



Universidad de Valladolid

**APLICACIONES DEL ANÁLISIS DE BIOIMPEDANCIA EN EL ESTUDIO
DE LA COMPOSICIÓN CORPORAL DE UN GRUPO DE NIÑOS CON
SOBREPESO Y OBESIDAD**

Trabajo de Fin de Grado

Grado de Nutrición Humana y Dietética

Curso académico 2017/2018

Presentado por: Laura Alonso Izquierdo

Tutorizado por: Beatriz de Mateo Silleras

La Dra. Beatriz de Mateo Silleras, PCD del Área de Nutrición y Bromatología de la Universidad de Valladolid, como tutora del Trabajo de Fin de Grado de la alumna Laura Alonso Izquierdo,

Autoriza la presentación del Trabajo de Fin de Grado titulado:

“Aplicaciones del análisis de bioimpedancia en la evaluación de la composición corporal en niños con sobrepeso y obesidad”

Para optar al Título de Grado en Nutrición Humana y Dietética.

Lo que firma en Valladolid, a 12 de junio de 2018

Fdo.: Dra. Beatriz de Mateo Silleras

ÍNDICE:

1.INTRODUCCIÓN	Pág. 1
1.1. La obesidad en la infancia	Pág. 1
1.2. Evaluación de la adiposidad	Pág. 3
2. OBJETIVOS	Pág. 6
2.1. Objetivo general	Pág. 6
2.2. Objetivos específicos	Pág. 6
3. MATERIAL Y MÉTODOS	Pág. 7
3.1. Diseño del estudio	Pág. 7
3.2. Sujetos	Pág. 7
3.3. Metodología	Pág. 7
3.3.1.Antropometría	Pág. 7
3.3.1.1. Determinaciones antropométricas	Pág. 7
3.3.1.2. Cálculo de índices antropométricos derivados: IMC	Pág. 8
3.3.2. Análisis de bioimpedancia	Pág. 8
3.3.3. Análisis cuantitativo de la composición corporal	Pág. 9
3.3.3.1. Estimación del porcentaje de masa grasa corporal mediante modelos antropométricos predictivos para población infanto-juvenil	Pág. 9
3.3.3.2. Cálculo de la CC a partir del análisis convencional de bioimpedancia	Pág. 9

3.3.3.3. Catalogación de los sujetos en base a su composición corporal	Pág. 9
3.3.4. Análisis semicuantitativo de composición corporal: bioimpedancia vectorial (BIVA)	Pág. 10
3.4. Tratamiento de los datos	Pág. 11
3.4.1. Recogida de datos	Pág. 11
3.4.2. Análisis estadístico	Pág. 11
4. RESULTADOS	Pág. 12
4.1. Descripción de la muestra	Pág. 12
4.2. Características antropométricas	Pág. 12
4.3. Características eléctricas de la muestra	Pág. 13
4.4. Análisis de la composición corporal	Pág.13
4.4.1. Estimación del índice de masa grasa	Pág. 15
4.5. Análisis de concordancia	Pág. 17
4.5.1. Concordancia entre la Z-IMC y la Z-%MG	Pág. 17
4.5.2. Concordancia entre la Z-IMC y la Z-IMG	Pág. 19
4.6. Análisis vectorial de bioimpedancia	Pág. 20
5. DISCUSIÓN	Pág. 28
6. CONCLUSIONES	Pág. 33
7. BIBLIOGRAFÍA	Pág. 34

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Puntos de corte del IMC para el sobrepeso y la obesidad en niños y adolescentes según los criterios de catalogación.....	Pág. 2
Tabla 2. Variables eléctricas del análisis de BIA.....	Pág. 13
Tabla 3. Descripción de los niños y niñas mayores de 12 años.....	Pág. 16
Tabla 4. Tabla de contingencia de las catalogaciones nutricionales obtenidas a partir de las Z-Scores del IMC y las Z-Scores del porcentaje de masa grasa (criterio estadístico) en la muestra total.....	Pág. 18
Tabla 5. Tabla de contingencia de las catalogaciones nutricionales obtenidas a partir de las Z-Scores del IMC y las Z-Scores del porcentaje de masa grasa (criterio de McCarthy) en la muestra total.....	Pág. 19
Tabla 6. Tabla de contingencia de las catalogaciones nutricionales obtenidas a partir de las Z-Scores del IMC y del índice de masa grasa en los sujetos mayores de 12 años.....	Pág. 19
Tabla 7. Tabla de contingencia de las catalogaciones nutricionales obtenidas a partir de las Z-Scores del IMC y las Z-Scores del porcentaje de masa grasa (criterio estadístico) en los sujetos mayores de 12 años.....	Pág. 19
Tabla 8. Tabla de contingencia de las catalogaciones nutricionales obtenidas a partir de las Z-Scores del IMC y las Z-Scores del porcentaje de masa grasa (criterio de McCarthy) en los sujetos mayores de 12 años..	Pág. 20

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Representación gráfica del vector de impedancia Z mediante el gráfico R/H-Xc/H.....	Pág. 5
Figura 2. Distribución de la muestra por edad y sexo.....	Pág. 12
Figura 3. Catalogación nutricional en función de la Z-IMC.....	Pág. 12
Figura 4. Catalogación nutricional en función de la Z-CCi.....	Pág. 13
Figura 5. Análisis de Bland-Altman entre los porcentajes de MG estimados por antropometría y por BIA en la muestra total.....	Pág. 14
Figura 6. Z-Score del %MG en función de la catalogación del IMC.....	Pág. 14
Figura 7. Catalogación de la Z-Score del %MG según el criterio estadístico.....	Pág. 15
Figura 8. Catalogación de la Z-Score del %MG según el criterio de McCarthy et al.....	Pág. 15
Figura 9. Catalogación de la Z-Score del %MG según el criterio estadístico en los sujetos mayores de 12 años.....	Pág. 16
Figura 10. Catalogación de la Z-Score del %MG según el criterio de McCarthy en los sujetos mayores de 12 años.....	Pág. 16
Figura 11. Catalogación de la composición corporal respecto al IMG.....	Pág. 17
Figura 12. Análisis de Bland-Altman entre las puntuaciones Z-Score del IMC y las puntuaciones Z-Score del porcentaje de MG en la muestra completa.....	Pág. 18
Figura 13. Elipses de confianza en función de la catalogación nutricional establecida en base a las puntuaciones Z-Score del IMC en la muestra total.....	Pág. 20
Figura 14. Elipses de confianza en función de la catalogación nutricional establecida en base a las puntuaciones Z-Score de porcentaje de masa grasa (criterio 1) en la muestra total.....	Pág. 21
Figura 15. Elipses de confianza en función de la catalogación nutricional establecida en base a las puntuaciones Z-Score de porcentaje de masa grasa (criterio 2) en la muestra total.....	Pág. 21
Figura 16. Elipses de confianza en función de la catalogación nutricional establecida en base a las puntuaciones Z-Score del IMC en los niños mayores de 12 años.....	

	Pág. 22
Figura 17. Elipses de confianza en función de la catalogación nutricional establecida en base a las puntuaciones Z-Score de porcentaje de masa grasa estimada por bioimpedancia (criterio 1) en los niños mayores de 12 años.....	Pág. 23
Figura 18. .Elipses de confianza en función de la catalogación nutricional establecida en base a las puntuaciones Z-Score de porcentaje de masa grasa estimada por bioimpedancia (criterio 2) en los niños mayores de 12 años.....	Pág. 23
Figura 19. Elipses de confianza en función de la catalogación nutricional establecida en base al índice de masa grasa en los niños mayores de 12 años.....	Pág. 24
Figura 20. .Elipse de tolerancia en función de la catalogación nutricional establecida en base a las puntuaciones Z-Score del IMC en la muestra total.....	Pág. 24
Figura 21. Elipse de tolerancia en función de la catalogación nutricional establecida en base a las puntuaciones Z-Score del porcentaje de masa grasa y la catalogación del criterio 1 en la muestra total.....	Pág. 25
Figura 22. Elipse de tolerancia en función de la catalogación nutricional establecida en base a las puntuaciones Z-Score del porcentaje de masa grasa y la catalogación del criterio 2 en la muestra total.....	Pág. 25
Figura 23. Elipses de tolerancia en función de la catalogación nutricional establecida en base a las puntuaciones Z-Score del IMC en niños mayores de 12 años.....	Pág. 26
Figura 24. Elipses de tolerancia en función de la catalogación nutricional establecida en base a las puntuaciones Z-Score del porcentaje de masa grasa y la catalogación del criterio 1 en niños mayores de 12 años.....	Pág. 26
Figura 25, Elipses de tolerancia en función de la catalogación nutricional establecida en base a las puntuaciones Z-Score del porcentaje de masa grasa y la catalogación del criterio 2 en niños mayores de 12 años.....	Pág. 27
Figura 26. Elipses de tolerancia en función de la catalogación nutricional establecida en base al índice de masa grasa en niños mayores de 12 años.....	Pág. 27

ABREVIATURAS

ACT: agua corporal total

ADP: pletismografía por desplazamiento de aire

BIA: análisis de impedancia bioeléctrica

BIVA: análisis vectorial de impedancia bioeléctrica

CC: composición corporal

CCi: circunferencia de la cintura

CCI: coeficiente de correlación intraclase

CT: tomografía computarizada

DC: densidad corporal

DE: desviación estándar

DEXA: absorciometría con Rayos X de doble energía

dM: distancia de Mahalanobis

DM II: Diabetes Mellitus tipo 2

ECOG: Grupo Europeo de Obesidad Infantil

IC: intervalo de confianza

IMC: índice de masa corporal

IMG: índice de masa grasa

IMLG: índice de masa libre de grasa

IOTF: *International Obesity Task Force*

MG: masa grasa

MLG: masa libre de grasa

NHANES: *National Health and Nutrition Examination Survey*

OMS: Organización Mundial de la Salud

RMN: resonancia magnética nuclear

TAC: tomografía computarizada

US: ultrasonidos

VEN: valoración del estado nutricional

RESUMEN

Introducción. El cambio en el estilo de vida y en el patrón alimentario ha propiciado un aumento de la prevalencia del sobrepeso y la obesidad. El parámetro antropométrico más utilizado para evaluar el sobrepeso y la obesidad es el IMC, pero este indicador no es capaz de distinguir si los cambios de peso son debidos a la masa grasa, a la masa libre de grasa o al agua corporal. En los últimos años se ha demostrado que el análisis de impedancia convencional es un método más preciso para analizar la composición corporal, aunque con ciertas limitaciones. Sin embargo, el análisis vectorial de bioimpedancia (BIVA) ha demostrado su eficacia como indicador del estado nutricional y de la hidratación en distintas poblaciones en todas las fases del ciclo vital.

Objetivo. Evaluar la utilidad del análisis de bioimpedancia en el estudio de la composición corporal de un grupo de niños con sobrepeso y obesidad.

Material y métodos. Estudio observacional transversal realizado en una muestra de 167 niños con sobrepeso y obesidad. Los parámetros antropométricos (peso, talla, perímetro de la cintura e IMC) se recogieron siguiendo el protocolo del NHANES y de la OMS. Se analizó la composición corporal mediante análisis de bioimpedancia convencional (BIA) y vectorial (BIVA), y se catalogó en función de distintos criterios. La normalidad de las variables se analizó con los tests de Kolmogorov-Smirnov o Shapiro-Wilk. La concordancia se evaluó mediante el coeficiente de correlación intraclass (CCI), el análisis Bland-Altman y el índice Kappa ponderado. El BIVA entre los subgrupos se comparó mediante la distancia de Mahalanobis (dM) y el T^2 de Hotelling. La significación estadística se alcanzó con $p < 0,05$.

Resultados. La catalogación nutricional por el IMC evidenció que la mayoría de los sujetos evaluados eran obesos; sin embargo, el 12% de los niños presentó un porcentaje de masa grasa (%MG) normal. Las catalogaciones de las Z-score del IMC y del %MG con el criterio estadístico discriminan de manera estadísticamente significativa los sujetos con distintos niveles de adiposidad. En los niños mayores de 12 años la catalogación del índice de masa grasa también discrimina significativamente entre obesidad y no obesidad. Como era de esperar, en las elipses de tolerancia la mayoría de los vectores individuales se situaron en el cuadrante inferior izquierdo.

Conclusiones. La concordancia entre las catalogaciones nutricionales obtenidas a partir de las puntuaciones Z-Score del IMC y las puntuaciones Z-Score del porcentaje de masa grasa fue buena cuando se catalogó el %MG con el criterio estadístico en la muestra total, y aún mejor con el índice de masa grasa (IMG) en los mayores de 12 años. El BIVA refleja diferencias en los patrones bioeléctricos de los niños catalogados con sobrepeso y obesidad (IMC) y distintos niveles de %MG e IMG. El BIVA permite monitorizar la evolución del estado nutricional y de los cambios asociados en la composición corporal de una forma rápida y sencilla, y discrimina en qué niños se pueden estimar de forma precisa los compartimentos corporales por BIA convencional.

Palabras claves. Población infanto-juvenil, bioimpedancia convencional (BIA), bioimpedancia vectorial (BIVA), composición corporal, obesidad.

1. INTRODUCCIÓN

El cambio en el estilo de vida y en el patrón alimentario característicos de las sociedades desarrolladas ha propiciado un aumento de la prevalencia de enfermedades crónicas no transmisibles. Entre ellas el sobrepeso y la obesidad han sido definidas por la Organización Mundial de la Salud (OMS) como la epidemia del siglo XXI^(1,2).

Según datos de la OMS⁽²⁾ la prevalencia de obesidad casi se ha triplicado entre los años 1975 y 2016. En 2016 había más de 1900 millones de adultos con sobrepeso y 650 millones eran obesos. Actualmente, salvo en determinadas regiones del África subsahariana y de Asia, el sobrepeso y la obesidad están vinculados con un mayor número de muertes que la insuficiencia ponderal; es decir, hay más personas con sobrepeso y obesidad que con un peso inferior al normal. El problema es aún más grave en la infancia: la prevalencia de sobrepeso y obesidad en niños y adolescentes (de 5 a 19 años) se ha multiplicado por 10, pasando de los 11 millones de 1975 a los 124 millones de 2016⁽²⁾. Respecto a los menores de 5 años, en 2016 se estimó que 41 millones de niños ya tenían sobrepeso.

Con estos datos está claro que la obesidad infantil es uno de los problemas de salud pública más importantes del mundo. Con independencia de las complicaciones asociadas al sobrepeso y a la obesidad durante este periodo de la vida, se sabe que la ganancia excesiva de peso durante los primeros 24 meses persiste en el tiempo. La infancia temprana se ha identificado como un periodo crítico para el desarrollo de obesidad, según la hipótesis del *early programming*⁽³⁾. Esta hipótesis defiende que alteraciones ocurridas durante periodos críticos del desarrollo pueden ocasionar cambios permanentes en órganos y tejidos que causen cambios irreversibles en la estructura y función del cuerpo⁽⁴⁾. Es decir, los niños con sobrepeso tienen más probabilidades de convertirse en adultos obesos y presentan mayor riesgo de desarrollar comorbilidades a edades tempranas, como la diabetes tipo 2 o enfermedades cardiovasculares, y de perpetuar la obesidad en la edad adulta⁽¹⁾.

Ante la magnitud del problema parece evidente que la mejor forma para abordarlo es la prevención, para lo que resulta imprescindible disponer de herramientas y criterios válidos que permitan un diagnóstico precoz.

1.1. La obesidad en la infancia

La OMS ha definido la obesidad como una condición en la que el exceso de adiposidad afecta de manera adversa a la salud y al bienestar⁽⁵⁾. En consecuencia, para detectar el sobrepeso y la obesidad el peso no es una medida válida y es preciso utilizar indicadores adecuados para medir la masa grasa corporal (MG).

En adultos, especialmente en grandes estudios epidemiológicos, para diagnosticar el sobrepeso y la obesidad es frecuente utilizar el índice de masa corporal (IMC), que es un indicador simple de la relación entre el peso y el cuadrado de la talla. Aunque en este tipo de estudios el uso del IMC es muy práctico, hay que tener en cuenta que, en realidad, este índice no es una medida de composición corporal, sino un indicador indirecto de adiposidad^(6,7). En población adulta los puntos de corte del IMC para detectar la adiposidad se han establecido en base a la relación que existe con el aumento del riesgo de morbimortalidad. Un punto de corte de 25 kg/m² para el IMC es indicativo de sobrepeso, y valores superiores a 30 kg/m² indican obesidad⁽⁵⁾.

En población infanto-juvenil también se utiliza el IMC como una medida indirecta válida de la adiposidad, pero, a diferencia de lo que ocurre en los adultos, su valor no se ajusta a un valor fijo, sino que, a medida que los niños crecen, es necesario definir los puntos de corte en función de la edad para detectar el exceso de adiposidad. Para ello normalmente se utilizan valores antropométricos percentilados obtenidos en una población de referencia⁽⁸⁾.

El problema a la hora de establecer criterios unificados para diagnosticar el sobrepeso y la obesidad en la infancia es complejo⁽⁹⁾. Por un lado, es habitual que cada país, incluso cada región, establezca sus propios estándares antropométricos de referencia, y, por otro, no existe un consenso para establecer los puntos de corte que permitan detectar el exceso de adiposidad.

Para facilitar la comparación internacional entre diversos estudios e intentar conocer la prevalencia real del problema se dispone de estándares internacionales que se usan con esta finalidad. Principalmente se utilizan las referencias de la OMS^(10,11) y las de la *International Obesity Task Force* (IOTF)^(12,13). Ambas referencias difieren en la metodología, en la procedencia y antigüedad de los datos y en los criterios de catalogación (Tabla 1).

Los datos para elaborar las referencias de la OMS para los niños menores de 5 años se obtuvieron de un estudio multicéntrico que combinó un seguimiento longitudinal del crecimiento desde el nacimiento hasta los 24 meses de edad con otro estudio transversal en niños de 18 a 71 meses. El trabajo se realizó entre 1997 y 2003 en distintas localizaciones [Pelotas (Brasil), Davis (EEUU), Accra (Ghana), Delhi (India), Muscat (Oman) y Oslo (Noruega)]. Estos estándares reflejan el crecimiento normal bajo condiciones ambientales óptimas y pueden usarse para evaluar el crecimiento infantil independientemente del grupo étnico, el estado socioeconómico y el tipo de alimentación. Sin embargo, los datos de referencia de escolares y adolescentes proceden de una muestra de niños estadounidenses de diversas etnias que participaron en el *National Health and Nutrition Examination Survey* (NHANES). A partir de estas referencias, aplicando criterios estadísticos que consideran las desviaciones estándar del patrón de distribución del IMC (z-score), se puede catalogar el sobrepeso (+1 DE) y la obesidad (+2 DE).

Por otra parte, las referencias de la IOTF se basaron en datos de seis países tomados en diferentes periodos (Brasil 1989, EEUU 1963-80, Gran Bretaña 1978-93, Holanda 1980, Hong Kong 1993 y Singapur 1993). A partir de estos datos Cole et al.⁽¹²⁾ elaboraron las curvas percentiladas de IMC y extrapolaron para cada edad (entre los 2 y los 18 años) y sexo los valores límite de IMC establecidos para diagnosticar el sobrepeso y la obesidad en los adultos (25 kg/m² y 30 kg/m², respectivamente). De esta forma establecieron los puntos de corte específicos para diagnosticar el sobrepeso y la obesidad en la infancia y en la adolescencia (P85: sobrepeso; P95: obesidad). Aunque esta aproximación permite mantener el mismo criterio que en la edad adulta, desde una perspectiva teórica, el percentil de IMC establecido como punto de corte debería ser aquel en el que el riesgo para la salud asociado a la obesidad aumente de manera pronunciada y no un punto obtenido tras un tratamiento estadístico.

REFERENCIA	SOBREPESO	OBESIDAD
OMS	+ 1DS	+ 2 DS

IOTF	Valor correspondiente a $\geq 25 \text{ kg/m}^2$ en adultos; es decir, \geq percentil 85	Valor correspondiente a $\geq 30 \text{ kg/m}^2$ en adultos; es decir, \geq percentil 95
------	--	--

Tabla 1. Puntos de corte del IMC para el sobrepeso y la obesidad en niños y adolescentes según los criterios internacionales.

Estas discrepancias en la metodología de obtención de los datos y en los criterios diagnósticos para clasificar el sobrepeso y la obesidad se han puesto de manifiesto también en nuestro país, en el que la prevalencia del exceso de masa grasa difiere ampliamente entre los distintos estudios realizados con población infanto-juvenil española (Enkid, Aladino, Thao, Encuesta Nacional de Salud o el trabajo de Sánchez Cruz et al.)⁽¹⁴⁾. Además, tampoco hay consenso en el punto de corte que indique un exceso de MG en la población española: mientras las tablas percentiladas de la Fundación Orbegozo⁽¹⁵⁾ utilizan el percentil 85 como límite de sobrepeso y el percentil 90 como punto de corte para definir obesidad, tal como recomienda el Grupo Europeo de Obesidad Infantil (ECOG)⁽¹⁶⁾, otros autores han preferido emplear los percentiles 90 y 97, respectivamente⁽¹⁷⁾. Por otra parte, se ha demostrado que los puntos de corte internacionales de la IOTF tienden a sobrestimar el sobrepeso y subestimar la obesidad, frente a los patrones nacionales de la fundación Orbegozo⁽¹⁶⁾.

2. Evaluación de la adiposidad

Para evaluar la adiposidad se pueden utilizar distintas técnicas y métodos de estudio de la composición corporal (CC). Aunque lo ideal sería medir directamente la masa grasa, esto es muy difícil de hacer, especialmente en niños. En la práctica, para estimar la adiposidad se utilizan métodos indirectos y doblemente indirectos de medición de la CC⁽¹⁸⁾. Entre las técnicas indirectas más utilizadas destacan la absorciometría dual de rayos X (DXA), la resonancia magnética nuclear (RMN), la tomografía computarizada (TAC) y, más recientemente, los ultrasonidos (US)⁽¹⁹⁾. Con independencia del elevado coste de algunos de estos métodos, muchos de ellos no pueden utilizarse en Pediatría, debido a las características de la técnica, los potenciales efectos secundarios, la necesidad de colaboración por parte del sujeto explorado y la falta de estándares de referencia válidos para niños y adolescentes. Como dificultad añadida, hay que tener en cuenta que, a diferencia de lo que ocurre en los adultos, durante la infancia se producen importantes cambios en la composición corporal y, en consecuencia, en la masa grasa, en paralelo a los procesos de crecimiento y desarrollo⁽²⁰⁾.

En Pediatría, aunque no hay una técnica *gold standard* para medir la grasa corporal, en los últimos años se está imponiendo el modelo de cuatro compartimentos, frente al modelo bicompartimental, que ha sido el que se ha utilizado con más frecuencia. Esta aproximación, actualmente considerada como método de referencia en estudios de CC en niños, combina medidas independientes de mineralización ósea, agua corporal total, densidad corporal y peso⁽²¹⁾. Este modelo requiere el uso de varias técnicas, como DXA, pesada hidrostática o pletismografía por desplazamiento de aire, por lo que básicamente se utiliza en investigación. En la práctica, en niños, lo más común es utilizar métodos que, aunque sean doblemente indirectos, sean sencillos, rápidos, no invasivos, fáciles

de realizar, coste-eficientes, y exentos de riesgos para los pacientes. Entre estos métodos destacan la antropometría y el análisis de impedancia bioeléctrica (BIA)^(22,23).

Como se ha comentado en el apartado anterior, el parámetro antropométrico sencillo más utilizado para evaluar el sobrepeso y la obesidad es el índice de masa corporal (IMC). A pesar de la asociación existente entre el IMC y la adiposidad, este indicador no es capaz de distinguir si los cambios de peso son debidos a la masa grasa, a la masa libre de grasa o al agua corporal⁽²⁴⁾. Es decir, la obesidad implica un exceso de adiposidad, pero el IMC se basa en la relación entre el peso y la talla, independientemente de la CC. Generalmente, se supone que un sujeto con un IMC normal tiene una MG normal, y que un aumento en el IMC por encima de lo normal es proporcional al aumento de la grasa corporal⁽²⁵⁾. Estudios recientes han mostrado que, cuanto mayor es IMC, mayor es el porcentaje de MG y menor el de MLG⁽²⁶⁾; es decir, parece que la exactitud del IMC como indicador de adiposidad aumenta a medida que lo hace la grasa corporal⁽²⁷⁾. El IMC tiene importantes limitaciones a nivel individual y, aunque tiene una alta especificidad para reflejar la adiposidad, su sensibilidad es baja (0.73; IC 95%: 0.67-0.79)⁽²⁵⁾. Esto implica que casi una cuarta parte de los niños no catalogados como obesos en función del IMC podría tener un exceso de adiposidad, y, en consecuencia, la prevalencia de obesidad estaría subestimada. Por otra parte, el IMC no proporciona información sobre la distribución de la grasa corporal^(25,28).

Por ello son necesarios otros indicadores capaces de realizar estimaciones de MG más precisas. Siguiendo con el método antropométrico, en Pediatría es frecuente estimar la MG a partir de la medida de los pliegues cutáneos. Sin embargo, hay trabajos que evidencian que esta técnica no proporciona medidas precisas de adiposidad, ya que la utilización de los pliegues como una medida indirecta de la grasa corporal puede estar afectada por las diferencias en el patrón de la adiposidad corporal propias de la infancia⁽²⁹⁾. Por otra parte, es importante recordar que para estimar la MG a partir de las medidas de los pliegues cutáneos es preciso utilizar ecuaciones de predicción obtenidas mediante análisis de regresión⁽³⁰⁾. Si estas ecuaciones se aplican en poblaciones diferentes a aquellas en las que se desarrollaron, se pueden producir importantes errores en la estimación. Este hecho, junto a la gran variabilidad inter- e intraobservador⁽²⁷⁾ en la medida de los pliegues cutáneos, supone importantes limitaciones del método antropométrico para estimar la adiposidad en niños y adolescentes.

En los últimos años varios estudios han demostrado que el análisis de bioimpedancia (BIA) es un método más preciso que la antropometría para determinar la CC^(31,32). Esta técnica consiste en introducir en el cuerpo una corriente eléctrica alterna y medir la oposición (resistencia) que presenta el cuerpo al paso de dicha corriente. La modalidad más frecuente de análisis es el BIA convencional que, como el método antropométrico, se basa en un modelo bicompartimental de CC. En BIA convencional, a partir de las variables eléctricas y otras, como el peso, la talla, el sexo y/o la edad, mediante el uso de ecuaciones de predicción se puede estimar el agua corporal total, la MLG y la MG.

Aunque el BIA convencional se ha considerado como un método potencialmente útil para la estimación de la CC, hay trabajos que han mostrado malas correlaciones con los métodos de referencia⁽²⁶⁾. Algunos estudios evidencian que el BIA convencional es útil para estimar la MG en sujetos delgados, pero subestima la adiposidad en sujetos obesos⁽³³⁾. Esto podría deberse a que los algoritmos clásicos del BIA convencional se desarrollaron principalmente en sujetos con peso normal, y no se han validado en sujetos obesos⁽³³⁾. Como sucede con el método antropométrico, la precisión de la estimación de la MG mediante BIA convencional depende en gran medida de la

adecuación del modelo predictivo utilizado para transformar las variables eléctricas en variables de CC⁽³⁴⁾. Además, la interpretación convencional del BIA presenta ciertas limitaciones durante la infancia, derivadas en gran medida de los principios de la técnica. Hay que recordar que en población infantil el porcentaje de hidratación de los tejidos y la morfología y las proporciones corporales cambian a lo largo del crecimiento y desarrollo.

Para resolver los problemas que presenta el BIA convencional se ha propuesto utilizar directamente los datos eléctricos brutos obtenidos en el análisis de BIA mediante el modelo de bioimpedancia vectorial (BIVA)⁽³⁵⁾. En esta modalidad se dibuja el vector de cada sujeto (valores de resistencia/talla -R/H- y reactancia/talla -Xc/H-) en el BIVA-graph, que es un gráfico (elipses de tolerancia) en el que se representan las elipses de referencia de la distribución de los valores normales de R/H y Xc/H de una población determinada (Figura 1)⁽³⁶⁾. Este análisis proporciona una valoración semicuantitativa de la masa celular y del agua corporal a partir del vector individual de impedancia⁽³⁷⁾. Es decir, el análisis vectorial no proporciona estimaciones cuantitativas del agua corporal o de la masa celular, pero permite discriminar diferentes volúmenes de líquidos (sobrehidratación y deshidratación) e identificar variaciones en la masa celular corporal⁽³⁸⁾. Las variaciones en el estado de hidratación se reflejan en los desplazamientos del vector a lo largo del eje mayor de las elipses de tolerancia, mientras que los desplazamientos respecto al eje menor permiten evaluar los cambios en la masa celular corporal.

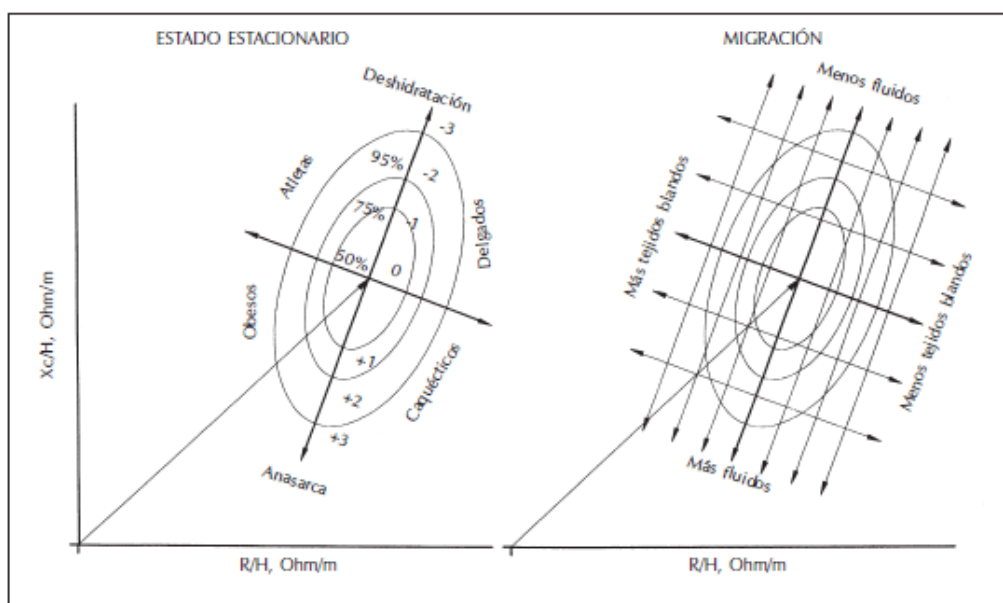


Figura 1. Representación gráfica del vector de impedancia Z mediante el gráfico R/H-Xc/H⁽³⁶⁾.

Varios estudios han demostrado la eficacia del BIVA como indicador del estado nutricional y de la hidratación en distintas poblaciones en todas las fases del ciclo vital, tanto en sujetos sanos, como enfermos⁽³⁹⁻⁴³⁾. Actualmente se dispone de valores de referencia de vectores de impedancia, edad y sexo específicos, en niños sanos^(24,44), lo que permite comparar vectores individuales con la distribución de vectores de la población de referencia o realizar comparaciones entre grupos (elipses de confianza).

Se han establecido distintos patrones de vectores de impedancia que se han asociado con distintas situaciones relacionadas con la valoración del estado nutricional (normalidad, desnutrición-caquexia, obesidad y fenotipo atlético), y con cambios tanto en el estado de hidratación, como en la masa celular, lo que sin duda es muy interesante desde el punto de vista clínico⁽⁴⁵⁾.

Todo esto indica que el BIVA puede ser un método prometedor en la valoración de la CC y sus alteraciones en población infantil.

2. OBJETIVOS

2.1. Objetivo general

Evaluar la utilidad del análisis de bioimpedancia en el estudio de la composición corporal en un grupo de niños con sobrepeso y obesidad.

2.2. Objetivos específicos

- Catalogar el estado nutricional mediante el índice de masa corporal, utilizando distintos puntos de corte internacionales de un grupo de niños con sobrepeso y obesidad.
- Estudiar la concordancia de dos técnicas de estimación de la composición corporal (antropometría y bioimpedancia) en un grupo de niños con sobrepeso y obesidad.
- Catalogar la adiposidad en un grupo de niños con sobrepeso y obesidad en base a distintos indicadores y estándares internacionales.
- Estudiar la concordancia entre las puntuaciones normalizadas (Z-Score) del índice de masa corporal y distintos indicadores de masa grasa en un grupo de niños con sobrepeso y obesidad.
- Realizar un análisis vectorial de bioimpedancia en función de los distintos indicadores evaluados en un grupo de niños con sobrepeso y obesidad.

3. MATERIAL Y MÉTODOS

3.1. Diseño del estudio

Se realizó un estudio observacional transversal en el que se analizaron distintos métodos y criterios de catalogación nutricional en un grupo de niños y adolescentes con sobrepeso u obesidad.

3.2. Sujetos

Se incluyeron un total de 167 participantes (69 niños y 98 niñas) con edades comprendidas entre los 5 y los 18 años que acudieron a consulta de Nutrición en el Hospital Clínico Universitario de Valladolid. El estudio fue aprobado por el Comité Ético de Investigación Clínica Área de Salud Valladolid Este.

3.3. Metodología

Los datos se obtuvieron a partir de valoraciones del estado nutricional (VEN) realizadas siempre por el mismo observador. De acuerdo con el procedimiento habitual de la VEN en Pediatría, ésta incluyó la historia clínico-nutricional, exploración física, análisis de la ingesta, valoración antropométrica, bioquímica y análisis CC. Todas las valoraciones fueron realizadas por el mismo investigador. Dado que este trabajo aborda el estudio de los indicadores de adiposidad y sus criterios de catalogación, en el presente estudio sólo se contemplaron los datos referentes a estos aspectos.

3.3.1. Antropometría

3.3.1.1. Determinaciones antropométricas

Todas las medidas fueron realizadas por el mismo explorador, siguiendo los protocolos del NHANES⁽⁴⁶⁾ y de la OMS⁽⁴⁷⁾. Antes de realizar cada una de las determinaciones todos los equipos fueron calibrados siguiendo las normas de los fabricantes. Todas las medidas se determinaron por triplicado, considerando el valor de la mediana de las tres determinaciones.

- *Peso corporal (kg)*

El peso se determinó con una báscula SECA (Hamburgo, Alemania), con una precisión de 100 g. Los sujetos se colocaron de pie, en ropa interior y descalzos, en el centro de la plataforma de la báscula, en posición estándar erecta, con las manos en los laterales del cuerpo, la mirada al frente y de espaldas al registro de medida, de manera que se distribuyese el peso por igual en ambas piernas. La lectura se realizó en el momento en el que el aparato mostraba un valor estable.

- *Talla (m)*

Se utilizó un tallímetro SECA (Hamburgo, Alemania), con una precisión de 0.1 cm. Se midió la distancia entre el vértex y las plantas de los pies con el paciente de pie, descalzo, en posición anatómica. La medida se tomó después de una inspiración profunda, manteniendo la cabeza en el plano de Frankfort.

- Perímetros o circunferencias (cm)

Se empleó una cinta antropométrica, flexible y no elástica de 1 mm de precisión. Los sujetos se colocaron en posición anatómica; el antropometrista se colocó en el lado derecho del sujeto; y la cinta métrica se colocó perpendicular al eje longitudinal del segmento a medir.

Se midió la circunferencia de la cintura (abdominal) (Cci) a nivel de la mayor circunferencia anterior del abdomen. A modo orientativo se suele utilizar la cicatriz umbilical. A partir de este indicador se determinó la presencia de obesidad abdominal (visceral), utilizando como criterios de referencia los establecidos por Arriba Muñoz⁽⁴⁸⁾ et al. para población infantil y adolescente española. En función de este parámetro los sujetos se catalogaron como:

Baja MG central:	Z-%MG ≤ -2
MG central normal:	Z-%MG > -2 < Z-%MG ≤ +1
Alta MG central:	Z-%MG > +1 < Z-%MG < +2
Obesidad abdominal:	Z-%MG ≥ +2 respecto a la población de referencia.

3.3.1.2. Cálculo de índices antropométricos derivados: índice de masa corporal (IMC)

El IMC se calculó a partir de la fórmula de Quetelet:

$$IMC (kg/m^2) = \text{Peso (kg)} / [(\text{Talla})^2 (m^2)].$$

La catalogación del IMC se realizó de acuerdo a los criterios de la OMS⁽¹¹⁾:

- Desnutrición: - 2 DE respecto a la población de referencia de la OMS (equivale a percentil 2.75).
- Sobrepeso: +1 DE respecto a la población de referencia de la OMS (equivale al percentil 84.13).
- Obesidad: +2 DE respecto a la población de referencia de la OMS (equivale a percentil 97.73).

3.3.2. Análisis de bioimpedancia

El análisis de bioimpedancia se realizó en modo monofrecuencia (a 50 kHz, 400 μARMS), utilizando una configuración tetrapolar de electrodos.

La prueba se hizo en situación basal, a primera hora de la mañana, en ayunas y después de haber vaciado la vejiga. El método de medida se estandarizó de acuerdo al protocolo de Lukaski⁽⁴⁹⁾: el paciente permaneció tumbado en decúbito supino sobre una superficie plana de material no conductor, con los brazos ligeramente separados del cuerpo (formando aproximadamente un ángulo de 30° con el mismo), con las piernas separadas de tal forma que los tobillos distasen al menos 20 cm, e idealmente sin contacto entre los muslos. Los pacientes permanecieron vestidos, a excepción de zapatos y calcetines, y se despojaron de cualquier objeto metálico que llevaran.

El set de electrodos señal (por los que se introduce la corriente) se colocó en la muñeca (en la línea media entre los procesos estiloides) y en el tobillo (en la línea media entre los maléolos) del hemicuerpo derecho. El segundo set de electrodos (detectores, los

que recogen el voltaje) se colocó a 5 cm de los electrodos señal en las líneas metacarpofalángica y metatarsofalángica, respectivamente.

3.3.3. Análisis cuantitativo de la composición corporal

3.3.3.1. Estimación del porcentaje de grasa corporal mediante modelos antropométricos predictivos para población infanto-juvenil

Para estimar la MG se utilizó la ecuación de Ellis^(50,51), basada en un modelo multicompartimental de composición corporal, que se puede aplicar entre los 3 y los 18 años:

$$\text{Niños: MG (kg)} = 0.534 * \text{peso} - 1.59 * \text{edad} + 3.03$$

$$\text{Niñas: MG (kg)} = 0.642 * \text{peso} - 0.12 * \text{talla} - 0.606 * \text{edad} + 8.98$$

Seguidamente se estimaron los porcentajes de masa grasa y masa libre de grasa (MLG) relacionando la MG (kg) con el peso corporal total (kg):

$$\text{MG (\%)} = [\text{MG (kg)} * 100] / \text{peso (kg)}$$

$$\text{MLG (\%)} = 100 - \text{MG}$$

3.3.3.2. Cálculo de la CC a partir del análisis convencional de bioimpedancia (BIA)

En primer lugar se calculó la MLG a partir del modelo predictivo de Plachta-Danielzik et al.⁽⁵²⁾, que fue desarrollado y validado para estimar la MLG (kg) en sujetos caucásicos (alemanes) con edades comprendidas entre los 4 y los 18 años:

$$\text{MLG (kg)} = (0.66 * (T^2/R)) + (0.196 * P) + (0.157 * Xc) + (0.348 * E) - 12.083$$

Dónde: MLG: masa libre de grasa (kg); T: talla (cm); R: resistencia (ohm); P: peso (kg); Xc: reactancia (ohm); E: edad (años).

Seguidamente se calculó la MG, teniendo en cuenta el modelo bicompartimental, mediante la fórmula:

$$\text{MG (kg)} = P \text{ (kg)} - \text{MLG (kg)}$$

Dónde: MG: masa grasa (kg); MLG: masa libre de grasa (kg); P: peso (kg).

Finalmente se determinó el porcentaje de masa grasa siguiendo el mismo procedimiento que en el caso de la antropometría.

3.3.3.3. Catalogación de los sujetos en base a su composición corporal

Para el total de la muestra primero se comparó el porcentaje de masa grasa con los datos de referencia (percentiles de %MG de la población caucásica con edades comprendidas entre los 4 y los 18 años)⁽⁵²⁾ mediante el cálculo de la puntuación normalizada Z (*Standard Deviation Score*).

La puntuación Z indica la distancia (desviación estándar) de un valor individual con respecto a la media de una población de referencia. Se calcula restando al valor observado en un individuo el valor medio de la población de referencia y dividiendo el resultado por la desviación estándar de dicha población. Se obtiene un valor que permite su seguimiento objetivo y la comparación a distintas edades y sexos. La mayor ventaja

de este sistema radica en que pueden aplicarse procedimientos estadísticos, como la media y la desviación estándar.

Seguidamente, se catalogaron los sujetos teniendo en cuenta su composición corporal siguiendo dos criterios diferentes:

1. Criterio estadístico:

Baja MG:	$Z\text{-}\%MG \leq -2$
MG normal:	$Z\text{-}\%MG > -2 < Z\text{-}\%MG \leq +1$
Alta MG:	$Z\text{-}\%MG > +1 < Z\text{-}\%MG < +2$
Obesidad:	$Z\text{-}\%MG \geq +2$ respecto a la población de referencia.

2. Criterio de McCarthy et al.⁽⁵³⁾:

Baja MG:	$\%MG \leq P2$ ($Z\text{-}\%MG < -2.0537$)
MG normal:	$P2 < \%MG < P85$ ($-2.0538 < Z\text{-}\%MG < 1.0363$)
Alta MG:	$P85 \leq \%MG < P95$ ($1.0364 < Z\text{-}\%MG < 1.6448$)
Obesidad:	$P95 \leq \%MG < P98$ ($1.6449 < Z\text{-}\%MG < 2.0536$)
Obesidad extrema:	$Z\text{-}\%MG \geq P98$ ($Z\text{-}\%MG > 2.0537$)

Para los niños mayores de 12 años, una vez estimada la MG y la MLG, se calcularon los índices de masa grasa (IMG) y de masa libre de grasa (IMLG) como se indica a continuación:

$$\text{IMG (kg/m}^2\text{)} = \text{MG (kg)} / \text{Talla}^2 \text{ (m}^2\text{)}.$$

$$\text{IMLG (kg/m}^2\text{)} = \text{MLG (kg)} / \text{Talla}^2 \text{ (m}^2\text{)}.$$

En este caso, para la catalogación, se aplicaron los criterios de Bibiloni et al⁽⁵⁴⁾ para niños mayores de 12 años, que definieron como puntos de corte para la obesidad valores de IMG superiores a 4,58 kg/m² en varones y a 7,76 kg/m² en mujeres.

3.3.4. Análisis semi-cuantitativo de composición corporal: bioimpedancia vectorial (BIVA)

Para el análisis vectorial (BIVA) de bioimpedancia los componentes del vector impedancia (R y Xc) fueron normalizados por la altura de los sujetos valorados (R/H (ohm/m) y Xc/H (ohm/m), respectivamente) y representados en el gráfico R-Xc (eje de abscisas. R/H; eje de ordenadas: Xc/H).

La impedancia (Z, ohm), la impedancia normalizada por altura (Z/H, ohm/m), y el ángulo de fase (PA, grados) fueron calculados como se muestra a continuación:

$$Z \text{ (Ohm)} = (R^2 + Xc^2)^{0.5}$$

$$Z/H \text{ (Ohm/m)} = (R/H^2 + Xc/H^2)^{0.5}$$

$$\text{PA (grados)} = \text{Arco tangente [R(Ohm) / Xc (ohm)]}$$

Los vectores de impedancia individuales fueron confrontados con la distribución de los vectores de la población sana de referencia (elipses de tolerancia al 50%, 75% y 95% sexo-específicas de la población infantil y juvenil)⁽⁴⁴⁾. Para comparar los subgrupos obtenidos en función de la catalogación nutricional se utilizaron las elipses de confianza, que fueron calculadas con los vectores medios de impedancia de cada grupo.

3.4. Tratamiento de los datos

3.4.1. Recogida de datos

Los datos se recogieron mediante la creación de la matriz de datos correspondiente y su posterior exportación al paquete estadístico IBM SPSS Statistics 20.0 para Windows.

3.4.2. Análisis estadístico

Las variables paramétricas se describieron como media (DE), y las variables que no seguían una distribución normal, como mediana (P25-P75). La normalidad de las variables se determinó mediante los tests de Kolmogorov-Smirnov o Shapiro-Wilk. Las variables categóricas se describieron como frecuencia absoluta y relativa (n, %).

La concordancia entre los distintos métodos se evaluó cuantitativamente mediante el coeficiente de correlación intraclase (CCI) y su intervalo de confianza al 95% (IC 95%) y el análisis de Bland-Altman. La concordancia entre las distintas catalogaciones se determinó mediante el índice Kappa ponderado, y ponderación cuadrática (que da mayor peso a los desacuerdos); se interpretó según los los criterios de Landis y Koch⁽⁵⁵⁾.

Para comparar el BIVA entre los subgrupos establecidos de acuerdo a las distintas catalogaciones nutricionales se calculó la distancia de Mahalanobis (dM) y se utilizó el estadístico T^2 de Hotelling⁽⁵⁶⁾.

La significación estadística se alcanzó con $p < 0.05$.

4.RESULTADOS

4.1. Descripción de la muestra

La muestra estuvo formada por 167 sujetos, de los cuales 69 eran niños (41.3%) y 98 eran niñas (58.7%), con una edad media de 11,4 años (rango: 5 a 18 años).

La Figura 2 muestra la distribución de las edades por sexo:

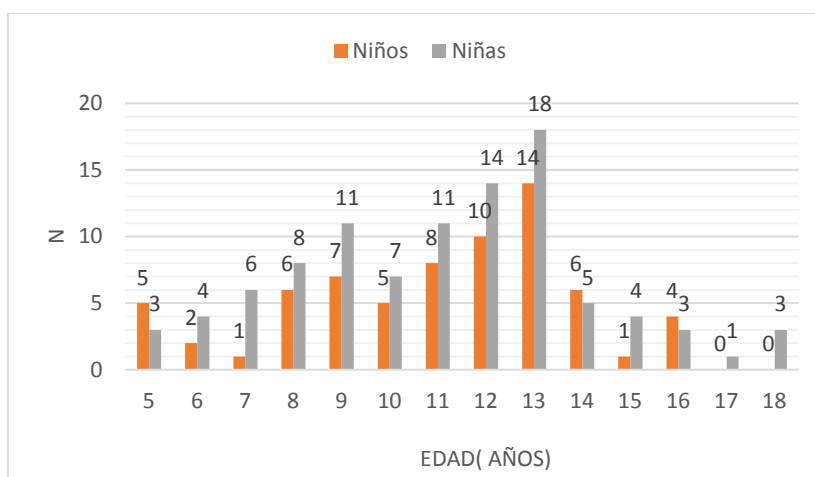


Figura 2. Distribución de la muestra por edad y sexo.

4.2. Características antropométricas

La media de la Z-Score del IMC fue de 2,72 (0,86), lo que indica que la mayoría de los sujetos evaluados eran obesos. La catalogación nutricional según la Z-IMC (OMS) se muestra en la Figura 3:

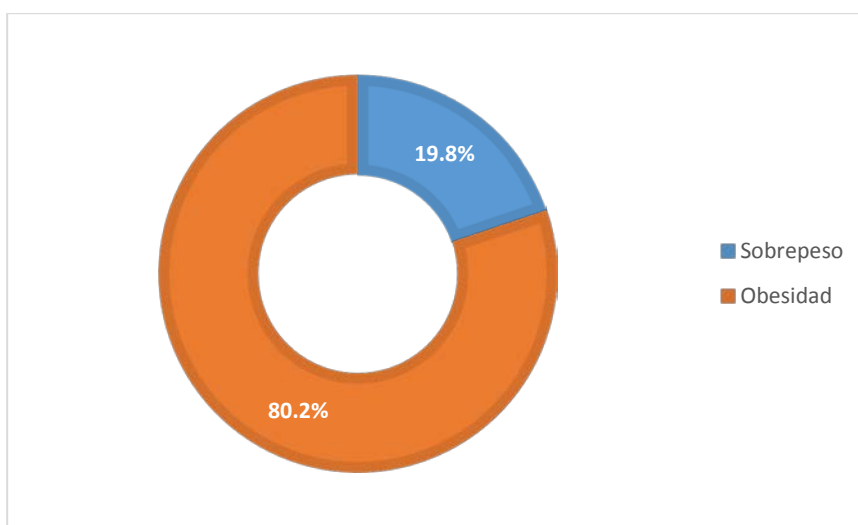


Figura 3. Catalogación nutricional en función de la Z-IMC.

La circunferencia de la cintura se determinó en 152 niños. El valor medio de su Z-Score fue de 2,65 (2.15) (mediana: 2.09; P25-P75: 1.18-3.51). Estos valores indican que el grupo de niños estudiado presentó, como promedio, obesidad abdominal. La catalogación nutricional de acuerdo a la Z-Score de la circunferencia de la cintura se muestra en la Figura 4.

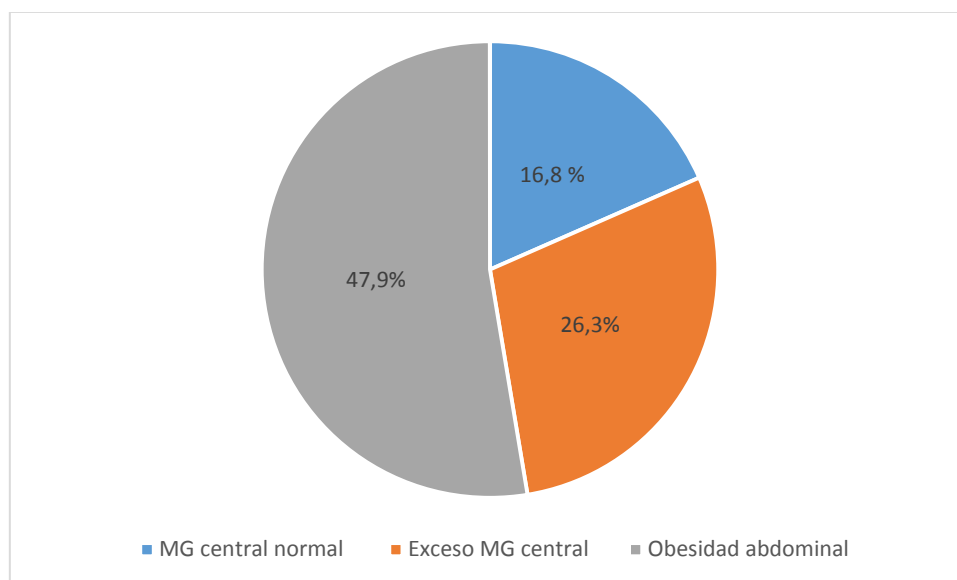


Figura 4. Catalogación nutricional en función de la Z-CCI.

4.3. Características eléctricas de la muestra

La Tabla 2 recoge las puntuaciones normalizadas (Z-score) de las variables eléctricas del análisis del BIA.

Variables eléctricas	Media (DE)
Z-R/H	-1.235 (1.45)
Z-Xc/H	-0.610 (0.91)

Tabla 2. Variables eléctricas del análisis de BIA.

4.4. Análisis de la composición corporal

La concordancia en la estimación del %MG por BIA y antropometría fue mala, aunque significativa ($p < 0.001$): CCI de 0.309 (IC 95%: 0.168 a 0.439). El análisis de Bland-Altman indicó una diferencia media entre las puntuaciones de 1.750 (IC 95%: -13.57 a 17.07). Seis casos (3.6%) se situaron por encima del límite y 3 (1.8%) por debajo. La Figura 5 refleja que, para valores bajos de %MG, el método antropométrico sobreestima la grasa corporal, respecto a la BIA.

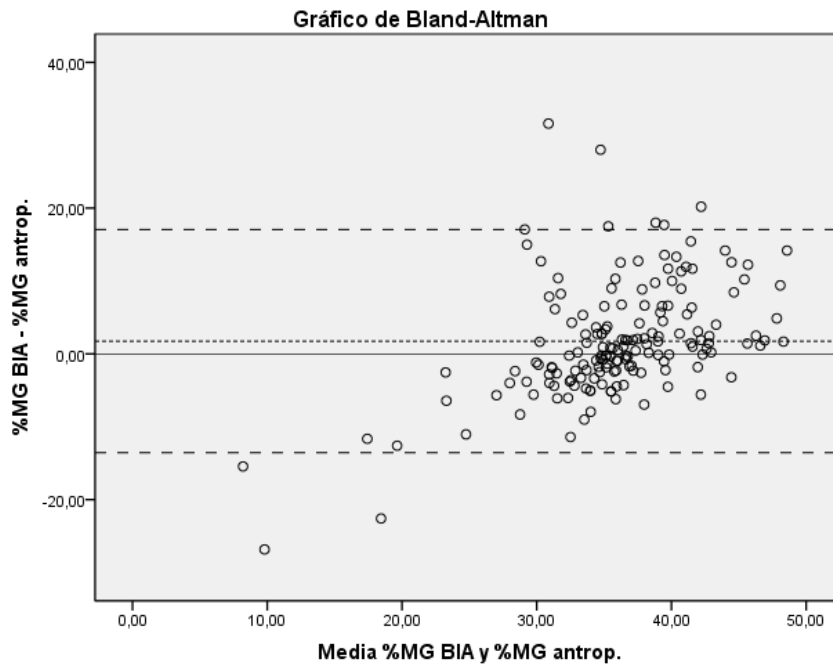


Figura 5. Análisis de Bland-Altman entre los porcentajes de MG estimados por antropometría y por BIA en la muestra total.

En base a estos resultados, se decidió emplear como método de estimación de composición corporal el análisis de bioimpedancia.

La puntuación Z-score del %MG media de la muestra total fue de 1,64 (0,73). La Z-Score del %MG de los sujetos en función de su catalogación por el IMC (Figura 6) fue:

- Sobrepeso: Z-%MG: 1.14 (0.60).
- Obesidad: Z-%MG: 1.76 (0.71).

En los sujetos con sobrepeso la masa grasa fue elevada, ya que la Z-score fue mayor de 1, y concuerda con los dos criterios de catalogación del %MG. Sin embargo, los sujetos obesos según el IMC también presentaron un exceso de MG, pero sólo con el criterio de McCarthy evidenciaron obesidad.

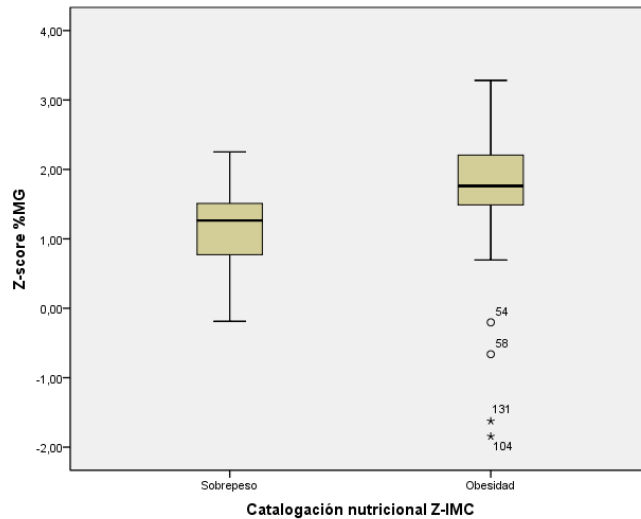


Figura 6. Z-score del %MG en función de la catalogación del IMC.

La catalogación de los sujetos (n, %) de acuerdo a estos valores según el criterio estadístico se representa en la Figura 7, y en función del criterio de McCarthy et al.⁽⁵³⁾, en la Figura 8.

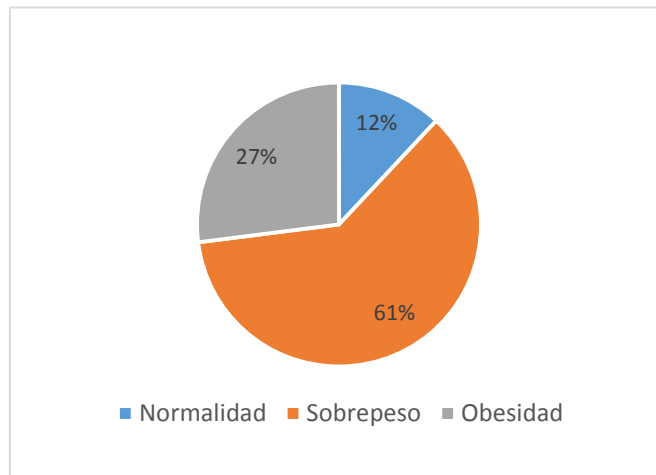


Figura 7. Catalogación de la Z-score del %MG según el criterio estadístico.

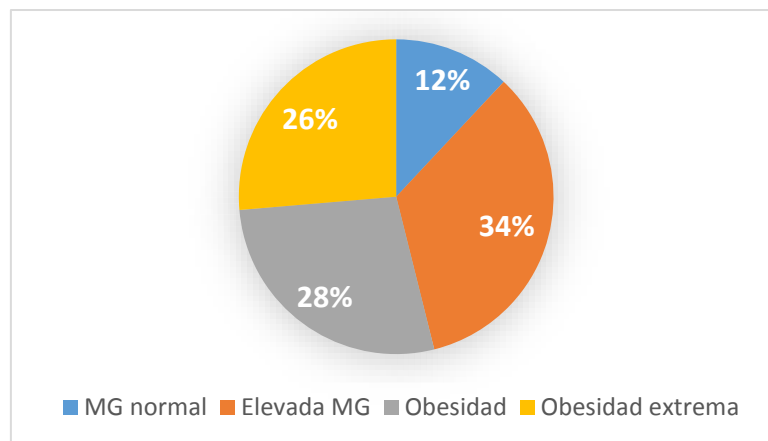


Figura 8. Catalogación de la Z-score del %MG según el criterio de McCarthy et al.

La Figura 7 indica que solo el 12% (n=20) de los niños presentó un %MG normal, el 61.1% (n=102), sobrepeso, y el 26,9% (n=45), obesidad. El criterio de McCarthy cataloga los mismos niños con %MG normal, y distingue entre elevado %MG (34.1%, n=57), obesidad (27.5%, n=46) y obesidad extrema (26.3%, n=44). Es decir, prácticamente todos los niños con sobrepeso, según el criterio estadístico, presentan elevado %MG y obesidad según McCarthy et al.

4.4.1. Estimación del índice de masa grasa

Puesto que el IMG sólo se debe calcular en niños mayores de 12 años (n=79), se describió esa submuestra (Tabla 3).

Variables (kg/m ²)	Varones (n=34)		Mujeres (n=45)	
	Mediana (P25-P75)	Media (DE)	Mediana (P25-P75)	Media (DE)
IMLG BIA	18.25 (16.8-20.8)	18.75 (2.6)	17.57 (16.8-19.1)	18.33 (2.4)
IMG BIA	10.4 (8.8-11.3)	10.30 (2.4)	9.89 (8.6-19,9)	10.41 (3.2)
IMC	28.1 (26.2-32.3)	28.9 (4.0)	27.1 (25.5-29.9)	28.5 (4.8)
Z-IMC	2.63 (2.14-2.98)	2.57 (0.67)	2.05 (1.79-2.49)	2.15 (0.64)

IMLG: índice de masa libre de grasa; IMG: índice de masa grasa; BIA: impedancia bioeléctrica; IMC: índice de masa corporal.

Tabla 3. Descripción de los niños y niñas mayores de 12 años.

La composición corporal de las niñas y de los niños fue similar, aunque los varones presentaron, como media, más masa corporal. Las Figuras 9 y 10 resumen la catalogación de este grupo en función de la Z-score del %MG según los criterios estadísticos y los de McCarthy, respectivamente.

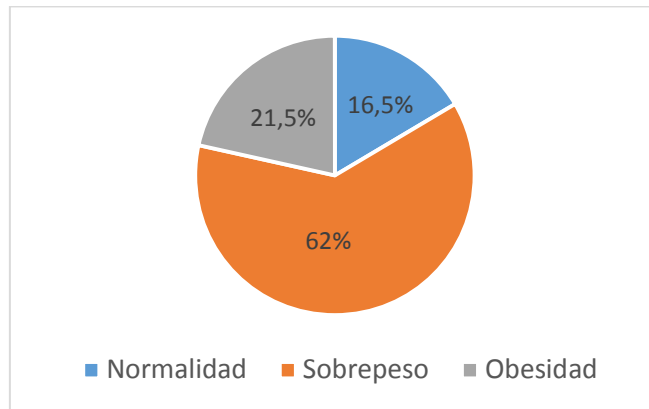


Figura 9. Catalogación de la Z-score del %MG según el criterio estadístico en los sujetos mayores de 12 años.

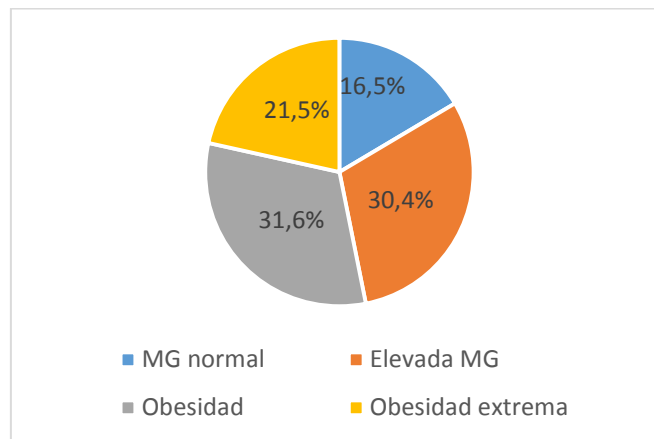


Figura 10. Catalogación de la Z-score del %MG según el criterio de McCarthy en los sujetos mayores de 12 años.

Estos resultados concuerdan con los obtenidos para la muestra total.

La catalogación de los participantes en el estudio en función del IMG se refleja en la Figura 11.



Figura 11. Catalogación de la composición corporal respecto al IMG.

El IMG cataloga como obesos a todos aquellos que presentan algún exceso de MG.

4.5. Análisis de concordancia

4.5.1. Concordancia entre la Z-IMC y la Z-%MG

Se realizó un análisis de concordancia entre las puntuaciones Z-score del IMC y las Z-score del porcentaje de masa grasa y se obtuvo un coeficiente de correlación intraclass (CCI) de 0.276 (IC 95%: -0.094 a 0.570) estadísticamente significativo ($p < 0.001$), indicando por tanto un grado de acuerdo reducido. Según el análisis Bland-Altman, la diferencia entre las puntuaciones Z-Score del IMC y las del % MG fue -1.088 (95% IA: -2.602 a 0.426), encontrándose 1 caso (0.6%) por encima del límite superior del intervalo de acuerdo y 9 (5.3%) por debajo del límite inferior (Figura 12). Existe más desacuerdo para valores promedio reducidos.

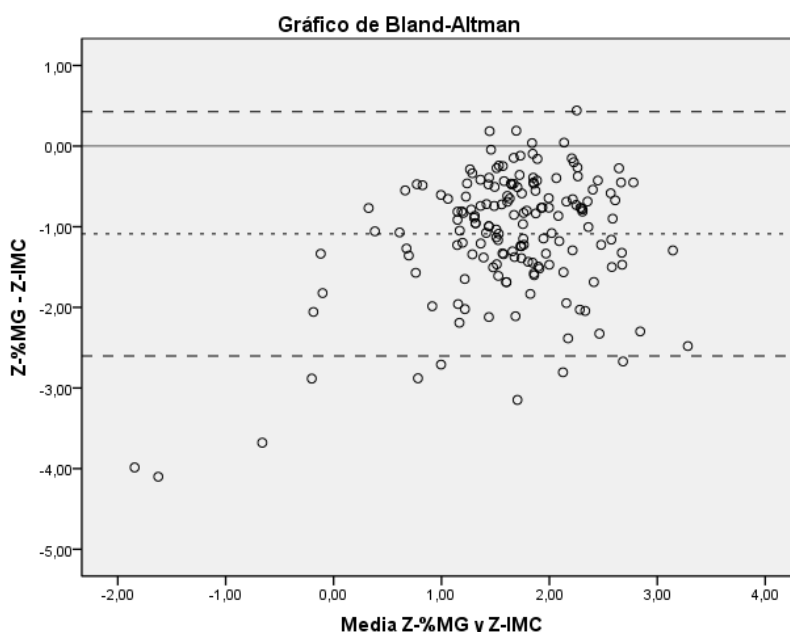


Figura 12. Análisis de Bland-Altman entre las puntuaciones Z-Score del IMC y las puntuaciones Z-Score del porcentaje de MG en la muestra completa.

La concordancia entre las catalogaciones nutricionales obtenidas a partir de las puntuaciones Z-Score del IMC y las puntuaciones Z-Score del porcentaje de masa grasa (criterio estadístico) se muestran en la Tabla 4. Se observó un 94.8% de acuerdo. El índice de Kappa ponderado fue 0.277 (IC 95%: 0.181 a 0.373), estadísticamente significativo ($p < 0.00001$).

Z-%MG 1 Z-IMC	Normalidad	Alta MG	Obesidad	TOTAL
Sobrepeso	11	21	1	33 (19.8%)
Obesidad	9	81	44	134 (80.2%)
TOTAL	20 (12.0%)	102 (61.1%)	45 (26.9%)	167 (100%)

Tabla 4. Tabla de contingencia de las catalogaciones nutricionales obtenidas a partir de las Z-Scores del IMC y las Z-Scores del porcentaje de masa grasa (criterio estadístico) en la muestra total.

La concordancia entre las catalogaciones nutricionales obtenidas a partir de las puntuaciones Z-Score del IMC y las puntuaciones Z-Score del porcentaje de masa grasa (criterio de McCarthy) se muestran en la Tabla 5. Se observó un 82.2% de acuerdo. El índice de Kappa ponderado fue 0.167 (IC 95%: 0.108 a 0.224), estadísticamente significativo ($p < 0.00001$).

Z-%MG 2 Z-IMC	Normalidad	Alta MG	Obesidad	Obesidad extrema	TOTAL
Sobrepeso	11	16	5	1	33 (19.8%)
Obesidad	9	41	41	43	134 (80.2%)
TOTAL	20 (12.0%)	57 (34.1%)	46 (27.5%)	44 (26.3%)	167 (100%)

Tabla 5. Tabla de contingencia de las catalogaciones nutricionales obtenidas a partir de las Z-Scores del IMC y las Z-Scores del porcentaje de masa grasa (criterio de McCarthy) en la muestra total.

4.5.2. Concordancia entre la Z-IMC y la Z-IMG

En los mayores de 12 años se observó un 97.5% de acuerdo (Tabla 6). El índice de Kappa fue 0.421 (IC 95%: 0.217 a 0.626), estadísticamente significativo ($p = 0.00003$).

Z-IMG Z-IMC	No obesidad	Obesidad	TOTAL
Sobrepeso	11	16	27 (34.2%)
Obesidad	2	50	52 (65.8%)

TOTAL	13 (16.5%)	66 (83.5%)	79 (100%)
--------------	------------	------------	-----------

Tabla 6. Tabla de contingencia de las catalogaciones nutricionales obtenidas a partir de las Z-Scores del IMC y del índice de masa grasa en los sujetos mayores de 12 años.

En este subgrupo de sujetos se evaluó también el acuerdo entre las catalogaciones establecidas mediante la Z-score del IMC y las de la Z-score del %MG con los dos criterios seleccionados. Con el criterio estadístico se observó un 94.5% de acuerdo (Tabla 7); el índice de Kappa ponderado fue 0.347 (IC 95%: 0.213 a 0.481), estadísticamente significativo ($p=0.00006$).

Z-%MG 1 Z-IMC	Normalidad	Alta MG	Obesidad	TOTAL
Sobrepeso	10	16	1	27 (34.2%)
Obesidad	3	33	16	52 (65.8%)
TOTAL	13 (16.5%)	49 (62.0%)	17 (21.5%)	79 (100%)

Tabla 7. Tabla de contingencia de las catalogaciones nutricionales obtenidas a partir de las Z-Scores del IMC y las Z-Scores del porcentaje de masa grasa (criterio estadístico) en los sujetos mayores de 12 años.

Con el criterio de McCarthy el acuerdo fue del 82.1% (Tabla 8). El índice de Kappa ponderado fue 0.228 (IC 95%: 0.141 a 0.315), estadísticamente significativo ($p=0.00001$).

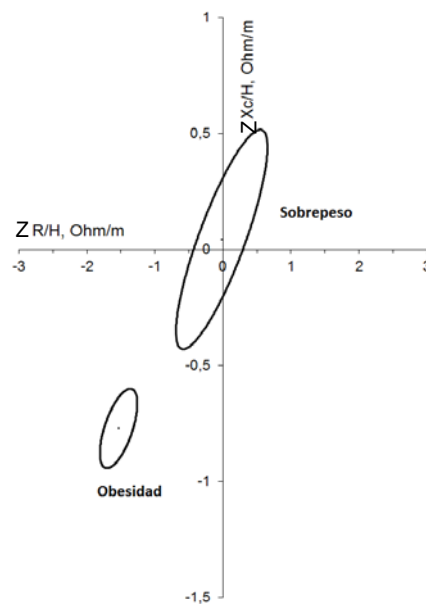
Z-%MG 2 Z-IMC	Normalidad	Alta MG	Obesidad	Obesidad extrema	TOTAL
Sobrepeso	10	11	5	1	27 (34.2%)
Obesidad	3	13	20	16	52 (65.8%)
TOTAL	13 (16.5%)	24 (30.4%)	25 (31.6%)	17 (21.5%)	79 (100%)

Tabla 8. Tabla de contingencia de las catalogaciones nutricionales obtenidas a partir de las Z-Scores del IMC y las Z-Scores del porcentaje de masa grasa (criterio de McCarthy) en los sujetos mayores de 12 años

4.6. Análisis vectorial de bioimpedancia (BIVA)

Finalmente, se realizó un análisis vectorial de bioimpedancia (BIVA). Se construyeron los **elipses de confianza** de los sujetos (muestra total) en función de las dos

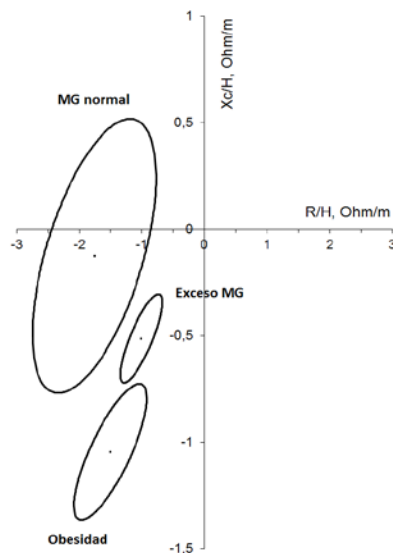
catalogaciones empleadas en este estudio (Z-IMC y Z-%MG, esta última con los criterios de catalogación 1 –estadístico- y 2 –McCarthy-) (Figuras 13, 14 y 15).



	T ²	F	D	p
Ob vs. Sb	36.3	18	1.17	<0.0001

Ob: obesidad; Sb: sobrepeso. T²: T² de Hotelling; D: distancia de Mahalanobis.

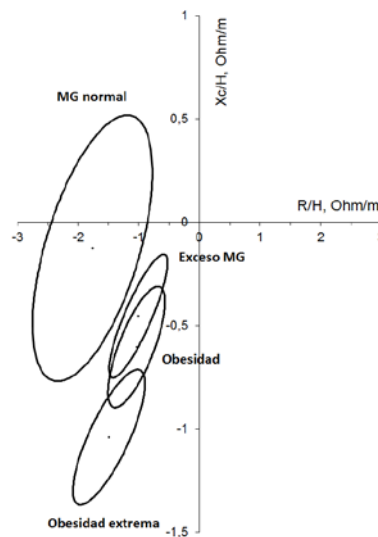
Figura 13. Elipses de confianza en función de la catalogación nutricional establecida en base a las puntuaciones Z-Score del IMC en la muestra total.



	T ²	F	D	p
Ob vs. EMG	15	7.5	0.69	0.0008
Ob vs. NMG	36.7	18.1	1.63	<0.0001
EMG vs. NMG	34.3	17	1.43	<0.0001

Ob: obesidad; EMG: exceso de masa grasa; NMG: masa grasa normal. T²: T² de Hotelling; D: distancia de Mahalanobis.

Figura 14. Elipses de confianza en función de la catalogación nutricional establecida en base a las puntuaciones Z-Score de porcentaje de masa grasa (criterio 1) en la muestra total.



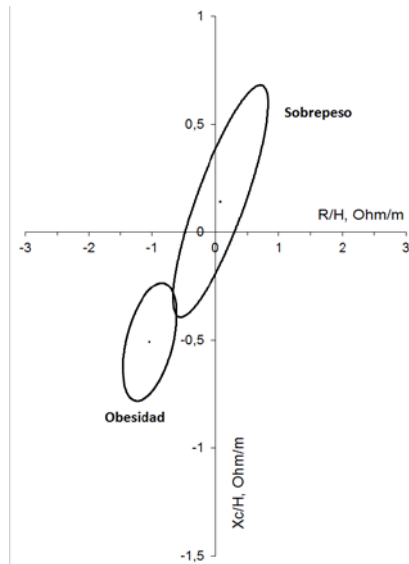
	T ²	F	D	p
ObE vs. Ob	7	3.5	0.56	0.0356
Ob vs. EMG	2	1	0.28	0.3662
EMG vs. NMG	24.5	12.1	1.29	<0.0001

ObE: obesidad extrema; Ob: obesidad; EMG: exceso de masa grasa; NMG: masa grasa normal. T²: T² de Hotelling; D: distancia de Mahalanobis.

Figura 15. Elipses de confianza en función de la catalogación nutricional establecida en base a las puntuaciones Z-Score de porcentaje de masa grasa (criterio 2) en la muestra total.

El IMC y la catalogación de la Z-score del porcentaje de masa grasa con el criterio estadístico discriminan de manera estadísticamente significativa los sujetos con obesidad, sobrepeso (Figura 13) o exceso de masa grasa y masa grasa normal (Figura 14). Sin embargo, la catalogación de la Z-score del porcentaje de masa grasa con los criterios de McCarthy no discriminan entre las categorías de obesidad y exceso de masa grasa, pero sí en el resto (Figura 15).

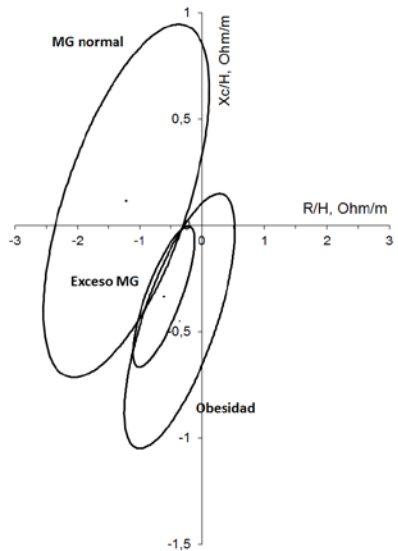
Se realizó el mismo tratamiento estadístico para el análisis vectorial de bioimpedancia con los sujetos mayores de 12 años (Figuras 16 a 19). La catalogación de la Z-Score del IMC, la de la Z-Score del porcentaje de masa grasa tanto con el criterio estadístico como con el criterio de McCarthy no discriminan entre las categorías de obesidad, sobrepeso (Figura 16), exceso de masa grasa, masa grasa normal (Figura 17) y obesidad extrema (Figura 18). Sin embargo, con la catalogación del índice de masa grasa sí que se discrimina entre las categorías de obesidad y sobrepeso (Figura 19).



	T ²	F	D	p
Ob vs. Sb	14.3	7	0.9	0.0015

Ob: obesidad; Sb: sobrepeso. T²: T² de Hotelling; D: distancia de Mahalanobis.

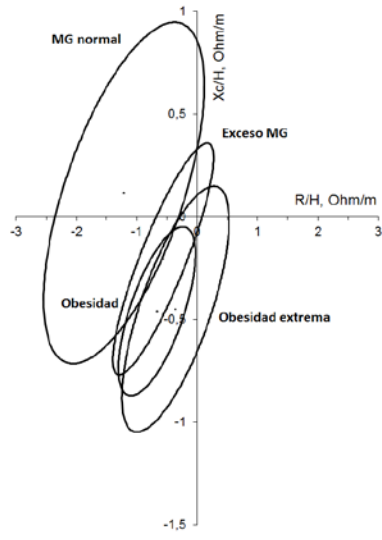
Figura 16. Elipses de confianza en función de la catalogación nutricional establecida en base a las puntuaciones Z-Score del IMC en los niños mayores de 12 años.



	T ²	F	D	p
Ob vs. EMG	2.9	1.4	0.48	0.2478
Ob vs. NMG	15.9	7.7	1.47	0.0022
EMG vs. NMG	10.5	5.1	1.12	0.0112

Ob: obesidad; EMG: exceso de masa grasa; NMG: masa grasa normal. T²: T² de Hotelling; D: distancia de Mahalanobis.

Figura 17. Elipses de confianza en función de la catalogación nutricional establecida en base a las puntuaciones Z-Score de porcentaje de masa grasa estimada por bioimpedancia (criterio 1) en los niños mayores de 12 años.

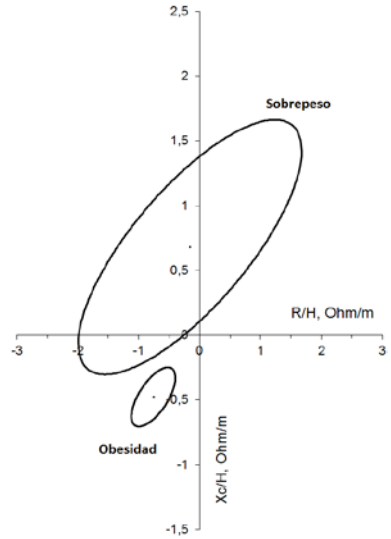


No obesidad

	T ²	F	D	p
ObE vs. Ob	1.1	0.5	0.33	0.5826
Ob vs. EMG	1.7	0.8	0.37	0.4358
EMG vs. NMG	10.5	5.1	1.12	0.0112

ObE: obesidad extrema; Ob: obesidad; EMG: exceso de masa grasa; NMG: masa grasa normal. T²: T² de Hotelling; D: distancia de Mahalanobis.

Figura 18. Elipses de confianza en función de la catalogación nutricional establecida en base a las puntuaciones Z-Score de porcentaje de masa grasa estimada por bioimpedancia (criterio 2) en los niños mayores de 12 años.



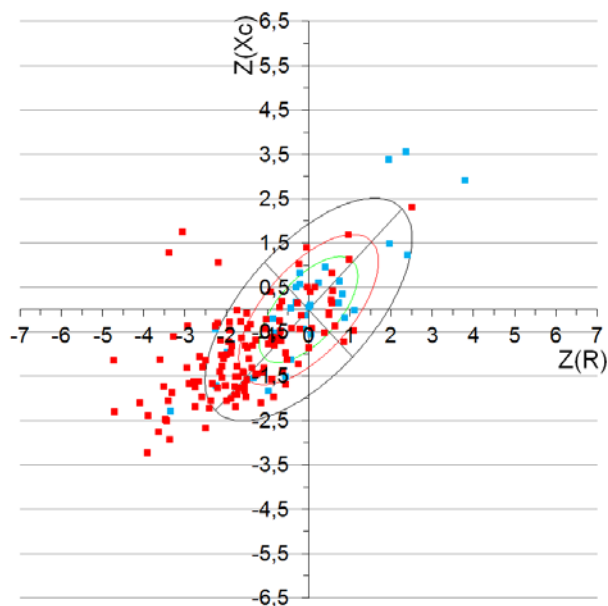
	T ²	F	D	p
Ob vs. NoOb	27.5	13.6	1.59	<0.0001

Ob: obesidad; NoOb: no obesidad. T²: T² de Hotelling; D: distancia de Mahalanobis.

Figura 19. Elipses de confianza en función de la catalogación nutricional establecida en base al índice de masa grasa en los niños mayores de 12 años.

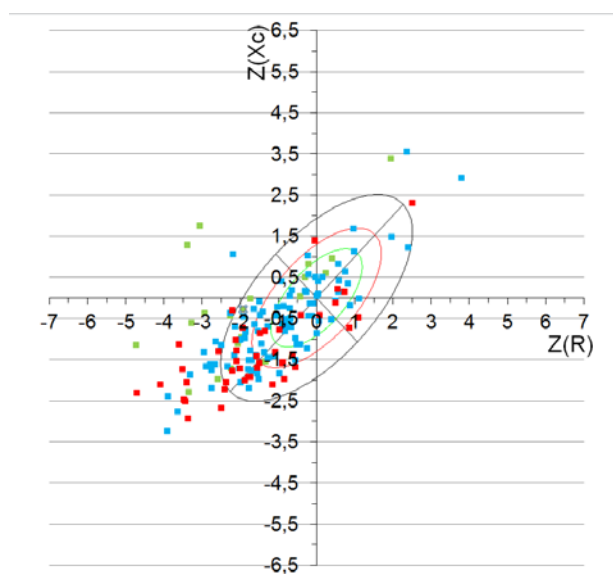
También se construyeron las **elipses de tolerancia** en función de la catalogación nutricional en base al IMC y de la Z-score del porcentaje de masa grasa establecido con

los criterios 1 y 2 se exponen en las Figuras 20, 21 y 22. Para su representación se han empleado las elipses de referencia de de Palo et al.⁽⁴⁴⁾.



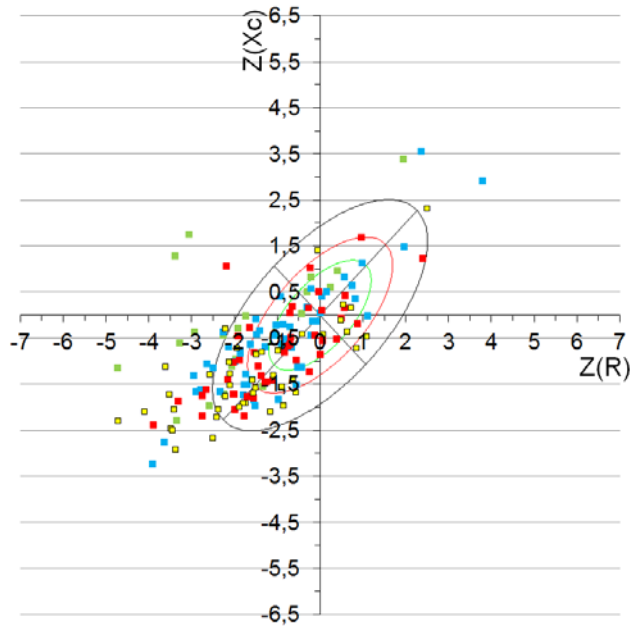
Puntos rojos: obesidad; puntos azules: sobrepeso.

Figura 20. Elipse de tolerancia en función de la catalogación nutricional establecida en base a las puntuaciones Z-Score del IMC en la muestra total.



Puntos rojos: obesidad; puntos azules: exceso de masa grasa; puntos verdes: masa grasa normal.

Figura 21. Elipse de tolerancia en función de la catalogación nutricional establecida en base a las puntuaciones Z-Score del porcentaje de masa grasa y la catalogación del criterio 1 en la muestra total.

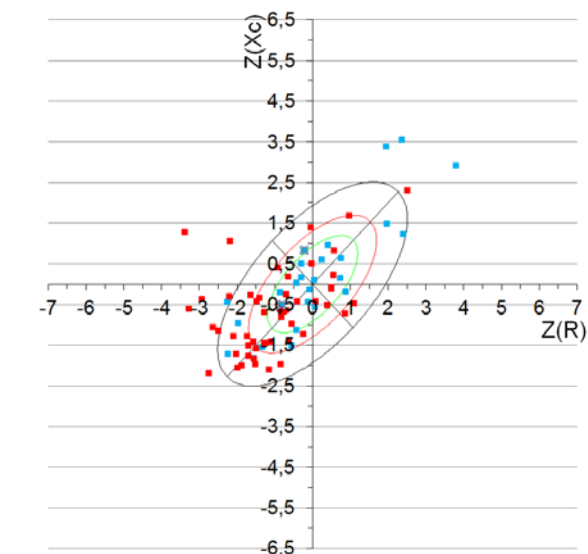


Puntos amarillos: obesidad extrema; puntos rojos: obesidad; puntos azules: exceso de masa grasa; puntos verdes: masa grasa normal.

Figura 22. Elipse de tolerancia en función de la catalogación nutricional establecida en base a las puntuaciones Z-Score del porcentaje de masa grasa y la catalogación del criterio 2 en la muestra total.

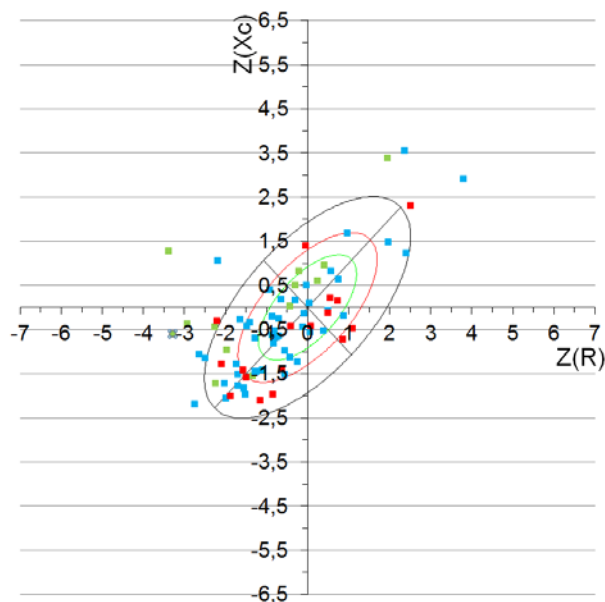
Como era de esperar, la mayoría de los vectores individuales se situaron en el cuadrante inferior izquierdo, lo que indica un exceso de adiposidad. El 19.8% de los sujetos se situaron fuera de la elipse de tolerancia del 95%, lo que indica vectores de impedancia anormales.

Se llevó a cabo el mismo análisis para los niños mayores de 12 años (Figuras 23 a 27). En este grupo, igual que en toda la muestra, la mayoría de los vectores individuales se situaron en el cuadrante inferior izquierdo. El 15.2% de los sujetos se situaron fuera de la elipse de tolerancia del 95%.



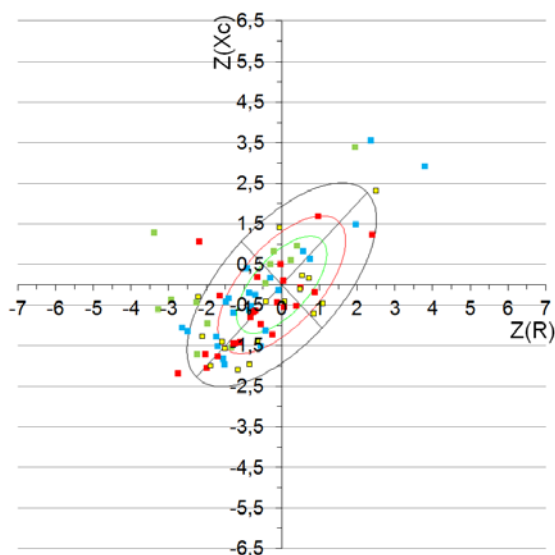
Puntos rojos: obesidad; puntos azules: sobrepeso.

Figura 23. Elipses de tolerancia en función de la catalogación nutricional establecida en base a las puntuaciones Z-Score del IMC en niños mayores de 12 años.



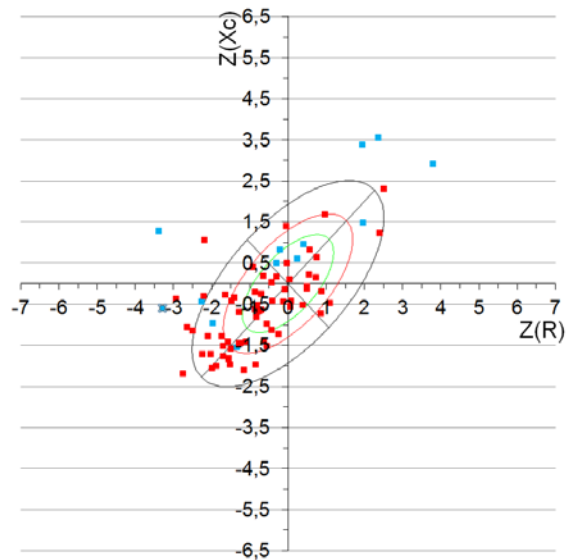
Puntos rojos: obesidad; puntos azules: exceso de masa grasa; puntos verdes: masa grasa normal.

Figura 24. Elipses de tolerancia en función de la catalogación nutricional establecida en base a las puntuaciones Z-Score del porcentaje de masa grasa y la catalogación del criterio 1 en niños mayores de 12 años.



Puntos amarillos: obesidad extrema; puntos rojos: obesidad; puntos azules: exceso de masa grasa; puntos verdes: masa grasa normal.

Figura 25. Elipses de tolerancia en función de la catalogación nutricional establecida en base a las puntuaciones Z-Score del porcentaje de masa grasa y la catalogación del criterio 2 en niños mayores de 12 años.



Puntos rojos: obesidad; puntos azules: no obesidad.

Figura 26. Elipses de tolerancia en función de la catalogación nutricional establecida en base al índice de masa grasa en niños mayores de 12 años.

5. DISCUSIÓN

En este estudio se ha evaluado la catalogación nutricional de un grupo de niños y adolescentes con sobrepeso u obesidad en función de diferentes métodos, como el IMC o la circunferencia de la cintura. También se ha estudiado su composición corporal mediante antropometría y bioimpedancia (tanto en su modalidad convencional, como en la vectorial).

El planteamiento de este trabajo surgió ante la dificultad para realizar una correcta valoración nutricional en este grupo de edad, puesto que no existe un acuerdo internacional para la catalogación de la obesidad. Además, para un mismo método tampoco existen criterios de catalogación consensuados. A estas limitaciones hay que añadir las diferencias entre las poblaciones de referencia que se emplean en cada país, o las derivadas de la etnia.

El IMC es un indicador antropométrico útil en epidemiología para evaluar el riesgo de sobrepeso y obesidad, pero a nivel individual presenta importantes limitaciones. El IMC define la relación entre el peso y la talla de un individuo. Un IMC elevado refleja un exceso de peso, que puede deberse a un aumento de la masa grasa o a un incremento de la masa libre de grasa. Varios estudios^(57,58) han observado en muchos casos niveles de adiposidad muy diferentes de lo esperado de acuerdo a la catalogación en base al IMC. Dos personas con el mismo IMC pueden tener una composición corporal muy diferente: un sujeto con un IMC dentro de la normalidad puede ocultar un exceso de adiposidad subyacente caracterizado por un exceso de masa grasa y una reducida masa libre de grasa; y una persona con un IMC catalogado como sobrepeso puede tener un reducido porcentaje de masa grasa y mucha masa muscular. Se sabe que el IMC tiene una elevada especificidad pero baja sensibilidad, por lo que en un porcentaje importante de sujetos no sirve para detectar el exceso de adiposidad^(25,59,60). Estrictamente, el término obesidad sólo se debe emplear cuando existe un exceso de adiposidad, por lo que el IMC no siempre va a evidenciar de manera adecuada los cambios en la composición corporal. Por ello, muchos autores cuestionan la utilidad del IMC en el diagnóstico de la obesidad⁽⁶¹⁾.

Además, en la población infanto-juvenil existen diferencias importantes en la composición corporal en función de la edad y el sexo: en los varones, a medida que aumenta la edad, se incrementa considerablemente la MLG, mientras que la MG sólo lo hace ligeramente; en las niñas ocurre lo contrario: aumento significativo de la MG y menor aumento, en proporción, de la MLG⁽⁶²⁾. El IMC es incapaz de reflejar las variaciones en la composición corporal que dependen de la fase de desarrollo pondero-estatural⁽⁶²⁾. En el presente estudio se han utilizado las puntuaciones normalizadas (Z-score) del IMC y de la MG (%MG e IMG), ya que estas variables, y la relación entre ellas varían en función del sexo y de la edad⁽⁶³⁾.

Por otra parte, actualmente se sabe que el tejido adiposo es un tejido metabólicamente activo que participa en la regulación del metabolismo de los lípidos y de la glucosa, y que la obesidad se relaciona con un estado inflamatorio de bajo grado que favorece el desarrollo de complicaciones cardio-metabólicas⁽⁶⁴⁾. Recientemente se ha propuesto el término “adiposopatía o enfermedad de la grasa” (*adiposopathy or sick fat*) para definir claramente el importante papel patogénico del tejido adiposo⁽⁶⁵⁾. Por ello es necesario identificar precozmente el exceso de adiposidad y clasificar la obesidad en función de la composición y distribución de la grasa corporal, en vez de considerar simplemente las variaciones en el peso o en los índices pondero-estaturales (IMC). Recientes estudios han observado la importancia de la adiposidad central, también desde la infancia, en relación con el riesgo cardio-metabólico⁽⁶⁶⁾. En este sentido, el perímetro de la cintura

es un mejor indicador de la distribución de la masa grasa que el IMC, puesto que define la existencia de acúmulos de grasa abdominal, que es la que se asocia al riesgo cardio-metabólico⁽⁶⁷⁾, y su valor presenta una buena correlación con la MG estimada con DEXA⁽⁶⁸⁾. Este grupo demostró la utilidad de la circunferencia de la cintura para evaluar el riesgo cardio-metabólico en niños, respecto al IMC.

Sin embargo, la utilización del perímetro de la cintura también tiene algunos inconvenientes, ya que no hay consenso sobre el punto en el que medir el perímetro y tampoco sobre los puntos de corte que indican exceso de grasa corporal en niños y adolescentes⁽⁶⁹⁾.

Las limitaciones que presentan los métodos antropométricos comentados (IMC y perímetro de la cintura), especialmente en este grupo de edad, justifican la necesidad de realizar un análisis de la composición corporal. Las técnicas empleadas con más frecuencia en la práctica clínica para estimar composición corporal son el método antropométrico y el análisis de bioimpedancia. Ambas técnicas asumen supuestos similares, pero la antropometría presenta baja precisión. En nuestro estudio la concordancia entre ambos métodos para la estimación del porcentaje de MG fue baja, aunque significativa [CCI de 0.309 (IC 95%: 0.168 a 0.439)]. Además, la antropometría sobreestimó el porcentaje de MG, respecto a la BIA, método con mayor precisión que el anterior. Por eso, en el presente estudio se decidió emplear el análisis de BIA en sus distintas modalidades para valorar la composición corporal de los sujetos.

Para evaluar la adiposidad se pueden emplear dos indicadores: el porcentaje de MG o, más recientemente, el índice de MG (IMG). El principal problema es la falta de acuerdo en el punto de corte del %MG para el diagnóstico del sobrepeso y la obesidad. Aunque hay cierta controversia, un porcentaje de MG superior al 25% en los varones y al 30% en las mujeres son los puntos de corte más utilizados para definir el exceso de adiposidad en adultos⁽⁷⁰⁾. Sin embargo, no hay consenso sobre los puntos de corte en el caso de los niños. Es cierto que, en general y con independencia de la metodología empleada, es fácil detectar a los niños que son realmente obesos, pero no lo es tanto identificar a aquellos niños que, aún teniendo niveles elevados de MG, presentan valores normales de IMC. Esto es especialmente importante, ya que en estos casos parece que existen riesgos para la salud similares a los de los obesos⁽⁷¹⁾.

En este estudio se empleó un criterio estadístico basado en puntuaciones normalizadas, tal como propone la OMS con los indicadores antropométricos y pondero-estaturales⁽¹¹⁾, y el criterio de McCarthy et al.⁽⁵³⁾, que se basa en los puntos de corte para catalogar la obesidad propuestos por el IOTF. En el presente trabajo la catalogación con ambos criterios coincide para los grupos de MG normal y obesidad (criterio 1) y obesidad extrema (criterio 2) (Figuras 6 y 7). Resulta evidente que el criterio estadístico cataloga como sobrepeso a aquellos niños con un exceso de MG y obesidad, según McCarthy. De esta manera, resulta muy difícil establecer el punto de corte que mejor refleje el riesgo clínico asociado al exceso de MG.

Por otra parte, el IMG resulta útil para el diagnóstico del sobrepeso en adolescentes, con una excelente relación entre sensibilidad y especificidad para este indicador, tal como demostraron Alvero-Cruz y cols.⁽⁷²⁾, pero no se dispone de valores de referencia para población menor de 12 años. La relación entre las distintas catalogaciones del %MG anteriormente explicada se observó también en los sujetos mayores de 12 años en el presente estudio (Figuras 8 y 9). El IMC en los mayores de 12 años discriminó de forma adecuada entre obesos y no obesos (Figura 10), aunque en la categoría de obesos incluye todos los pacientes con algún exceso de MG.

No hay muchos estudios que hayan investigado la concordancia entre el IMC y el %MG en niños. Wohlfahrt-Veje C et al.⁽⁷³⁾ midieron la masa grasa en 2647 niños sanos mediante DXA (técnica de referencia) y mostraron que en niños con IMC normal (Z-score IMC = -1 a +1) el porcentaje de masa grasa era muy variable (entre el 6% y el 37%), y que la sensibilidad y especificidad del IMC dependía en gran medida de los puntos de corte utilizados para clasificar el exceso de adiposidad (%MG mediante DXA). Es decir, utilizando un criterio estadístico para el %MG (por DXA) el IMC identificó 148 de los 195 niños con exceso de MG, mientras que utilizando los puntos de corte de adultos para el %MG, la sensibilidad del IMC disminuyó y, de los 195 niños clasificados como obesos mediante DXA, solo identificó 97. En el presente estudio, de acuerdo con lo publicado por otros autores, el análisis de concordancia realizado confirmó que el IMC no refleja la composición corporal (Figura 11 y Tablas 3 y 4), de forma que 20 sujetos de la muestra total (12%) y 13 de los mayores de 12 años (16.5%) con MG normal fueron catalogados por el IMC con algún exceso de MG. En este último grupo, la concordancia entre el IMC y el IMG también fue reducida (Tabla 5).

En el presente estudio se ha realizado un análisis vectorial de bioimpedancia. Aunque hay pocos trabajos que hayan investigado las aplicaciones de esta modalidad del BIA en niños, ya se dispone de patrones de referencia obtenidos en poblaciones de niños sanos^(44,74). En principio esta técnica parece prometedora en Pediatría, ya que se utilizan directamente los datos eléctricos brutos estandarizados en función de la altura (R/H y Xc/H), con independencia del peso corporal y sin necesidad de aplicar modelos predictivos. Además, se ha demostrado que este método es útil en clínica para evaluar las variaciones en la hidratación y en el estado nutricional en sujetos obesos⁽⁷⁵⁾. Con este método, y mediante el BIVA-graph, se puede evaluar directamente a un individuo trazando su vector de impedancia en la elipse de tolerancia de referencia, realizar valoraciones longitudinales analizando la migración de los vectores en la elipse de tolerancia de referencia y comparar grupos de individuos utilizando los vectores medios en las elipses de confianza del 95%. Los estudios de validación realizados en adultos han mostrado que los vectores de los sujetos con valores anormales de impedancia tisular se sitúan fuera de la elipse de tolerancia del 75%⁽⁷⁶⁾.

La comparación de los grupos en las elipses de confianza del 95% mostró que la clasificación establecida a partir de la Z-IMC y de la Z-%MG aplicando el criterio estadístico discriminaban significativamente a los sujetos clasificados como normales, con sobrepeso, y con obesidad (Figuras 13 y 14). Sin embargo, la superposición de las elipses en la catalogación de la Z-%MG con el criterio de McCarthy evidenció que con estos puntos de corte no se diferencian las categorías de obesidad y de exceso de masa grasa (Figura 15). En los niños mayores de 12 años sólo la catalogación del IMC y del índice de masa grasa discriminan entre las categorías de obesidad y sobrepeso (Figura 16) y obesidad frente a no obesidad (Figura 19), respectivamente. Por tanto, la aplicación de un criterio estadístico clasifica mejor la adiposidad de la muestra total, mientras que en los mayores de 12 años, el índice de masa grasa es mejor indicador.

Para estudiar la posición de los vectores individuales de los participantes en el estudio se ha utilizado un equivalente del BIVA-graph denominado RXc-score-graph. Este gráfico, centrado en el valor 0, utiliza las puntuaciones Z-score de R/H y Xc/H y representa los intervalos (elipses de tolerancia 50%, 75% y 95%) que permiten comparar a cada sujeto con la población de referencia, independientemente del sexo, la etnia o la edad. En el RXc-score-graph la comparación entre la catalogación nutricional, tanto a partir de la Z-IMC como de la Z-%MG y, en los mayores de 12 años también de la Z-IMG, mostró importantes diferencias (Figuras 20 a 26). Como era de esperar y coincidiendo con lo documentado en otros trabajos realizados en individuos (niños y

adultos) con sobrepeso u obesidad^(76,77), la mayoría de los vectores individuales se situaron en el cuadrante inferior izquierdo, lugar en el que se colocan los individuos con un exceso de masa corporal en relación a la masa libre de grasa, lo que sugiere un exceso de adiposidad. Sin embargo, el 19.8% y el 15.2% de los vectores individuales se situaron fuera de la elipse de tolerancia del 95% en la muestra total y en el grupo de niños mayores de 12 años, respectivamente, lo que indica vectores de impedancia anormales (Figuras 20 a 26). Estos hallazgos son similares a los documentados en la mayoría de los estudios realizados en adultos, en los que se ha observado que un elevado porcentaje de los vectores individuales de sujetos obesos se sitúan fuera de la elipse de confianza del 75%^(75,78).

Cuando se utiliza el IMC para catalogar el sobrepeso y la obesidad, se ha observado que, en general, cuanto mayor es el IMC, más tiende a acortarse el vector impedancia y el ángulo de fase aumenta^(75,77,79,80). Sin embargo, no existe tanta unanimidad en lo que ocurre cuando se compara la masa grasa estimada por BIA convencional, respecto al BIVA. Mientras que algunos autores han documentado que ambas modalidades de análisis clasifican de forma similar a los sujetos⁽⁷⁷⁾, otros muestran resultados inconsistentes⁽⁸¹⁾. Por otra parte, estudios realizados en adultos que han utilizado DXA como técnica de referencia para evaluar la composición corporal (MG), han mostrado que el BIVA es capaz de discriminar sujetos con distinto %MG, aunque con reducida precisión⁽⁸²⁾. De hecho, estos autores encontraron algunos vectores de impedancia individuales de sujetos con porcentajes extremos de MG (muy bajos y muy elevados) en la región normal de las elipses de tolerancia (50%). A pesar de las ventajas que presenta el BIVA, la revisión realizada por Buffa et al.⁽⁴²⁾ indicó que esta técnica no es muy precisa para evaluar la CC según el modelo bicompartimental (MG y MLG).

Por otra parte, es necesario tener en cuenta que en los individuos obesos también hay agua en los adipocitos, por lo que la cuantificación del agua corporal puede ser importante para monitorizar la MG⁽⁸³⁾. En consecuencia, para realizar una evaluación correcta hay que diferenciar entre la MG y la sobrecarga de fluidos. En este sentido, ya en 1998 Piccoli⁽⁷⁵⁾ postuló que mediante el BIVA se podía diferenciar entre masa grasa y acúmulo de fluidos en sujetos adultos. Para ello propuso el polo inferior de la elipse de tolerancia del 75% como punto límite para trazar una línea (*límite del edema aparente o umbral grasa-fluidos*) que permitiese diferenciar ambas situaciones: sobrecarga adiposa frente a acúmulo de fluidos. De esta forma, sería esperable que los vectores de los sujetos obesos sin edema se coloquen por encima del umbral y los de los edematosos (obesos o no) por debajo. No se han encontrado trabajos en población infantil que reproduzcan estos hallazgos, pero, si se asume un comportamiento similar en niños, los vectores individuales situados en el cuadrante inferior que se sitúan hacia la derecha podrían indicar que existe una sobrecarga hídrica, más que un acumulo de masa grasa.

Por otra parte, se sabe que el desplazamiento de los vectores individuales hacia el cuadrante inferior-derecho (caquexia), en paralelo al eje menor de las elipses de tolerancia, se ha asociado con una disminución de los valores de X_c , lo que sugiere una pérdida de masa celular y, probablemente, alteraciones en la integridad de la membrana celular. Este patrón también podría relacionarse con un aumento en el ratio agua corporal total/agua extracelular.

Posiblemente otras modalidades del BIVA, como el BIVA-específico recientemente desarrollado en adultos y en ancianos^(82,84), ofrezca la posibilidad de mejorar el estudio de la composición corporal en población infanto-juvenil. Este método se diferencia del BIVA clásico (hasta ahora denominado BIVA) en que las variables eléctricas (R y X_c) estandarizadas en función de la talla se corrigen (de acuerdo a la ley de Ohm) por un

factor que representa la sección transversal de los segmentos corporales (brazo, cintura, pierna). En estudios realizados en adultos y ancianos se ha observado que, cuando se compara con DXA, el BIVA-específico puede distinguir entre individuos con diferentes niveles de MG.

A pesar de las limitaciones del BIA vectorial en niños obesos, el uso del RXc-score-graph permite monitorizar la evolución del estado nutricional y de los cambios asociados en la composición corporal de una forma rápida y sencilla. Además, esta modalidad no está afectada por los errores asociados al uso de las ecuaciones de predicción del BIA convencional cuando los vectores individuales quedan fuera de la elipse de tolerancia del 75%. Por ello, otra de las ventajas del BIVA es que permite discriminar en qué niños la estimación cuantitativa de los compartimentos corporales a partir del BIA convencional va a ser razonablemente precisa.

6. CONCLUSIONES

1. En la muestra de niños con sobrepeso y obesidad estudiada la concordancia en el porcentaje de masa grasa estimado por antropometría y por bioimpedancia convencional fue mala.
2. La concordancia entre las catalogaciones nutricionales obtenidas a partir de las puntuaciones Z-Score del IMC y las puntuaciones Z-Score del porcentaje de masa grasa en la muestra total fue mejor cuando se catalogó el %MG con el criterio estadístico que con el de McCarthy et al.
3. En los niños mayores de 12 años el acuerdo entre las catalogaciones nutricionales obtenidas a partir de las puntuaciones normalizadas del IMC y las del IMG fue mucho mejor que entre las catalogaciones obtenidas con los indicadores anteriores.
4. El análisis vectorial de bioimpedancia (BIVA) refleja diferencias en los patrones bioeléctricos de los niños catalogados con sobrepeso y obesidad (IMC) y distintos niveles de MG con el criterio estadístico.
5. Además, en los niños mayores de 12 años, el BIVA discrimina claramente entre obesos y no obesos según el índice de masa grasa.
6. El BIVA permite monitorizar la evolución del estado nutricional y de los cambios asociados en la composición corporal de una forma rápida y sencilla.
7. El BIVA permite discriminar en qué niños se pueden estimar de forma precisa los compartimentos corporales por BIA convencional.

7. BIBLIOGRAFÍA

1. Kaufer-Horwitz M, Toussaint G. Anthropometric indexes to evaluate pediatric overweight and obesity. *Bol Med Hosp Infant*. 2008; 65(6):502-518.
2. World Health Organization (WHO). Obesidad y sobrepeso [sede web]. 2017 [acceso el 29 de mayo de 2018]. Disponible en: <http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs311/es/>
3. Kwon S, Janz KF, Letuchy LM, Burns TL, Levy SM. Association between body mass index percentile trajectories in infancy and adiposity in childhood and early adulthood. *Obesity*. 2017; 25(1):166–171.
4. Martin-Gronert MS, Ozanne SE. Early life programming of obesity. *Med Wieku Rozwoj*. 2013; 17(1):7-12..
5. World Health Organization (WHO). Obesidad y sobrepeso [sede web]. 2017 [acceso el 29 de mayo de 2018]. Disponible en: <http://www.who.int/features/factfiles/obesity/es/>
6. Gómez-Ambrosi J, Silva C, Galofré JC, Escalada J, Santos S, Millán D, et al. Body mass index classification misses subjects with increased cardiometabolic risk factors related to elevated adiposity. *Int J Obes*. 2012; 36:286–94.
7. Freedman DS, Ogden CL, Berenson GS, Horlick M. Body mass index and body fatness in childhood. *Curr Opin Clin Nutr Metab Care*. 2005, 8:618–623.
8. Rolland-Cachera MF, for The European Childhood Obesity Group. Childhood obesity: current definitions and recommendations for their use. *Int J Pediatr Obe*. 2011; 6:325–331.
9. Neovius M, Linne Y, Barkeling B, Rossner S. Discrepancies between classification systems of childhood obesity. *Obes Rev*. 2004; 5:105–114.
10. WHO. Multicentre Growth Reference Study Group. WHO Child Growth. Standards based on length/height, weight and age. *Acta Paediatr*. 2006; 450:76-85.
11. de Onis M, Onyango AW, Borghi E, Siyam A, Nishida C, Siekmann J. Development of a WHO growth reference for school-aged children and adolescents. *Bull WHO*. 2007; 85:660–7.
12. Cole TJ, Bellizzi MC, Flegal KM; Dietz WH. Establishing a standard definition for child overweight and obesity worldwide: international survey. *BMJ*. 2000; 6:1240-1243.
13. Cole TJ. Early causes of child obesity and implications for prevention. *Acta Paediatr*. 2007; 96:2-4.
14. Martínez Álvarez JR, Villarino Marín A, García Alcón RM, Calle Purón ME, Marrodán Serrano MD. Childhood obesity in Spain: to what extent is a public health problema or about the reliability of the polls. *Nutr Clín Diet Hosp*. 2013; 33(2):80-88.
15. 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. En: *Patrones de crecimiento y desarrollo en España. Atlas de gráficas y tablas*. Madrid: Ergon; 2004. p.145–68.
16. Serrano M, Mesa S, Díaz A, Soblechero A, Barrio C, Hernandez D, et al. Diagnosis de la obesidad: actualización de criterios y validez clínica y poblacional. *Ann Pediatr*. 2006; 65(1):5-14.

17. Serra-Majem L, Ribas-Barba L, Aranceta-Bartrina J, Pérez-Rodrigo C, Saavedra-Santana P, Peña-Quintana L. Childhood and adolescent obesity in Spain. Results of the enKid study (1998-2000). *Med Clin*. 2003; 121(19):725-32.
18. Zanini RV, Santos IS, Chrestani MAD, Gigante DP. Body fat in children measured by DXA, air-displacement plethysmography, TBW and multicomponent models: a systematic review. *Matern Child Health J*. 2015; 19(7):1567–73.
19. Horan M, Gobney E, Molloy E, McAuliffe F. Methodologies to assess paediatric adiposity. *Ir J Med Sci*. 2015; 184(1):53-68.
20. Forbes GB. *The human body composition: growth, ageing, nutrition and activity*. New York: Springer-Verlag, 1987.
21. Fields DA, Michael IG. Body composition techniques and the four-compartment model in children. *J Appl Physiol*. 2000; (9):613-620.
22. Cornier MA, Després JP, Davis N, Grossniklaus DA, Klein S, Lamarche B, et al. Assessing adiposity: a scientific statement from the American Heart Association. *Circulation*. 2011; 124(18):1996–2019.
23. Duren DL, Sherwood RJ, Czerwinski SA, Lee M, Choh AC, Siervogel RM, et al. Body composition methods: comparisons and interpretation. *J Diabetes Sci Technol*. 2008, 2(6):1139–46.
24. Redondo del Río MP, Camina Martín MA, Marugán de Miguelsanz JM, de Mateo Silleras B. Bioelectrical impedance vector reference values for assessing body composition in a Spanish child and adolescent population. *Am J Hum Biol*. 2017; 29:e 22978.
25. Javed A, Jumean M, Murad MH, Okorodudu D, Kumar S, Somers VK, et al. Diagnostic performance of body mass index to identify obesity as defined by body adiposity in children and adolescents: a systematic review and metaanalysis. *Pediatr Obes*. 2015; 10(3):234–44.
26. Wells JC, Fuller NJ, Dewit O, Fewtrell MS, Elia M, Cole TJ. Four-component model of body composition in children: density and hydration of fat-free mass and comparison with simpler models. *Am J Clin Nutr*. 1999; 69:904–912.
27. Freedman DS, Ogden CL, Berenson GS, Horlick M. Body mass index and body fatness in childhood. *Curr Opin Clin Nutr Metab Care*. 2005, 8:618-623.
28. McCarthy HD. Measuring growth and obesity across childhood and adolescence. *Proc Nutr Soc*. 2014; 73(2):210-7.
29. Deurenberg P, Deurenberg -Yap M. Validity of predicted percentage body fat from skinfolds in Singapore Chinese, Malays and Indians. *Int J Body Compos Res*. 2003; 1:23-29.
30. Garcia AL, Wagner K, Hothorn T, Koebnick C, Hans-Joachim F, Zunft, et al. Improved prediction of body fat by measuring skinfold thickness, circumferences, and bone breadths. *Obes Res*. 2005; 13: 626-634.
31. Roubenoff R, Dallal GE, Wilson PW. Predicting body fatness: the body mass index vs estimation by bioelectrical impedance. *Am J Public Health*. 1995; 85(5):726-8.
32. Kyle UG, Bosaeus I, De Lorenzo AD, Deurenberg P, Elia M, Gómez JM, et al. Bioelectrical impedance analysis- part II: utilization in clinical practice. *Clin Nutr*. 2004; 23:1430-1453.

33. Deurenberg P: Limitations of the bioelectrical impedance method for the assessment of body fat in severe obesity. *Am J Clin Nutr.* 1996; 64(3):449S–452S.
34. Liang MT, Su HF, Lee NY: Skin temperature and skin blood flow affect bioelectrical impedance study of female fat-free mass. *Med Sci Sports Exerc.* 2000; 32: 221–227.
35. Piccoli A, Rossi B, Pillon L, Bucciante G: A new method for monitoring body fluid variation by bioimpedance analysis: The RXc graph. *Kidney Int.* 1994; 46:534-539.
36. Piccoli A, Nescolarde LD, Rosell J. Análisis convencional y vectorial de impedancia en la práctica clínica. *Nefrol.* 2002; 23:228–236.
37. Sánchez-Iglesias A, Fernández-Lucas M, Teruel JL. Fundamentos eléctricos de la bioimpedancia. *Nefrol.* 2012; 32(2):133-5.
38. Piccoli A, Brunani A, Savia G, Pillon L, Favaro E, Berselli ME, et al. Discriminating between body fat and fluid changes in the obese adult using bioimpedance vector analysis. *Int J Obes.* 2008; 22:97-104.
39. Kyle UG, Bosaeus I, De Lorenzo AD, Deurenberg P, Elia M, Gómez JM, et al. Bioelectrical impedance analysis- part I: review of principles and methods. *Clin Nutr.* 2004; 23:1226-1243.
40. Barbosa-Silva MC, Barros AJ. Bioelectrical impedance analysis in clinical practice: a new perspective on its use beyond body composition equations. *Curr Opin Nutr Metab Care.* 2005; 8(3): 311-7.
41. Camina Martín MA, de Mateo Silleras B, Barrera Ortega S, Domínguez Rodríguez L, Redondo del Río MP. Specific bioelectrical impedance vector analysis (BIVA) is more accurate than classic BIVA to detect changes in body composition and in nutritional status in institutionalised elderly with dementia. *Exp Gerontol.* 2014; 57:264-71.
42. Buffa R, Mereu E, Comandini O, Ibanez ME, Marini E. Bioelectrical impedance vector analysis (BIVA) for the assessment of two-compartment body composition. *Eur J Clin Nutr.* 2014; 68:1234-40.
43. Kyle UG, Earthman CP, Pichard C, Coss-Bu JA. Body composition during growth in children: limitations and perspectives of bioelectrical impedance analysis. *Eur J Clin Nutr.* 2015; 69(12):1298–1305.
44. De Palo T, Messina G, Adefonti A, Perfumo F, Pisanello L, Peruzzi L. Normal values of the bioelectrical impedance vector in childhood and puberty. *Nutrition.* 2000; 16:417-24.
45. Guida B, Pietrobelli A, Trio R, Laccetti R, Falconi C, Perrino RN, Principato S. Body mass index and bioelectrical vector distribution in 8-year-old children. *Nutr Metab Cardiovasc Dis.* 2007; 18(2):133-141.
46. NHANES. CDC. Anthropometry Procedures Manual, 2007.
47. WHO. Report of a WHO Expert Committee. Physical status: The use and interpretation of anthropometry. Geneva: WHO Technical Report Series, 1995.
48. Arriba Muñoz A, López Úbeda M, Rueda Caballero C, Labarta Aizpún JI, Ferrández Longás A. Valores de normalidad de índice de masa corporal y perímetro abdominal en población española desde el nacimiento a los 28 años de edad. *Nutr Hosp.* 2016; 33(4):887-893.

49. Lukaski HC. Assessment of body composition using tetrapolar impedance analysis. In: Whitehead RG and Prentice A, editors. *New techniques in nutritional research*. San Diego; Academic Press; 1991; pp. 303-15.
50. Ellis KJ. Body composition of a young, multiethnic, male population. *Am J Clin Nutr*. 1997; 66(6):1323–31.
51. Ellis KJ, Abrams SA, Wong WW. Body composition of a young, multiethnic female population. *Am J Clin Nutr*. 1997; 65(3):724–31.
52. Plachta-Danielzik S, Gehrke MI, Kehden B, Kromeyer-Hauschild K, Grillenberger M, Willhöft C, Bosy-Westphal A et al. Body fat percentiles for German children and adolescents. *Obes Facts*. 2012; 5:77-90.
53. McCarthy HD, Cole TJ, Fry T, Jebb SA, Prentice AM. Body fat reference curves for children. *Int J Obes*. 2006; 30:598–602.
54. Bibiloni MM, Pons A, Tur JA. Defining body fatness in adolescents: A proposal of the Afad-A classification. *PlosOne*. 2013; 8(2):e55849.
55. Landis J and Koch GG. The measurement of observer agreement for categorical data. *Biometrics*. 1977; 33:159-74.
56. Hotelling H. The generalization of Student's ratio. *Ann Math Statist*. 1931; 2:360-78.
57. Wells JC, Coward WA, Cole TJ, Davies PS. The contribution of fat and fat-free tissue to body mass index in contemporary children and the reference child. *Int J Obes Relat Metab Disord*. 2002; 26:1323–1328.
58. McCarthy HD, Ellis SM, Cole TJ. Central overweight and obesity in British youth aged 11–16 years: Cross sectional surveys of waist circumference. *BMJ*. 2003; 326:624.
59. Cazuza de Farias Jr. J, Konrad LM, Maluf Rabacow F, Grup S, Araújo VC. Sensitivity and specificity of criteria for classifying body mass index in adolescents. *Rev Saúde Pública*. 2009; 43(1):1-6.
60. Reilly JJ, Dorosty AR, Emmett PM, ALSPAC Study Team. Identification of the obese child: Adequacy of the body mass index for clinical practice and epidemiology. *Int J Obes Relat Metab Disord*. 2000; 24:1623–1627.
61. Maffeis C, Banzato C, Talamini G: Waist-to-height ratio, a useful index to identify high metabolic risk in overweight children. *J Pediatr*. 2008; 152:207–213.
62. Demerath EW, Schubert CM, Maynard LM, Sun SS, Chumlea WC, Pickoff A, et al. Do changes in body mass index percentile reflect changes in body composition in children? Data from the Fels Longitudinal Study. *Pediatrics*. 2006; 117(3):e487-495.
63. Taylor RW, Jones IE, Williams SM, Goulding A. Body fat percentages measured by dual-energy X-ray absorptiometry corresponding to recently recommended body mass index cutoffs for overweight and obesity in children and adolescents aged 3-18 y. *Am J Clin Nutr*. 2002; 76(6):1416-21.
64. Shah A, Mehta N, Reilly MP. Adipose inflammation, insulin resistance, and cardiovascular disease. *JPEN*. 2008; 32:638-644.
65. De Lorenzo A, Soldati L, Sarlo F, Calvani M, Di Lorenzo N, Di Renzo L. New obesity classification criteria as a tool for bariatric surgery indication. *World J Gastroenterol*. 2016; 22(2):681-703.

66. Hirschler V, Calcagno ML, Aranda C, Maccallini G, Jadzinsky M. Síndrome metabólico en la infancia y su asociación con insulinoresistencia. *Arch Argent Pediatr*. 2006; 104(6):486-491.
67. Freedman DS, Serdula MK, Srinivasan SR, Berenson GS. Relation of circumferences and skinfold thicknesses to lipid and insulin concentrations in children and adolescents: the Bogalusa Heart Study. *Am J Clin Nutr*. 1999; 69(2):308-17.
68. Rodríguez PN, Bermúdez EF, Rodríguez GS, Spina MA, Zeni SN, Friedman SM, et al. Composición corporal en niños preescolares: comparación entre métodos antropométricos simples, bioimpedancia y absorciometría de doble haz de rayos X. *Arch Argent Pediatr*. 2008; 106(2):102-109.
69. Blüher S, Molz E, Wiegand S, Otto KP, Sergeev E, Tuschy S, et al. Body mass index, waist circumference, and waist-to-height ratio as predictors of cardiometabolic risk in childhood obesity depending on pubertal development. *J Clin Endocrinol Metab*. 2013; 98:3384–3393.
70. Okorodudu DO, Jumean MF, Montori VM, Romero-Corral A, Somers VK, Erwin PJ, et al. Diagnostic performance of body mass index to identify obesity as defined by body adiposity: A systematic review and meta-analysis. *Int J Obes*. 2010; 34:791–99.
71. Addo OY, Pereira MA, Himes JH. Comparability of skinfold thickness to DXA whole-body total fat in their associations with serum triglycerides in youths. *Eur J Clin Nutr*. 2012; 66:989–993.
72. Alvero-Cruz JR, Álvarez Carnero E, Fernandez-Garcia JC, Barrera Expósito J, Carrillo de Albornoz Gil M, B. Sardinha L. Validez de los índices de masa corporal y de masa grasa como indicadores de sobrepeso en adolescents españoles. *Med Clin*. 2010; 135(1):8-14.
73. Wohlfahrt-Veje C, Tinggaard J, Winther K, Mouritsen A, Hagen CP, Mieritz MG, et al. Body fat throughout childhood in 2647 healthy Danish children: Agreement of BMI, waist circumference, skinfolds with dual X-ray absorptiometry. *Eur J Clin Nutr*. 2014; 68(6):664-70.
74. Bosity-Westphal A, Danielzik S, Dorhofer RP, Piccoli A, Muller MJ. Patterns of bioelectrical impedance vector distribution by body mass index and age: implications for body-composition analysis. *Am J Clin Nutr*. 2005; 82:60-8.
75. Piccoli A, Brunani A, Savia G, Pillon L, Favaro E, Berselli M, et al. Discriminating between body fat and fluid changes in the obese adult using bioimpedance vector analysis. *Int J Obes Relat Metab Disord*. 1998; 22:97-104.
76. Piccoli A, Pillon L, Dumler F. Impedance vector distribution by sex, race, body mass index, and age in the United States: standard reference intervals as bivariate Z scores. *Nutrition*. 2002; 18:153-67.
77. Guida B, Pietrobelli A, Trio R, Laccetti R, Falconi C, Perrino NR, et al. Body mass index and bioelectrical vector distribution in 8-year old children. *Nutr Metab Cardiovasc Dis*. 2008; 18:133-41.
78. Ferreira Nicoletti C, Camelo JS, dos Santos JE, Marchini JS, Salgado W, Barbosa Nonino C. Bioelectrical impedance vector analysis in obese women before and after bariatric surgery: Changes in body composition. *Nutrition*. 2014; 30:569–574.

79. Barufaldi LA, Conde WL, Schuch I, Duncan BB, Castro TG. Bioelectrical impedance values among indigenous children and adolescents in Rio Grande do Sul, Brazil. *Rev Panam Salud Publica*. 2011; 30:39-45.
80. Norman K, Smoliner C, Kilbert A, Valentini L, Lochs H, Pirlich M. Disease-related malnutrition but not underweight by BMI is reflected by disturbed electric tissue properties in the bioelectrical impedance vector analysis. *Brit J Nutr*. 2008; 100:590-595.
81. Buffa R, Saragat B, Succa V, Ruggiu R, Carboni L, Putzu PF, et al. Elderly subjects with type 2 diabetes show altered tissue electrical properties. *Nutrition*. 2013; 29:132-137.
82. Buffa R, Saragat B, Cabras S, Rinaldi AC, Marini E. Accuracy of specific BIVA for the assessment of body composition in the United States population. *PLoS One* 2013; 8:e58533.
83. Resende CM, Camelo Junior JS, Vieira MN, Ferriolli E, Pfrimer K, Perdona GS, et al. Body composition measures of obese adolescents by the deuterium oxide dilution method and by bioelectrical impedance. *Braz J Med Biol Res*. 2011; 44:1164-70.
84. Marini E, Sergi G, Succa V, Saragat B, Sarti S, Coin A, et al. Efficacy of specific bioelectrical impedance vector analysis (BIVA) for assessing body composition in the elderly. *J Nutr Health Aging*. 2013; 17:515-521.