muestra total.

ZS IMC vs	r <sup>2</sup>	p
Peso G total	0,098	<0,001
% G total	0,228	<0,001
% GT	0,184	<0,001
% GA	0,200	<0,001
% GG	0,176	<0,001
FMI	0,404	<0,001
nFMI	0,093	<0,001

*Test Anova*

En el estudio similar realizado en el grupo de edad 1 (ambos seos), el único dato resaltable encontrado es la correlación del FMI frente al Z Score del IMC (tabla 39 y figura 41).

Tabla 39: Datos del DXA frente al ZS IMC en niñas y niños del grupo de edad 1.

ZS IMC vs	r <sup>2</sup>	p
Peso G total	0,078	0,095
% G total	0,297	0,005
% GT	0,223	0,017
% GA	0,219	0,018
% GG	0,217	0,019
FMI	0,507	<0,001
nFMI	0,170	0,023

Test Anova

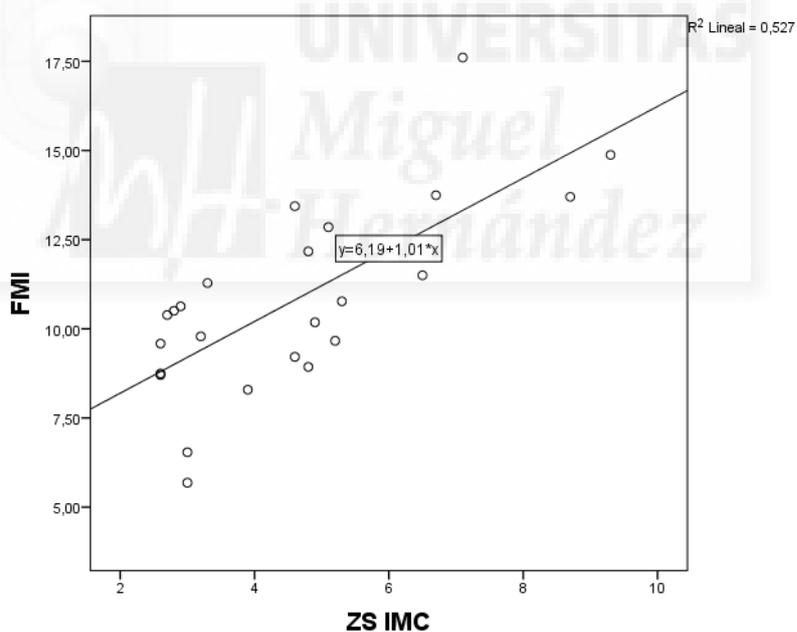


Figura 41: Regresión lineal del parámetro DXA FMI frente al Z Score IMC en niños y niñas del grupo de edad 1.

El mismo estudio en las niñas y niños del grupo de edad 2, las niñas muestran buenas correlaciones en el peso grasa total, en el % grasa total y especialmente en el FMI. En los niños, la única correlación a destacar es la del FMI (tabla 40 y figuras 42 y 43).

Tabla 40: Datos del DXA frente al ZS IMC en niñas del grupo edad 2 y niños del grupo edad 2.

ZS IMC vs	Niñas Grupo edad 2		Niños Grupo edad 2	
	r <sup>2</sup>	p	r <sup>2</sup>	p
Peso G total	0,588	<0,001	0,450	<0,001
% G total	0,548	<0,001	0,359	<0,001
% GT	0,381	<0,001	0,288	<0,001
% GA	0,310	<0,001	0,262	<0,001
% GG	0,386	<0,001	0,211	<0,001
FMI	0,829	<0,001	0,741	<0,001
nFMI	0,343	<0,001	0,125	0,002

Test Anova

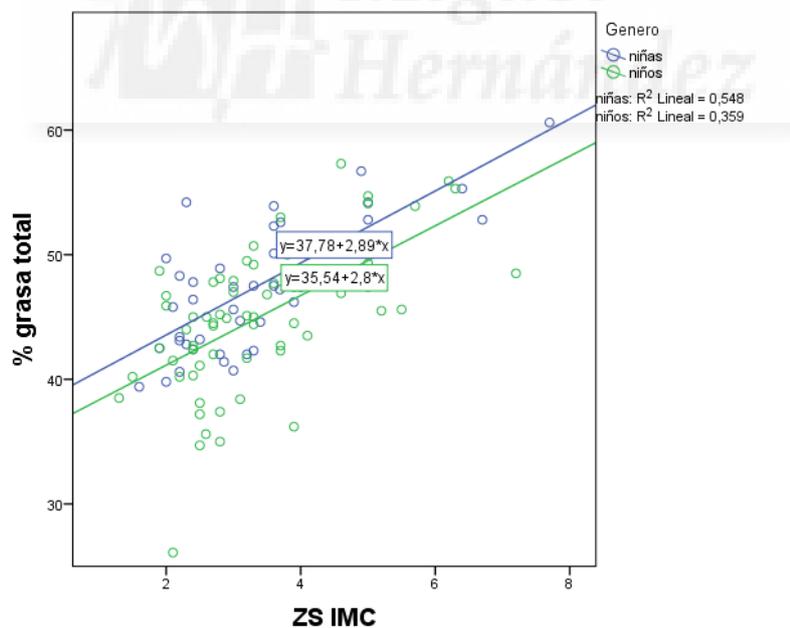


Figura 42: Regresión lineal del parámetro DXA % grasa total frente al Z Score IMC en niños y niñas del grupo de edad 2.

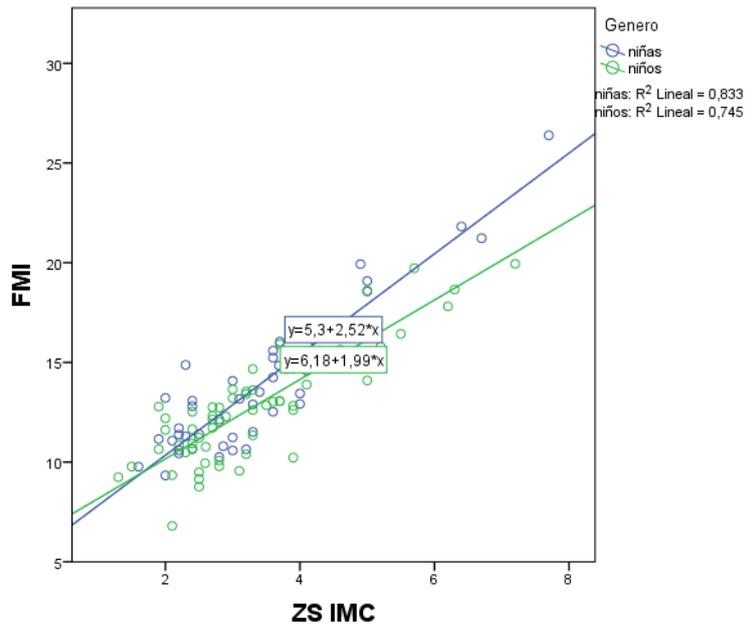


Figura 43: Regresión lineal del parámetro DXA FMI frente al Z Score IMC en niños y niñas del grupo de edad 2.

### 5.2.9 Datos obtenidos del DXA frente al IMCr

Del mismo modo, al estudiar la correlación de los datos DXA frente al IMCr, en el total de pacientes (n = 133) se observa una buena correlación del FMI frente al IMCr (tabla 41).

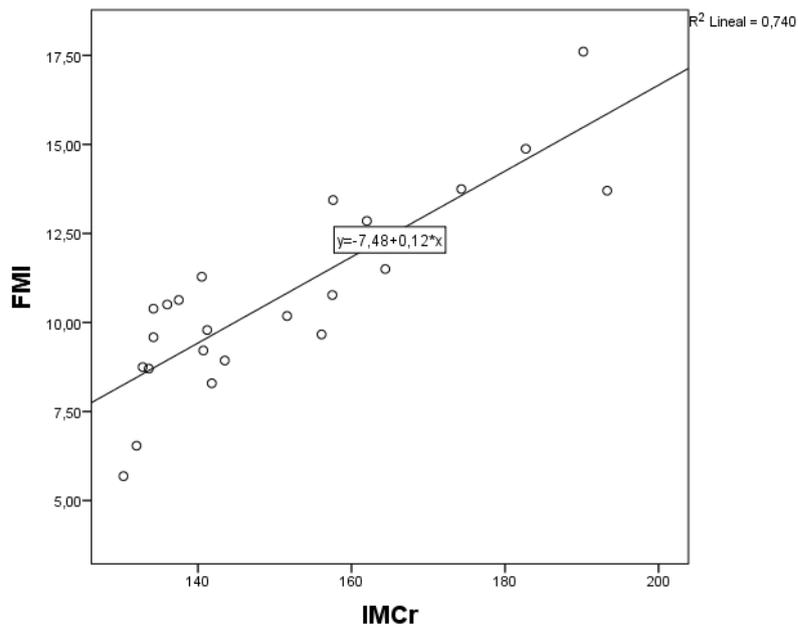
Tabla 41: Datos del DXA frente al IMCr en la muestra total.

IMCr vs	r <sup>2</sup>	p
Peso G total	0,330	<0,001
% G total	0,371	<0,001
% GT	0,283	<0,001
% GA	0,262	<0,001
% GG	0,237	<0,001
FMI	0,689	<0,001
nFMI	0,187	<0,001
<i>Test Anova</i>		

Al realizar el estudio en el grupo de edad 1, únicamente la correlación del FMI frente al IMCr (tabla 42) es un resultado a destacar (figura 44).

Tabla 42: Datos del DXA frente al IMCr en niñas y niños del grupo de edad 1.

IMCr vs	r <sup>2</sup>	p
Peso G total	0,277	0,004
% G total	0,409	<0,001
% GT	0,340	0,001
% GA	0,308	0,002
% GG	0,280	0,004
FMI	0,729	<0,001
nFMI	0,218	0,011
<i>Test Anova</i>		



*Figura 44: Regresión lineal del parámetro DXA FMI frente al IMCr en niños y niñas del grupo de edad 1.*

Sin embargo, al estudiar el grupo de edad 2 por sexos, aparecen buenas correlaciones para las niñas y para los niños en el peso grasa total y el FMI. El grupo de las niñas, presenta además una buena correlación en el % grasa total (tabla 43 y figuras 45 y 46).

Tabla 43: Datos del DXA frente al IMCr en niñas del grupo edad 2 y niños del grupo edad 2.

IMCr vs	Niñas Grupo edad 2		Niños Grupo edad 2	
	r <sup>2</sup>	p	r <sup>2</sup>	p
Peso G total	0,649	<0,001	0,511	<0,001
% G total	0,539	<0,001	0,352	<0,001
% GT	0,328	<0,001	0,281	<0,001
% GA	0,231	< 0,001	0,267	<0,001
% GG	0,385	<0,001	0,186	<0,001
FMI	0,868	<0,001	0,775	<0,001
nFMI	0,390	<0,001	0,150	0,001

Test Anova

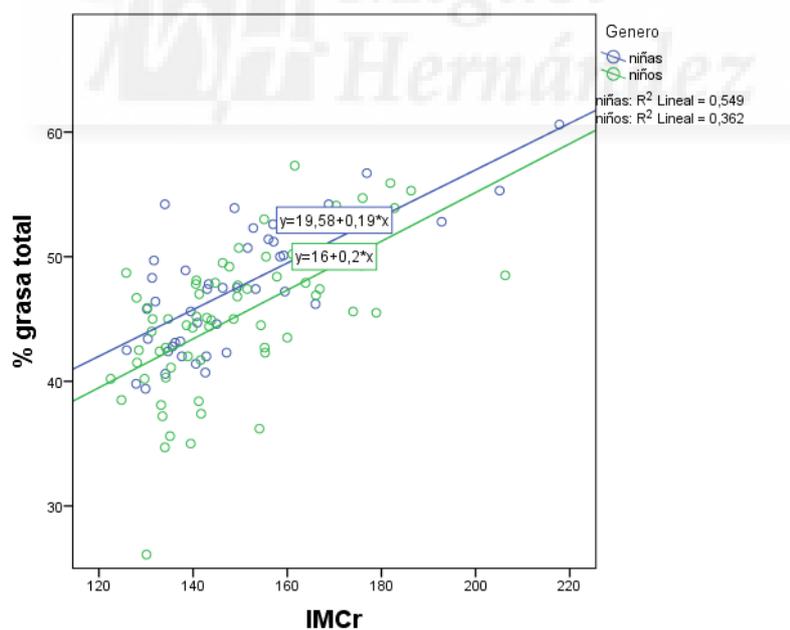


Figura 45: Regresión lineal del parámetro DXA % grasa total frente al IMCr en niños y niñas del grupo de edad 2.

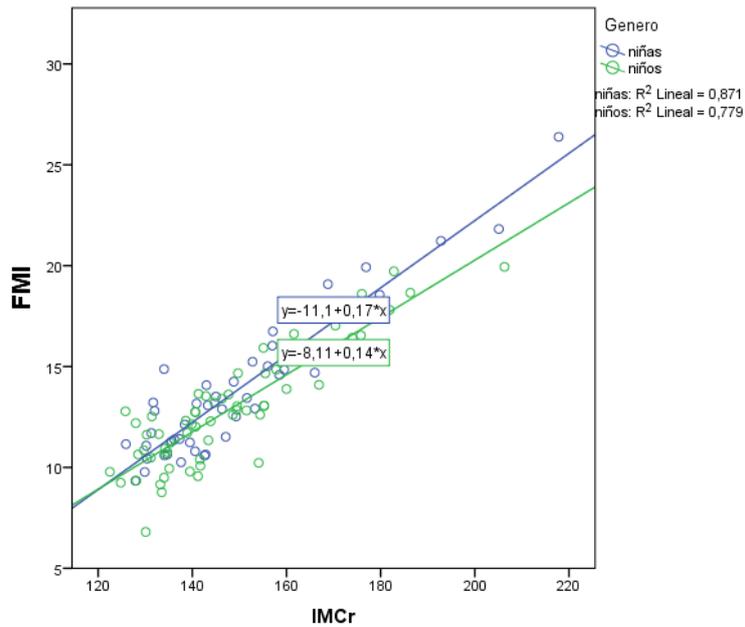


Figura 46: Regresión lineal del parámetro DXA FMI frente al IMCr en niños y niñas del grupo de edad 2.

#### 5.2.10 Datos obtenidos del DXA frente al iIMC

Así mismo, en las correlaciones de los datos del DXA frente al iIMC en el grupo total (tabla 44), cabe destacar las correlaciones del peso total grasa y del FMI frente a este índice, siendo el coeficiente de correlación con este último muy elevado.

Tabla 44: Datos del DXA frente al iIMC en la muestra total (n=133).

iIMC vs	r <sup>2</sup>	p
Peso G total	0,782	<0,001
% G total	0,411	<0,001
% GT	0,292	<0,001
% GA	0,204	<0,001
% GG	0,171	<0,001
FMI	0,819	<0,001
nFMI	0,387	<0,001
<i>Test Anova</i>		

En el grupo de edad 1, se mostró una buena relación con el peso grasa total, el % grasa total, el % grasa tronco y el FMI (tabla 45). Se realiza el análisis de regresión lineal para ellos y para el % grasa androide y % grasa ginoide cuyas r<sup>2</sup> no son superiores a 0,500 pero se encuentran en el límite (figuras 47-51).

Tabla 45: Datos del DXA frente al iIMC en niñas y niños del grupo de edad 1.

iIMC vs	r <sup>2</sup>	p
Peso G total	0,549	<0,001
% G total	0,587	<0,001
% GT	0,548	<0,001
% GA	0,476	<0,001
% GG	0,437	<0,001
FMI	0,874	<0,001
nFMI	0,135	0,040
<i>Test Anova</i>		

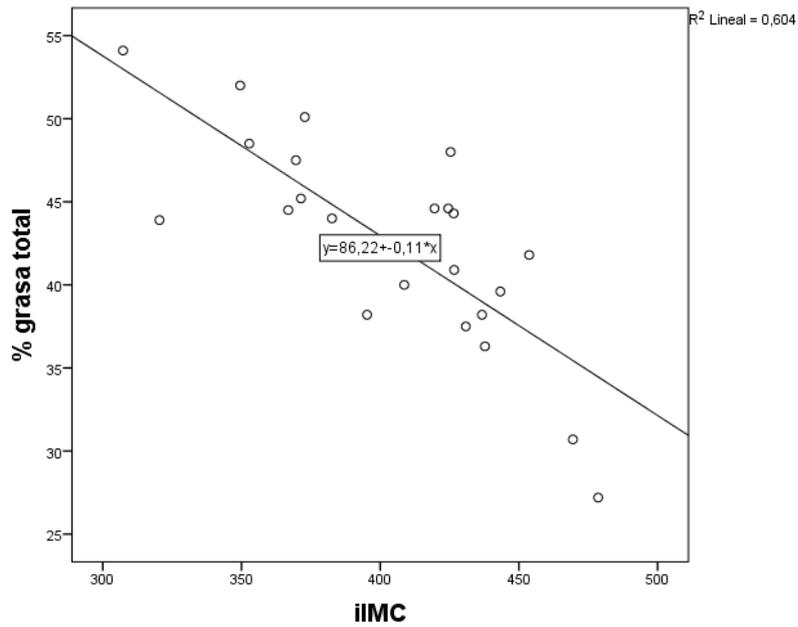


Figura 47: Regresión lineal del parámetro DXA % grasa total frente al iIMC en niños y niñas del grupo de edad 1.

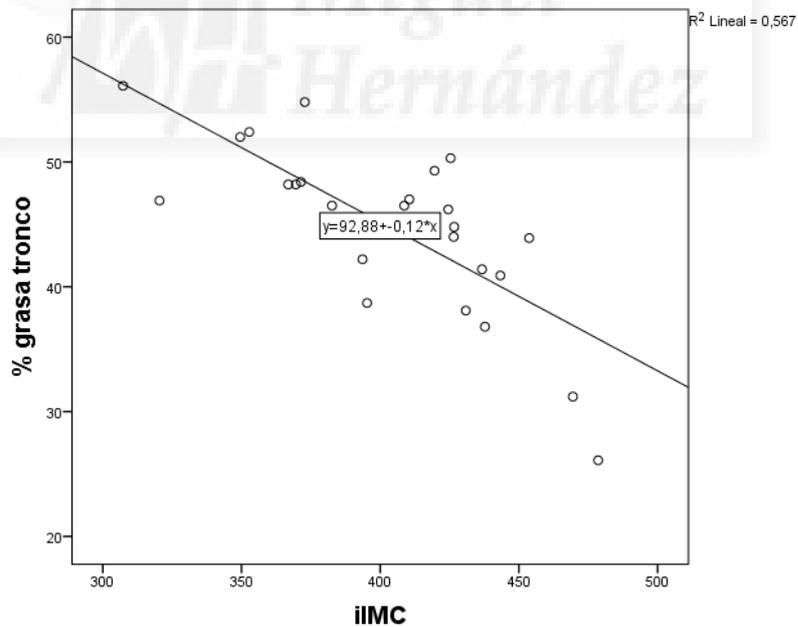


Figura 48: Regresión lineal del parámetro DXA % grasa tronco frente al iIMC en niños y niñas del grupo de edad 1.

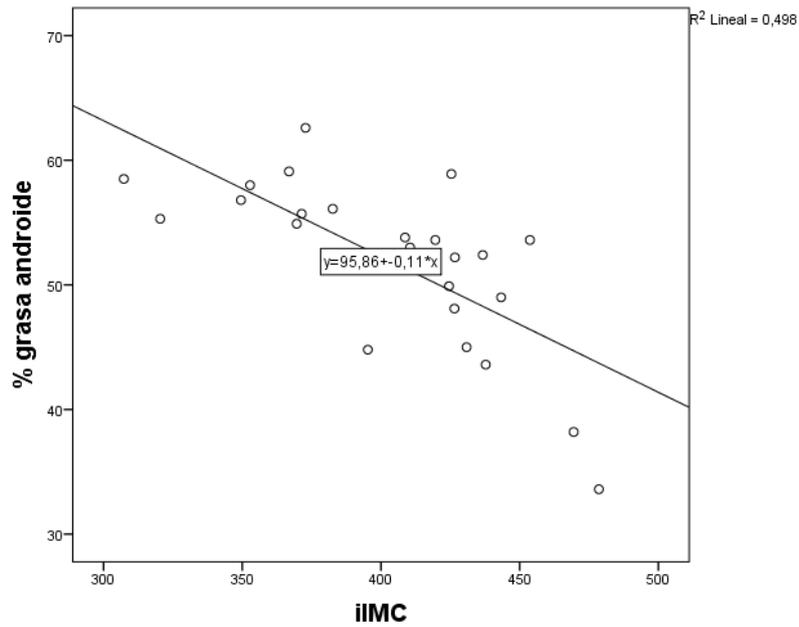


Figura 49: Regresión lineal del parámetro DXA % grasa androide frente al iIMC en niños y niñas del grupo de edad 1.

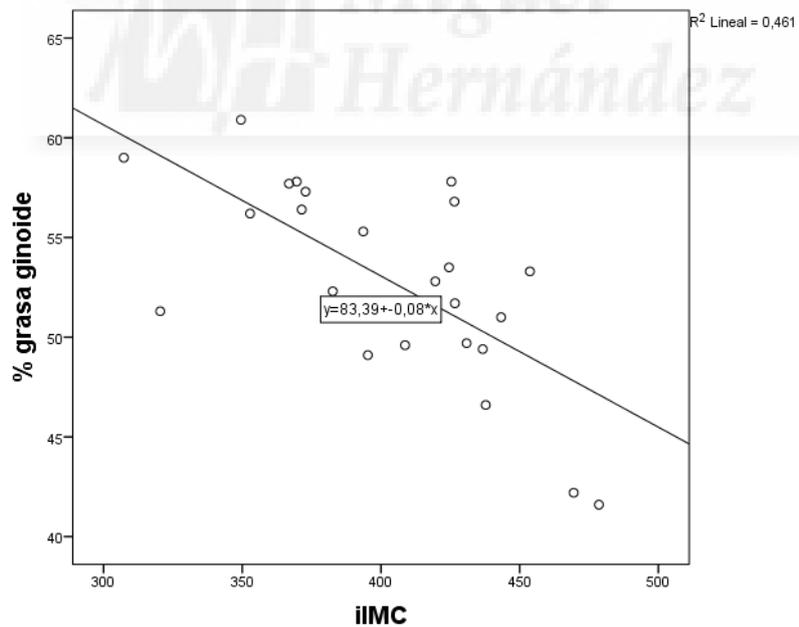
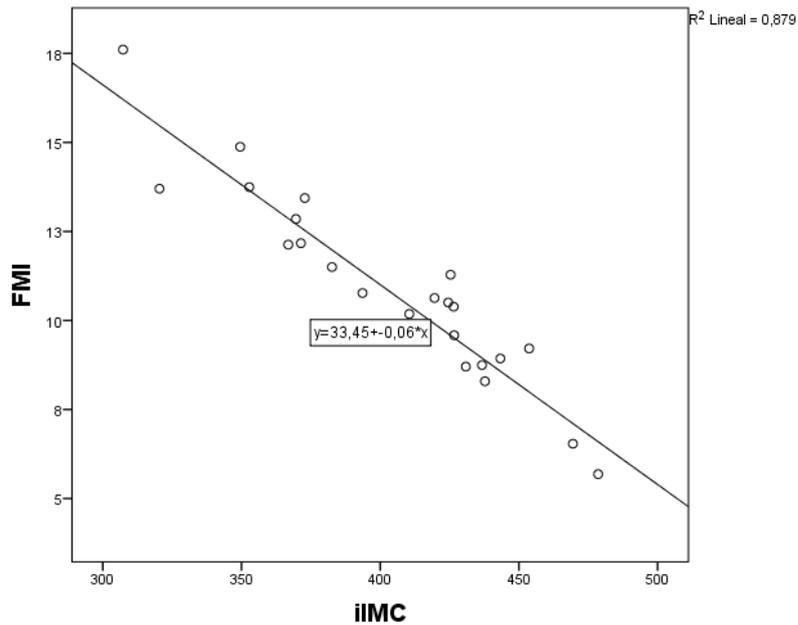


Figura 50: Regresión lineal del parámetro DXA % grasa ginoide frente al iIMC en niños y niñas del grupo de edad 1.



*Figura 51: Regresión lineal del parámetro DXA FMI frente al iIMC en niños y niñas del grupo de edad 1.*

En los niños y las niñas del grupo de edad 2 por separado, se encuentran mejores correlaciones entre las niñas, destacando las obtenidas con el peso grasa total, el % grasa total y el FMI. Del grupo de los niños se pueden destacar los resultados del peso grasa total y el FMI (tabla 46 y figuras 53 y 54).

Tabla 46: Datos del DXA frente al iIMC en niñas del grupo edad 2 y niños del grupo edad 2.

iIMC vs	Niñas Grupo edad 2		Niños Grupo edad 2	
	r <sup>2</sup>	p	r <sup>2</sup>	p
Peso G total	0,877	<0,001	0,755	<0,001
% G total	0,523	<0,001	0,248	<0,001
% GT	0,316	<0,001	0,167	<0,001
% GA	0,138	0,008	0,163	0,001
% GG	0,329	<0,001	0,084	0,011
FMI	0,886	<0,001	0,741	<0,001
nFMI	0,551	<0,001	0,333	<0,001

Test Anova

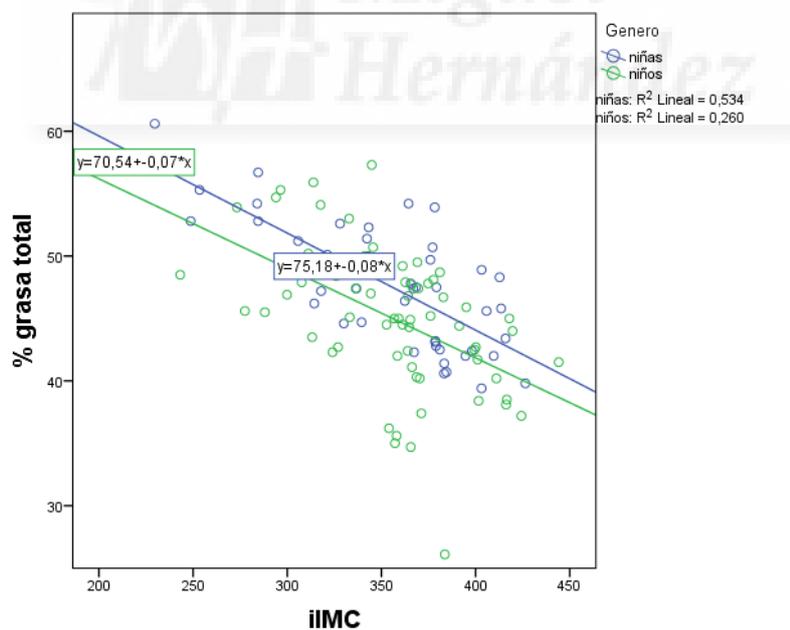


Figura 53: Regresión lineal del parámetro DXA % grasa total frente al iIMC en niños y niñas del grupo de edad 2.

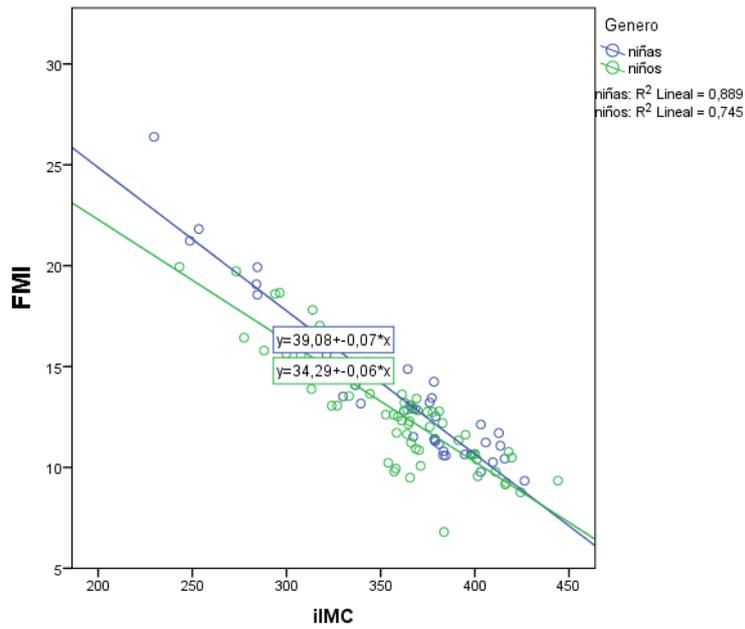


Figura 54: Regresión lineal del parámetro DXA FMI frente al iIMC en niños y niñas del grupo de edad 2.

### 5.2.11 Datos obtenidos del DXA frente al Índice de Conicidad

Por último, al estudiar los datos obtenidos del DXA frente al índice de conicidad en la muestra total (n = 133), no muestra ninguna correlación (tabla 47).

Tabla 47: Datos del DXA frente al índice de conicidad en la muestra total.

IC vs	r <sup>2</sup>	p
Peso G total	0,113	<0,001
% G total	0,215	<0,001
% GT	0,238	<0,001
% GA	0,310	<0,001
% GG	0,101	<0,001
FMI	0,373	<0,001
nFMI	0,100	0,001
<i>Test Anova</i>		

Sucediendo lo mismo en el grupo de menor edad (tabla 48).

Tabla 48: Datos del DXA frente al índice de conicidad en niñas y niños del grupo de edad I.

IC vs	r <sup>2</sup>	p
Peso G total	0,052	0,142
% G total	0,048	0,151
% GT	0,048	0,150
% GA	0,042	0,166
% GG	-0,017	0,448
FMI	0,126	0,046
nFMI	0,038	0,175
<i>Test Anova</i>		

Y como muestra la tabla 49, resultados similares se encuentran al separar por sexos el grupo de edad 2.

*Tabla 49: Datos del DXA frente al índice de conicidad en niñas del grupo edad 2 y niños del grupo edad 2.*

IC vs	Niñas Grupo edad 2		Niños Grupo edad 2	
	r <sup>2</sup>	p	r <sup>2</sup>	p
Peso G total	-0,007	0,413	0,150	0,001
% G total	-0,018	0,616	0,057	0,032
% GT	0,051	0,076	0,148	0,001
% GA	0,180	0,002	0,237	<0,001
% GG	-0,024	0,968	-0,013	0,662
FMI	-0,024	0,935	0,137	0,002
nFMI	-0,013	0,515	0,010	0,202
<i>Test Anova</i>				

### 5.3 ECUACIONES PARA DETERMINAR PARÁMETROS MEDIDOS POR DXA MEDIANTE VALORES ANTROPOMÉTRICOS E ÍNDICES.

Así, con los datos obtenidos en el presente estudio, podrían sustituirse el valor del porcentaje de grasa total en el grupo de menor edad por las ecuaciones que se muestran en la tabla 50, y en los niños y niñas del grupo de edad 2 por las ecuaciones de la tabla 51.

Tabla 50. Parámetros para calcular el % grasa total en niños y niñas grupo de edad 1.

% grasa total vs X	Ordenada en origen	Pendiente	r <sup>2</sup>
ZS cadera	33,20	4,18	0,706
Cadera/talla	11,19	85,49	0,636
IMC	3,55	1,56	0,557
iIMC	86,22	-0,11	0,604

Ecuación: %GT = ordenada origen + pendiente.X

Para el cálculo del % de grasa total de los niños y niñas del grupo 2 de la muestra estudiada, se podrán utilizar las ecuaciones detalladas en la tabla 51. Para las niñas, se podrá utilizar el perímetro del brazo y su Z Score, el índice cadera/talla, el IMC y su Z Score, el IMCr y el iIMC. En el caso de los niños de este mismo grupo, sólo podremos utilizar el índice cadera/talla, debido a la mala correlación con los otros parámetros antropométricos.

Tabla 51. Parámetros para calcular el % grasa total en niñas y niños grupo de edad 2.

% grasa total vs	niñas			niños		
	Ordenada en origen	Pendiente	r <sup>2</sup>	Ordenada en origen	Pendiente	r <sup>2</sup>
Brazo	36,98	2,91	0,586	37,24	2,92	0,164
ZS cadera	40,53	3,44	0,515	38,73	3,83	0,462
Cadera/talla	0,65	75,31	0,599	7,87	85,21	0,561
IMC	24,1	0,82	0,533	22,18	0,80	0,244
ZS IMC	37,78	2,89	0,540	35,54	2,80	0,359
IMCr	19,58	0,19	0,549	16,00	0,20	0,362
iIMC	75,18	-0,08	0,534	70,54	-0,07	0,260

Ecuación: %GT = ordenada origen + pendiente.X

Para el cálculo del FMI de los niños y niñas del grupo de edad 1, a partir de los datos antropométricos medidos e índices calculados, se elaboraron las ecuaciones detalladas en la tabla 52. Se observa que es posible realizar dicho cálculo a partir del perímetro del brazo, el Z Score de la cintura y de la cadera, los índices cintura/talla y cintura/cadera, el IMC y su Z Score, el IMCr y el iIMC.

*Tabla 52. Parámetros para el cálculo del FMI en niños y niñas grupo de edad 1.*

FMI vs X	Ordenada en origen	Pendiente	r <sup>2</sup>
Brazo	3,44	2,07	0,651
ZS cintura	6,26	1,62	0,563
ZS cadera	6,78	1,80	0,705
Cintura/talla	10,71	37,62	0,556
Cadera/talla	13,69	38,95	0,714
IMC	10,17	0,84	0,869
ZS IMC	6,19	1,01	0,527
IMCr	7,48	0,12	0,740
iIMC	33,45	-0,06	0,889

*Ecuación: FMI = ordenada origen + pendiente.X*

El FMI de las niñas y los niños del grupo de edad 2 de la muestra estudiada, podrá calcularse a partir de las ecuaciones que aparecen en la tabla 53. En ella se observa que en el caso de las niñas, es posible realizar dicho cálculo a partir del perímetro del brazo, del Z Score de la cintura y cadera, del índice cintura/talla y cadera/talla, el IMC y su Z Score, el IMCr y el iIMC. A excepción del perímetro del brazo y del Z Score de la cintura, a los niños de este grupo, se les podrá calcular su FMI a partir del resto de parámetros e índices citados para las niñas, utilizando las ecuaciones de esta tabla 53.

Tabla 53. Parámetros para el cálculo del FMI en niñas y niños grupo de edad 2.

FMI vs	niñas			niños		
	Ordenada en origen	Pendiente	r <sup>2</sup>	Ordenada en origen	Pendiente	r <sup>2</sup>
Brazo	5,02	2,43	0,826	6,99	2,25	0,401
ZS cintura	7,31	2,28	0,552	8,42	1,99	0,491
ZS cadera	7,94	2,88	0,723	9,36	2,18	0,617
Cintura/talla	12,13	47,82	0,451	12,44	44,86	0,628
Cadera/talla	25,32	61,19	0,788	16,15	46,85	0,705
IMC	8,06	0,76	0,926	6,87	0,69	0,752
ZS IMC	5,30	2,52	0,833	6,18	1,99	0,745
IMCr	11,1	0,17	0,871	8,11	0,14	0,779
iIMC	39,08	-0,07	0,889	34,29	-0,06	0,745

Ecuación:  $FMI = \text{ordenada origen} + \text{pendiente} \cdot X$

Por último, las fórmulas que correlacionan los porcentajes de grasa troncular, androide y ginoide están expresados en la tabla 54, únicamente presentes para los niños y niñas del grupo de edad 1 al no haberse obtenido buenos coeficientes de correlación para el grupo de mayor edad. Para el cálculo de los tres parámetros DXA mencionados, se describen tres ecuaciones para cada uno de ellos, a partir del perímetro de la cadera, el índice cadera/talla y el iIMC.

Tabla 54. Parámetros para el cálculo del % grasa tronco, androide y ginoide en niños y niñas grupo de edad 1.

% grasa	Ordenada en origen	Pendiente	r <sup>2</sup>
Tronco vs ZS cadera	34,74	4,48	0,624
Tronco vs cadera/talla	12,64	91,29	0,560
Tronco vs iIMC	92,88	-0,12	0,567
Androide vs ZS cadera	42,42	4,23	0,580
Androide vs cadera/talla	1,39	84,72	0,507
Androide vs iIMC	95,86	-0,11	0,496
Ginoide vs ZS cadera	45,83	3,11	0,605
Ginoide vs cadera/talla	12,93	63,39	0,543
Ginoide vs iIMC	83,39	-0,08	0,461

Ecuación: % grasa (tronco, androide y ginoide) = ordenada origen + pendiente.X





# DISCUSIÓN



## 6. DISCUSIÓN

### 6.1 POBLACIÓN ESTUDIADA

Se estudiaron 133 niños y adolescentes con sobrepeso-obesidad, de los que 57 eran niñas y 76 niños. Aunque al ser pacientes remitidos a la consulta de Nutrición a criterio de su pediatra y no ser objeto de estudio, no ha sido posible a partir de estos datos analizar la prevalencia de la obesidad en nuestra área, la diferencia entre sexos concuerda con la mayor parte de los trabajos que refieren una mayor prevalencia en varones (Lasarte et al., 2015; Ahluwalia et al., 2015). Los recientes estudios que refieren una cierta detención en el incremento de la obesidad en el niño y adolescente refieren que este cambio de tendencia es más llamativo en las chicas (Wang et al., 2011; Wabitsch et al., 2015).

La edad de los pacientes incluidos fue de 5 a 15, lo cual supone que se encuentran en diversos momentos de crecimiento y desarrollo por lo que se establecieron grupos considerando como punto de corte el momento del inicio puberal medio de la población española, que se sitúa a los 8 años en las niñas y a los 9 en los niños, las recomendaciones de la OMS (WHO et al., 2009) y su uso ha sido aceptado en muchos estudios (Craig et al., 2014).

Al comparar las medidas antropométricas del total de la muestra por sexos se encuentran diferencias en el ZS del perímetro braquial, siendo superior en las niñas como sucede en el estudio ya clásico de Frisancho (Frisancho et al., 1981) realizado en sujetos no obesos.

El perímetro de la cintura es superior en los niños, hecho esperado y concordante con los estudios en población normal (estudio enKid), y en otros estudios prospectivos (Wicklow et al., 2015). Al comparar los índices calculados únicamente se encuentran diferencias el ZS de la cintura que es mayor en el grupo de niñas y derivado del hecho de un mayor perímetro de cintura, el índice cintura / cadera también es superior en el grupo de niños.

Al estudiar los datos obtenidos del DXA se obtienen valores para el FMI en todos los casos superiores al P95 de los valores de referencia de Weber (Weber et al., 2013). Al realizar el estudio por sexos se encuentra un mayor porcentaje de grasa total en las niñas, lo que ya se ha referido que sucede en la población normal (Wohlfahrt-Veje et al., 2014).

Para todo el estudio posterior se ha tenido en cuenta un único grupo en las edades inferiores a 9 años para los niños y de 8 para las niñas al no mostrar diferencias antropométricas ni de parámetros del DXA por sexo. Sin embargo, a edades mayores ya se establecen diferencias, por lo que se han estudiado por separado las niñas a partir de los 8 años y los niños a partir de los 9 años.

## **6.2 CORRELACIÓN ENTRE LOS DATOS OBTENIDOS DEL DXA Y LOS DISTINTOS PARÁMETROS E ÍNDICES ANTROPOMÉTRICOS**

### **6.2.1 Datos obtenidos del DXA frente al Z Score del perímetro del brazo**

En la muestra total no se obtienen datos de interés, sin embargo en el grupo de menor edad, que incluye los dos sexos, si se obtiene muy buena correlación del parámetro FMI con el perímetro del brazo. En el grupo de mayor edad hay diferencias por sexo no existiendo correlación en los varones y sí en las niñas. En el grupo de niñas se obtienen buenas correlaciones del perímetro braquial con los parámetros indicadores de contenido graso corporal (peso grasa total, % grasa total y FMI).

Los resultados obtenidos concuerdan con estudios previos en cuanto a que en los sujetos de menor edad el perímetro braquial no es un buen marcador de obesidad y sí lo es a edades superiores habiéndose cifrado la especificidad en 25% en menores de 9 años y en el 77% en niños con edades superiores (Craig et al., 2014). Es importante considerar que la mayor parte de trabajos estudian el PB en relación al IMC y no lo comparan con valores medidos de grasa corporal por lo que estos resultados validan los escasos estudios previos.

### **6.2.2 Datos obtenidos del DXA frente al Z Score de la cintura**

La ausencia de relación en la muestra total se puede deber a la heterogeneidad del grupo. El hecho de que en el grupo de menor edad se encuentre una relación con el FMI concuerda con uno de los pocos estudios realizados en niños pequeños, el de población mahorí (Taylor et al., 2008), en el que se refiere que es un buen indicador de grasa troncular medida por DXA en niños preescolares y con el más reciente de Boeke (Boeke et al., 2013), que encuentra una buena correlación con la masa grasa medida por DXA en

niños de 3-8 años y posteriormente comprueba resultados similares en niños de 6 a 10 años (Boeke et al., 2013). En el grupo de mayor edad la correlación se establece con el FMI siendo algo superior en las niñas siendo estos resultados concordantes con los trabajos previos (Lee et al., 2006; Brambilla et al., 2006). Un estudio más reciente (Brambilla et al., 2013) encuentra peor correlación del ZS de la cintura con el FMI que con el índice cintura/talla en niños de 8 a 18 años. Todos estos resultados si concuerdan con los realizados en adultos, en los que se concluye que es un buen marcador de adiposidad y sobre todo, un buen predictor de riesgo cardiovascular (Bener et al., 2013).

### **6.2.3 Datos obtenidos del DXA frente al Z Score de la cadera**

Aunque en el grupo total el Z Score del perímetro de la cadera sólo guarda relación con el índice de masa grasa, en el grupo de menor edad correlaciona bien con todos los parámetros obtenidos por DXA excepto con el peso de grasa total y con el nFMI. En las niñas del grupo de mayor edad muestra relación con el % y peso de grasa total y con el FMI, en los niños únicamente hay correlación positiva con el FMI, siendo superior en el grupo de las niñas. Esto concuerda con un estudio realizado en niños con edades comprendidas entre 3 y 5 años en el que se concluye que es un buen marcador de obesidad troncular en niños preescolares (Taylor et al., 2008). Aunque se ha considerado que esta medición está más influenciada por el sexo y por las variaciones entre las distintas etnias, en el estudio de Freedman (Freedman et al., 2012) realizado sobre 1151 adultos no se demuestra una menor correlación con el % de masa grasa obtenida por DXA que con el IMC en función del sexo.

### **6.2.4 Datos obtenidos del DXA frente al índice cintura/talla**

El que el índice cintura/talla únicamente haya mostrado correlación positiva con el FMI en las niñas y niños incluidos en el grupo 1 y en los varones del grupo 2, está en consonancia con los trabajos de Taylor (Taylor et al., 2008) en los que encuentran que no es mejor indicador de masa troncular que el perímetro de la cintura asilada. Hay trabajos con resultados discordantes y existen algunos en los que se afirma que no es un parámetro a utilizar en niños preescolares (Li et al., 2006), sin embargo otros autores (Brambilla et

al., 2013) concluyen que es mejor marcador de adiposidad que el perímetro de la cintura y que el IMC de forma independiente. Por el contrario sí se ha mostrado como un buen indicador de riesgo metabólico en niños de 6-10 años (Mansur Kuva et al., 2014).

En el trabajo de Nguyen (Nguyen et al., 2014) igualmente se concluye que es el mejor índice de masa grasa sobre todo en niñas y por el contrario un estudio sueco (Sijtsma et al., 2014) concluye, tras estudiar niños de 3 a 7 años, que no es superior al perímetro de la cintura e incluso al IMC para la estimación de la grasa total, cuestionándose incluso su utilización en niños a esta edad. Todos estos resultados no son superponibles a lo aceptado en adultos en los que se considera unos de los mejores marcadores de riesgo cardiovascular (Bergman et al., 2011).

#### 6.2.5 Datos obtenidos del DXA frente al índice cadera/talla

A la relación cadera/talla se le ha llamado índice de adiposidad y se ha propuesto como un buen índice para la estimación de la grasa corporal con la ventaja de que no se requiere el peso para su cálculo. Hay estudios en adultos con resultados muy discordantes, muchos concluyen que puede ser un buen predictor de riesgo de síndrome metabólico en adultos pero no superior al IMC, ni al perímetro de la cintura o de la cadera (Freedman et al., 2012) para la estimación de adiposidad (Sung et al., 2014), y parece que tiene gran influencia racial (Jonshon et al., 2012). Sin embargo hay otros estudios como el de Bergman (Bergman et al., 2011) que encuentra en 1733 sujetos hispanos residentes en USA una excelente correlación entre éste índice y el % de grasa total medido por DXA.

Existen pocos estudios en niños obesos por lo que es difícil comparar los resultados, pero en la población estudiada el índice cadera/talla muestra una clara relación con el FMI, tanto en la muestra total como en el grupo de menor edad. En este grupo se encuentra además una buena correlación con % de grasa total, la grasa troncular, el contenido graso de distribución androide y ginoide y con el FMI. En el grupo de mayor edad, aparecen diferencias en función del sexo, siendo en las chicas muchas de las correlaciones positivas, menos la grasa de distribución androide y el nFMI. El % de grasa total se encuentra en el límite de la significación. . En los varones solo guarda relación con el % de grasa total y el FMI. Todos estos resultados están en la línea de los

trabajos de López que estudia 3100 adultos y encuentra una clara correlación de este índice con la masa grasa medida por bioimpedancia y hace la consideración de que hacen falta estudios en niños (López et al., 2012).

#### **6.2.6 Datos obtenidos del DXA frente al índice Cintura/cadera**

El índice cintura/cadera no ha resultado un buen indicador de aumento de masa grasa y por tanto de obesidad por no obtenerse datos de interés ni en la muestra total ni en los distintos grupos estudiados. Esto concuerda con el estudio de Taylor (Taylor et al., 2008) en el que concluye que dicho índice no se mostró más efectivo, para indicar masa grasa del tronco, que el simple perímetro de la cintura en niños y adolescentes de 3 a 19 años. En el trabajo de Ejtahed, realizado en niños de 10 a 18 años y con medición de la grasa corporal por BIA (Ejtahed et al., 2014), se demuestra que el IMC es el mejor parámetro para estimar la grasa corporal total. Sí se ha mostrado como un buen indicador de riesgo metabólico dada su asociación con alteraciones de la tensión arterial en niños y adolescentes con sobrepeso/obesidad (González et al., 2013). Recientemente Nguyen en un amplio estudio realizado en Estados Unidos, y comparando los datos de las mediciones de los pliegues cutáneos, los datos antropométricos y los resultados del DXA vuelve a considerar este índice como un buen marcador de adiposidad (Nguyen et al., 2014).

#### **6.2.7 Datos obtenidos del DXA frente al IMC**

La evidente relación en el grupo total con el peso graso total y con el índice de masa grasa, en el grupo de menor edad y en las niñas del grupo de mayor edad con los mismos parámetros además del % de grasa total y en los chicos y en los niños únicamente con el peso de grasa total y el FMI concuerda con los trabajos que afirman que es un buen marcador de adiposidad y probablemente mejor que la circunferencia de la cintura en niños europeos de 9-10 años en Reino Unido (Reilly et al., 2010). En el estudio con una metodología similar se afirma, al igual que los resultados obtenidos en este estudio una mejor correlación en las niñas (Goulding et al., 2014). En el estudio de Nguyen realizado en Nueva Zelanda se encuentra que no es mejor predictor de masa grasa que el índice cintura/talla en la población infantil (Nguyen et al., 2014). Resultados similares se

obtienen en un estudio realizado en niños de 3-8 años en el que se muestra una buena correlación con el contenido graso medido por DXA (Boeke et al., 2013) y los mismos resultados obtiene posteriormente al estudiar niños de 6 a 10 años. Los resultados de estudios efectuados en niños de distintas razas, como el realizado en niños sudafricanos de 8 a 11 años (Cameron et al., 2009), encuentran mejor correlación que con el índice de la cintura y en un estudio realizado en 2493 niños chinos de procedencia rural, demuestra muy buena correlación con los indicadores de masa grasa medidos por DXA (Wang et al., 2007). En el estudio de Chiquete (Chiquete et al., 2014) y midiendo el contenido graso corporal mediante la técnica de bioimpedancia se muestra una magnífica correlación del IMC con la grasa total ( $r=0.893$ ) y con la masa grasa ( $r=0.967$ ), estando estos resultados de acuerdo con los obtenidos en el presente estudio. En el estudio pediátrico Rossetta se mide la grasa corporal por DXA en 1196 niños de 6 a 17 años y estudian la relación del IMC para la edad según los valores del Índice de masa grasa (FMI) y el Índice de masa no grasa (nFMI). Sus resultados demuestran que en los niños con IMC elevado ( $r:0.96$ ) s ( $IMC \geq$  percentil 85 según las tablas de la CDC). existe una asociación fuerte con la masa grasa corporal (Freedman et al., 2007). En el estudio pediátrico Rossetta se mide la grasa corporal por DXA en 1196 niños de 6 a 17 años y estudian la relación del IMC para la edad según los valores del Índice de masa grasa (FMI) y el Índice de masa no grasa (nFMI). Sus resultados demuestran que en los niños con IMC elevado ( $r:0.96$ ) s ( $IMC \geq$  percentil 85 según las tablas de la CDC). existe una asociación fuerte con la masa grasa corporal (Freedman et al., 2007). En el estudio de Freedman se comprobó una excelente correlación en niños de 8-19 años en valores altos de IMC y no en los niños con valores inferiores( Freedman et al., 2013).

#### 6.2.8 Datos obtenidos del DXA frente al ZS IMC

La ausencia de significación de la comparación con los parámetros de cuantificación de grasa en la muestra total se podría deber a la heterogeneidad de la muestra. La correlación con el FMI en el grupo de edades inferiores es el único parámetro que mostró correlación. En el grupo de edades superiores en niños los resultados fueron similares, sin embargo en niñas fueron además positivas el peso graso total, y % de grasa total. Todos estos resultados son concordante con los obtenidos recientemente por Nguyen en un estudio realizado en más de 5.000 niños (Nguyen et al.,

2014). Otros estudios no han encontrado esta relación y han concluido que aunque es una buena medida de obesidad no discrimina entre masa grasa y masa magra (Frankenfield et al., 2001).

#### **6.2.9 Datos obtenidos del DXA frente al IMCr**

Se ha mostrado una excelente correlación con el FMI en la muestra completa, sucediendo lo mismo en el grupo de menor edad. El grupo de mayor edad las correlaciones fueron muy positivas con el peso de grasa total, y el FMI en ambos sexos y en el grupo de niñas además con el % de grasa total. No se han podido comparar estos resultados con otros estudios porque al ser menos utilizado en la práctica clínica en el momento actual y que el estudio por DXA es de reciente introducción no se han encontrado datos que puedan validar estos resultados.

#### **6.2.10 Datos obtenidos del DXA frente al IMC inverso (iIMC)**

La correlación fue claramente positiva en el grupo total del IMC inverso con el peso grasa total y con FMI. En el grupo de menor edad se mantuvieron estas correlaciones y se añadió el % de grasa total, el % de grasa troncular. En el grupo de mayor edad mantuvo en ambos sexos la relación positiva con el FMI y peso grasa total y en las niñas, además con % grasa total. Estos hallazgos son muy similares a los de otros autores que encuentran que es ligeramente más exacto que el IMC en la estimación de compartimento grasa determinado por otros métodos como refiere el trabajo de Duncan realizado en 445 niños (Duncan et al., 2012) y el más reciente del mismo grupo utilizando para la medición de los parámetros grasos el DXA (Duncan et al., 2014). Es importante destacar que, a diferencia de otros índices analizados, resulta útil en todos los grupos de edad y sexo, sobre todo en relación al FMI.

#### **6.2.11 Datos obtenidos del DXA frente al Índice de Conicidad**

El que no se haya detectado ninguna relación con los datos obtenidos con el DXA en ninguno de los grupos estudiados es acorde con algunos de los escasos trabajos

realizados en niños en los que se concluye que es un mal marcador de adiposidad en niños pequeños (Taylor et al., 2008), al igual que se había demostrado con anterioridad en niños más mayores (Taylor et al., 2000).





# CONCLUSIONES



## 7. CONCLUSIONES

1. Se han encontrado varias proporcionalidades directas entre algunos parámetros antropométricos e índices derivados, utilizables para calcular parámetros indicadores de grasa, como posible alternativa a los medidos mediante DXA.
2. El perímetro del brazo es un buen indicador de masa grasa corporal en niñas mayores de 8 años, no siéndolo en varones.
3. El perímetro de cintura estima adecuadamente la masa grasa en los niños menores de 9 años y en las niñas de ambos grupos de edad.
4. El perímetro de la cadera puede ser útil para calcular la masa grasa en todos los grupos estudiados. Además, en los niños menores de 9 años y niñas menores de 8 años correlaciona con el % de grasa total, grasa androide y ginoide.
5. El IMC ha mostrado buena correlación con el índice de masa grasa, el % de grasa y el peso total de la misma en todos los grupos estudiados.
6. El Z Score del IMC es proporcional al índice de masa grasa en todos los grupos y con la masa grasa y su porcentaje únicamente en las niñas mayores de 8 años.
7. El IMCr correlaciona con el índice de masa grasa en todos los grupos de edad y sólo en niños y niñas mayores de 9 y 8 años respectivamente con la grasa total.
8. El índice cintura/cadera y el índice de conicidad no se han mostrado como buenos marcadores de adiposidad en ningún grupo de edad de la población estudiada.
9. El índice cintura/talla correlaciona con el índice de masa grasa en niñas menores de 8 años y en niños a cualquier edad.
10. El índice cadera/talla o índice de adiposidad se ha mostrado como un buen marcador en el conjunto de la población estudiada, presentando buena correlación con el índice de masa grasa y con el porcentaje de grasa total.

Además, correlaciona con la grasa troncular en los niños menores de 9 años y niñas menores de 8 años.

11. El índice de masa corporal inverso ha mostrado una magnífica relación con la masa grasa y su porcentaje en todos los grupos estudiados y además, en los niños menores de 9 años y niñas menores de 8 años con la grasa de tronco.





# BIBLIOGRAFÍA



## 8. BIBLIOGRAFÍA

Ahluwalia N, Dalmasso P, Rasmussen M et al. Trends in overweight prevalence among 11, 13 and 15 years old in 25 countries in Europe, Canada and USA from 2002 to 2010. *Eur J of Public Health* 2015; 25(2) 28-32.

Aranceta J, Foz M, Gil B, Jover E, Mantilla T, Millán J et al. Documento de Consenso: obesidad y riesgo cardiovascular. *Clin Invest Arterioescl* 2003; 15: 196-233.

Aranceta-Bartrina J, Serra-Majem L, Foz-Sala M, Moreno-Esteban B. Grupo Colaborativo SEEDO. Prevalencia de obesidad en España. *Med Clin (Barc)* 2005; 125(12):460-466.

Aristimuno GC, Foster TA, Voors AV et al. Influence of persistent obesity in children on cardiovascular risk factors: The Bogalusa Hearth Study. *Circulation* 1984; 69:895-904.

Armellini F, Zamboni M, Rigo L et al. The contribution of sonography to the measurement of intra-abdominal fat. *J Clin Ultrasound* 1990; 18:563-567.

Arnaiz P, Grob F, Cavada G et al. La razón cintura estatura en escolares no varía con el género, la edad ni la maduración puberal. *Rev Med Chile* 2014; 142: 574-578.

Ballabriga A, Carrascosa A. Obesidad en la infancia y adolescencia. En: *Nutrición en la Infancia y adolescencia* . 3ª Ed. A Ballabriga y A Carrascosa Eds. 2006. Madrid.

Bastien M, Poirier P, Lemieux I et al. Overview of epidemiology and contribution of obesity to cardiovascular disease. *Progress in cardiovascular diseases* 2014; 56: 369-381.

Bener A, Youfsafzai M, Darwish S et al. Obesity Index that better predict metabolic syndrome: body mass index, waist circumference, waist hip ratio, or waist height ratio. *J Obes* 2013; article ID: 269038.

Bergman R, Stefanovski D, Buchanan A et al. A better index of body adiposity. *Obesity* 2011; 19:1083-1089.

Boeke C, Oken E, Kleinman K et al. Correlations among adiposity measures in school aged children. *BMC Pediatrics* 2013; 13: 99.

Bouchard C, Tremblay A, Despres JP et al. The response to long-term overfeeding in identical twins. *N Eng J Med* 1990; 322:1477-82.

Brambilla P, Bedogni G, Heo M et al. Waist circumference to height ratio predicts adiposity better than body mass index in children and adolescents. *Int J Obesity* 2013; 37:943-946.

Brambilla P, Bedogni G, Moreno LA: Crossvalidation of anthropometry against magnetic resonance imaging for the assessment of visceral and subcutaneous adipose tissue in children. *Int J Obes (Lond)* 2006; 30:23-30.

Brambilla P, Manzoni P, Sironi S, Simone P, Del Maschio A, di Natale B, et al. Peripheral and abdominal adiposity in childhood obesity. *Int J Obes* 1994; 18:795-800.

Bueno M, Bueno-Lozano M, Garagorri JM et al. Cambios endocrinos en la obesidad nutricional infantil. *An Esp Pediatr* 1996; S76:26-28.

Bueno M, Moreno LA, Quintela I et al. Relationship between postprandial lipaemia and body composition in obese girls. *Ann N Y Acad Sci* 1997; 817:375-377.

Bueno M, Bueno O, Bueno G. Obesidad en la infancia. En Nutrición en Pediatría Bueno M, Sarría A, Pérez-González JM. Eds .Ergón 2007 381-392.

Burt J, Dube L, Thibault L et al. Sleep and eating in childhood: a potential behavioral mechanism underlying the relationship between poor sleep and obesity. Sleep Med 2014; 15:71-75.

Cameron N, Jones NN, Griffiths PL et al. How well do waist circumference and body mass index reflect body composition in prepuberal children?. Eur J Clin Nutr 2009; 63(9):1065-1070.

Carrascosa A, Fernández JM, Ferrández A, López-Siguero JP, López D, Sánchez E, Grupo Colaborador. Estudios españoles de crecimiento 2010. Disponible en: <http://www.estudiosdecrecimiento.es/estudio-transversal-publicaciones.html>.

Chinn S. Definitions of childhood obesity: current practice. Eur J Clin Nutr 2006; 60(10):1198-1204.

Chiquete E, Ruiz Sandoval J, Ochoa Guzmán A. The Quetelet index revisited in children and adults. Endocrinol Nutr 2014; 61(2):87-92.

Cole TJ, Bellizzi MC, Flegal KM, Dietz WH. Establishing a standard definition for child overweight and obesity worldwide: international survey. BMJ 2000; 320:1240-1243.

Cole TJ, Faith MS, Pietrobelli A, Heo M. What is the best measure of adiposity change in growing children: BMI, BMI %, BMI z-score or BMI centile? Eur J Clin Nutr. 2005 Mar;59(3):419-425.

Colomer Revuelta, J. Prevención de la obesidad infantil. Recomendación. En: Recomendaciones PrevInfad / PAPPS. Actualizado octubre 2004. Disponible en [http://www.aepap.org/previnfad/rec\\_obesidad](http://www.aepap.org/previnfad/rec_obesidad).

Conselleria de Sanitat. Plan de Salud de la Comunidad Valenciana 2010-2013. Valencia 2011. Disponible en:

[http://www.san.gva.es/documents/153218/167779/III\\_Plan\\_de\\_Salud\\_10\\_13.pdf](http://www.san.gva.es/documents/153218/167779/III_Plan_de_Salud_10_13.pdf).

Craig E, Bland R, Ndirangu J et al. Use of mid-upper arm circumference for determining overweight and over fatness in children and adolescents Arch Dis Child 2014; 99:763-766.

Dalmau J, Moráis A, Martínez V, Peña-Quintana L, Varea V, Martínez MJ, Soler B. Evaluación de la alimentación y consumo de nutrientes en menores de 3 años. Estudio piloto ALSALMA. An Pediatr 2014; 81:22-31.

Daniels SR, Khoury PR, Morrison JA. The utility of body mass index as a measure of body fatness in children and adolescents: differences by race and gender. Pediatrics 1997; 99:804 -807.

De Onis M, Oyango A, Bhorgi E et al. Worldwide implementation of the WHO Child Growth Standards . Public Health Nutr 2012; 15:1603-1610.

Dids T, Maher C, Zumin S et al. Evidence that the prevalence of childhood overweight in plateauing: data from nine countries. Int J Pediatr Obes 2011; 6:342-360.

Dietz WH, Economos C. Progress in the control of childhood obesity. Pediatrics 2015; 135:e559.

Dietz WH, Robinson TN. Use of body mass index (BMI) as a measure of overweight in children and adolescents. *J Pediatr* 1998; 132:191-3.

Duncan MJ, Martins C, Silva G, et al. Inverted BMI rather than BMI is a better predictor of DXA determined body fatness in children. *E J Clin Nutr* 2014; 68:638-40.

Duncan M, Mota J, Vale S et al. Comparisons between Inverted Body Mass Index and Body Mass Index as proxies for body fatness and risk factors of metabolic risk and cardiorespiratory fitness in Portuguese adolescents. *Am J Hum Biol* 2012; 24:618-625.

Dunn-Rankin P, Rudoy R, Brennan M. The obesity Quotient: a new tool to measure childhood obesity. *Clinical Pediatrics* 2015; 54(5):484-486.

Ejtahed HS, Asghari G, Mirmiran P et al. Body mass index as a measure of percentage body fat prediction and excess adiposity diagnosis among Iranian adolescents. *Arch Iran Med* 2014; 17(6):400-405.

Ellis KJ. Selected body composition methods can be used in obesity studies. *J Nutr* 2001; 131:1589-95.

Ferrández-Longás A, Mayayo E, Labarta JI, Bague L, Puga B, Rueda C et al. Estudio longitudinal de crecimiento y desarrollo. Centro Andrea Prader. Zaragoza 1980-2002.

Fields DA, Goran MI. Body composition techniques and the four-compartment model in children. *J Appl Physiol* 2000 ,89:613-620

Flodmark CE, Sveger T, Nilsson-Ehle P. Waist measurement correlates to a potentially atherogenic lipoprotein profile in obese 12-14-year-old children. *Acta Paediatr* 1994; 83:941-945.

Forriol F, Rother P. Comportamiento de cuatro índices ponderales con relación al peso y a la altura desde los tres a los diecisiete años. *An Esp Pediatr* 1990; 33: 359-361.

Frankenfield DC, Rowe WA, Cooney R et al. Limits of body mass index to detect obesity and predict body composition. *Nutrition* 2001; 17(1):26-30.

Freedman DS, Mei Z, Srinivasan SR, Berenson GS, Dietz WH. Cardiovascular risk factors and excess adiposity among overweight children and adolescents: the Bogalusa Heart Study. *J Pediatr* 2007; 150(1):12-17.

Freedman DS, Ogden CL, Blannock HM et al. The abilities of body mass index and skinfold thicknesses to identify children with low or elevated levels of dual-energy X-ray absorptiometry – determined body fatness. *J Pediatr* 2013; 163(1):160-166.

Freedman DS, Sherry B. The validity of BMI as an indicator of body fatness and risk among children. *Pediatrics* 2009; 124 Suppl 1:S23-34.

Freedman DS, Thornton JC, Mei Z, Wang J, Dietz WH, Pierson RN Jr, et al. Height and adiposity among children. *Obes Res* 2004; 12(5):846-853.

Freedman DS, Wang J, Maynard LM, Thornton JC, Mei Z, Pierson RN, et al. Relation of BMI to fat and fat-free mass among children and adolescents. *Int J Obes (Lond)* 2005; 29(1):1-8.

Freedman D, Thornton J, Pi-Sunyer X et al. The body adiposity index (hip circumference / height) is not a more accurate measure of adiposity than is BMI, waist circumference, or hip circumference. *Obesity* 2012; 20(12):2438-2444.

Frisancho R. New norms of upper limb fat and muscle areas for assessment of nutritional status. *An J Clin Nutr* 1981; 34:2540-2545.

Fundación Thao. Programa de prevención de la obesidad infantil en los municipios. Disponible en: <http://www.Thaoweb.com/es/publicaciones/estudio-longitudinal-5-municipios-piloto-thao-2007-2011>.

García M, Ramos I, Caldera J, Mulas-Granados C, Maroto R, Plaza M, et al. El reto de la obesidad infantil. La necesidad de una acción colectiva. Informe Julio 2011. Disponible en <http://www.fundacionideas.es/sites/default/files/>

Geiss HC, Parhofer KG, Schwandt P. Parameters of childhood obesity and their relationship to cardiovascular risk factors in healthy prepubescent children. *Int J Obes Relat Metab Disord* 2001; 25:830-837.

González CA; Pera G, Agudo A. Factores asociados a la acumulación de grasa abdominal estimada mediante índices antropométricos. *Med Clin (Barc)* 2000; 114: 401-406.

González E, Montero MA, Schmidt J. Estudio de la utilidad del índice cintura-cadera como predictor del riesgo de hipertensión arterial en niños y adolescentes. *Nutr Hosp* 2013; 28(6):1993-1998.

Goossens S, Bekele Y, Yun O et al. Mid-upper arm circumference based nutrition programming: evidence for a new approach in regions with high burden of acute malnutrition. *PLoS ONE* 2012; 7:e49320.

Goran MI, Gower BA, Treuth M, Nagy TR. Prediction of intra-abdominal and subcutaneous abdominal adipose tissue in healthy prepuberal children. *Int J Obes Relat Metab Disord* 1992; 22:549-558.

Goulding A, Gold E, Cannan R et al. DXA supports the use of BMI as a measure of fatness in young girls. *Int J Obes Relat Metab Disord* 1996; 20(11):1014-1021.

Goulding A, Taylor RW, Gold E, Lewis-Barned NJ. Regional body fat distribution in relation to puberal estate: a dual-energy x-ray absorptiometry study of New Zealand girls and young women. *Am J Clin Nutr* 1996; 64:546-551.

Grupo Cooperativo Español para el Estudio de los Factores de Riesgo Cardiovascular en la Infancia y Adolescencia. Factores de riesgo cardiovascular en la infancia y adolescencia en España. Estudio RICARDIN II: Valores de referencia. *An Esp Pediatr* 1995; 43: 11 – 17.

Hampton T. Studies probe links between childhood asthma and obesity. *JAMA*. 2014 May 7;311(17):1718-1719.

Hernández M, Castellet J, García M, Narvaiza JL, Rincón JM, Ruiz I, et al. Curvas de crecimiento. Instituto de Investigación sobre crecimiento y desarrollo. Bilbao: Fundación Orbegozo; 1988.

Heymsfield SB, Wang J, Henska S, Kehayias J, Pierson RN. Dual-photon absorptiometry: comparison of bone mineral and soft tissue mass measurements in vivo with established methods. *Am J Clin Nutr* 1989; 49:1283-1289.

Himes JH, Dietz WH. Guidelines for overweight in adolescent preventive services : recommendations from an expert committee: the Expert Committee on Clinical Guidelines for Overweight in Adolescent Preventive Services. *Am J Clin Nutr* 1994; 59:307-316.

Huang J, Barlow S, Quiros – Tejeira R et al. Childhood obesity for pediatric gastroenterologists. *J Pediatr Gastroenterol Nutr* 2013;56:99-109.

Johnson W, Chumlea WC, Czerwinski SA et al. Concordance of the recently published body adiposity index with measured body fat percent in European –American adults. *Obesity* 2012 ; 19:1083-9.

Jover E. Índice cintura/cadera. Obesidad y riesgo cardiovascular. *An Med Intern* 1997; 14: 1-2.

Kahn HS, Austin H, Williamson DF, Arensberg D. Simple anthropometric indices associated with ischemic heart disease. *J Clin Epidemiol* 1996; 49:1017-1024.

Kehayias J, Valtueña S. Measurement of body fat mass in vivo: from two-compartment techniques to neutron activation analysis and DXA. *Medicina Clínica* 2001; 116:15.

Keys A, Fidanza F, Karvonen MJ et al Indices of relative weight and obesity. *J Chronic Dis* 1972; 25:329-343.

Koester RS, Hunter GR, Snyder S, Khaled MA, Berland LL. Estimation of computerized tomography derived abdominal fat distribution. *Int J Obes* 1992; 16:543-554.

Koplan JP, Liverman CT, Kraak VI; Committee on Prevention of Obesity in Children and Youth. Preventing childhood obesity: health in the balance: executive summary. *J Am Diet Assoc* 2005; Jan;105(1):131-138.

Krebs NF, Himes JH, Jacobson D, Nicklas TA, Guilday P, Styne D. Assessment of child and adolescent overweight and obesity. *Pediatrics* 2007; 120(suppl 4):S193-S228.

Krebs NF, Jacobson MS, American Academy of Pediatrics. Prevention of pediatric overweight and obesity. *Pediatrics* 2003; 112:424-430.

Kuczmarski RJ, Ogden CL, Grummer-Strawn LM, Flegal KM, Guo SS, Wei R. CDC growth charts: United States. *Adv Data* 2000; (314):1-27.

Kuehnen P, Mischke M, Wiengand S et al. An element-associated hypermethylation variant of the POMC gene is associated with childhood obesity. *Plos Genet* 2012; 8:e1002543.

Lasarte JJ, Hernandez MT, Martinez T et al. Estimación de la prevalencia de sobrepeso y obesidad en un sector sanitario de Zaragoza utilizando diferentes estándares de crecimiento. *An Esp Pediatr* 2015; 82:152-158.

Laurson KR, Eisenmann JC, Welk GC. Body fat percentiles curves for US children and adolescents. *Am J Prev Med* 2011; 91(Sup 2): 87-92.

Lee S, Bachga F, Gungor N et al. Waist circumference is an independent predictor of insulin resistance in black and white youths. *J Pediatr* 2006; 148:188-94.

Li C, Ford ES, Mokdad AH et al. Recent trends in waist circumference and waist height ratio among US children and adolescents. *Pediatrics* 2006; 118:1390-8.

Lissau I, Overpeck MD, Ruan J, Due P; Holstein BE, Hediger ML. Body mass index and overweight in adolescents in 13 European countries, Israel, and the United States. *Arch Pediatr Adolesc Med* 2004; 158:27-33.

López A, Cespedes M, Vicente T et al. Body adiposity index utilization in a Spanish mediterranean population: Comparison with the body mass index. PLoS One 2012; 7(4)e35281.

Lurbe E, Sorof JM, Daniels SR. Clinical and research aspects of ambulatory blood pressure monitoring in children. J Pediatr 2004; 144:7-16.

Manco M , Dallapiccola B. Genetics of Pediatric Obesity. Pediatrics 2012; 130:123-133.

Mansur Kuba V, Leone C, Damiani D. Is waist to height a useful indicator of cardi-metabolic risk in 6-10 year old children. BMC Pediatrics 2013; 13:91.

Martínez Costa C, Pedrón C. Valoración del estado nutricional. Protocolos de Nutrición de la AEP. 2010.

Maynard LM, Wisemandle W, Roche AF, Chumlea WC, Guo SS, Siervogel RM. Childhood body composition in relation to body mass index. Pediatrics 2001; 107:344-350.

Mazees RB, Burden HS, Bisek JP, Hanson J. Dual energy x-ray absorptiometry for total and regional bone-mineral and soft tissue composition. Am J Clin Nutr 1990; 51:1106-1112.

Mei Z, Grummer-Strawn M, Pietrobelli A, Goulding A, Goran MI, Dietz WM. Validity of body mass index compared with other body-composition screening indexes for the assessment of body fatness in children and adolescents. Am J Clin Nutr 2002; 75:978-985.

Ministerio de Sanidad, Política Social e Igualdad. Estrategia naos. Estudio de prevalencia de obesidad infantil “Aladino”. Madrid: Ministerio de Sanidad, Política Social e Igualdad. 2011. Disponible en:

<http://www.naos.aesan.mssi.gob.es/naos/ficheros/ficheros/investigacion/ALADINO.pdf>.

Montalbán J. Índice cintura/cadera, obesidad y estimación del riesgo cardiovascular en un centro de salud de Málaga. *Medicina de Familia* 2001; 2:208-215.

Moreno LA, Fleta J, Mur L, Feja C, Rodriguez G, Sarria A, et al. Distribución de la grasa en niños y adolescentes de ambos sexos. *An Esp Pediatr* 1998; 49:135-139.

Moreno LA, Sarria A, Quintela I, Bueno M. Standardization of postprandial lipemia methods in children and adolescents. *Nutr Metab Cardiovesc Dis* 1997; 7:481-482.

Muls E, Vansant G. Determinants of postprandial lipaemia in 97 obese women. *Atherosclerosis* 1995; 115(Suppl):S17.

Must A, Dallal GE, Dietz WH. Reference data for obesity: 85th and 95th percentiles of body mass index (wt/ht<sup>2</sup>) and triceps skinfold thickness. *Am J Clin Nutr* 1991; 53: 839-846.

Nevill AM, Stavropoulos-Kalinoglou A, Metsios GS et al. Inverted BMI rather than BMI is a better proxy for percentage body fat. *Ann Hum Biol* 2011; 36:681-684.

Nguyen TT, Wang Y. Adiposity assessments: agreement between dual-energy X ray absorptiometry and anthropometric measures in US children. *Obesity* 2014; 22(6):1495-504.

Nicandri KF, Hoeger K. Diagnosis and treatment of polycystic ovarian syndrome in adolescents. *Curr Opin Endocrinol Diabetes Obes* 2012;19(6):497-504.

Ogden CL, Carroll MD, Kit BK et al. Prevalence of childhood and adult obesity in the United States, 2011-2012. *JAMA* 2014; 311(8):806-814.

Ogden CL, Kuczmarski RJ, Flegal KM, Mei Z, Guo S, Wei R, et al. Centers for disease control and prevention 2000 growth charts for the united states: improvements to the 1977 National Center for Health Statistics version. *Pediatrics* 2002; 109(1):45-60.

Olds T, Maher C, Zumin S et al. Evidence that the prevalence of childhood overweight is plateauing: data from nine countries. *Int J Pediatr Obes* 2011; 6:342-360.

OMS. Appropriate body-mass index for Asian populations and its implications for policy and intervention strategies. *Lancet* 2004; 10;363(9403):157-163.

OMS. Obesity: preventing and managing the global epidemic. Informe de un grupo científico de la OMS. Ginebra: OMS; 2000. Serie informes técnicos; 894.

Paidos 84. Estudio epidemiológico sobre nutrición y obesidad infantil. 1ª ed. Madrid: Gráficas Jogamar, 1985.

Power C, Lake JK, Cole TJ. Measurement and long-term health risks of child and adolescents fatness. *Int J Obes Relat Metab Disord* 1997; 21:507-526.

Prentice AM. Body mass index standards for children. Are useful for clinicians but not for yet for epidemiologists. *BMJ* 1998; 317:1401-1402.

Reilly JJ, Methven E, McDowell ZC et al. Health consequences of obesity. *Arch Dis Child* 2003; 88:748-2.

Reilly JJ, Dorosty AR, Ghomizadeh NM et al. Comparison of waist circumference percentiles versus body mass index percentiles for diagnosis of obesity in a large cohort of children. *Int J Pediatr Obes* 2010; 5:151-156.

Rolland-Cachera MF, Deheger M, Bellisle F. Définition actuelle et évolution de la fréquence de l'obésité chez l'enfant. *Can Nutr Diét* 2001; 36:108-112.

Rolland – Cachera MF, Deheeger M, Maillot M and Bellisle F. Early adiposity rebound: causes and consequences for obesity in children and adults. *Int J Obes* 2006; 30:S11-S17.

Rolland-Cachera MF, Deheeger M, Bellisle F, Sempé M, Guilloud-Bataille M, Oatois E. Adiposity rebound in children: a simple indicator for predicting obesity. *Am J Clin Nutr* 1984; 39:129-35.

Ross R, Shaw KD, Martel Y, de Guise J, Avruch L. Adipose tissue distribution measured by magnetic resonance imaging in obese women. *Am J Clin Nutr* 1993; 57:470-5.

Ruy JE, Craven TE, MacArthur RD et al. Relationship of intrabdominal fat as measured by magnetic resonance imaging to postprandial lipemia in middle-aged subjects. *Am J Clin Nutr* 1994; 60:586-591.

Sabin MA, Ford AL, Holly JM et al. Characterisation of morbidity in a KU, hospital based, obesity clinic. *Arch Dis Child* 2006; 91:126-130.

Sabin M, Kao KT, Juonala M et al. Viewpoint article: Childhood obesity –looking back over 50 years to begin to look forward. *J Pediatr Child Health* 2015; 51:82-86.

Sarría A, Moreno LA, García-Llop LA, Fleta J, Morellón MP, Bueno M. Body mass index, triceps skinfold and waist circumference in screening for adiposity in male children and adolescents. *Acta Pediatr* 2001; 90:387-392.

Savaje PL, Bennett PH, Senter RG et al. High prevalence of diabetes in young Pima Indians: evidence of phenotypic variation in a genetically isolated population *Diabetes* 1979; 28:937-942.

Saxena S, Ambler G, Cole TJ, Majeed A. Ethnic group differences in overweight and obese children and young people in England: cross sectional survey. *Arch Dis Child* 2004; 89:30-36.

Schmidt Morgen C, Rokholm B, Sjöberg C et al. Trend in prevalence of overweight and obesity in Danish infant, children and adolescents. Are we still on a plateau? *PLoS One* 2013; 24 (8) e69860.

Schwimmer JB, Deutch R, Haken T et al: prevalence of fatty liver in children and adolescents. *Pediatrics* 2006; 118:1388-1393.

Serra M, Aranceta J, Perez C et al. Patrones de crecimiento y desarrollo en España. Atlas de gráficas y tablas. ERGON, Madrid: 2004. pp. 61-115.

Serra LL, Ribas L, Aranceta J, Pérez C, Saavedra P, Peña L. Obesidad infantil y juvenil en España. Resultados del Estudio enKid (1998 - 2000). *Med Clin (Barc)* 2003; 121:725-732.

Serra Majem L, Aranceta Bartrina J, Pérez Rodrigo C, Moreno Esteban B, Tojo Sierra R, Delgado Rubio A. Curvas de referencia para la tipificación ponderal. Población Infantil y Juvenil. 1ª ed. Madrid: IM&C SA, 2002.

Sijtsma A, Bocca G, L'Abeè C et al. Waist-to height ratio, waist circumference and BMI as indicators of percentage fat mass and cardiometabolic risk factors in children aged 3-7 years. Clin Nutr 2014; 33:311-315.

Skinner AC, Skelton JA. Prevalence and trends in obesity and severe obesity among children in the United States. Jama Pediatr 2014 ;168:561-566.

Slaughter MH, Lohman TG, Boileau RA, Horswill CA, Stillman RJ, Van Loan MD, Bembien DA. Skinfold equations for estimation of body fatness in children and youth. Hum Biol. 1988 Oct;60(5):709-723.

Sobradillo B, Aguirre A, Aresti U, Bilbao A, Fernández-Ramos C, Lizárraga A, et al. Curvas y tablas de crecimiento. Estudios longitudinal y transversal. Fundación F. Orbegozo. In ERGON, ed. Patrones de crecimiento y desarrollo en España. Atlas de gráficas y tablas, pp 145-168. Madrid:2004.

Sopher AB, Thornton JC, Wang J et al. Measurement of percentage of body fat in 411 children and adolescents: a comparison of dual-energy X-ray absorptiometry with a four-compartment mode. Pediatrics 2004; 113:1285-1290.

Sung YA, Oh JY, Lee H. Comparison of the body adiposity index to body mass index in Korean women. Jonsi Med J 2014; 55(4):1028-1235.

Tapia L, López JP, Jurado A. Prevalencia del síndrome metabólico y sus componentes en niños y adolescentes con obesidad. An Pediatr (Barc) 2007; 67(4):352-361.

Taylor RW, Jones IE Williams SM Goulding A .Evaluation of waist circumference, waist –to-hip ratio, and conicity index as screening tools for high trunk fat mass, as measured by dual-energy X –ray absorptiometry, in children aged 13-19 y. *Am J Clin Nutr* 2000; 72:490-495.

Taylor E, Theim KR, Mirch MC et al. Orthopedic complications of overweight in children and adolescents. *Pediatrics* 2006; 117:2167-2174.

Taylor R, Williams S, Grant A et al. Waist circumference as a measure of trunk fat mass in children aged 3 to 5 years. *Int J Pediatr Obes* 2008; 3:226-233.

Troiano RP, Flegal KM, Kuczmarski RJ et al. Overweight prevalence and trends for children and adolescents. The National Health and Nutrition Examination Surveys 1963 to 1991. *Arch Pediatr Adolesc Med* 1995; 149:1085-1091.

Valdez R, Seidell J, Ahn YI Weiss M, A new index of abdominal adiposity as an indicator of risk for cardiovascular disease. A cross population study. *Int J Obes* 1993; 17:77-82.

Van der Kooy K, Leenen R, Seidell JC, Deurenberg P, Droop A, Bakker CJ. Waist-hip ratio is a poor predictor of changes in visceral fat. *Am J Clin Nutr* 1993; 57:327-333.

Visness CM, London SL, Daniels JI et al. Association of obesity with IgE levels and allergy symptoms in children and adolescents: results from the National Health and Nutrition Examination Survey 2005-2006. *J Allergy Clin Immunol* 2009; 1163-1169.

Wabitsch M, Mons A, Kromeyer-Hauschild K. Unespected plateauing of childhood obesity rates in developed countries. *BMC Medicine* 2014:12-17.

Wang H, Story RE, Venners SA et al. patterns and interrelationships of body fat measures among rural Chinese children aged 6-18 years. *Pediatrics* 2007; 120(1):e-94-e-101.

Wang Y, Beydoun MA, Lyang L, et al. Americans become overweight or obese?. Estimating the progression and cost of the US obesity epidemic. *Obesity* 2008; 16: 2323-2330.

Wang Y. Is obesity associated with early sexual maturation the association in American boys versus girls. *Pediatrics* 2002; 110:903-905.

Wang YC, Gortmaker ST, Taveras EM. Trends and social/ethnic disparities in severe obesity among US children and adolescents 1976-2006. *Int J Pediatr Obes* 2011; 6:12-20.

Wells JCK. A critique of the expression of paediatric body composition data. *Arch Dis Child* 2001; 85:67-72.

Wicklow BA, Becker A, Chateau D et al. Comparison of anthropometric measurements in children to predict metabolic syndrome in adolescence: analysis of prospective cohort data *Int J Obesity* 2015; 4:doi:10.1038/ijo.2015.55

Whitaker RC, Wright JA, Pepe MS et al. Predicting obesity in young adulthood from childhood and parental obesity. *N Engl J Med* 1997; 337:869-73.

Whitlock EP, Williams SB, Gold R, Smith PR, Shipman SA. Screening and interventions for childhood overweight: a summary of evidence for the US Preventive Services Task Force. *Pediatrics*. 2005; 116:e125-44.

WHO 2009: Guidelines for an integrated appraisal of the nutritional of HIV infected children. Disponible en:

<http://www.who.int/nutrition/publications/hiv aids/9789241597524/en/>

WHO: Obesity: Preventing and Managing the Global Epidemic: Report of a WHO Consultation. Geneva, Switzerland: World Health Organization; 2000.

Wohlfahrt-Veje C, Tinggaard J, Winther K et al. Body fat throughout childhood in 2647 Danish children: agreement of BMI, waist circumference, skinfolds with dual X-ray absorptiometry. Eur J Clin Nutr 2014; 68:664-670.

World Health Organization web page. 2014. Disponible en:

<http://www.who.int/dietphysicalactivity/end-childhoodobesity/en>

Wunsch R, de Sousa G, Toshke AM et al. Intima-media thickness in children before and after weight loss. Pediatrics 2006;118:2334-2340.

