

UNIVERSIDAD MIGUEL HERNÁNDEZ
FACULTAD DE MEDICINA
TRABAJO FIN DE GRADO EN MEDICINA



**VALIDEZ DEL SISTEMA DE ULTRASONIDO BODYMETRIX EN LA MEDICIÓN
DE GRASA CORPORAL EN EDAD PEDIÁTRICA**

Autora: Yaiza Llopis Mas

Tutor: Dr. Francisco José Sánchez Ferrer

Departamento y Área: Departamento de Pediatría – Hospital de San Juan de Alicante **Curso académico 2022/2023** – Convocatoria del 17 de mayo de 2023

ÍNDICE

1. RESUMEN	1
2. ABSTRACT	2
3. INTRODUCCIÓN	4
4. HIPÓTESIS Y OBJETIVOS	9
5. MATERIAL Y MÉTODOS	9
6. RESULTADOS	12
7. DISCUSIÓN	16
8. CONCLUSIONES	20
9. BIBLIOGRAFÍA	21
10. ANEXOS	24
10.1. FOTO DEL EQUIPO	24
10.2. AUTORIZACIONES	24

1. RESUMEN

Introducción: en base a lo publicado hasta el momento sobre sistema de ultrasonido en modo A BodyMetrix™ BX2000 como método de determinación de la grasa corporal se han encontrado resultados válidos en adultos, con una buena correlación con métodos como DEXA, pletismografía o pesaje hidrostático, aunque con una cierta tendencia a la infraestimación y, en algunos estudios, con peores resultados en el sexo femenino. La justificación del presente trabajo es valorar la utilidad del método en la población pediátrica, usando para ello la bioimpedancia como método de referencia y también realizar una comparación con el IMC y el pliegue tricipital, así como valorar la fiabilidad por género.

Material y métodos: se trata de un estudio observacional descriptivo transversal, realizado entre los meses de septiembre a noviembre de 2022 con 29 pacientes pediátricos de entre 8 y 17 años. Las variables recogidas fueron: edad, género, biotipo, estatura, peso, IMC, plicómetro en tríceps, mediciones de bodymetrix en tríceps y pantorrilla y porcentaje de grasa corporal mediante

bodymetrix y mediante bioimpedancia. Se realizó un análisis descriptivo de la muestra en variables cualitativas y cuantitativas. Posteriormente se aplicaron las pruebas de T de Student y de Levene para buscar diferencias por género. Por último, se valoró el coeficiente de correlación entre las variables y su significación con un valor < 0.05 .

Resultados: el cociente de correlación de Pearson demostró una asociación significativa ($p < 0,001$) y muy fuerte (0,856) entre la bioimpedancia y la medición de grasa corporal con bodymetrix. Esta asociación también fue fuerte (0,842) y significativa con el índice de masa corporal, y con bodymetrix en gemelo (0,789) y de menor intensidad, pero también importante, con bodymetrix en tríceps, peso y plicómetro en tríceps.

Conclusiones: bodymetrix parece ser un método fiable frente a bioimpedancia para la medición del porcentaje de grasa corporal total en la edad pediátrica, demostrándose una correlación fuerte y significativa entre ambos sistemas de medición. También se evidencia una gran correlación tanto del sistema bodymetrix como de la bioimpedancia con IMC, pliegue tricípital y peso. No se ha podido establecer la existencia de diferencias por género.

Palabras clave: grasa corporal, ultrasonido, bodymetrix, bioimpedancia, pediatría.

2. ABSTRACT

Introduction: based on what has been published so far on the BodyMetrix™ BX2000 A-mode ultrasound system as a method of determining body fat, valid results have been found in adults, with a good correlation with methods such as DEXA, plethysmography or hydrostatic weighing. Although with a certain tendency towards underestimation and, in some studies, with worse results in the female sex. The justification for this work is to assess the usefulness of the method

in the pediatric population, using bioimpedance as the reference method and also to make a comparison with BMI and tricipital skinfold, as well as to assess reliability by gender.

Material and methods: this is a cross-sectional descriptive observational study, conducted between the months of September and November 2022 with 29 pediatric patients between 8 and 17 years of age. The variables collected were: age, gender, biotype, height, weight, BMI, triceps caliper, bodymetrix measurements in triceps and calf and body fat percentage using bodymetrix and bioimpedance. A descriptive analysis of the sample was carried out in qualitative and quantitative variables. Subsequently, Student's and Levene's T tests were applied to look for differences by gender. Finally, the correlation coefficient between the variables and their significance with a value < 0.05 was assessed.

Results: Pearson's correlation ratio demonstrated a significant ($p < 0.001$) and very strong (0.856) association between bioimpedance and bodymetrix measurement of body fat. This association was also strong (0.842) and significant with body mass index, and with bodymetrix in calf muscles (0.789) and of less intensity, but also important, with bodymetrix in triceps, weight and caliper in triceps.

Conclusions: bodymetrix seems to be a reliable method compared to bioimpedance for measuring the percentage of total body fat in children, demonstrating a strong and significant correlation between both measurement systems. There is also evidence of a great correlation of both the bodymetrix system and bioimpedance with BMI, triceps skinfold, and weight. The existence of gender differences could not be established.

Keywords: body fat, ultrasound, bodymetrix, bioimpedance, pediatrics.

3. INTRODUCCIÓN

Las mediciones de la composición corporal son métodos objetivos de evaluación nutricional que proporcionan información sobre los compartimentos que constituyen el cuerpo humano, siendo de especial interés la medición de las reservas de grasa. Estos métodos son útiles en varios aspectos fisiológicos y situaciones patológicas, como la obesidad, permitiendo diseñar estrategias nutricionales y monitorizar su eficacia a lo largo del tiempo. Su estudio también permite optimizar la nutrición para deportistas y evaluar los cambios acontecidos durante la práctica deportiva (1).

Refiriéndonos al concepto de obesidad, según la OMS es una enfermedad crónica, caracterizada por el incremento de la grasa corporal y asociada a mayor riesgo para la salud (2). Un aumento del porcentaje de grasa corporal se ha relacionado con diversas enfermedades, como la diabetes, las enfermedades cardiovasculares, diversos tipos de cáncer, osteoporosis y osteoartritis (3).

El concepto específico de obesidad infantil hace referencia a la acumulación excesiva de tejido adiposo que determina afectación física y/o psicológica del niño, con un aumento de riesgo, tanto presente como futuro, de padecer patologías asociadas, así como de mortalidad precoz (4).

Respecto a su epidemiología se aprecia que, tras una tendencia ascendente en los países occidentales en los 30 años previos, en los últimos 10 años se ha producido una estabilización de la prevalencia tanto de obesidad como de sobrepeso infantil. En España la información más reciente es la de la Encuesta Nacional de Salud de 2017, que muestra una prevalencia de obesidad de un 16,42% y de sobrepeso de un 9,33% en niños de 2 a 17 años, y 16,30% de obesidad y un 9,13% en niñas de edad similar. Estas cifras son muy parecidas a las de las Encuestas de los años 2006 y 2012, lo que confirma la tendencia a la estabilización en la última década (4).

La cuantificación del contenido graso corporal del niño, necesaria para la definición de obesidad, puede ser realizada por diferentes medios. Estos métodos de análisis de la composición corporal se pueden dividir en tres grupos: **directos, indirectos y doblemente indirectos**.

La única forma de hacer una medición directa es mediante la disección de cadáveres. Los métodos **indirectos** determinan un parámetro y de ahí deducen el resto. Se pueden distinguir los métodos basados en densidades (hidrodensitometría o pesaje hidrostático), los físico-químicos (la pletismografía por desplazamiento de aire o ADP, el método de dilución de isótopos o hidrometría) y los de imagen (ultrasonidos, tomografía computarizada (TC), tomografía computarizada de composición corporal (CTBC), resonancia magnética nuclear y absorciometría con rayos X de doble energía (DXA o DEXA)). Respecto a los métodos **doblemente indirectos**, se obtienen desde un método indirecto, al aplicar ecuaciones derivadas de él. Entre ellos destacan la antropometría (índice de masa corporal, pliegues cutáneos, circunferencia de cintura) y la impedancia bioeléctrica (5,6).

De los métodos citados se considera **DEXA** el gold standard para la medición de la composición corporal, pero debido a las características del equipo (coste económico, su no portabilidad, suponer una mínima irradiación, la necesidad de formación técnica del operador y, por todo ello, un más difícil uso ambulatorio, en especial si se desean mediciones de seguimiento repetidas) se recurre con más frecuencia a la **bioimpedancia**, por su menor coste, mayor portabilidad, facilidad de manejo sin entrenamiento previo, ausencia de irradiación y facilidad para mediciones ambulatorias de seguimiento repetidas (7). No obstante, el método más comúnmente usado en la práctica clínica habitual, por sólo precisar báscula y tallímetro para su determinación, es el **índice de masa corporal**, a pesar de sus limitaciones en precisión frente a los métodos anteriores (4).

En el presente trabajo nos vamos a centrar en especial en la valoración del contenido graso por **ultrasonido**. Con este sistema se pueden usar 2 técnicas para la medición de grasa. El **modo A**

(modo de amplitud) usa un único haz de ultrasonido, en un solo plano, para determinar la reflexión acústica e impedancia de diferentes tejidos. De esta forma se evidencia el cambio de un tejido a otro como ondas en forma de pico en un gráfico (con profundidad del tejido en el eje x y amplitud de la señal en el eje y), correspondiendo los límites del tejido a las zonas de transición entre grasa y músculo y entre músculo y hueso.



Figura 1: imagen representativa de la determinación ecográfica de las zonas de transición entre diferentes tipos de tejido. *Imagen extraída del manual del usuario del software BodyView.

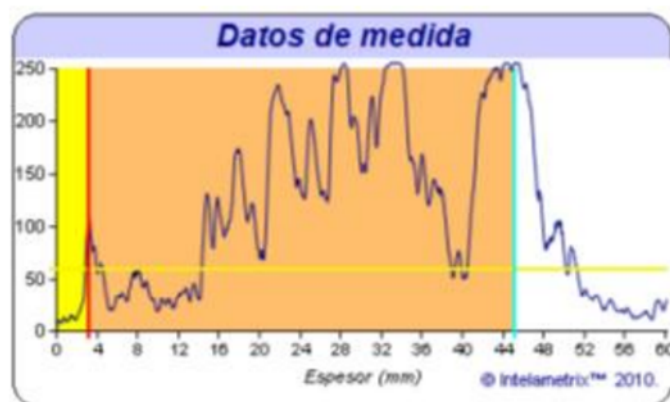


Figura 2: imagen obtenida por Bodymetrix de medición de grasa corporal. *Imagen extraída del manual del usuario del software BodyView.

La otra técnica es el **modo B** (por escala de grises), donde las señales se presentan como una imagen anatómica bidimensional, permitiendo medir así el espesor del tejido graso con calibres electrónicos (1).

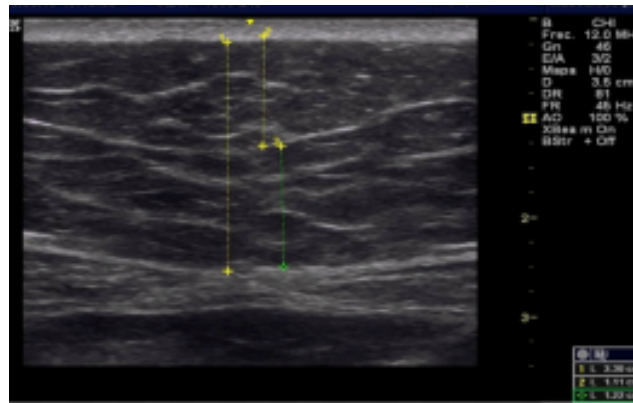


Figura 3: representación por ultrasonido en modo B de grasa subcutánea y preperitoneal en abdomen. **Imagen obtenida de EVAL APPS, 2018 (25).*

En nuestro estudio nos basaremos en sistema de ultrasonido portátil denominado **BodyMetrix™ BX2000**, que usa el modo A.

Al revisar los estudios publicados previamente en adultos sobre la validez del método de ultrasonido bodymetrix en comparativa con otros sistemas de medición de grasa corporal destacan los siguientes resultados:

Comparado con las mediciones con DEXA, se considera una buena correlación en los resultados obtenidos de grasa corporal total, si bien se aprecia una tendencia a la infravaloración por parte del ultrasonido, en cifras para ambos sexos que se mueven entre un 0,6 %, un 3,6% y un 4,2% (8-12). Cuando se compara con la pletismografía por desplazamiento de aire también se obtiene una buena correlación, e igualmente se aprecia que el ultrasonido tiende a infravalorar los resultados, con cifras que oscilan entre un 3,9% en varones, un 4% (en varones y mujeres) y de un 1,5% en varones a un 5% en mujeres (13-15). Al contrastarlo con el pesaje hidrostático, también se estima que el ultrasonido estima la grasa dentro de un rango aceptable (16).

El software de Bodymetrix permite usar diferentes ecuaciones de medición, que usan 1, 2, 3, 4, 7 o 9 puntos de medida. De todas ellas, la ecuación más validada es la de Jackson y Pollock de 7 puntos (8,11,14), seguida de la de Jackson y Pollock de 3 puntos. Esta última se considera más inexacta, en especial en el sexo femenino (2,17).

Respecto a la variabilidad de rendimiento entre diferentes evaluadores, también se considera la ecuación de Jackson y Pollock de 7 puntos como la más confiable, pero la precisión es menor en el sexo femenino para las diferentes ecuaciones de medición (3).

No obstante, todas las conclusiones anteriores se han realizado sobre estudios en población adulta. La justificación de nuestro estudio es valorar la utilidad del método en la población pediátrica, y para ello vamos a usar la bioimpedancia como nuestro método de referencia. Como en general se considera DEXA como el teórico método de referencia, hay que considerar en primer lugar los estudios que lo comparan con bioimpedancia. En este sentido hay estudios previos que ofrecen resultados variables, considerándose que el DEXA tiene una muy baja tasa de error (entre 1 y 2%), comparado con el rango de 5 a 15% de error para la bioimpedancia, subestimando la masa grasa al comparar con DEXA (18).

En un artículo de revisión publicado en 2020 se estudió la concordancia entre diferentes técnicas de composición corporal en niños y adolescente, y se concluyó que la bioimpedancia tenía una baja concordancia con los resultados obtenidos por DEXA y e hidrometría, al subestimar la masa grasa en gran parte de las investigaciones (19).

Otro artículo de revisión analizó la literatura publicada entre 2005 y 2015 sobre bioimpedancia en infancia y adolescencia, comparando con DEXA, pesaje hidrostático e hidrometría, y concluyó una buena reproducibilidad de la bioimpedancia, permitiendo monitorizar los cambios en la composición corporal en el tiempo, y una buena correlación con los sistemas de medición objetivos, aunque la bioimpedancia también tenía tendencia a infraestimar la grasa corporal en ambos sexos (20).

No obstante, estudios recientes han podido comprobar que ese error podría ser mucho menor al usar nuevos dispositivos de bioimpedancia, reduciendo las diferencias entre ambos sistemas. En 2021 se realizó una investigación comparativa de porcentaje de grasa corporal de bioimpedancia frente a DEXA en una población ambulatoria, y en este trabajo se determinó que las mediciones del porcentaje de grasa corporal tenían resultados equiparables entre bioimpedancia y DEXA en todas las categorías de peso (21).

Como conclusión, en lugar de DEXA se puede considerar la bioimpedancia como un método de referencia útil y con buena correlación para validar la grasa corporal en este estudio, aun asumiendo que puede darse una infravaloración respecto a las cifras de DEXA, pero con la ventaja de evitar la exposición a radiación.

4. HIPÓTESIS Y OBJETIVOS

Se plantea la **hipótesis** de que el sistema de ultrasonido en modo A bodymetrix es un método fiable frente a bioimpedancia para la medición del porcentaje de grasa corporal total en la edad pediátrica.

El **objetivo primario** de este estudio es demostrar la correlación entre el sistema de ultrasonido y bioimpedancia en la población pediátrica con edades comprendidas entre los 8 y los 17 años.

Como **objetivos secundarios** se plantean:

- Comparación entre las diferentes técnicas empleadas: antropometría (índice de masa corporal, pliegue tricótipal), bioimpedancia y ultrasonido bodymetrix.
- Confirmar diferente fiabilidad de bodymetrix según sexo.

5. MATERIAL Y MÉTODOS

Se trata de un estudio observacional descriptivo transversal.

En el muestreo se incluyeron pacientes pediátricos con edades comprendidas entre 8 y 17 años que acuden a consulta de endocrinología infantil del Hospital Universitario de San Juan de Alicante por obesidad y pacientes que acuden a consultas externas pediátricas no endocrinológicas por motivos no relacionados con la obesidad. La toma de datos se realizó entre los meses de septiembre a noviembre de 2022.

El peso se registró sin ropa ni calzado con una báscula DC-430 (Tanita®: Middlesex, UK) (error +/- 0,1 kg) y la altura con un estadiómetro 213, (Seca®: Birmingham, UK) (error +/- 0,5 cm). El IMC se calculó a partir de los datos antropométricos y la medición del pliegue tricaptal se realizó con plicómetro modelo GIMA. Como sistema de medición de bioimpedancia se usó el modelo Tanita® (Middlesex, UK) y como sistema de ultrasonido se empleó el BodyMetrix™ BX2000.

Se creó una ficha para cada participante en el software BodyView™, asignándole un número a cada uno, y especificando edad, género, altura, peso y biotipo. A este respecto, los niños delgados y con peso normal (IMC inferior al percentil 90, específico por edad y sexo, de la distribución del IMC referido a los datos y curvas de Hernández y cols. de 1988) fueron considerados "no atléticos", mientras que los niños con sobrepeso (IMC superior al percentil 90) y obesos (IMC superior al percentil 97) fueron designados como "obesos". Posteriormente, se procedieron a realizar las determinaciones ecográficas del grosor de la grasa subcutánea con una sonda de 2,5 MHz, que se conectó por USB a un ordenador portátil con el software BodyView Professional. Las mediciones recomendadas en pediatría por el fabricante se realizaron en tríceps y pantorrilla del lado derecho del cuerpo, mientras el paciente estaba de pie. Estas medidas se llevaron a cabo aplicando gel a la sonda de transmisión y colocándola perpendicularmente al sitio de medición, realizando a continuación un pequeño movimiento de la sonda a través de la piel (2,5 cm), hacia adelante y hacia atrás, durante aproximadamente 3 segundos, aplicando una mínima presión a la cabeza del transductor para no comprimir la piel y no alterar así el espesor de la grasa subcutánea. Cada sitio fue medido entre dos y tres veces, en

base a la concordancia del software entre las diferentes valoraciones, y con la media de estos resultados se obtuvo el espesor final. Una vez realizado el cálculo del espesor del tejido adiposo subcutáneo en cada sitio de medición, el software Body View determinó automáticamente el porcentaje de grasa corporal total (22).

- Criterios de inclusión y exclusión:

Criterios de inclusión: pacientes pediátricos con edades comprendidas entre 8 y 17 años que acuden a consulta de endocrinología infantil del Hospital Universitario de San Juan de Alicante por obesidad y pacientes de edad similar que acuden a consultas externas pediátricas no endocrinológicas por motivos no relacionados con la obesidad.

Criterios de exclusión: pacientes que acuden a las consultas citadas con edad inferior a los 8 años.

- Tamaño de la muestra: 16 pacientes pediátricos pertenecientes a la consulta de endocrinología pediátrica y 13 pacientes pediátricos pertenecientes a consultas externas pediátricas no endocrinológicas. Al tratarse de un estudio piloto no se hizo un cálculo del tamaño muestral.

- Definición de variables

VARIABLES	UNIDADES
Edad	años
Género	masculino o femenino
Biotipo	“obeso o no atleta” ¹
Estatura	cm
Peso	Kg
Índice de masa corporal	kg/m ²
Medición de BodyMetrix en tríceps	cm
Medición de BodyMetrix en pantorrilla	cm
BodyMetrix	% grasa corporal
Plicómetro en tríceps	cm
Bioimpedancia	% grasa corporal

1: “obeso” o “no atleta”, según el IMC sea superior o inferior al percentil 90, respectivamente.

- Análisis estadístico.

Los valores obtenidos son datos absolutos durante un período de tiempo de atención en la consulta. La gestión estadística de los datos se realizó mediante el programa SPSS para Windows V28.0 (SPSS Inc., Chicago, Illinois, EE. UU). Realizamos un primer análisis descriptivo de la muestra en variables cualitativas, describiéndose frecuencias y porcentajes, y las variables cuantitativas se definen en medias y desviaciones estándar. Posteriormente, hicimos un análisis de comparación de medias según género (variable cualitativa) con respecto a las variables cuantitativas mediante la prueba de T de Student para muestras independientes. Según la prueba de Levene para igualdad de varianzas nos fijamos en los valores oportunos para obtener una $P < 0.05$, lo cual mostraría diferencias por género en la muestra obtenida. Por último, realizamos un estudio de correlaciones entre las variables cuantitativas de la muestra, con el objetivo de conocer cuál era el coeficiente de correlación (R) entre las variables y si esta correlación era significativa con un valor menor de 0.05.

- Aspectos éticos.

El estudio se presentó al Comité Ético de Investigación Clínica del Hospital Universitario San Juan de Alicante, y fue aprobado con el código 16/305. También se presentó al COIR, donde se aprobó con el Código de Investigación Responsable TFG.GME.FJSF.YLM.221116.

En el cuaderno de recogida de datos no había ningún dato identificativo del paciente.

6. RESULTADOS

En el estudio se han recogido un total de 29 casos, con una edad media de 11,3 años, y una distribución de edades comprendida entre los 8 y los 15 años. Con respecto al género, se han registrado un total de 10 sujetos de sexo femenino y 19 de sexo masculino.

Del total de casos, y usando como criterio el percentil de IMC para edad y sexo, 16 han sido catalogados como sujetos con obesidad o sobrepeso (definidos como “obesos” en el software

del sistema bodymetrix) y 13 sin obesidad o sobrepeso (definidos como “no atletas” en el software del sistema).

Tabla 1. Descriptivo de la muestra estudiada.

	N	Mínimo	Máximo	Media	Desviación estándar
Estatura	29	131,00	179,00	155,2966	14,21032
Peso	29	25,00	117,50	59,9397	20,98609
IMC	29	13,90	41,60	24,6724	6,98605
BM tríceps	29	3,80	42,80	14,0103	10,28835
BM gemelo	29	3,60	20,60	9,4931	4,47125
% Grasa BM	29	12,20	47,70	28,7310	10,20172
Plicómetro tríceps	29	3,00	57,00	22,0172	11,68904
Bioimpedancia	29	8,40	51,70	28,3614	12,31981
N válido	29				

En la tabla 1 se pueden apreciar el estadístico descriptivo de la muestra del estudio, con los valores mínimos, medios y máximos de los datos recogidos y su desviación estándar.

Podemos observar que el peso de los sujetos estudiados oscila entre un mínimo de 25 y un máximo de 117,5 kilos, así como que el resultado medio de la grasa corporal medida por bodymetrix es de 28,73, mientras que la media por bioimpedancia es de 28,36.

Tabla 2. Descriptivo de la muestra por sexo. Se especifica con “*” aquellas en las hubo una diferencia estadísticamente significativa por género ($p<0.05$).

Género		N	Media	Desviación estándar	Media de error estándar
Estatura	Mujer	10	149,1400	11,11837	3,51594
	Hombre	19	158,5368	14,83810	3,40409
Peso	Mujer	10	64,3650	21,83097	6,90356
	Hombre	19	57,6105	20,74103	4,75832
IMC*	Mujer	10	28,3900	6,04234	1,91076
	Hombre	19	22,7158	6,77825	1,55504
BM tríceps	Mujer	10	18,6700	8,54700	2,70280
	Hombre	19	11,5579	10,47470	2,40306
BM gemelo	Mujer	10	11,3900	5,11326	1,61696
	Hombre	19	8,4947	3,86975	0,88778
% Grasa BM*	Mujer	10	33,9600	8,34495	2,63891
	Hombre	19	25,9789	10,19268	2,33836
Plicómetro tríceps	Mujer	10	23,8000	7,39068	2,33714
	Hombre	19	21,0789	13,51055	3,09953
Bioimpedancia*	Mujer	10	37,3800	9,28054	2,93476
	Hombre	19	23,6147	11,13847	2,55534
Edad	Mujer	10	10,40	1,897	0,600
	Hombre	19	11,74	2,446	0,561
Biotipo	Mujer	10	0,3000	0,48305	0,15275
	Hombre	19	0,5263	0,51299	0,11769

En las variables IMC, porcentaje GrasaBM y bioimpedancia hay una diferencia significativa ($p<0.05$) en la media de resultados según el género, de forma que los resultados son superiores en el sexo femenino, lo que demuestra que en estos apartados las muestras de hombres y mujeres no son comparables.

Tabla 3. Correlaciones.

		Bioimpedancia	% Grasa BM	Estatura	Peso	IMC	BM tríceps	BM gemelo	Plicómetro tríceps
Bioimpedancia	Correlación de Pearson	1	,856**	-0,195	,568**	,842**	,659**	,789**	,569**
	Sig. (bilateral)		0,000	0,311	0,001	0,000	0,000	0,000	0,001
% Grasa BM	Correlación de Pearson	,856**	1	-0,100	,576**	,800**	,879**	,804**	,717**
	Sig. (bilateral)	0,000		0,607	0,001	0,000	0,000	0,000	0,000
Estatura	Correlación de Pearson	-0,195	-0,100	1	,611**	0,111	-0,211	-0,015	-0,168
	Sig. (bilateral)	0,311	0,607		0,000	0,568	0,272	0,939	0,385
Peso	Correlación de Pearson	,568**	,576**	,611**	1	,830**	,372*	,579**	0,344
	Sig. (bilateral)	0,001	0,001	0,000		0,000	0,047	0,001	0,068
IMC	Correlación de Pearson	,842**	,800**	0,111	,830**	1	,631**	,721**	,571**
	Sig. (bilateral)	0,000	0,000	0,568	0,000		0,000	0,000	0,001
BM tríceps	Correlación de Pearson	,659**	,879**	-0,211	,372*	,631**	1	,621**	,817**
	Sig. (bilateral)	0,000	0,000	0,272	0,047	0,000		0,000	0,000
BM gemelo	Correlación de Pearson	,789**	,804**	-0,015	,579**	,721**	,621**	1	,477**
	Sig. (bilateral)	0,000	0,000	0,939	0,001	0,000	0,000		0,009
Plicómetro tríceps	Correlación de Pearson	,569**	,717**	-0,168	0,344	,571**	,817**	,477**	1
	Sig. (bilateral)	0,001	0,000	0,385	0,068	0,001	0,000	0,009	

** La correlación es significativa en el nivel 0,01 (bilateral).

* La correlación es significativa en el nivel 0,05 (bilateral).

La información más importante que nos daría esta última tabla sería que el cociente de correlación de Pearson demuestra una asociación significativa ($p < 0,001$) y muy fuerte (0,856) entre la bioimpedancia y la medición de grasa corporal con bodymetrix. Esta asociación también es fuerte (0,842) y significativa con el índice de masa corporal, y con bodymetrix en gemelo (0,789), y menos fuerte, pero también importante, con bodymetrix en tríceps, peso y plicómetro en tríceps.

7. DISCUSIÓN

Los resultados obtenidos en nuestro estudio apoyan la validez del sistema de ultrasonido bodymetrix para determinar la grasa corporal en la población pediátrica mediante su comparación con la medición por bioimpedancia, que hemos usado como método de referencia.

Se ha obtenido una correlación de Pearson de 0,856 con $p < 0,000$ entre la medición de grasa corporal con bodymetrix frente a la medición con bioimpedancia, lo que supone una fuerte y significativa asociación estadística.

La singularidad del presente estudio consiste en que todo lo publicado hasta el momento relativo a este sistema de medición se ha referido sólo a la población adulta o adolescencia y referido a ecuaciones con más lugares de medición (2,3,10,11,13,14,17) que sólo los 2 puntos propuestos por el fabricante para la infancia. El trabajo presentado apoya, por una parte, la validez de este sistema de ultrasonido en la edad pediátrica y, por otra, que la medición recomendada en sólo 2 puntos es suficientemente fiable, en ausencia de publicaciones previas que demuestren la validez de ambos supuestos.

Respecto a la validez de la bioimpedancia como sistema de referencia, con el manejo de sistemas más modernos, como el empleado en nuestro caso, es posible obtener resultados muy similares a DEXA, considerado como el probable gold standard para medición de grasa corporal, y sobre el que se hacen las comparaciones del ultrasonido en la mayoría de estudios previos en adultos.

También es destacable la presencia de una fuerte y significativa correlación (correlación de Pearson de 0,842 con $p < 0,001$) entre la medición de grasa corporal por bodymetrix y el índice de masa corporal que, aunque no tenga una gran precisión, es el método más usado en la práctica en la infancia, siendo este otro factor favorable a la medición por ultrasonido.

Bodymetrix también presenta una buena correlación (0,717 y $p=0.000$) con la medición de plicómetro en tríceps, si bien esta es una medida más indirecta de la grasa subcutánea, y también se correlaciona, aunque en menor medida (0,576 y $p= 0.001$) con el peso, que lógicamente da una menor información de la grasa corporal real.

Es asimismo relevante la fuerte y significativa correlación del sistema usado como referente, la bioimpedancia, respecto a IMC (0,842, $p= 0.000$), a plicómetro (0,569 y $p= 0.001$) y a peso (0,568 y $p= 0.001$). De entre ellos, cabe destacar la mayor asociación con IMC que con el resto de parámetros antropométricos.

En nuestro estudio, diseñado sobre todo para ver correlaciones y con un escaso tamaño muestral, no se puede demostrar la concordancia de bodymetrix con bioimpedancia, si bien las mediciones obtenidas orientan positivamente al respecto.

Respecto a la diferencia de fiabilidad del sistema bodymetrix según género, previamente comentados en la literatura, donde se aprecia una mayor infraestimación en el sexo femenino al compararlo con pletismografía (-1,5% en varones y -5% en mujeres)(15), así como una menor exactitud de las mediciones (24,17), en nuestro estudio no se pueden deducir conclusiones al respecto, al no ser estadísticamente comparables las medias de resultados por género para las variables bioimpedancia, bodymetrix e IMC.

Al considerar las **ventajas e inconvenientes de la medición con ultrasonido frente a otros métodos**, destacar que las ventajas de este método son la ausencia de radiación ionizante y la sencillez de la técnica, pues con una formación adecuada de los operadores, esta medición es reproducible en personas con o sin sobrepeso. Otras ventajas son la rapidez de realización, la portabilidad del dispositivo, su reducido tamaño, un precio relativamente asequible, y unos resultados precisos en adultos (11,12) y, según nuestro estudio, también válidos en la edad pediátrica. También permite medir a sujetos muy obesos y acceder a localizaciones donde no es posible medir pliegues (1). Como inconvenientes, reseñar que precisa cierta formación técnica

para realizar las determinaciones, aunque el procesamiento posterior del software compensa los posibles errores. También tiende a subestimar discretamente la grasa corporal (8-13, 15).

Del resto de métodos de análisis de la composición corporal reseñados en la introducción se procede a describir a continuación las **ventajas e inconvenientes más relevantes de los empleados en este estudio.**

Tabla 4: Comparativa entre diferentes sistemas de medición de grasa corporal

	BODYMETRIX	BIOIMPEDANCIA	DEXA	PLIEGUE	IMC
PRECIO	++	++/+++	++++	+	+
PORTABILIDAD	+++	+	NO	+++	+++
PRECISIÓN	++	++	+++	+	+
FORMACIÓN	SI	NO	SI	SI	NO
DEPENDENCIA OBSERVADOR	SI	NO	NO	SI	NO
RADIACIÓN	NO	NO	SI	NO	NO

**Elaboración propia*

Índice de masa corporal (IMC): se calcula mediante el cociente entre el peso en kilogramos y el cuadrado de la altura en metros ($IMC = \text{peso [kg]} / (\text{talla [m]}^2)$). En la edad pediátrica se manejan tablas de percentiles de IMC según la edad y el sexo del niño, específicas para cada población. En España, la Guía de Práctica Clínica para la Prevención y Tratamiento de la Obesidad Infanto-juvenil define el sobrepeso y la obesidad en base a los valores de los percentiles 90 y 97 del IMC, respectivamente, específicos por edad y sexo, de las tablas de Hernández y cols. (4). Entre sus ventajas destaca su aceptable fiabilidad, escaso coste y la facilidad de realización. Entre sus inconvenientes reseñar que el método no discrimina entre masa grasa y masa magra, si bien se puede aumentar su validez con la combinación con la medición de la circunferencia de cintura (23). Otro inconveniente es que, aunque se usen percentiles corregidos para edad y sexo, existen también diferencias individuales y por etnia. (3)

Técnica del pliegue cutáneo: consiste en medir la grasa subcutánea en ciertas localizaciones y usar a continuación ecuaciones para determinar el porcentaje de grasa corporal total. Su

principal ventaja es que es un método de fácil realización y de escaso coste. Las posibles fuentes de error son una técnica deficiente al tomar las medidas, el empleo de diferentes tipos tanto de calibradores como de ecuaciones de predicción y su menor fiabilidad personas mayores, con edemas y en presencia de pliegues cutáneos demasiado gruesos (1).

Bioimpedancia: consiste en medir la resistencia al flujo de una corriente eléctrica alterna de 800 μ A a una frecuencia de 50 kHz y de esta forma calcular el porcentaje total de grasa corporal en base a que cada tejido tiene diferentes propiedades eléctricas (1). Las ventajas de este instrumento consisten en que puede ser portátil, no irradia, es rápido, sencillo, apenas precisa colaboración del paciente y que los resultados no dependen del observador, lo que lo hace interesante en grandes estudios, al facilitar mediciones de seguimiento repetidas. También permite mediciones muy reproducibles (2,3). Puede presentar errores con la ovulación y si varía alguno de estos factores: longitud de las extremidades, actividad física, temperatura cutánea, ingesta dietética, estado nutricional y nivel de hidratación (1,3). También se considera una cierta subestimación de la masa grasa en ambos sexos (3, 18-20).

DEXA/DXA (absorciometría con rayos X de doble energía): el método mide la grasa corporal, el músculo y mineral óseo corporal total. Se basa en la medición de la atenuación de rayos X con energías fotónicas de alta y baja energía al paso por un tejido (3). Para algunos autores es la técnica de referencia para medir la grasa corporal (5,7,24). Entre las ventajas de este método cabe destacar la facilidad de realización, su rapidez (aproximadamente 5 minutos), la independencia del observador y su alta precisión y reproductibilidad. Como inconvenientes, resaltar que usa radiación ionizante (aunque muy reducida, < 10 microSieverts), el elevado coste del aparataje, su no portabilidad y que precisa cierta formación técnica. La validez de la medición también se reduce si varía la hidratación y además tiende a cierta subestimación de tejido graso en individuos delgados y sobreestimación en obesos (1,3).

Respecto a las limitaciones del estudio reseñar que no se ha podido valorar diferencias por género, probablemente debido al escaso tamaño muestral y al diferente número de sujetos de cada sexo. Tampoco se ha podido valorar la eficacia del ultrasonido en menores de 8 años de edad, pues el software Body View no permite incluir esa franja de edad. Una última limitación consiste en haber usado como sistema de referencia un sistema doblemente indirecto de medición de la grasa corporal, como es la bioimpedancia, respecto a otros sistemas indirectos de medición usados en estudios previos, como DEXA y pletismografía.

Como fortaleza del estudio resaltar que es el primero realizado con el sistema bodymetrix en población pediátrica.

En base a los resultados obtenidos en este trabajo se pueden considerar nuevos estudios en la infancia con un mayor tamaño muestral y una mayor similitud de casos por género, para poder valorar diferencias según esta variable. También sería de interés abordar nuevos trabajos donde el sistema de referencia para comparar el ultrasonido no sea un sistema doblemente indirecto, como la bioimpedancia, sino indirecto, como DEXA (probable gold standard para medir grasa corporal) o pletismografía, que son en base a los cuales se compara la mayor parte de casuística recogida en adultos. Otros estudios futuros podrían tratar sobre la confiabilidad de las mediciones entre diferentes evaluadores en la población pediátrica.

8. CONCLUSIONES

-Los datos obtenidos en este estudio apoyan la hipótesis de que el sistema de ultrasonido en modo A bodymetrix es un método fiable frente a bioimpedancia para la medición del porcentaje de grasa corporal total en la edad pediátrica.

-Se demuestra una correlación fuerte y significativa entre los sistemas de bioimpedancia y ultrasonido para la medición de grasa corporal en las edades comprendidas entre los 8 y los 17 años.

-Se evidencia una fuerte correlación entre el sistema bodymetrix e IMC, pliegue tricípital y peso, así como entre la bioimpedancia e IMC, pliegue tricípital y peso.

-No se ha podido establecer si existen diferencias por género, ya que nuestra muestra no es comparable entre hombres y mujeres.

9. BIBLIOGRAFÍA

1. Fosbøl MØ, Zerahn B. Contemporary methods of body composition measurement. Clin Physiol Funct Imaging. 2015 Mar;35(2):81-97. doi: 10.1111/cpf.12152. Epub 2014 Apr 15. PMID: 24735332.
2. Obesidad [Internet]. Who.int. [citado el 2 de abril de 2023]. Disponible en: <https://www.who.int/es/health-topics/obesity>
3. Kuriyan R. Body composition techniques. Indian J Med Res. 2018 Nov;148(5):648-658. doi: 10.4103/ijmr.IJMR_1777_18. PMID: 30666990; PMCID: PMC6366261.
4. Obesidades en la infancia [Internet]. Pediatría integral. 2020 [citado el 2 de abril de 2023]. Disponible en: <https://www.pediatriaintegral.es/publicacion-2020-06/obesidades-en-la-infancia/>
5. Sillero M, Curso Q. TEMA 5. COMPOSICIÓN CORPORAL [Internet]. Upm.es. [citado el 2 de abril de 2023]. Disponible en: http://ocw.upm.es/pluginfile.php/419/mod_label/intro/Tema-5.pdf
6. Moreira OC, Alonso-Aubin DA, de Oliveira CEP, Candia-Luján R, de Paz JA. Métodos de evaluación de la composición corporal: una revisión actualizada de descripción, aplicación, ventajas y desventajas [Internet]. Archivosdemedicinadeldeporte.com. [citado el 2 de abril de 2023]. Disponible en: https://archivosdemedicinadeldeporte.com/articulos/upload/rev1_costa_moreira.pdf
7. Valoración del estado nutricional [Internet]. Pediatría integral. 2015 [citado el 13 de abril de 2023]. Disponible en: <https://www.pediatriaintegral.es/publicacion-2015-05/valoracion-del-estado-nutricional/>
8. Boucher JP, Chamberland G, Aubertin-Leheudre M, Jones DH, Rehel R, Comtois AS. Com.br. [citado el 2 de abril de 2023]. Disponible en: <https://bodymetrix.com.br/wp-content/uploads/2022/05/Validao-BodyMetrix-vs-DEXA-Boucher-al-ACSM-2012.pdf>

9. Leandro M, De Souza R, Luis V, Capistrano Junior M, Loureiro LL, Pessanha CR, et al. Com.br. [citado el 13 de abril de 2023]. Disponible en: <https://bodymetrix.com.br/wp-content/uploads/2022/05/Agreement-Of-The-Body-Fat-Percentage-Evaluated-By-Ultrasound-Bioelectrical-Impedance-And-Dxa-In-Brazilian-Adults.pdf>
10. Baranauskas MN, Johnson KE, Juvancic-Heltzel JA, Kappler RM, Richardson L, Jamieson S, Otterstetter R. Seven-site versus three-site method of body composition using BodyMetrix ultrasound compared to dual-energy X-ray absorptiometry. *Clin Physiol Funct Imaging*. 2017 May;37(3):317-321. doi: 10.1111/cpf.12307. Epub 2015 Oct 22. PMID: 26490540.
11. Kang S, Park J-H, Seo M-W, Jung HC, Kim Yi, Lee J-M. Validity of the Portable Ultrasound BodyMetrix™ BX-2000 for Measuring Body Fat Percentage. *Sustainability* 2020;12:8786. <https://doi.org/10.3390/su12218786>.
12. Pineau JC, Bouslah M. Prediction of body fat in male athletes from ultrasound and anthropometric measurements versus DXA. *J Sports Med Phys Fitness*. 2020 Feb;60(2):251-256. doi: 10.23736/S0022-4707.19.09985-7. Epub 2019 Oct 24. PMID: 31663316.
13. R. Stephan Lowry, Dale R. Wagner & Megan Bigler (2021) Evaluation of Body Fat Prediction Equations from a Portable A-Mode Ultrasound Compared to Air Displacement Plethysmography, *Measurement in Physical Education and Exercise Science*, 25:4, 314-321, DOI: 10.1080/1091367X.2021.1895163
14. Smith-Ryan AE, Fultz SN, Melvin MN, Wingfield HL, Woessner MN. Reproducibility and validity of A-mode ultrasound for body composition measurement and classification in overweight and obese men and women. *PLoS One*. 2014 Mar 11;9(3):e91750. doi: 10.1371/journal.pone.0091750. PMID: 24618841; PMCID: PMC3950249.
15. Wagner DR, Cain DL, Clark NW. Validity and Reliability of A-Mode Ultrasound for Body Composition Assessment of NCAA Division I Athletes. *PLoS One*. 2016 Apr 13;11(4):e0153146. doi: 10.1371/journal.pone.0153146. PMID: 27073854; PMCID: PMC4830536.
16. Utter AC, Hager ME. Evaluation of ultrasound in assessing body composition of high school wrestlers. *Med Sci Sports Exerc*. 2008 May;40(5):943-9. doi: 10.1249/MSS.0b013e318163f29e. PMID: 18408602.
17. Loenneke JP, Barnes JT, Wagganer JD, Wilson JM, Lowery RP, Green CE, Pujol TJ. Validity and reliability of an ultrasound system for estimating adipose tissue. *Clin Physiol Funct Imaging*. 2014 Mar;34(2):159-62. doi: 10.1111/cpf.12077. Epub 2013 Jul 24. PMID: 23879395.
18. Achamrah N, Colange G, Delay J, Rimbart A, Folope V, Petit A, Grigioni S, Déchelotte P, Coëffier M. Comparison of body composition assessment by DXA and BIA according to the body mass index: A retrospective study on 3655 measures. *PLoS One*. 2018 Jul

- 12;13(7):e0200465. doi: 10.1371/journal.pone.0200465. PMID: 30001381; PMCID: PMC6042744.
19. Hernández-Ortega A, Osuna-Padilla IA. Concordancia entre técnicas de composición corporal en niños y adolescentes: revisión narrativa de la literatura [Agreement between body composition techniques in children and adolescents: narrative review of the literature]. *Rev Med Inst Mex Seguro Soc.* 2020 Apr 13;58(2):181-196. Spanish. doi: 10.24875/RMIMSS.M20000016. PMID: 34101563.
 20. Chula de Castro JA, Lima TR, Silva DAS. Body composition estimation in children and adolescents by bioelectrical impedance analysis: A systematic review. *J Bodyw Mov Ther.* 2018 Jan;22(1):134-146. doi: 10.1016/j.jbmt.2017.04.010. Epub 2017 Apr 29. PMID: 29332738.
 21. Hurt RT, Ebbert JO, Croghan I, Nanda S, Schroeder DR, Teigen LM, Velapati SR, Mundi MS. The Comparison of Segmental Multifrequency Bioelectrical Impedance Analysis and Dual-Energy X-ray Absorptiometry for Estimating Fat Free Mass and Percentage Body Fat in an Ambulatory Population. *JPEN J Parenter Enteral Nutr.* 2021 Aug;45(6):1231-1238. doi: 10.1002/jpen.1994. Epub 2020 Sep 10. PMID: 32794583.
 22. Wagner DR, Cain DL, Clark NW. Validity and Reliability of A-Mode Ultrasound for Body Composition Assessment of NCAA Division I Athletes. *PLoS One.* 2016 Apr 13;11(4):e0153146. doi: 10.1371/journal.pone.0153146. PMID: 27073854; PMCID: PMC4830536.
 23. Khanna D, Peltzer C, Kahar P, Parmar MS. Body Mass Index (BMI): A Screening Tool Analysis. *Cureus.* 2022 Feb 11;14(2):e22119. doi: 10.7759/cureus.22119. PMID: 35308730; PMCID: PMC8920809.
 24. Eley AM, Lowe AK, Cornell AN, Whitehead PN, Conners RT. Comparison of the Three-Site and Seven-Site Measurements in Female Collegiate Athletes Using BodyMetrix™. *Int J Exerc Sci.* 2021 Apr 1;14(4):230-238. PMID: 34055165; PMCID: PMC8136548.
 25. Nuevas tecnologías aplicadas a la Obesidad: reivindicando la ecografía [Internet]. Wordpress.com. 2018 [citado el 25 de abril de 2023]. Disponible en: <https://evalapps.wordpress.com/2018/04/03/nuevas-tecnologias-aplicadas-a-la-obesidad-reivindicando-la-ecografia/>

10. ANEXOS

10.1. FOTO DEL EQUIPO



10.2. AUTORIZACIONES

INFORME DE EVALUACIÓN DE INVESTIGACIÓN RESPONSABLE

Elche, a 14/12/2022

Nombre del tutor/a	Francisco José Sánchez Ferrer
Nombre del alumno/a	Yaiza Llopis Mas
Tipo de actividad	1. Adherido a un proyecto autorizado
Título del 1. TFG (Trabajo Fin de Grado)	VALIDEZ DEL SISTEMA DE ULTRASONIDO BODYMETRIX EN LA MEDICIÓN DE GRASA CORPORAL EN EDAD PEDIÁTRICA
Evaluación Riesgos Laborales	No procede
Evaluación Ética	No procede
Registro provisional	221116161612
Código de Investigación Responsable	TFG.GME.FJSF.YLM.221116
Caducidad	2 años



Se considera que la presente actividad no supone riesgos laborales adicionales a los ya evaluados en el proyecto de investigación al que se adhiere. No obstante, es responsabilidad del tutor/a informar y/o formar al estudiante de los posibles riesgos laborales de la presente actividad.

La necesidad de evaluación ética del trabajo titulado: **VALIDEZ DEL SISTEMA DE ULTRASONIDO BODYMETRIX EN LA MEDICIÓN DE GRASA CORPORAL EN EDAD PEDIÁTRICA** ha sido realizada en base a la información aportada en el formulario online: "TFG/TFM: Solicitud Código de Investigación Responsable (COIR)", habiéndose determinado que no requiere ninguna evaluación adicional. Es importante destacar que si la información aportada en dicho formulario no es correcta este informe no tiene validez.

Por todo lo anterior, **se autoriza** la realización de la presente actividad.

Atentamente,

Alberto Pastor Campos
Secretario del CEII
Vicerrectorado de Investigación
Información adicional:

Domingo L. Orozco Beltrán
Presidente del CEII
Vicerrectorado de Investigación

- En caso de que la presente actividad se desarrolle total o parcialmente en otras instituciones es responsabilidad del investigador principal solicitar cuantas autorizaciones sean pertinentes, de manera que se garantice, al menos, que los responsables de las mismas están informados.
Le recordamos que durante la realización de este trabajo debe cumplir con las exigencias en materia de prevención de riesgos laborales. En concreto: las recogidas en el plan de prevención de la UMH y en las planificaciones preventivas de las unidades en las que se integra la investigación. Igualmente, debe promover la realización de reconocimientos médicos periódicos entre su personal; cumplir con los procedimientos sobre coordinación de actividades empresariales en el caso de que trabaje en el centro de trabajo de otra empresa o que personal de otra empresa se desplace a las instalaciones de la UMH; y atender a las obligaciones formativas del personal en materia de prevención de riesgos laborales. Le indicamos que tiene a su disposición al Servicio de Prevención de la UMH para asesorarle en esta materia.

Página 1 de 2

COMITÉ DE ÉTICA E INTEGRIDAD EN LA INVESTIGACIÓN VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN UNIVERSIDAD MIGUEL HERNÁNDEZ DE ELCHE



Comité ética
DXA[7369].pdf

La información descriptiva básica del presente trabajo será incorporada al repositorio público de Trabajos fin de Grado y Trabajos Fin de Máster autorizados por la Oficina de Investigación Responsable de la Universidad Miguel Hernández. También se puede acceder a través de <https://oir.umh.es/tfg-tfm/>



**COMITÉ ÉTICO DE INVESTIGACIÓN CLÍNICA DEL HOSPITAL UNIVERSITARIO
SAN JUAN DE ALICANTE**

D. DOMINGO OROZCO BELTRÁN, Secretario del Comité Ético de Investigación Clínica del Hospital Universitario San Juan de Alicante,

CERTIFICA

Que este Comité, en su reunión de fecha 26 de Abril de 2016, ha evaluado la propuesta de la investigadora principal, Dra. Mercedes Juste Ruiz del Servicio de Pediatría del Universitario San Juan de Alicante, para que sea realizado el proyecto de investigación titulado **“CONCORDANCIA DEL CONTENIDO DE GRASA CORPORAL MEDIANTE DEXA Y PARÁMETROS ANTROPOMÉTRICOS EN NIÑOS Y ADOLESCENTES”**, Código de Comité: **16/305**.

y que considera que:

- Se cumplen los requisitos necesarios de idoneidad del protocolo en relación con los objetivos del estudio.
- La capacidad del investigador y los medios disponibles son apropiados para llevar a cabo el estudio.
- Son adecuados los procedimientos para obtener el consentimiento informado.
- El tratamiento de la información del estudio se realizará conforme a la legislación vigente de protección y confidencialidad de los datos en relación a los métodos, riesgos y tratamiento de los mismos tal y como se contempla en la Ley Orgánica 15/1999 de Protección de Datos.

y que este Comité da su aprobación a dicho estudio para que sea realizado por la Dra. Mercedes Juste Ruiz del Servicio de Pediatría del Universitario San Juan de Alicante

Lo que firmo en San Juan, a 27 de Abril de 2016

SECRETARIO DEL CEIC



Handwritten signature of Domingo Orozco Beltrán

Fdo.: Domingo Orozco Beltrán