

UNIVERSIDAD COMPLUTENSE DE MADRID

FACULTAD DE CIENCIAS BIOLÓGICAS
Departamento de Zoología y Antropología Física



**APLICACIÓN DE NUEVAS TECNOLOGÍAS AL
ANÁLISIS DE LA COMPOSICIÓN CORPORAL:
CONTRASTE METODOLÓGICO Y UTILIDAD EN
EL DIAGNÓSTICO DE LA CONDICIÓN
NUTRICIONAL.**

MEMORIA PARA OPTAR AL GRADO DE DOCTOR
PRESENTADA POR

María Gloria Santos Beneit

Bajo la dirección de la doctora

María Dolores Marrodán Serrano

Madrid, 2011

ISBN: 978-84-694-5900-3

© María Gloria Santos Beneit, 2011

UNIVERSIDAD COMPLUTENSE DE MADRID
FACULTAD DE BIOLOGÍA
DEPARTAMENTO DE ZOOLOGÍA Y ANTROPOLOGÍA FÍSICA



Tesis Doctoral

**APLICACIÓN DE NUEVAS TECNOLOGÍAS AL ANÁLISIS DE LA
COMPOSICIÓN CORPORAL: CONTRASTE METODOLÓGICO Y
UTILIDAD EN EL DIAGNÓSTICO DE LA CONDICIÓN NUTRICIONAL**

M. Gloria Santos Beneit

2011

Portada: ilustraciones de "Historia de la Composición del Cuerpo Humano" de Juan Valverde de Amusco (Roma, 1556).

UNIVERSIDAD COMPLUTENSE DE MADRID
FACULTAD DE BIOLOGÍA
DEPARTAMENTO DE ZOOLOGÍA Y ANTROPOLOGÍA FÍSICA

**APLICACIÓN DE NUEVAS TECNOLOGÍAS AL ANÁLISIS DE LA
COMPOSICIÓN CORPORAL: CONTRASTE METODOLÓGICO Y
UTILIDAD EN EL DIAGNÓSTICO DE LA CONDICIÓN NUTRICIONAL**

MEMORIA PARA OPTAR AL GRADO DE DOCTOR

Presentada por

MARÍA GLORIA SANTOS BENEIT

Bajo la dirección de la doctora

María Dolores Marrodán Serrano

Departamento de Zoología y Antropología Física
Facultad de Biología
Universidad Complutense de Madrid

Enero 2011

MARÍA DOLORES MARRODÁN SERRANO PROFESORA TITULAR DEL DEPARTAMENTO DE ZOOLOGÍA Y ANTROPOLOGÍA FÍSICA DE LA FACULTAD DE BIOLOGÍA DE LA UNIVERSIDAD COMPLUTENSE DE MADRID,

CERTIFICA QUE:

La Memoria titulada “**APLICACIÓN DE NUEVAS TECNOLOGÍAS AL ANÁLISIS DE LA COMPOSICIÓN CORPORAL: CONTRASTE METODOLÓGICO Y UTILIDAD EN EL DIAGNÓSTICO DE LA CONDICIÓN NUTRICIONAL**” que presenta **María Gloria Santos Beneit** para optar al Título de Doctora en Biología, ha sido realizada en el Departamento de Zoología y Antropología Física de la Facultad de Biología de la Universidad Complutense de Madrid bajo mi dirección. Autorizo su presentación a la Junta de Facultad al considerar que constituye un trabajo de tesis.

Para que así conste, firmo este certificado en Madrid a 25 de enero de 2011.

Dra. María Dolores Marrodán Serrano

En memoria de mi abuelo,

Inocencio Beneit Canales

AGRADECIMIENTOS

A los alumnos que conforman la muestra de esta tesis, que en todos los casos colaboraron con mucha amabilidad.

A todos los profesores del departamento y a Consuelo Prado y María Dolores Cabañas, que me han permitido medir a los alumnos durante sus clases prácticas dándome todas las facilidades posibles. A Susana Vergara, que siempre me ha ayudado para cualquier cosa que estuviera en su mano.

Los analizadores de composición corporal utilizados son del proyecto GCL2005-03752/BOS “Condición nutricional y biodiversidad de las poblaciones humanas” financiado por el Ministerio de Ciencia y Tecnología. He podido disponer de ellos para mi trabajo gracias a M^a Dolores Marrodán, investigadora principal del proyecto y directora de esta tesis.

Para realizar el trabajo de investigación y la tesis ha sido imprescindible el permanente “sí” de Lola cuando se trata de trabajo o estudios, y gracias a ello pude engancharme a esta apasionante disciplina. Gracias por haberme dado la oportunidad de realizar esta tesis y por enseñarme tanto, no sólo de Antropología. A través de Lola he podido conocer a grandes profesionales de España y de Latinoamérica, con los que nunca dejo de aprender, y también he podido ser colaboradora del grupo Epinut. En especial quiero dar las gracias a María Soledad Mesa, a Marisa González y a José Luis Pacheco, que desde el principio han confiado en mi trabajo.

A Consuelo Prado y a Françoise Rovillé-Sausse, que por mediación de Lola y aunque no tuviese beca, hicieron la convención de estancia en el Museo del Hombre de París, que ha sido una gran experiencia en lo personal y en lo académico. Quiero agradecer a Françoise toda la atención que me prestó durante mi estancia allí y que me brindara la oportunidad de trabajar también sobre el terreno.

Durante el doctorado mis compañeros han sido un referente excepcional e indispensable. Sin su ayuda tanto en lo académico como en lo personal, hubiera sido imposible realizar esta tesis. Gracias a todos ellos (Labib, Jorge, Bea, Candela,

Susi, Rocío, Cris, Amaya, Teresa, Vero, Carlos, Pedro...) y mucho ánimo a los que siguen. No puedo dejar de nombrar a Lara, nuestra compañera que aunque ya no está con nosotros ha dejado una huella imborrable. Ha estado en mi cabeza durante todo este tiempo, aprendí mucho de ella no sólo en lo académico, que fue mucho, también de su encantadora personalidad.

Fuera de la universidad, quiero agradecer a mis amigas que siempre me hayan dado ánimos, aunque a veces no supieran muy bien qué era esto a lo que le estaba dedicando tanto tiempo. También a mi abuela, tíos y primos, que en muchas ocasiones me han preguntado por mi doctorado y me han escuchado con tanto cariño.

A mis padres, que me han apoyado en todo momento para realizar la tesis. Siempre me han dado ánimos cuando me he venido abajo durante todo este tiempo. Son un apoyo absolutamente imprescindible y una fuente de confianza inagotable.

A mis hermanos, que siempre me han ayudado en mis estudios, desde el colegio hasta ahora que me aconsejan también en el doctorado, y me animan y me entienden de una manera única. A mi hermano, por emplear tanto tiempo y esfuerzo en generar las imágenes de esta tesis, y por ayudarme con la edición final.

A mis sobrinos, Óscar y Blanca, que sin darse cuenta me han devuelto la energía cada vez que lo necesitaba durante estos años de doctorado, y que son lo mejor que me ha pasado desde que lo comencé.

A Antonio. Sin él no hubiera empezado, continuado, ni terminado esta tesis.

ÍNDICE

ÍNDICE

I. Marco conceptual	15
1.1. Antropometría	25
1.2. Bioimpedancia	29
1.3. Interactancia de infrarrojos	37
II. Hipótesis y Objetivo	41
III. Material y métodos	45
3.1. Muestra	47
3.1.1. Aspectos socioeconómicos y demográficos	47
3.1.2. Hábitos alimentarios	48
3.1.3. Actividad física	49
3.2. Análisis de la composición corporal	52
3.2.1. Antropometría	52
3.2.2. Bioimpedancia	56
3.2.3. Interactancia de infrarrojos	62
3.3. Diagnóstico nutricional	65
3.4. Análisis estadístico	68
IV. Resultados	73
4.1. Caracterización de la muestra	75
4.1.1. Datos socioeconómicos y demográficos	75
4.1.2. Hábitos alimentarios	81
4.1.3. Actividad física	84
4.2. Análisis de la composición corporal	85
4.3. Diagnóstico nutricional	99

V. Discusión	111
5.1. Caracterización de la muestra	113
5.1.1. Aspectos socioeconómicos y demográficos	113
5.1.2. Hábitos alimentarios.....	114
5.1.3. Actividad física	116
5.2. Análisis de la composición corporal.....	118
5.2.1. Bioimpedancia.....	120
5.2.2. Interactancia de infrarrojos	130
5.2.3. Interactancia de infrarrojos y bioimpedancia	135
5.3. Diagnóstico nutricional.....	144
VI. Conclusiones.....	159
VII. Resumen	167
VIII. Conclusions.....	173
IX. Résumé	181
X. Bibliografía	187
XI. Anexos.....	221

MARCO CONCEPTUAL

I. MARCO CONCEPTUAL

Actualmente la malnutrición tanto por defecto como por exceso es uno de los principales problemas de salud pública. Las técnicas de composición corporal son hoy en día una herramienta fundamental para el diagnóstico de la malnutrición y especialmente para la valoración de la obesidad, ya que ésta se define no como un exceso de peso, sino como una acumulación anormal o excesiva de grasa que puede ser perjudicial para la salud (OMS 2010). A nivel mundial, el sobrepeso y la obesidad causan más muertes que la insuficiencia ponderal (OMS 2010). El incremento de riesgo de mortalidad está, en parte, asociado a las complicaciones metabólicas y circulatorias que constituyen el síndrome plurimetabólico propio de la obesidad, de modo que incluso en grados muy ligeros de acumulación adiposa se han descrito aumentos de la morbilidad cardiovascular (SEEDO 2000). En la literatura pueden encontrarse muchos estudios que profundizan en la morbilidad asociada a la obesidad desde los años 80 hasta nuestros días, como diabetes *mellitus* tipo 2, enfermedad coronaria, ciertas formas de cáncer o desórdenes respiratorios al dormir (Aristimuno *et al.* 1984, Smoak *et al.* 1987, Björntorp 1990, Khan y Bowman 1999, Kopelman 2000, Jia y Lubetkin 2010, Bellocco *et al.* 2010). Es una enfermedad crónica multifactorial fruto de la interacción entre genotipo y ambiente. Estudios recientes a gran escala han corroborado que la predisposición genética a la obesidad en muchos casos es debida a efectos combinados de variantes poligénicas, y no sólo a variaciones de un único gen (Hinney *et al.* 2010). Las variaciones comunes asociadas con la obesidad infantil y adulta han sido identificadas en varias regiones de genes, incluyendo entre otros en el gen FTO (Fat Mass Obesity). Se han realizado numerosos estudios sobre los SNPs (Single Nucleotide Polymorphisms) próximos a

este gen, relacionándolos con diferentes indicadores como el índice de masa corporal (IMC), la circunferencia de la cintura y la cadera o pliegues de grasa subcutánea (Kring *et al.* 2008, Thorleifsson *et al.* 2009, Zhang *et al.* 2010). Aunque la genética condiciona en cierto grado la obesidad, los factores culturales relacionados con la alimentación y la actividad física están siendo decisivos en el aumento de su prevalencia en los últimos años a nivel mundial (OMS 2006, SEEDO 2007).

Para la valoración del estado nutricional, el uso del IMC (Quetelet 1869) está muy extendido porque las medidas que intervienen son sencillas de tomar y es fácil de calcular. Sin embargo es poco preciso en determinados casos, en particular para el diagnóstico clínico, ya que no distingue adiposidad de musculatura o tejido esquelético. Este aspecto es importante ya que el desarrollo de cada uno de estos componentes varía con la edad. Por ejemplo, en las personas de edad avanzada, un IMC constante puede enmascarar cambios, a pesar de mantenerse un peso estable, como aumento de adiposidad, disminución de músculo esquelético o pérdida ósea. Lo mismo sucede en sujetos que practican cierta carga de actividad física, en los que el IMC puede estabilizarse o incluso aumentar por efecto del ejercicio, que desarrolla la masa muscular y disminuye la grasa corporal.

En las últimas décadas muchos trabajos han estudiado la validez del IMC para evaluar el estado nutricional en distintas poblaciones contrastándolo con otros métodos, y todos convergen en la necesidad de utilizar el análisis de la composición corporal como instrumento imprescindible para la valoración de la condición nutricional y en particular de la obesidad, tanto en edad infanto-juvenil como durante la vida adulta y la senescencia (Bandini *et al.* 1997, Visser *et al.* 1998, Lohman *et al.* 2000, Heymsfield *et al.* 2000, Marrodán *et al.* 2006, Moreno-Romero *et al.* 2007, Martínez-Hervás *et al.* 2008, Santos *et al.* 2009).

El análisis de la composición corporal consiste en el fraccionamiento de la masa corporal total en sus distintos componentes principales para su estudio. La asociación entre el exceso de grasa corporal y el riesgo cardiovascular ha acelerado en los últimos años el desarrollo de numerosas técnicas, muy especialmente las basadas en el modelo clásico de composición corporal de dos componentes ya que permiten valorar la cantidad de masa grasa de un individuo diferenciándola del resto, la masa libre de grasa (Ellis 2000). El uso de algunas de estas técnicas se está generalizando en la práctica clínica y algunas como el análisis de bioimpedancia (Bioimpedance Analysis: BIA) o la absorciometría dual de rayos X (Dual Energy X-Ray Absorptiometry: DEXA) se están aplicando en estudios poblacionales como son los últimos Nacionales de Salud y Nutrición de Estados Unidos (CDC 2010).

Las técnicas de análisis de la composición corporal son muy variadas y se fundamentan en aspectos muy diferentes, por lo que resulta necesario conocer si los resultados obtenidos por cada una de ellas se pueden comparar. Además es necesario establecer criterios internacionales que permitan diagnosticar la condición nutricional a partir de estimadores de composición corporal obtenidos por los distintos métodos.

El estudio de la composición corporal tiene una larga trayectoria histórica, los primeros conceptos de composición corporal pueden encontrarse en la antigua Grecia alrededor del año 400 a. C. (Schultz 2002). Se creía que los seres humanos estaban hechos de los mismos elementos básicos que constituían el cosmos: fuego, agua, aire y tierra. Los alimentos ingeridos se correspondían con estos elementos y se pensaba que la digestión los convertía en los cuatro jugos corporales o humores, sangre, flema, bilis amarilla y bilis negra. La escuela hipocrática sostenía que la enfermedad era el resultado de un desequilibrio en el cuerpo de los cuatro humores

como consecuencia de factores ambientales, dieta y hábitos de vida, y que estos fluidos en las personas sanas se encontraban en una proporción semejante (García 2008).

La era moderna de la composición corporal puede considerarse que comienza en la última mitad del siglo XIX, con las primeras aproximaciones de los trabajos de Justus von Liebig (1803-1873) o Adolphe Quetelet (1796-1874). En el siglo XX se producen significativos avances a partir de los trabajos de Matiegka (1921) quien describe el primer sistema para llegar a la estima de los componentes del peso corporal a partir de dimensiones antropométricas. A principios de los años 40 la introducción de Behnke del método de la pesada hidrostática proporcionó un método simple y práctico para medir masa grasa y masa libre de grasa (Behnke *et al.* 1942). Con posterioridad las investigaciones de Brozek *et al.* (1963) y otros autores de los años 60 dieron paso a un amplio abanico de posibilidades en el análisis de la composición del organismo humano. Esa década es considerada por muchos autores como el apogeo de la investigación de la composición corporal, ya que además de los modelos antropométricos desarrollados se sentaron las bases teóricas de técnicas aplicadas como la DEXA o la activación de neutrones *in vivo*. En los siguientes años proliferan variados métodos físico-químicos como el fundamentado en la determinación de la creatinina urinaria por su relación con la masa muscular, el deuterio para estimar el volumen de agua corporal, la radiografía para estimar componente óseo, adiposo y muscular, la bioimpedancia relacionada con el componente libre de grasa o la asociación entre ^{40}K y la masa magra. Los avances tecnológicos posibilitan la aplicación y expansión de las nuevas técnicas como la tomografía axial computarizada (TAC), la pletismografía por desplazamiento de aire (PDA) o el análisis de bioimpedancia. En un buen número de manuales y artículos se

pueden encontrar recopilaciones recientes de todas las metodologías mencionadas y sus aplicaciones a distinto tipo de población (Marrodán *et al.* 2003, Pietrobelli y Tato 2005, Mattsson y Thomas 2006, Shen *et al.* 2007).

En los últimos años surge un interés creciente por establecer comparaciones entre métodos, intentando encontrar un procedimiento óptimo que permita realizar estudios epidemiológicos y clínicos en cualquier población. Por consenso, en el pasado se tomaba como método de referencia la hidrodensitometría, pero actualmente se ha sustituido por la tecnología DEXA que se considera como patrón o “gold standard” (Plank 2005).

Por otra parte es conveniente saber que en la elección de uno u otro método de análisis hay que tener presente no sólo su precisión en relación al procedimiento de referencia sino también aspectos relacionados con la transportabilidad, el grado de entrenamiento del personal que ha de medir, si el procedimiento es o no invasivo, el coste del aparato y su mantenimiento, o el tipo de población al que se destina.

La valoración de la composición corporal se puede llevar a cabo partiendo desde diferentes premisas. Según el nivel de fraccionamiento de la masa corporal total se pueden estudiar desde dos hasta cinco componentes. Esta versatilidad permite desarrollar distintos tipos de estudios según el componente que se vaya a analizar, teniendo cada modelo ventajas y limitaciones que es necesario tener en cuenta (Pietrobelli *et al.* 2001).

El modelo más antiguo es el bicompartimental, que divide el cuerpo humano para su estudio en masa grasa y masa libre de grasa a partir de la estimación de la densidad corporal total por hidrodensitometría, tradicionalmente utilizando las ecuaciones de Siri (1961) y de Brozek *et al.* (1963). Los modelos de tres componentes pueden diferenciar dentro de la masa libre de grasa el agua corporal

total, lo que reduce las limitaciones del modelo bicompartimental que considera constante la densidad de la masa libre de grasa. El modelo puede extenderse a cuatro componentes en un nivel molecular, analizando en la masa libre de grasa, además del agua, el contenido mineral del hueso y el componente proteínico, o bien a nivel tisular diferenciando masa grasa, masa ósea, masa muscular y masa residual. Añadiendo a este modelo la masa correspondiente a la piel, también a nivel tisular se puede fraccionar la masa corporal en cinco componentes (Kerr 1988). Los modelos multicompartimentales permiten realizar el estudio a nivel atómico, molecular, celular y tisular o funcional (figura 1).



Figura 1. Esquema de los niveles de estudio de la composición corporal y sus componentes (Adaptado de Wang *et al.* 1992)

También se puede hacer una clasificación de los métodos según la manera en la que se obtiene la medida de los componentes en cuestión, englobándose así en tres tipos: directos, indirectos y doble indirectos.

El método directo está basado en disecciones de cadáveres. En la literatura destacan los trabajos de Clarys, Martin y Drinkwater. En 1984 realizan una publicación conjunta en la que recogen los resultados de las disecciones de 25

cadáveres de 59 a 94 años, 12 de ellos embalsamados. Se les hicieron medidas antropométricas, radiografías de los puntos de toma de pliegues, fotografías y densitometría por inmersión (Clarys *et al.* 1984).

Esta técnica ha servido de referencia para validar muchos de los métodos de análisis de la composición corporal que hoy se utilizan, aunque muy pocos de los métodos nuevos han sido verificados directamente con análisis de cadáveres humanos.

Desde 1940 hasta este estudio de 1984 sólo se habían publicado los resultados de 8 disecciones completas de adultos en el ámbito de la composición corporal y tres de ellos sólo para análisis químico, con lo que sólo había datos de masas tisulares de 5 adultos. En 1999 se realiza una recopilación de todos los estudios de disecciones que se han publicado, y siguen siendo escasos, sólo se tienen datos de un total de 51 adultos (Clarys *et al.* 1999).

Clarys *et al.* (2005) llevan a cabo una investigación para la que son diseccionados 34 cadáveres y se comparan los datos con las medidas de 40 personas del mismo rango de edad. Encuentran resultados muy interesantes para el estudio antropométrico de la composición corporal, por ejemplo que el grosor de los pliegues varía según el sitio en ambos sexos o diferencias significativas en el patrón de distribución de grasa entre sexos.

Los métodos indirectos estiman parámetros a partir de la medida directa de una propiedad física. Pueden ser técnicas de diagnóstico por imagen, como la radiología, la tomografía axial computarizada (TAC) o la densitometría ósea (DEXA). Estos métodos permiten obtener una imagen bidimensional donde se pueden delimitar los tejidos adiposo, muscular y óseo, permitiendo así hacer una valoración

de la proporción de estos componentes, aunque el elevado coste de estos sistemas y la irradiación limitan considerablemente su uso. Además la disponibilidad de los aparatos, normalmente reservados al ámbito clínico, hace que sean difícilmente utilizables en grandes muestras propias de estudios epidemiológicos.

Otro método muy fiable y además no invasivo es la hidrodensitometría, que se basa en el principio de Arquímedes para estimar la densidad corporal a partir de la total inmersión del individuo en un tanque de agua. A causa de lo aparatoso del procedimiento, su uso se ve limitado por el estado físico y la edad del individuo, así como a la disponibilidad de unas instalaciones apropiadas. Una alternativa es la pletismografía por desplazamiento de aire, que analiza el aire desplazado por el volumen corporal del sujeto al ingresar en la cámara pletismográfica. Se puede ampliar su uso a otros grupos de edad, siendo un método válido por ejemplo para el estudio en niños, aunque tampoco es apropiado para el estudio de campo por las dimensiones de la cámara. Como ya se ha dicho, la densitometría se ha considerado durante mucho tiempo como el método de referencia, pero la variabilidad de los componentes de la fracción libre de grasa invalida las asunciones del modelo con lo que resulta ser un método más con error asociado (Lohman y Going 2006).

Dentro de los métodos indirectos, los llamados físico-químicos también son muy utilizados, como la relación entre creatinina y músculo, la activación de neutrones para medir componentes corporales a nivel atómico o la determinación del agua corporal total con el método de dilución de tritio.

Las técnicas doble indirectas se basan en la medición de una propiedad física a partir de la cual puede calcularse un componente mediante una ecuación obtenida estadísticamente o mediante una relación conocida entre el componente y la

propiedad física medida. La antropometría constituye el método doblemente indirecto clásico. La bioimpedancia es una técnica más moderna pero extensamente utilizada en las últimas décadas. El análisis de la composición corporal por interactancia de infrarrojos (Near Infrared Interactance: NIRI) es un procedimiento muy reciente y todavía prácticamente reservado para estudios muy concretos relacionados con el deporte.

1.1. Antropometría

Este procedimiento hace referencia al tamaño y proporciones corporales, y al mismo tiempo permite hacer una valoración de la composición corporal de manera indirecta mediante ecuaciones de predicción de la densidad corporal a partir de la medida de los pliegues de grasa subcutánea. La cuantificación de la masa grasa se basa en dos suposiciones: que el grosor del tejido adiposo subcutáneo refleja una proporción constante de la grasa corporal total y que los puntos elegidos para tomar los pliegues representan un valor medio del grosor del tejido adiposo subcutáneo (Lukaski 1987).

En el trabajo de Durnin y Womersley (1974) se reseñan estudios previos en los que se ha investigado dicha proporción entre grasa corporal total y tejido adiposo subcutáneo, encontrando resultados que oscilan entre el 20 % y el 70% según la edad, el sexo y el estado nutricional, entre otros factores.

El segundo supuesto en el que se basa esta técnica concierne a los puntos del cuerpo donde se toman los pliegues. Se sabe que no todos presentan la misma compresibilidad, por ejemplo, ésta es menor en muslo y pantorrilla, y mayor a nivel bicipital o suprailiaco. El grosor de la piel también varía considerablemente entre los

diferentes puntos de medida (Martin *et al.* 1985). A esto se añade un error intraobservador asociado importante, ya que es necesaria mucha experiencia en la toma de la medida (Fuller *et al.* 1991).

Uno de los primeros trabajos en los que se estudió la relación entre densidad corporal y pliegues es de Durnin y Rahaman (1967), quienes ya en ese momento desarrollan ecuaciones de regresión para jóvenes adultos y adolescentes, y sugieren que la relación entre la densidad corporal y los pliegues es suficientemente uniforme. Hay que tener en cuenta que la proporción de hueso y músculo cambia con la edad, con lo que varía la densidad corporal y por tanto la relación establecida. Así, independientemente de la cantidad de agua, la fracción libre de grasa puede variar, y en consecuencia el componente graso será subestimado o sobreestimado por ciertos métodos (Durnin y Womersley 1974).

El trabajo de Siri (1961) es uno de los primeros en los que se estudia la composición corporal a partir de la densitometría. En este estudio se considera que las densidades de grasa, agua, proteínas y minerales son relativamente constantes comparadas con otros factores biológicos, y que la densidad de la grasa es 0,900 g/cm³ a 37° C. En todo momento se tiene en cuenta que los métodos utilizados siempre parten de una base que no es inmutable, por ejemplo la técnica de la densitometría parte de la premisa de que todos los adultos son idénticos en su composición excepto para las proporciones de tejido adiposo. Precisamente pensando en la variabilidad del ser humano, en este trabajo se remarca la necesidad de establecer un “cuerpo de referencia” con composición estándar sobre el que se desarrollen los métodos de análisis de la composición corporal, como el “Hombre Referencia” de Minnesota de 1952.

En la mayoría de las revisiones de los métodos de análisis de la composición corporal, el método antropométrico con la ecuación de Siri (1961) aparece casi de manera imprescindible al considerarlo una referencia clásica de este campo (Martin y Drinkwater 1991, Wang *et al.* 1995, Valtueña *et al.* 1996, Heyward 2001).

Hay muchas ecuaciones que predicen la densidad y a partir de ella la grasa corporal según el grosor de los pliegues. Se han llevado a cabo multitud de estudios para obtener ecuaciones tanto para población general como para específica. Algunas de las más reconocidas son las de Wilmore y Behnke en chicos y chicas universitarios (1969, 1970), las específicas para sexo y edad de Durnin y Womersley (1974), las de Yuhasz (1974) y de Jackson y Pollock (1978) y Jackson *et al.* (1980) para hombres y mujeres, o las de Boileau *et al.* (1981) en niños de 8 a 11 años.

A la hora de valorar el componente adiposo, no sólo es suficiente conocer la cantidad de grasa, sino la distribución que presenta en el cuerpo humano, muy variable según sexo y edad (Malina *et al.* 1999, Pacheco *et al.* 2004). Además de los pliegues de grasa subcutánea se suelen utilizar medidas antropométricas regionales como las circunferencias de la cintura y la cadera o el diámetro sagital abdominal para establecer un patrón de distribución de grasa (por ejemplo androide, en la región superior del cuerpo o ginoide, en el tren inferior). La grasa localizada en la parte superior del cuerpo puede conllevar un riesgo mayor que la grasa de la parte inferior del cuerpo, ya que los órganos vitales fundamentales se encuentran en esa zona. En estudios epidemiológicos se ha visto que la obesidad abdominal está asociada con riesgo de morbimortalidad en hombres y mujeres (Larsson *et al.* 1984, Folsom *et al.* 1989, Kaye *et al.* 1991, Sellers *et al.* 1992, Prineas *et al.* 1993, Mink *et al.* 1996, Aranceta *et al.* 2003).

También es posible valorar el componente esquelético con otros parámetros antropométricos como los diámetros epicondilares del fémur y del húmero que son un indicador de la “contextura” y permiten eventualmente establecer correcciones en determinadas fórmulas de cálculo de la densidad en función de la mayor o menor robustez esquelética (Frisancho 1990). La contextura describe el tamaño y la robustez del esqueleto, y se puede considerar como la cuantificación de la masa ósea (Himes 1991). Normalmente se estima mediante la medida de los diámetros epicondilares citados o de la amplitud de los hombros (diámetro biacromial), de la cadera (diámetro biiliocristal) o con la anchura del tobillo o la muñeca (Chumlea *et al.* 2002).

A partir de dos medidas antropométricas tan sencillas como el peso y la estatura se calcula el ya nombrado IMC. El índice de masa corporal es una relación entre la masa corporal y la estatura (kg/m^2). Quetelet observó que entre los adultos el peso parecía aumentar en proporción al cuadrado de la estatura y estableció en 1869 el índice de Quetelet, al que Keys *et al.* (1972) nombraron como índice de masa corporal. La Organización Mundial de la Salud (OMS) y la Sociedad Española para el Estudio de la Obesidad (SEEDO) recomiendan su uso en estudios epidemiológicos como indicador del estado nutricional dada su reproductibilidad, facilidad de utilización y capacidad de reflejar la adiposidad en la mayoría de la población (OMS 2000, SEEDO 2007).

Las dos grandes cualidades de la antropometría son la posibilidad de llevar el análisis de la composición corporal fuera del laboratorio gracias a la transportabilidad de los instrumentos necesarios, y la gran cantidad de ecuaciones específicas para edad, sexo, condición física y grupo étnico de la que se dispone actualmente. Además de las ya nombradas destacan las desarrolladas para niños y

adolescentes (Slaughter *et al.* 1988, Deurenberg *et al.* 1990A), para atletas (Faulkner 1968, Carter 1982, Withers *et al.* 1987A, 1987B), para hombres y mujeres con obesidad (Wetlman *et al.* 1987, 1988) o para poblaciones de estudios muy concretos, como las específicas para niños indios en edad preescolar (Shaikh y Mahalanabis 2004).

1.2. Bioimpedancia

La bioimpedancia eléctrica es otra técnica doblemente indirecta que se está incorporando cada vez más en los últimos años tanto en la práctica clínica como en estudios poblacionales.

En 1943 Nyboer desarrolló y aplicó el análisis de bioimpedancia tetrapolar para evaluar la cantidad de agua corporal (Wang *et al.* 1999). Fue el primero que planteó una hipótesis sobre la relación entre la impedancia y la conducción de una corriente eléctrica a través de los tejidos biológicos según la composición de éstos, y estableció la relación para medir el agua corporal total. Los primeros estudios de resistencia y reactancia se hicieron para diferenciar cantidades de agua corporal total entre personas (Segal *et al.* 1985, Lukaski y Bolonchuk 1987), relacionarlas con características fisiológicas del cuerpo (Rush *et al.* 1963, Kanai *et al.* 1987) o para estudiar la distribución de líquidos corporales en personas con insuficiencia cardíaca o enfermedad renal con hemodiálisis (Spence *et al.* 1979, Subramanyan *et al.* 1980).

El fundamento biológico de la bioimpedancia reside en la distinta resistencia de los tejidos corporales al paso de una corriente eléctrica, en función de la cantidad y distribución de agua y electrolitos en los distintos compartimentos corporales

(Lukaski 1987). La corriente sale de los electrodos emisores y se propaga a través de los tejidos corporales hasta volver a los electrodos receptores situados a pocos centímetros de los anteriores.

La impedancia es la resistencia de un conductor al flujo de una corriente eléctrica alterna. Se determina por la relación vectorial entre la resistencia (R) y la reactancia (X_c) de acuerdo con la siguiente ecuación:

$$BIA (\Omega) = Z = I = \sqrt{R^2 (\Omega) + X_c^2 (\Omega)}$$

La resistencia (R) es la medida de la oposición al flujo de corriente a través de las soluciones electrolíticas intra y extracelulares del cuerpo, dependiendo de la frecuencia, y la reactancia (X_c) viene dada por las propiedades dieléctricas de los tejidos o la acumulación temporal de las cargas en las membranas celulares, que se comportan como condensadores (figura 2). A bajas frecuencias, como las de los aparatos que se utilizan en este estudio, el valor de la resistencia es mucho mayor que el de reactancia, por lo que el cálculo de impedancia se puede aproximar al de resistencia (NIH 1996).

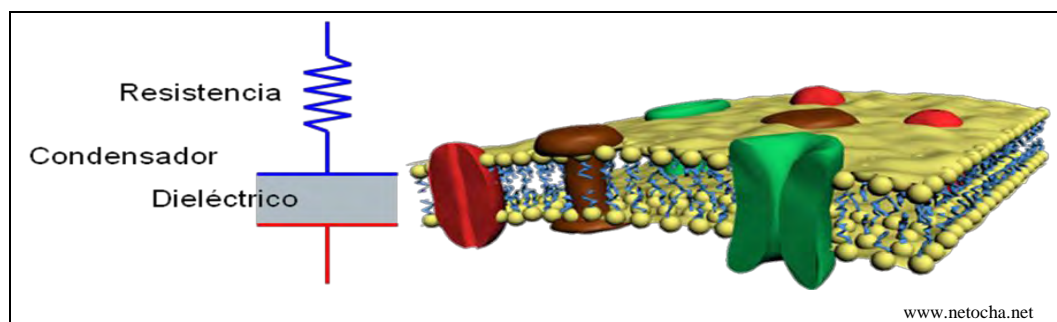


Figura 2. Esquema del comportamiento eléctrico de la membrana celular

Las relaciones geométricas entre la forma de un conductor y su resistencia son importantes para comprender la aplicación de la impedancia bioeléctrica a la valoración de la composición corporal: la resistencia es proporcional a la longitud de un conductor (L) e inversamente proporcional a su área transversal (S). Se asume que las partes del cuerpo que recorre la corriente (brazo, pierna y tronco) son cilíndricas (Ellis 2000). Existe una constante que es la resistividad (ρ) que refleja el grado de dificultad que encuentran los electrones en sus desplazamientos, y es característica de cada material.

$$R = \rho (L/S)$$

Si el volumen del conductor es su longitud multiplicada por su área, desarrollando algebraicamente esto y la ecuación anterior, se puede sustituir la estatura de una persona (H) por la longitud del conductor, resultando una relación entre la estatura y la resistencia (llamado índice de impedancia) proporcional al volumen corporal (Hoffer *et al.* 1969).

$$V = \rho (H^2/R)$$

En la fórmula que relaciona el índice de impedancia y el volumen corporal aparece también la resistividad, que se asume que es constante para todo el cuerpo, pero cada tejido tiene una resistividad característica (Baumgartner *et al.* 1990). Varía no sólo entre tejidos, también entre segmentos corporales y entre individuos,

y es la causante, en parte, de algunas de las diferencias interindividuales y los errores predictivos del BIA (Chumlea *et al.* 1988). La frecuencia utilizada en los aparatos de bioimpedancia de una única frecuencia suele ser de 50 kHz, a esa frecuencia el índice de impedancia (H^2/R) está relacionado de manera directa con el agua corporal total, y a partir de la relación del 73% de agua en la fracción corporal libre de grasa se puede calcular la masa grasa (Moore *et al.* 1963, Kushner y Schoeller 1986, Lohman 1986 y Lukaski 1987). Debido a que esa fracción varía entre personas o grupos, se incorporan otros datos antropométricos para predecir la composición corporal (Guo *et al.* 1987, Sun *et al.* 2003). Otros analizadores utilizan un espectro de frecuencias que puede abarcar desde 1 hasta 1350 kHz. A frecuencias de 5 kHz o menores la corriente no atraviesa las membranas celulares y sólo fluye por el agua extracelular. Los aparatos monofrecuencia no permiten distinguir la distribución del agua corporal extracelular de la intracelular, aunque la cuantificación del agua corporal total a partir de las medidas de impedancia de frecuencia única es razonablemente exacta (Kushner y Roxe 2002, Sun *et al.* 2003).

El uso de la impedancia regional está en expansión, muchos analizadores miden sólo la impedancia de las piernas, como las básculas de BIA, o de los brazos, como los monitores bipolares. Es más fácil medir en brazos y piernas que en cuerpo entero, y la estructura de la extremidad se apega mejor a las premisas de la teoría de la impedancia y la composición corporal que una medición del cuerpo entero, ya que la forma de brazos y piernas se acerca más al cilindro teórico por donde pasa la corriente. Sin embargo la precisión y exactitud de las estimaciones de la composición corporal total con la impedancia regional en muestras grandes son, en general, menores que las obtenidas con las estimaciones de impedancia de cuerpo entero.

A mediados de los años 80 aparecieron los primeros analizadores comerciales. En la década de los 90 ya había gran cantidad de aparatos y de estudios e informes sobre bioimpedancia. Tras su inclusión en el tercer Estudio Nacional de Salud y Nutrición de Estados Unidos que se llevó a cabo entre 1988 y 1994 (NHANES III) se hizo una conferencia de evaluación tecnológica sobre el análisis de bioimpedancia (estandarización de las mediciones, validez, factores que influyen, uso clínico, limitaciones...)(NIH 1996). Se consideran valores de referencia los desarrollados a partir de los datos del NHANES III publicados por Chumlea *et al.* (2002) a partir de ecuaciones específicas para sexo, edad y componente étnico desarrolladas para esa muestra (de 12 a 90 años), y diferenciando blancos no hispanos, negros no hispanos y mejicanos.

En comparación con la antropometría, las expresiones matemáticas que permiten conocer el porcentaje de grasa a partir del valor de bioimpedancia en ohmios son más limitadas. Sin embargo no siempre se logran buenos resultados aunque se elaboren ecuaciones para poblaciones específicas, y muchos autores defienden la idea de que las limitaciones de la técnica de bioimpedancia pueden ser las asunciones del propio método, como la forma cilíndrica o el modo de propagarse la corriente por el cuerpo humano más que las ecuaciones utilizadas (Roubenoff 1996).

Existen multitud de tipos de aparatos (tetrapolares de electrodos sueltos o integrados en la estructura, bipolares de tren superior y de tren inferior, multifrecuencia y monofrecuencia, etc.) y de muy diferente coste (desde miles de euros hasta básculas digitales a la venta en las grandes superficies por menos de 40 euros que incorporan entre otras medidas la de la grasa corporal). Las lecturas obtenidas varían según los autoanalizadores y van desde la medida de la impedancia

en ohmios hasta la de porcentaje de grasa a partir de fórmulas integradas en el dispositivo.

El análisis de bioimpedancia es una técnica que, además de no ser invasiva, presenta la ventaja de ser sencilla de utilizar, la mayoría de los aparatos son muy fácilmente transportables y existen ya muchos trabajos en poblaciones de distintas características y se han estudiado los efectos de la edad, del género o del componente étnico (Kida *et al.* 1999, Bunc *et al.* 2003, Dittmar 2003, Sun *et al.* 2003). Se han desarrollado muchas ecuaciones específicas; destacan sobre todo las publicadas para población infantil o juvenil, algunas están validadas para población desde los 3 años (Schaefer *et al.* 1994) y varias para niños y niñas desde los 7 años (Cordain *et al.* 1988, Deurenberg *et al.* 1991, de Lorenzo *et al.* 1998). En población juvenil destacan las ecuaciones de Houtkooper *et al.* (1992), muy utilizadas en trabajos de bioimpedancia en adolescentes. También se han desarrollado ecuaciones específicas para personas mayores, la de Deurenberg *et al.* (1990B) es la recomendada por el Grupo Español de Cineantropometría de la Federación Española de Medicina del Deporte (GREC-FEMEDE) en su último documento de consenso (Alvero *et al.* 2009). Entre las más recientes se encuentran las de Kyle *et al.* (2001) para adultos hasta 94 años, las de Going *et al.* (2006) para mujeres incorporando el componente étnico, y las que adapta Bunc para población checa (Bunc 2001 y 2009).

La desventaja principal del método es que la medida se ve influida por multitud de factores, como la disposición de brazos y piernas, la colocación de los electrodos, el nivel de hidratación, si se ha realizado algún esfuerzo físico o si se ha ingerido comida en las horas anteriores (Gleichauf y Roe 1989, Houtkooper *et al.* 1996, Kyle *et al.* 2004, Porta y Alvero 2009).

En muchos trabajos se ha investigado el grado de influencia de cada uno de los factores que pueden modificar la resistencia corporal al paso de la corriente, y a partir de las conclusiones de todos ellos se ha ido estableciendo un protocolo de medida estandarizado. Por ejemplo, si los electrodos emisores están a menos de 4 o 5 cm de los receptores la resistencia aumenta, si se separan 1cm más disminuye la resistencia, y si se vuelven a separar disminuye hasta un 4,1% (Elsen *et al.* 1987, Baumgartner *et al.* 1990). Para el caso de los analizadores tetrapolares, la posición de brazos y piernas también puede modificar la lectura de resistencia. Cuanto más se separan los brazos y piernas del tronco más resistencia se registra (Baumgartner *et al.* 1990), incluso algunos autores como Schell y Gross (1987) obtienen un aumento del 2% de la resistencia (hasta 12 ohmios) al ampliar la separación entre 30 y 90 grados.

La electricidad es conducida por el agua y los electrolitos que están contenidos principalmente en tejidos magros, la ingesta de comida y bebida influye en la concentración de electrolitos y por tanto en la resistencia, así como la deshidratación que produce el ejercicio físico (Khaled *et al.* 1988, Demura *et al.* 2002). Se sabe que después de comer la resistencia aumenta alrededor del 0,6 % para luego comenzar a disminuir hasta las dos horas siguientes (Deurenberg *et al.* 1988, Fogelholm *et al.* 1993). Varios autores han comprobado que pasadas 2 horas desde la última ingesta de comida o bebida la resistencia no se ve afectada (Roche *et al.* 1986, Rising *et al.* 1991).

De la misma manera, la deshidratación derivada de un ejercicio físico fuerte afecta a la concentración de electrolitos y por tanto a la resistencia. Si el ejercicio es moderado y no resulta extenuante no afecta a la medida (Garby *et al.* 1990), pero si

se trata de una actividad física fuerte o de larga duración la medida de la resistencia disminuye (Guzman *et al.* 1987, Khaled *et al.* 1988).

También la temperatura ambiente afecta a la medida porque la temperatura de la piel influye en la conducción de la corriente. Por ejemplo comparando las medidas tomadas en ambientes cálidos (a 35° C) con las obtenidas en un entorno frío (de unos 14° C) se observa una disminución de la resistencia (Eaton *et al.* 1988), aunque se ha demostrado que cuando la temperatura ambiente oscila entre 24° C y 34° C las medidas de bioimpedancia no se ven afectadas (Garby *et al.* 1990).

A la hora de medir a las mujeres, el momento del ciclo menstrual en que se encuentran puede influir también debido a la relación que presenta con la retención de líquidos. No existe un consenso acerca del grado de influencia de este factor. Son muchos los procesos fisiológicos que pueden producir cambios en la composición corporal durante las distintas fases del ciclo. Es posible que haya una ganancia de peso en la etapa premenstrual debida a la retención de líquidos (Janowsky *et al.* 1973, Reeves *et al.* 1971, Dadlani *et al.* 1982), así como cambios en la distribución del agua y electrolitos durante la fase lútea o post-ovulatoria (Janowsky *et al.* 1973, Cohen 1973) o un aumento de la temperatura corporal y de la piel durante los primeros días de la fase post-ovulatoria asociado al efecto termogénico de la progesterona (Passmore y Robson 1976, Stephenson *et al.* 1982, Scarperi y Bleichert 1983). También hay otros factores indirectos que pueden influir en la medida de la impedancia, como los posibles cambios en el patrón alimentario durante las distintas fases del ciclo, en especial la variación de la ingesta de sodio (Morton *et al.* 1953, Smith y Sauders 1969, Dalvit 1982).

Pese a todos los factores que pueden influir en el análisis de impedancia, hoy es uno de los procedimientos más utilizados para valorar la composición corporal. Bajo circunstancias estandarizadas en laboratorio, el error estándar del método de bioimpedancia es comparable con el error estándar de los métodos antropométricos (Deurenberg *et al.* 1989). En algunos trabajos incluso se ha llegado a la conclusión de que la bioimpedancia predice mejor la composición corporal que la antropometría sola (Baumgartner *et al.* 1988, Sun *et al.* 2003).

1.3. Interactancia de infrarrojos

La interactancia de infrarrojos es un método doble indirecto más reciente. Se basa en la cantidad de luz infrarroja que absorbe el cuerpo según sus componentes. Esta técnica la comenzó a desarrollar el Departamento de Agricultura de Estados Unidos (USDA), en un principio para la investigación en la industria de los alimentos (Norris 1983) ya que se puede medir cada componente orgánico usando distintas longitudes de onda (Rosenthal 1991). Más adelante el mismo departamento comenzó a probar la técnica en humanos, dando como resultado el primer estudio de análisis de la composición corporal por infrarrojos, publicado en 1984 por Conway y su equipo de investigación. En este trabajo se concluye que desde 916 nm hasta 1026 nm es el rango del óptimo de longitud de onda para el cuerpo humano y que el máximo de absorción de la grasa es a 930 nm, y del agua es a 970 nm (Conway *et al.* 1984). En 1987 se publica un trabajo en el que se añade también como método de referencia la pesada hidrostática, y los análisis de correlación con cada técnica se realizan combinando los puntos de medida. El valor correspondiente a la medida tomada en el bíceps muestra los mejores resultados de correlación. Los

autores consideran que a nivel bicipital se permite una penetración suficiente de la radiación de infrarrojos como para obtener la mejor medida, y postulan que la composición de la grasa subcutánea a nivel del bíceps está altamente correlacionada con la composición de la grasa corporal total (Conway y Norris 1987).

En 1988 se introduce un nuevo aparato de interactancia de infrarrojos: el FUTREX 5000. Se trata de un espectrofotómetro expresamente fabricado para el análisis de la composición corporal, un aparato fácilmente transportable y muy sencillo de utilizar que irá perfeccionándose con los años y hará que esta técnica se desarrolle considerablemente. El primer trabajo en el que se especifica que el espectrofotómetro utilizado es un FUTREX 5000 es de Davis y Paynter (1989), en el que se compara la nueva técnica con la pesada hidrostática y los pliegues de grasa subcutánea. Han ido apareciendo distintos modelos de FUTREX, aunque el procedimiento es prácticamente el mismo con todos ellos.

El método de la interactancia de infrarrojos para estimar la composición corporal se ha desarrollado mucho en el ámbito del deporte, debido en gran medida a algunas de las ventajas de procedimiento que reúne como la transportabilidad de los aparatos, la rapidez a la hora de tomar la medida y sobre todo que no se ve afectado por el nivel de hidratación o el ejercicio previo que se haya realizado. Su uso se ha extendido particularmente en el campo de la disciplina de lucha deportiva para establecer las categorías de peso. Incluso existen modelos de espectrofotómetros de interactancia de infrarrojos de la marca FUTREX que tienen un modo de uso específicamente calibrado para luchadores.

La expansión de la técnica en el campo de la lucha grecorromana se debe a que en EEUU se puso en marcha un programa para regular el peso mínimo en los equipos de lucha de los institutos de Secundaria en 1998. Esta decisión se tomó a

raíz de varios casos de comportamientos peligrosos para perder peso en temporada de competición que se saldaron con tres muertes entre noviembre y diciembre de 1997. Los tres chicos que murieron tenían 19, 21 y 22 años, y entrenaban para la temporada de competición en lucha restringiendo comida y bebida, y en condiciones extremas de temperatura (CDC 1998). Así, en 1998, la Federación Nacional de las Asociaciones Estatales de Institutos ordenó establecer en todos los estados un programa de peso mínimo en lucha que entró en vigor en 2005 (Hetzler *et al.* 2006).

Se han realizado numerosos estudios en relación a los puntos donde se debe realizar la medida. En los primeros trabajos de interactancia de infrarrojos en personas se tomaron las medidas a nivel bicipital, tricipital, subescapular, suprailiaco y en el muslo. Se compararon los resultados obtenidos con las estimaciones hechas con el espectrofotómetro de infrarrojos y con dilución de deuterio e hidrodensitometría como métodos de referencia. La correlación resultó ser igual de buena con la medida del bíceps que con la media de las medidas en los cinco puntos (Conway *et al.* 1984, Conway y Norris 1987).

En muchos trabajos se ha llegado a la misma conclusión de que medir en varios sitios no mejora la precisión de la medida sólo en el bíceps (Elia *et al.* 1990, McLean y Skinner 1992, Oppliger *et al.* 2000). Heyward *et al.* (1992B) incluyen nueve puntos de medida en su ecuación, y concluyen que la precisión de la medida es igual en nueve puntos que en el bíceps, con lo que también recomiendan medir solamente a nivel bicipital por facilidad.

En otros trabajos en los que se ha comparado la estimación por interactancia de infrarrojos con otros métodos se han obtenido mejores resultados con la medida realizada solamente a nivel del bíceps que midiendo en más sitios. Por ejemplo, comparando con predicciones de grasa corporal derivadas de la hidrodensitometría

se ha encontrado buena significación únicamente para la lectura realizada en el bíceps (Hortobágyi *et al.* 1992A), independientemente del estado nutricional de los individuos medidos (Wilmore *et al.* 1994).

Se han encontrado también los mejores valores de correlación en el bíceps comparando con la estimación por ultrasonidos (Brooke-Wavell *et al.* 1995). En ese trabajo los autores explican esta mayor correlación porque la dermis y el grosor del tejido adiposo a la altura del bíceps son lo suficientemente finos para permitir la penetración de la radiación de infrarrojos.

Como se ha dicho, la gran ventaja de este método es, además de la transportabilidad de los aparatos, que no influyen parámetros como el ejercicio físico o la ingesta de alimentos antes de tomar la medida, ni el nivel de hidratación (Rosenthal 1991). Además se cuenta con muchos estudios en distinto tipo de población, como neonatos (Kasa y Heinonen 1993, Demarini y Donnelly 1994, Fuller *et al.* 2001), niños y adolescentes (Dotson *et al.* 1988, Cassady *et al.* 1993), deportistas de distintas disciplinas (Clark *et al.* 1993, Smith *et al.* 1997, Oppliger *et al.* 2000, Housh *et al.* 2004) y personas con distinto componente étnico (Hicks *et al.* 2000, Sampei *et al.* 2001).

HIPÓTESIS Y OBJETIVO

II. HIPÓTESIS Y OBJETIVO

Hipótesis

Las diversas técnicas analíticas de la composición corporal tienen fundamentos físicos diferentes. Aunque todas ellas estén validadas y estimen los mismos parámetros, pueden diferir en el valor de la medida. Máxime, teniendo en cuenta que dichos métodos se ven afectados por factores fisiológicos, ambientales y de procedimiento. En consecuencia, no todos los dispositivos presentan la misma utilidad para el diagnóstico de la condición nutricional.

Objetivo

El objetivo de esta tesis es analizar la validez de distintos métodos analíticos de composición corporal basados en la bioimpedancia y en la interactancia de infrarrojos, tomando como referencia los valores calculados por antropometría aplicando Durnin y Womersley (1974) y Siri (1961). La finalidad es aportar información útil sobre la aplicabilidad de cada técnica y cada dispositivo en el ámbito clínico, epidemiológico, deportivo y doméstico.

Para ello, partiendo del análisis de una muestra de jóvenes universitarios de ambos sexos, se pretende establecer la correlación y la concordancia existente entre los resultados obtenidos para los estimadores de adiposidad mediante los procedimientos fundamentados en impedancia eléctrica, infrarrojos y antropometría.

Así mismo, se persigue valorar la utilidad de los métodos y aparatos aplicados para establecer clasificaciones del estado nutricional basadas en la adiposidad relativa, calculando para ello el grado de sensibilidad y especificidad diagnóstica que presenta cada una de las técnicas empleadas, tomando como referencia el método antropométrico.

MATERIAL Y MÉTODOS

III. MATERIAL Y MÉTODOS

3.1. Muestra

La muestra se compone de 233 mujeres y 138 varones estudiantes de la Universidad Complutense (UCM) y la Autónoma de Madrid (UAM) con edades comprendidas entre los 18 y los 29 años. Todos pertenecían al alumnado de la licenciatura de Biología y de la diplomatura de Nutrición Humana y Dietética. Los datos se recabaron entre 2007 y 2009. Los alumnos participaron de forma voluntaria, anónima y se les informó detalladamente de la investigación en curso siguiendo el protocolo descrito en la Declaración de Helsinki, incluyendo el consentimiento informado (WMA 2008). Por su condición de estudiantes de carreras vinculadas a las Ciencias de la Salud, la buena predisposición de los sujetos supuso una gran cualidad de la muestra ya que tuvieron en todo momento una actitud frente al cuestionario y a la toma de medidas en particular muy positivas, además de un marcado interés hacia este estudio.

3.1.1. Aspectos socioeconómicos y demográficos

Como se ha indicado en el apartado anterior, todos los individuos de la muestra son estudiantes de las licenciaturas de Biología de la UCM y de la UAM, y de la diplomatura de Nutrición Humana y Dietética de la UCM.

Por medio de un cuestionario (anexo II) se recabó información relativa a distintos aspectos demográficos como fecha y lugar de nacimiento, los lugares de nacimiento de padres y abuelos, número de hermanos y nivel de estudios de los

progenitores, estableciendo tres categorías: estudios primarios, secundarios y universitarios.

3.1.2. Hábitos alimentarios

Para conocer de una manera sencilla y rápida la dieta de la población del estudio se añadió un cuestionario Kidmed (Serra-Majem *et al.* 2004), desarrollado a partir de un trabajo a nivel nacional sobre alimentación, forma física y estado nutricional de niños y adolescentes. El cuestionario consta de 16 preguntas sobre los hábitos alimentarios y la frecuencia de la ingesta de determinados grupos de alimentos. Aunque este sistema lleva poco tiempo utilizándose, son muchos los estudios que usan el índice Kidmed para valorar la calidad de la dieta en niños y adolescentes. Entre los más recientes destacan los trabajos de Mariscal-Arcas *et al.* (2009), Martínez *et al.* (2009), Prado *et al.* (2009) y Kontogianni *et al.* (2010).

Las respuestas afirmativas de las 16 preguntas del cuestionario se puntúan en positivo o en negativo (ver tabla 1). Las preguntas que puntúan negativo son relativas a la ingesta de golosinas, la frecuencia con que se toma comida rápida, saltarse el desayuno o tomar cada día bollería industrial. Según el resultado se puede clasificar la dieta en óptima (cuando el resultado de la suma es mayor o igual a 8), mejorable (si el resultado está entre 4 y 7, ambos incluidos) o mala (si el resultado es menor o igual a 3) tomando como referente de dieta saludable la dieta mediterránea.

El cuestionario que se utilizó en la toma de datos se presenta en el anexo II.

Tomas una fruta o zumo de fruta cada día	+1
Tomas una segunda fruta cada día	+1
Tomas verduras frescas (ensalada) o cocinadas una vez al día	+1
Tomas verduras frescas (ensalada) o cocinadas más de una vez al día	+1
Tomas pescado con regularidad (al menos 2-3 veces a la semana)	+1
Vas una vez o más a la semana a un centro de comida rápida (hamburguesería, ...)	-1
Tomas más de una vez a la semana legumbres (lentejas, garbanzos,...)	+1
Tomas pasta o arroz casi a diario (5 o más veces por semana)	+1
Desayunas cereales o pan	+1
Tomas frutos secos habitualmente (al menos 2-3 veces a la semana)	+1
Empleáis aceite de oliva en casa	+1
A veces, o siempre, te saltas el desayuno	-1
Desayunas un lácteo (leche, yogur, ...)	+1
Desayunas bollería industrial (galletas, magdalenas, ...)	-1
Tomas 2 yogures y/ o un trozo de queso cada día	+1
Tomas varias veces al día dulces o golosinas	-1

Tabla 1. Cuestionario para evaluar la calidad de la dieta (Serra-Majem *et al.* 2004)

3.1.3. Actividad física

La inactividad física es un factor de riesgo importante para la morbilidad y mortalidad en adultos, y está empezando a serlo también en niños y adolescentes (Malina y Little 2008). El papel de una baja forma física como factor de riesgo cardiovascular supera incluso al de otros factores bien establecidos como la obesidad. En importantes estudios longitudinales se ha constatado que el nivel de

condición física que se posee en la vida adulta, así como la presencia de otros factores de riesgo cardiovascular convencionales (hipercolesterolemia, hipertensión y otros), está condicionado por el nivel de forma física que se tiene en la infancia o la adolescencia (Ortega *et al.* 2005).

El nivel de actividad física de la muestra se ha calculado a partir de la adaptación de una tabla que incorpora el sistema de interactancia de infrarrojos utilizado, ya que es necesario proporcionar un dato de nivel de ejercicio de la persona que va a ser medida. La tabla permite valorar la intensidad, frecuencia y duración de la actividad física que cada individuo realiza normalmente. El dispositivo de infrarrojos calcula la variable necesaria para su ecuación mediante un código de tres números correspondiente a los tres parámetros citados. Para determinar el grado de sedentarismo de la muestra se clasificó de esta manera el nivel de ejercicio físico que habitualmente realiza cada persona, basándose en la tabla 2 que se reproduce a continuación.

Frecuencia:

5 - Todos o casi todos los días (6-7 veces a la semana).

4 - De 3 a 5 veces a la semana.

3 - De 1 a 2 veces a la semana.

2 - Pocas veces al mes.

1 - Nunca.

Intensidad:

5 - Actividad fuerte: correr, natación, ciclismo.

4 - Moderadamente fuerte: tenis, squash.

3 - Moderada: ciclismo suave, aerobio suave.

2 - Ligeramente moderada: caminar rápido, voleibol.

1 - Ligera: caminar, golf.

Tiempo:

4 - Más de 30 minutos.

3 - De 20 a 30 minutos.

2 - De 10 a 20 minutos.

1 - Menos de 10 minutos.

Tabla 2. Niveles de frecuencia, duración e intensidad del ejercicio físico habitual (FUTREX 5000)

3.2. Análisis de la composición corporal

El análisis de la composición corporal se llevó a cabo en base a un modelo bicompartimental, y se estimó el componente graso utilizando tres métodos doblemente indirectos: antropometría, bioimpedancia bipolar y tetrapolar e interactancia de infrarrojos.

Las medidas se realizaron en laboratorios y salas acondicionadas a tal efecto en las Facultades de Biología y de Medicina de la UCM y en la Facultad de Ciencias de la UAM. Se tomó nota de todos los datos en una plantilla que se recoge en el anexo I.

3.2.1. Antropometría

La metodología seguida fue la descrita por Weiner y Lourie (1981) para el Programa Internacional de Biología. Todo el material antropométrico empleado es material homologado y lo componen los siguientes instrumentos:

- Báscula: para medir la masa corporal total. Báscula digital Sohenle modelo Volga de 100 g de precisión, y es a su vez uno de los analizadores de bioimpedancia bipolar.

- Antropómetro: para medir la estatura. Antropómetro desmontable marca GPM de 0,1 cm de precisión.

- Cinta antropométrica: para medir perímetros. Flexible, no elástica, metálica, estrecha y de 1 mm precisión.

- Adipómetro: para medir los pliegues de grasa subcutánea. Modelo Holtain de 0,2 mm de precisión. La pinza del adipómetro ejerce una presión constante de 10g/mm².

Medidas directas:

Las medidas tomadas fueron:

-Peso: la persona se sube descalza en la báscula, lo más ligera de ropa posible y sin apoyarse sobre ninguna otra superficie. Es la masa corporal total del individuo en kilogramos.

-Estatura: se toma la medida estando el sujeto descalzo, con las piernas juntas, la espalda recta y la cabeza según el plano de Frankfort (formando una línea imaginaria entre el orificio auricular y el borde inferior de la órbita que es paralela al suelo y perpendicular al eje longitudinal del cuerpo). Es la distancia entre el vértex (punto más elevado del cráneo) y el plano del suelo, en centímetros.

-Perímetros o circunferencias: se miden rodeando el contorno, en este caso cintura y cadera, con la cinta métrica tomando la precaución de que la cinta quede horizontal y que no haga presión sobre el cuerpo. La unidad de medida es el centímetro.

·Perímetro de la cintura: se toma en la zona más estrecha, entre el borde del costal inferior y la cresta ilíaca.

·Perímetro de la cadera: se toma la mayor circunferencia sobre la zona glútea a nivel de los trocánteres mayores.

-Pliegues de grasa subcutánea: la medida de los pliegues se lleva a cabo cogiendo la piel y el tejido subcutáneo adyacente con los dedos pulgar e índice de manera que el tejido muscular subcutáneo quede excluido y que esté lo suficientemente separado del cuerpo como para que la pinza del adipómetro pueda abarcar el pliegue (figura 3). Sin soltar el pliegue se aplica el adipómetro con la otra

mano tomando la medida rápidamente para que la grasa subcutánea no se desplace debido a la presión ejercida por las pinzas. Se han medido los pliegues tricipital, bicipital, subescapular y suprailiaco, que son los pliegues que utiliza la fórmula de Durnin y Womersley (1974) para obtener densidad corporal, todos en el lado izquierdo y estando el sujeto en posición de atención antropométrica. Los pliegues se miden en milímetros.

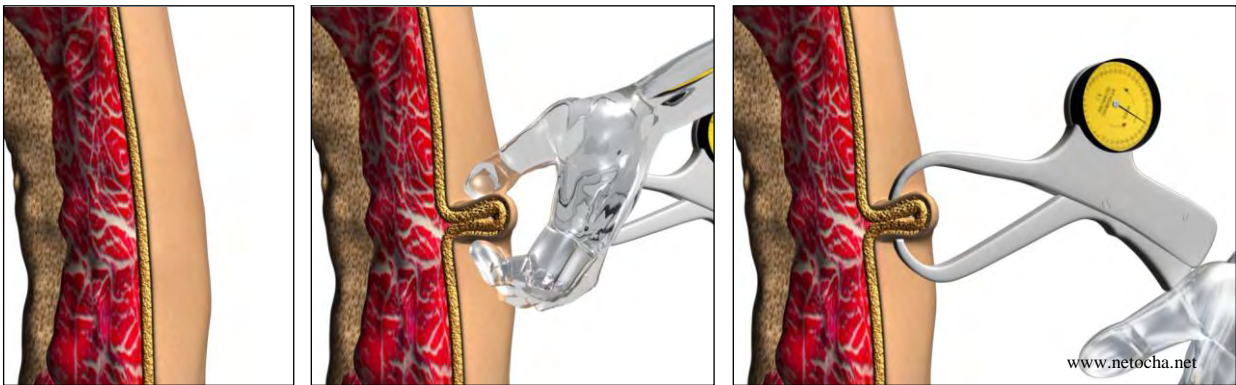


Figura 3. Esquema de la medida de un pliegue de grasa subcutánea

- Pliegue tricipital: se toma en la parte posterior del brazo a nivel mesobraquial, en el punto medio entre el acromion (borde más externo y superior de la apófisis acromial) y el radial (borde superior y lateral de la cabeza del radio). El sujeto ha de tener el brazo extendido y relajado al lado del cuerpo, y el pliegue se toma paralelo al eje longitudinal del brazo.

- Pliegue bicipital: se toma en la parte anterior del brazo a la misma altura que el tricipital (en el punto medio entre el acromion y el radial) e igualmente en la misma dirección que el brazo extendido y relajado.

- Pliegue subescapular: se mide en el borde inferior de la escápula, formando un ángulo de unos 45° hacia abajo.

- Pliegue suprailiaco: se localiza a unos 5 cm de la espina iliaca antero-superior y se toma de forma oblicua, en paralelo a ella.

Parámetros derivados:

Con las medidas antropométricas directas se pueden calcular diversos índices y medidas derivadas que permiten valorar el estado nutricional o el riesgo cardiovascular.

-Densidad corporal:

A partir de los cuatro pliegues (bicipital, tricipital, subescapular y suprailiaco) se ha calculado la densidad corporal mediante las ecuaciones de Durnin y Womersley (1974) específicas para sexo y edad que se detallan a continuación:

Hasta los 19 años:

$$\text{Densidad} = 1,1549 - 0,0678 \times \text{Log} (\Sigma\text{pliegues}) \text{ Mujeres}$$

$$\text{Densidad} = 1,1620 - 0,0630 \times \text{Log} (\Sigma\text{pliegues}) \text{ Varones}$$

Entre los 20 y 29 años:

$$\text{Densidad} = 1,1599 - 0,0717 \times \text{Log} (\Sigma\text{pliegues}) \text{ Mujeres}$$

$$\text{Densidad} = 1,1631 - 0,0632 \times \text{Log} (\Sigma\text{pliegues}) \text{ Varones}$$

-Porcentaje de grasa:

Para calcular el porcentaje de grasa corporal a partir de la densidad obtenida con las expresiones de Durnin y Womersley (1974) se ha utilizado la siguiente ecuación de Siri publicada en 1961:

$$\% \text{ Grasa} = [(4,95 / \text{Densidad}) - 4,5] \times 100$$

A partir de las medidas de porcentaje de grasa se calcularon las correspondientes de masa grasa en función de la masa total.

-Índice de Masa Corporal (IMC):

Establecido por Quetelet en 1869, se calcula dividiendo el peso en kilogramos entre la estatura en metros elevada al cuadrado.

-Índice Cintura-Cadera (ICC):

Es el cociente del perímetro de la cintura y el de la cadera, ambos expresados en centímetros. Propuesto por Seidell y Deereberg en 1994.

3.2.2. Bioimpedancia

En este estudio se comparan varios aparatos de bioimpedancia, uno tetrapolar y dos bipolares regionales, uno de ellos para el tren superior y el otro para el inferior, todos ellos con una única frecuencia (50 kHz).

Todas las medidas de impedancia se han llevado a cabo con los individuos desprovistos de objetos metálicos. Dada la influencia del grado de hidratación, para tomar la medida, se ha pedido a los sujetos vaciar la vejiga antes de las pruebas y se han controlado otros factores influyentes como la ingestión de comida o de bebida antes de la toma de las medidas y la colocación de los electrodos. La temperatura del laboratorio donde se realizaron las medidas para este trabajo no ha subido nunca de 34° C ni ha bajado de 24° C, que constituyen la franja de temperatura en la que las medidas de bioimpedancia no se ven afectadas (Garby *et al.* 1990). Ningún alumno

había realizado actividades físicas fuertes antes de la toma de medida, con lo que la posible deshidratación debida al ejercicio también queda descartada.

El aparato tetrapolar utilizado es de la marca Bodystat modelo 1500, con una frecuencia fija de 50 kHz. Se han utilizado electrodos adhesivos desechables de la misma marca, dispuestos en la mano y pie derechos. La corriente pasa por el tronco entre las dos extremidades (figura 4).



Figura 4. Esquema del paso de la corriente por el cuerpo con el analizador de BIA tetrapolar

Para tomar la medida, el individuo se encuentra en decúbito supino y con las piernas y brazos ligeramente separados. Los adhesivos a los que se conectan los cables receptores se colocan uno en la muñeca a la mitad de la distancia entre la apófisis radial y ulnar, y el otro en el tobillo entre el maléolo medial y lateral, y los que actúan como emisores (de color rojo) se colocan a cuatro centímetros de los receptores hacia el centro de la superficie dorsal de manos y pies (figura 5) (Chumlea *et al.* 1988, Houtkooper *et al.* 1996, Novellón *et al.* 2000, Callejo *et al.*

2003, Kyle *et al.* 2004). Para favorecer la adhesión de los electrodos a la piel se limpia con un algodón y alcohol con el fin de eliminar posibles suciedades.



Figura 5. Esquema de la colocación de los electrodos del aparato de BIA tetrapolar

Antes de tomar la medida se introducen los datos requeridos por el aparato, que son edad, sexo, peso, estatura y actividad física (con los siguientes rangos: Muy Alta, Alta, Media, Baja, Muy baja). Se obtienen varios parámetros, entre los que se encuentran el porcentaje de grasa obtenido por la fórmula integrada del aparato (secreta e impublicable según la casa Bodystat) y la lectura de la impedancia en ohmios.

El dato de la impedancia en ohmios se ha extrapolado a la ecuación de Deurenberg *et al.* (1991) para obtener otro dato de porcentaje de grasa a partir de la masa libre de grasa, que es el parámetro que ofrece la fórmula (para población adulta, de 16 años en adelante).

$$FFM = 0,340 \times 10^4 \times H^2 / R + 15,34 H + 0,273 W - 0,127 A + 4,56 S - 12,44$$

Donde: H (estatura en metros), W (peso en kilogramos), R (impedancia en ohmios), A (edad en años), S (sexo, valor 1 para hombres y 0 para mujeres).

Se ha elegido esta ecuación por ser utilizada obteniendo buenos resultados en estudios con diversos métodos de referencia y en distinto tipo de población (Franssila-Kallunki 1992, Stolarczyk *et al.* 1997, Urrejola *et al.* 2001, Callejo 2007).

Los aparatos bipolares del estudio tienen los electrodos integrados en la estructura.

El aparato bipolar utilizado para el análisis de la composición corporal del tren superior del cuerpo es un monitor OMRON modelo BF-300. Este tipo de monitores son muy utilizados tanto en estudios de carácter epidemiológico como en otros ámbitos muy variados, desde las universidades o escuelas que lo incorporan en prácticas relacionadas con el estado nutricional, hasta en clínicas de adelgazamiento o en gimnasios. Tras introducir los datos del individuo (peso, estatura, edad y sexo) la medida se toma con los individuos sujetando el monitor con ambas manos por los electrodos, con los brazos estirados a la altura del pecho, y de pie sobre una superficie aislada del suelo y con las piernas ligeramente separadas. La corriente pasa por el tren superior del cuerpo (figura 6).



Figura 6. Esquema de la toma de medida con el monitor de BIA

El segundo dispositivo bipolar es una báscula digital SOHENLE modelo Volga. Con esta báscula se incluye en el estudio un dispositivo que está al alcance de cualquier persona ya que se puede adquirir en cualquier establecimiento de distribución general, sin pertenecer necesariamente al ámbito de la salud. Para tomar la medida con la báscula el sujeto descalzo coloca los pies cada uno en un electrodo. La corriente transcurre por el tren inferior del cuerpo (figura 7). Previamente se introdujo también edad, sexo y estatura.



Figura 7. Esquema de la toma de medida con la báscula de BIA

Ambos aparatos bipolares estiman directamente el porcentaje de grasa al permanecer unos segundos el individuo en contacto con los electrodos. La fórmula que utilizan estos dos dispositivos tampoco ha sido publicada.

En el presente trabajo se ha tenido en cuenta el momento del ciclo menstrual dividiéndolo en cuatro fases: pre-ovulación, ovulación, post-ovulación y menstruación según una tabla tipo (figura 8). Cada una de las mujeres de la muestra rellenó en la plantilla las preguntas sobre su ciclo menstrual basándose en la historia de su ciclo menstrual normal (anexo III).

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
MENSTRUACIÓN					PREOVULACIÓN							OVULACIÓN			
	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28			
POSTOVULACIÓN															

Figura 8. Esquema de los días del ciclo menstrual.

3.2.3. Interactancia de infrarrojos

Para el análisis de la composición corporal por el método de la interactancia infrarroja se ha utilizado el espectrofotómetro FUTREX modelo 5500 A/WL. El procedimiento consiste en irradiar los tejidos en la zona bicipital del brazo dominante con luz próxima a los infrarrojos y medir la densidad óptica de la radiación reflejada (figura 9).



Figura 9. Esquema de la toma de medida con interactancia de infrarrojos

Debido a la gran cantidad de estudios que han concluido que la correlación con la grasa total es mayor al medir únicamente en el bíceps, en el presente trabajo se toma la medida en ese único punto.

La lectura con el dispositivo de infrarrojos se lleva a cabo colocando el cilindro que emite el haz de luz perpendicular al brazo dominante relajado a la altura del bíceps, el punto intermedio entre la fosa antecubital y el acromion (figura 10). Se coloca en el extremo del cilindro que toca con la piel un accesorio de material opaco que es necesario sujetar para evitar que pueda entrar luz exterior. De esta manera se consigue que la medida sólo corresponda a la luz emitida por el cilindro y reflejada por el interior del brazo, y no luz exterior o reflejada por la piel (Rosenthal 1991).



Figura 10. Punto del brazo para la toma de la medida con interactancia de infrarrojos

Los diodos del cilindro emisor de infrarrojos emiten alternativamente a 940 y 950 nm. En el centro del tubo hay un detector de silicón que mide la intensidad de la radiación que refleja el brazo y calcula la densidad óptica a esas dos longitudes de onda. Cuando predomina el componente graso la absorción es mayor a 940 nm, mientras que la absorción a 950 nm es indicadora del agua corporal (Thomas *et al.*

1997). Para obtener la lectura correctamente se toman dos medidas, primero a 940 nm y luego a 950 nm, separando el cilindro del brazo entre una y otra (Wilmore *et al.* 1994). Es necesario introducir previamente en el aparato datos como edad, sexo, peso, estatura, contextura (pequeña, mediana o grande) y nivel de actividad para el cálculo estimativo de la cantidad de grasa corporal. Para calcular nivel de actividad física se introducen datos sobre frecuencia, intensidad y duración de la actividad.

La fórmula que utiliza el aparato de infrarrojos sólo aparece publicada en algunos trabajos (Israel *et al.* 1989, Elia *et al.* 1990, Brooke-Wavell *et al.* 1995, Thomas *et al.* 1997) y corresponde a modelos de FUTREX distintos al aquí utilizado. No obstante la diferencia del FUTREX 5500 A/WL con respecto al FUTREX 5000 sólo reside en la opción específica para adolescentes deportistas de la disciplina de lucha, con lo que la fórmula utilizada por defecto, como es el caso de este trabajo, es la misma que la del FUTREX 5000, publicada por Israel *et al.* (1989) y citada a su vez en sucesivos estudios en los que se utiliza la fórmula propia del aparato, como en el trabajo de McLean y Skinner (1992). La ecuación es la siguiente:

$$\%G = 84.1 - 43.6 \times OD_2 - 156.3 \times S + 7.8 \times \text{peso (libras/100)} - 66.2 \times \text{estatura (pulgadas/100)} + 10.8 \times OD_1 - 99.7 \times E$$

Donde S tiene el valor -0.01 para mujeres y +0.01 para varones, y la E es el nivel de ejercicio (bajo = 0, suave = 0.02, moderado = 0.05 y fuerte = 0.08).

3.3. Diagnóstico nutricional

Se han definido el sobrepeso y la obesidad utilizando como criterio el valor del índice de masa corporal. Se han considerado como puntos de corte los valores actualmente vigentes establecidos por la OMS desde 1995 y redefinidos en 2000 y 2004, y por la SEEDO en el año 2000 y revalidados en el Consenso del año 2007 (tablas 3 y 4).

Categoría OMS (2004)	IMC
Insuficiencia Ponderal	<18,5
Normopeso	18,5-24,9
Sobrepeso	25-29,9
Obesidad I	30-34,9
Obesidad II	35-39,9
Obesidad III	≥40

Tabla 3. Clasificación vigente del estado nutricional a partir del IMC según la OMS

Categoría SEEDO (2007)	IMC
Insuficiencia Ponderal	<18,5
Normopeso	18,5-24,9
Sobrepeso I	25-26,9
Sobrepeso II	27-29,9
Obesidad I	30-34,9
Obesidad II	35-39,9
Obesidad III	40-49,9
Obesidad IV	≥50

Tabla 4. Clasificación vigente del estado nutricional a partir del IMC según la SEEDO

Como ya se ha dicho, un IMC alto puede no reflejar necesariamente un exceso de grasa, por eso es muy conveniente valorar el componente adiposo corporal y realizar el diagnóstico nutricional a partir de este parámetro.

En función del porcentaje de grasa corporal, se definen como sujetos obesos aquéllos que presentan porcentajes por encima del 25% en los varones y del 33% en las mujeres, y los valores comprendidos entre el 21 y el 25% en los varones y entre el 31 y el 33% en las mujeres se consideran límites. Los valores normales son del orden del 12 al 20% en varones y del 20 al 30% en las mujeres (tabla 5).

Estos puntos de corte para porcentaje de grasa son una modificación de los publicados por Bray *et al.* (1998) para población general en su Manual de Obesidad. A su vez, estos autores se basan en el artículo de Lohman (1981) sobre la relación entre densidad corporal, pliegues y grasa corporal total por medio de una revisión de la bibliografía previa sobre el tema. El citado autor recopila los valores

resultantes de otros estudios para los distintos depósitos de grasa corporal en hombres y en mujeres (lípidos de la médula, del sistema nervioso central, de las glándulas mamarias, la grasa intermuscular e intramuscular, la perineal y mesentérica del tracto gastrointestinal, entre otros).

Categoría SEEDO 2000	%G Mujeres	%G Hombres
Normopeso	20-30%	12-20%
Límite	31-33%	21-25%
Obesidad	>33%	>25%

Tabla 5. Clasificación del estado nutricional a partir del porcentaje de grasa según la SEEDO (2000).

Tomando como referencia los mencionados valores de Bray *et al.* (1998) se ha realizado una clasificación del estado nutricional de la población estudiada en función del porcentaje de grasa calculado con cada una de las técnicas aplicadas.

El índice cintura-cadera es indicador de la obesidad central. Los valores del índice cintura-cadera a partir de los cuales se observa un aumento del riesgo cardiovascular no están claramente establecidos, pero se han propuesto como valores límite el 1 en los varones y el 0,85 en las mujeres (Bray *et al.* 1998). En varios estudios epidemiológicos de diferentes comunidades autónomas se ha utilizado el valor 0,9 como punto de corte para las mujeres, que es el referido al percentil 90 de la población española (SEEDO 2000). En esta tesis se va a establecer como punto de corte para definir el riesgo cardiovascular 1 en hombres y 0,9 en mujeres.

En el informe de consenso de 2007 la SEEDO establece unos puntos de corte de riesgo relativo de comorbilidades metabólicas asociadas a la obesidad, como diabetes *mellitus* tipo 2 y enfermedades cardiovasculares, combinando IMC y perímetro de la cintura. Se establece 102 y 88 cm como los puntos de corte para perímetro de la cintura en hombres y mujeres respectivamente (tabla 6).

	IMC (kg/m ²)	Riesgo relativo a partir del perímetro de la cintura	
		Hombres ≤ 102 cm Mujeres ≤ 88 cm	Hombres > 102 cm Mujeres > 88 cm
Normopeso	18,5-24,9	Ninguno	Ligeramente aumentado
Sobrepeso	25,0-29,9	Ligeramente aumentado	Aumentado
Obesidad I	30,0-34,9	Aumentado	Alto
Obesidad II	35,0-39,9	Alto	Muy alto
Obesidad III	≥ 40	Muy alto	Muy alto

Tabla 6. Riesgo relativo de presentar comorbilidades mayores que confiere el exceso de peso y la distribución del tejido adiposo según la SEEDO (2007).

3.4. Análisis estadístico

Para el análisis estadístico de los datos obtenidos se calculan los parámetros descriptivos para las variables socioeconómicas, de alimentación y actividad física, y para las de composición corporal (medidas directas y derivadas).

Mediante tablas y gráficas se representan tanto estos resultados descriptivos como las frecuencias obtenidas.

Las variables de composición corporal que se comparan son las medidas de porcentaje de grasa efectuadas por antropometría, por bioimpedancia con los distintos aparatos y por interactancia de infrarrojos. También se incluyen en los análisis de correlación y concordancia el índice de masa corporal, la circunferencia de la cintura y el índice cintura-cadera. Mediante la prueba de Kolmogorov-Smirnov se valora la normalidad de todas ellas.

Para valorar las diferencias entre sexos se comparan las medias de todos los parámetros derivados mediante el test de U-Mann Whitney o la prueba T según la normalidad de las variables.

Las medias de porcentaje de grasa obtenidas con cada método tomando cada sexo por separado se comparan entre sí mediante una prueba de Wilcoxon o con la prueba T para muestras relacionadas en su caso.

A continuación se lleva a cabo un análisis de correlación de Spearman o de Pearson, según la normalidad de las variables, para comparar las estimaciones de adiposidad relativa por infrarrojos y por bioimpedancia con las obtenidas por antropometría y ver el grado de asociación entre los métodos. También se comparan mediante análisis de correlación todas las medidas de porcentaje de grasa con los índices antropométricos (índice de masa corporal, perímetro de la cintura e índice cintura-cadera).

Los análisis de correlación únicamente miden la intensidad de la asociación lineal entre dos variables y no proporcionan información sobre el acuerdo observado en las diferentes mediciones (Prieto *et al.* 1998). Una manera más apropiada de valorar la concordancia es el uso del coeficiente de correlación intraclase (CCI), que se puede definir como la proporción de variabilidad total explicada por la variabilidad entre personas o la proporción de variación inter-

individuos con respecto a la variación total, que no sólo mide la fuerza de la correlación, sino también la tendencia y la variación con respecto a lo esperado con medidas repetidas (Deyo *et al.* 1991, Prieto *et al.* 1998). Como en el caso de cualquier proporción, los valores del CCI pueden oscilar entre 0 y 1: donde el 0 indica ausencia de concordancia y el 1, la concordancia o fiabilidad absoluta de los resultados obtenidos. En general, se ha indicado que valores del CCI por debajo del 0,4 representan baja fiabilidad, que valores entre 0,4 y 0,75 representan una fiabilidad entre regular y buena, y que valores por encima de 0,75 muestran una fiabilidad excelente (Fleiss 1986), aunque otros autores como Jiménez (1994) añaden más categorías de concordancia (tabla 7).

Valor de CCI	Concordancia
1-0,91	Muy buena
0,90-0,71	Buena
0,70-0,51	Moderada
0,50-0,31	Mediocre
0,30-0	Mala

Tabla 7. Concordancia según valor de CCI (Jiménez 1994)

Si el valor del CCI es alto significa que la reproductibilidad de las medidas es alta. Para el caso en el que sólo se comparan dos métodos u observadores como en esta tesis, que se compara cada método con la antropometría, se ha desarrollado una fórmula que permite obtener el CCI de una manera más sencilla que sólo requiere conocer las desviaciones estándar de la medida A y de la medida B, la desviación estándar de la diferencia entre A y B, la media de la diferencia entre A y B y el número total de individuos medidos (Deyo *et al.* 1991).

La fórmula es la siguiente:

$$CCI = (SD^2_A + SD^2_B - SD^2_{AB}) / (SD^2_A + SD^2_B + X^2_{AB} - (SD^2_{AB} / n))$$

Donde SD_A , SD_B y SD_{AB} son las desviaciones típicas de los métodos A, B y de la diferencia entre uno y otro método respectivamente; X_{AB} es la media de las diferencias entre ambos métodos, y n el número de individuos.

También se va a valorar la concordancia de cada método con la antropometría a partir del modelo gráfico de Bland y Altman (1986). Como alternativa al CCI, Bland y Altman propusieron este sencillo método gráfico para evaluar la concordancia de dos métodos de medida, de modo que el resultado es dependiente de la naturaleza del grupo escogido para el estudio. Se representa gráficamente la diferencia de los pares de valores observados frente a su valor medio y se definen unos «límites de acuerdo» combinando la media (X) y la desviación estándar (SD) de las diferencias como $X \pm 2 SD$. Este tipo de gráfico permite una identificación de las diferencias extremas, así como una valoración de la tendencia (Prieto *et al.* 1998). En muchos trabajos de este tipo donde la correlación entre métodos era buena, se obtienen gráficos con mucha dispersión, o se pueden observar tendencias claras de sobreestimación o subestimación (Maughan 1993, Urrejola *et al.* 2001).

En los gráficos de Bland y Altman se han añadido las líneas de referencia equivalentes a la media y los límites de acuerdo ($X \pm 2 SD$) y la recta con la ecuación de regresión lineal que relaciona la diferencia con la media de los métodos.

Por medio de tablas de contingencia se han comparado las distintas clasificaciones del estado nutricional de los individuos en función de la metodología empleada.

El procesamiento estadístico de los datos se ha realizado utilizando los programas informáticos SPSS 15.0 para Windows y Microsoft Office Excel 2007.

RESULTADOS

IV. RESULTADOS

A continuación se detallan los resultados obtenidos tras el análisis estadístico de los datos, tanto de caracterización de la muestra como de composición corporal, y para el sexo masculino y el femenino por separado.

4.1. Caracterización de la muestra

En la primera tabla se muestran la media, desviación estándar y valores máximos y mínimos para la edad en ambos sexos (tabla 8). La media de edad tanto en varones como en mujeres es de 21 años.

Variables	Edad (años)			
	N	Media	SD	Mín.-Máx.
Varones	138	21,71	2,27	18-29
Mujeres	233	21,88	2,25	18-29

Tabla 8. Edad de la muestra

4.1.1. Datos socioeconómicos y demográficos

En el siguiente gráfico se recoge mediante porcentajes la procedencia de los alumnos medidos. Como se puede observar la gran mayoría han nacido en la Comunidad de Madrid, y los otros orígenes que destacan son Castilla-La Mancha y Castilla y León (figura 11).

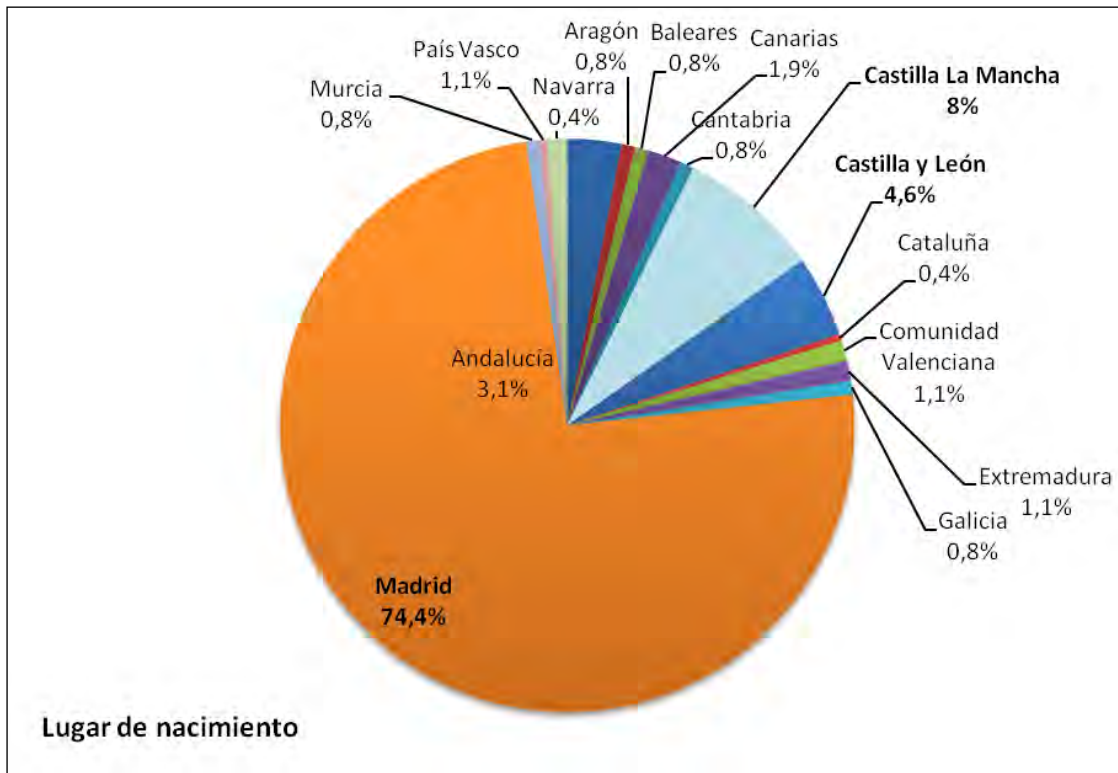


Figura 11. Lugar de nacimiento de la muestra (n=262)

La gráfica cambia cuando se recogen los lugares de procedencia de los padres, aunque siguen predominando Madrid, Castilla y León y Castilla-La Mancha (figuras 12 y 13).

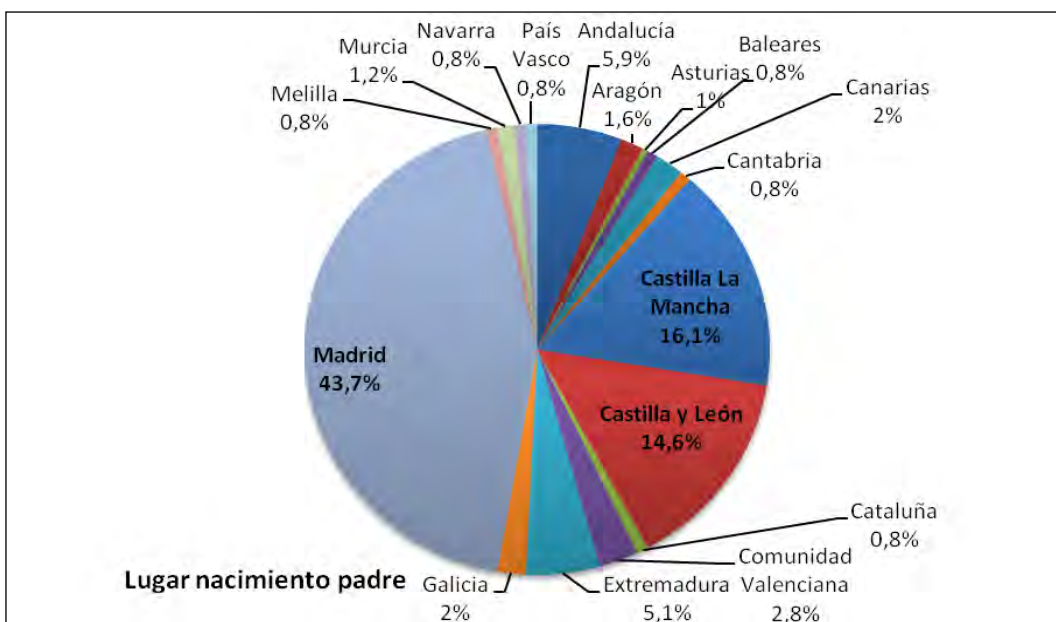


Figura 12. Lugar de nacimiento del padre (n=254)

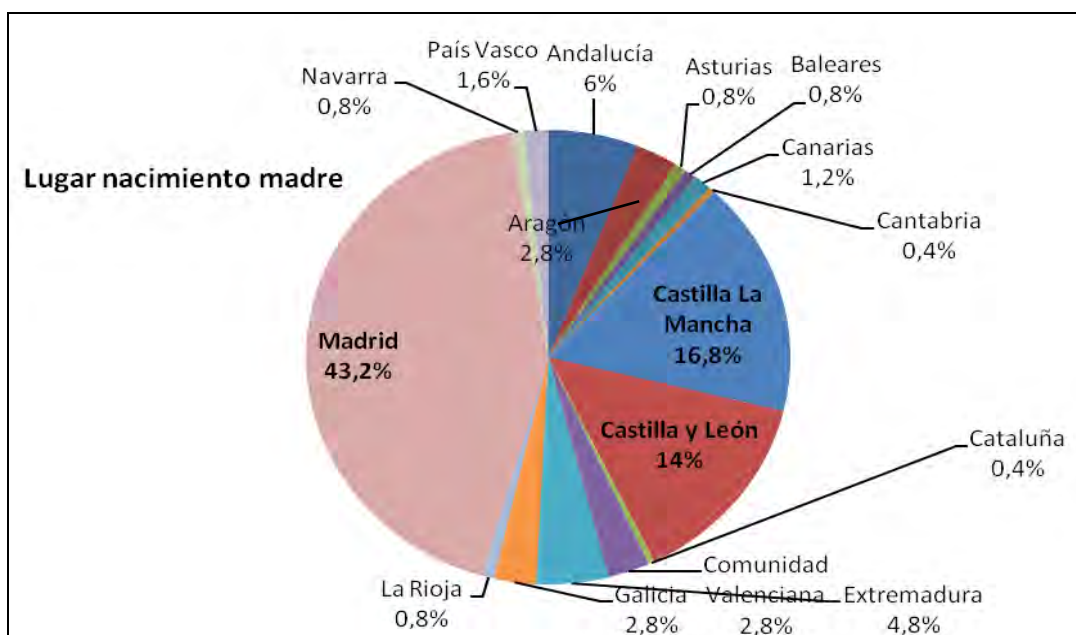


Figura 13. Lugar de nacimiento de la madre (n=250)

En las gráficas correspondientes a los lugares de nacimiento de los abuelos paternos destaca también Andalucía junto con las autonomías que anteriormente predominaban (figuras 14 y 15).

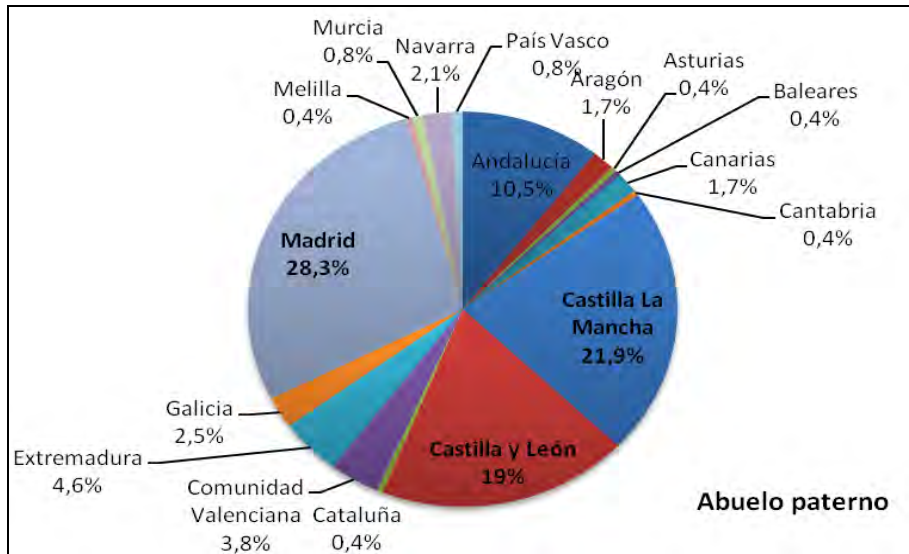


Figura 14. Lugar de nacimiento del abuelo paterno (n=237)

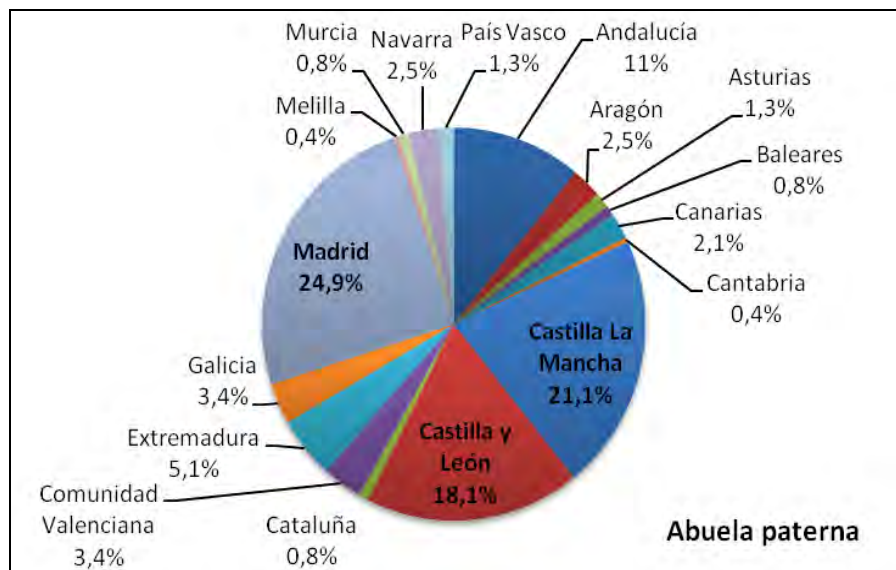


Figura 15. Lugar de nacimiento de la abuela paterna (n=237)

En la línea materna se pueden ver diferencias importantes entre abuelos y abuelas. Andalucía queda representada en menor medida por los abuelos maternos que por las abuelas, ya que en el caso de aquéllos Madrid y las dos Castillas vuelven a destacar entre el resto de las comunidades (figuras 16 y 17).

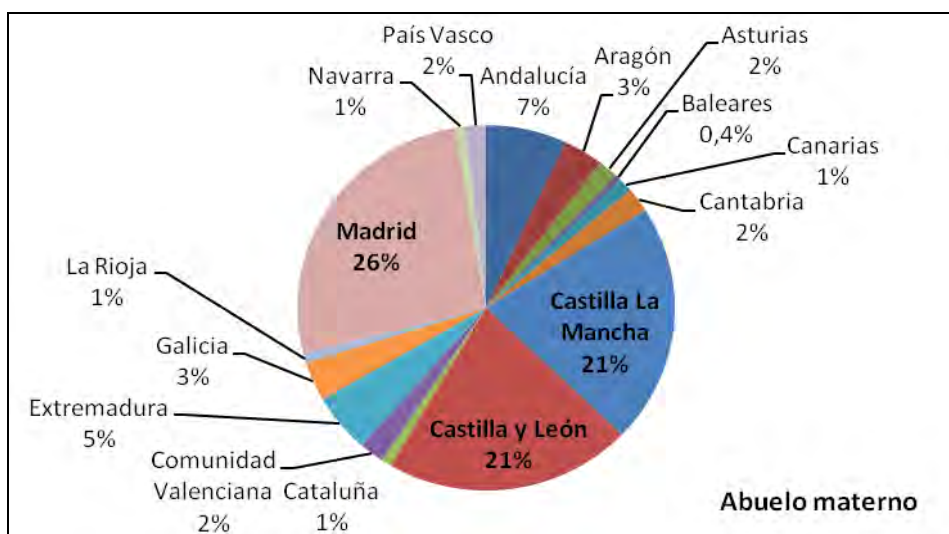


Figura 16. Lugar de nacimiento del abuelo materno (n=231)

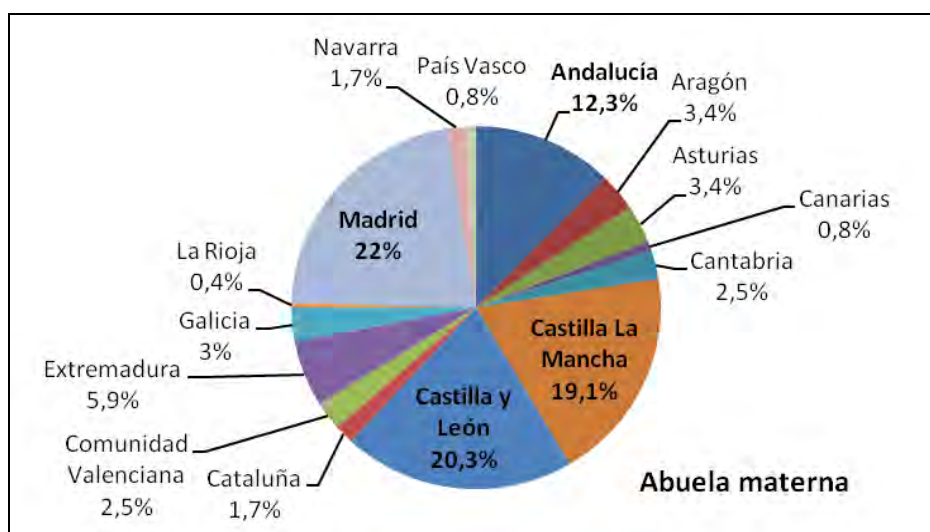


Figura 17. Lugar de nacimiento de la abuela materna (n=236)

La proporción de madrileños es mayor en los estudiantes encuestados, y va haciéndose menor conforme se alejan las generaciones, al tiempo que aumentan las proporciones correspondientes a las dos Castillas y a Andalucía.

Los padres, madres y abuelas nacidos fuera de España no llegan al 1 %, y los abuelos nacidos en el extranjero suponen un 2 % del total. En las gráficas únicamente aparecen las procedencias de los españoles.

En cuanto al nivel de estudios de los progenitores, se puede apreciar una mayor proporción para los padres en los estudios básicos y superiores, y mayor porcentaje para las madres en el nivel medio (figura 18).

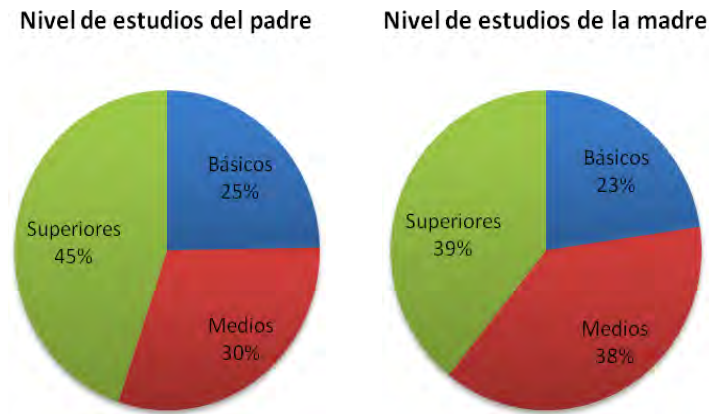


Figura 18. Nivel de estudios del padre (n=279) y de la madre (n=278)

En la siguiente gráfica se refleja el número de hijos que hay en la familia de cada participante del estudio (figura 19). Predominan las familias en las que hay 2 hijos (el 54 % de los casos), seguido por las que tienen 3 y a continuación las que tienen un único hijo. En total el número medio de hijos por familia es 2,32 ($\pm 1,02$), siendo el mínimo 1 y el máximo 7.

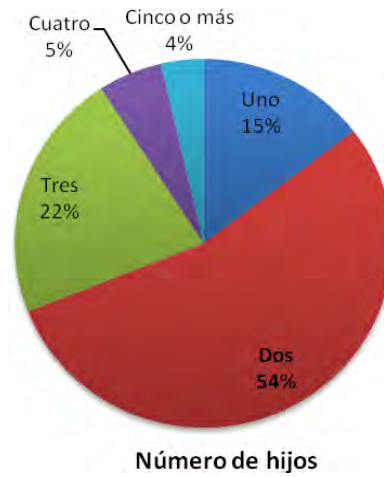


Figura 19. Número de hijos por familia (n=274)

4.1.2. Hábitos alimentarios

Con las frecuencias obtenidas para cada punto del cuestionario Kidmed es posible tener una referencia cualitativa del tipo de dieta que llevan los estudiantes sobre los que se han hecho las medidas en este trabajo. En general se podría decir que los hábitos alimentarios son bastante saludables; son minoría los encuestados que se saltan el desayuno, toman comida rápida semanalmente o toman dulces, y los lácteos, frutas y verduras se encuentran en la dieta diaria de la mayoría. Los porcentajes válidos para cada punto del cuestionario se recogen en la tabla 9, separando varones y mujeres.

Cuestionario Kidmed	Varones (77)	Mujeres (89)
1 fruta/día	80,5	85,1
>1 fruta/día	44,2	44,8
1 verdura/día	66,2	76,1
>1 verdura/día	26,3	40,9
>2 pescado/semana	58,4	59,3
Comida rápida/semana	25,0	27,3
>1 legumbres/semana	71,4	55,2
>5 pasta.../semana	44,7	40,9
Cereales-pan desayuno	58,4	66,7
>2 frutos secos/semana	33,8	20,7
Aceite de oliva	98,7	100
No desayuno	35,1	25,3
Lácteos desayuno	85,7	87,4
Bollería desayuno	35,5	42,0
2 yogures o queso/día	57,1	44,3
>1 dulce/día	10,4	18,2

Tabla 9. Porcentajes para cada punto del cuestionario Kidmed

Representando estos porcentajes en un gráfico de barras (figura 20) se pueden observar a primera vista las diferencias entre sexos, especialmente para ciertos puntos como la ingesta de legumbres más de una vez a la semana o de verduras más de una vez al día. Los parámetros en los que se puede ver una mayor homogeneidad entre sexos son la toma de más de una fruta al día, el aceite de oliva, los lácteos en el desayuno y, en este caso con un porcentaje discreto en ambos sexos, la ingesta de pescado más de dos veces a la semana.

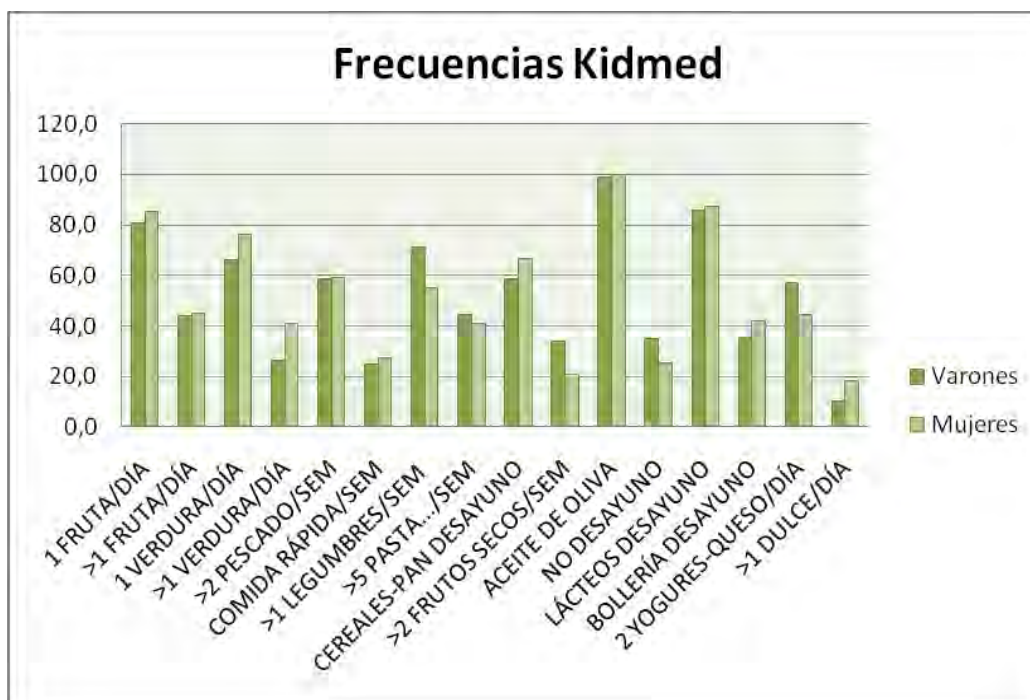


Figura 20. Frecuencias de cada punto del cuestionario Kidmed

Si se calcula la puntuación media, se puede descartar que la muestra tenga unos hábitos alimentarios malos, ya que es la minoría la que presenta una puntuación menor o igual a 3 en el test Kidmed: el 11,7% de los varones y el 24,7 % de las mujeres (tabla 10).

Calidad de la dieta (Kidmed)	Varones (77)	Mujeres (89)
Dieta de mala calidad (≤ 3)	11,7 %	24,7 %
Dieta mejorable (4-7)	61,0 %	49,4 %
Dieta óptima (≥ 8)	27,3 %	25,8 %

Tabla 10. Frecuencias de los resultados del cuestionario Kidmed

En la siguiente gráfica se reflejan las frecuencias de cada puntuación, de 0 a 11, lo que permite afinar más dentro de cada categoría establecida para el Kidmed. Se puede ver cómo en los varones predominan las puntuaciones de 5, 6 y 7, con lo que están más cerca de dieta óptima que de dieta de mala calidad. Dentro de este

rango de dieta mejorable, en las mujeres también se puede ver cómo predominan las puntuaciones de 6 y 7, resultando como en los varones una dieta cercana a la considerada óptima (figura 21).

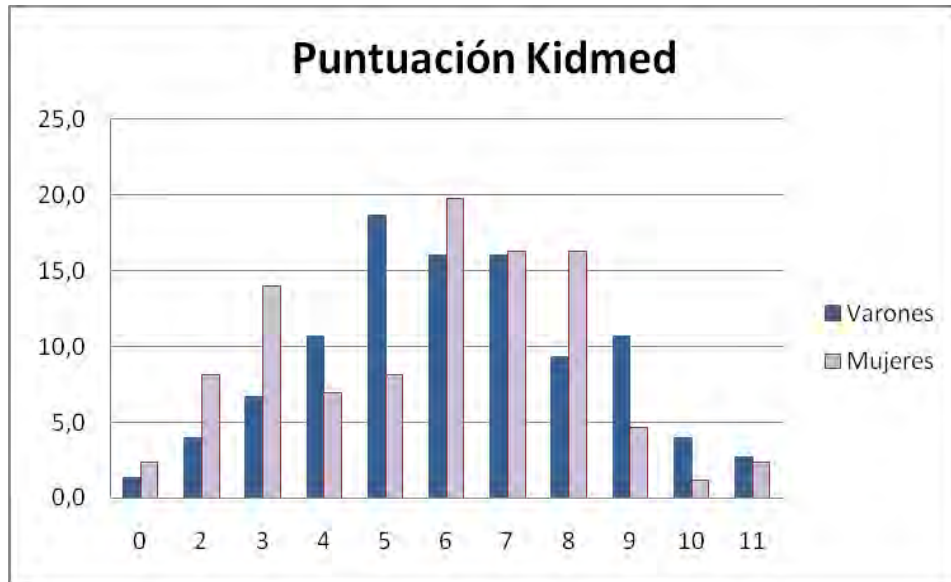


Figura 21. Frecuencias de las puntuaciones del cuestionario Kidmed

4.1.3. Actividad física

Se han recodificado los resultados obtenidos a partir de los valores de frecuencia, intensidad y tiempo introducidos en el dispositivo de infrarrojos a la hora de tomar la medida. Los valores equivalentes a una frecuencia menor de 3 se han unificado en “actividad física baja”, ya que corresponden a ejercicio realizado pocas veces al mes. Los valores que responden a una frecuencia de una o dos veces a la semana (es decir, tríadas que comienzan por 3) y los que corresponden a tres o cinco veces a la semana pero un ejercicio de poca intensidad como caminar rápido durante 30 minutos máximo (2 o menos en la segunda cifra y 1 o 2 en la tercera) se han agrupado como “actividad física media”. El resto de las combinaciones de

frecuencia, intensidad y tiempo empleado en el ejercicio se ha clasificado como “actividad física alta”.

En la tabla 11 se recogen los porcentajes válidos para varones y para mujeres. La diferencia entre sexos es muy amplia, las mujeres en general se encuentran en baja forma (casi el 52%), mientras que los varones con un nivel bajo de actividad física son minoría (el 21%).

Nivel de actividad física	Varones (126)	Mujeres (206)
Baja (<311)	21,4 %	51,9 %
Media (311-422)	14,3 %	24,3 %
Alta (>422)	64,3 %	23,8 %

Tabla 11. Frecuencias del nivel de actividad física
(Entre paréntesis aparecen los rangos correspondientes a los valores de referencia de FUTREX)

4.2. Análisis de la composición corporal

En primer lugar se procede a valorar la normalidad de las variables que forman parte de los análisis de correlación mediante la prueba de Kolmogorov-Smirnov. Las variables de las medidas directas que siguen una distribución normal son la estatura y el pliegue tricipital, y las de parámetros derivados son el porcentaje de grasa obtenido por antropometría y los valorados por BIA con el monitor Omron, con la báscula y con el Bodystat usando su propia fórmula.

Se realizó una comparación de medias entre las series masculina y femenina, aplicando test paramétricos o no paramétricos en función de la normalidad de las variables. Así, el test de U-Mann Whitney fue el empleado para comparar las medias

de las variables con una distribución no normal, y la prueba T para las variables normales.

Entre las medidas directas existen diferencias significativas entre sexos para todas las variables excepto el perímetro de la cadera y el pliegue subescapular. Entre los parámetros derivados aparecen diferencias significativas entre sexos para todas las variables (todos los métodos, IMC e ICC).

Tomando la serie masculina y la femenina por separado la distribución de los datos de cada variable cambia, y tienen distribución normal en los varones las variables de porcentaje de grasa con el monitor de BIA Omron y con el dispositivo tetrapolar de BIA aplicando la ecuación de Deurenberg *et al.* (1991). En la serie femenina son normales las variables de porcentaje de grasa por antropometría y por infrarrojos.

Para valorar las posibles variaciones en la medida de porcentaje de grasa por bioimpedancia en función de la fase del ciclo menstrual, se ha subdividido la serie femenina en dos grupos: uno formado por las mujeres que se encontraban en fase de post ovulación o menstruación en el momento de la medida, y otro grupo con el resto. Los dos grupos que resultan tienen unas dimensiones parecidas: el 45,9 % de ellas se encuentran en la fase de preovulación u ovulación, y el 54,1 % en fase menstrual o postovulatoria. Como las variables de adiposidad medidas con bioimpedancia en mujeres no siguen una distribución normal, para hacer la comparación de las medias de estos dos subgrupos se utilizó la prueba U de Mann-Whitney. No se encontraron diferencias significativas entre ambos grupos para ninguno de los cuatro métodos (tabla 12).

Tabla 12. Comparación del % de Grasa promedio según la fase del ciclo menstrual

Variables	PREOVULACIÓN+OVULACIÓN		POSTOVULACIÓN+MENSTRUACIÓN	
	Media	Media	Media	SD
%Grasa O (91-76)	26,18	5,91	26,86	7,91
%Grasa B (80-62)	19,71	4,14	20,17	5,55
%Grasa Bdst (91-75)	26,04	4,66	25,35	4,96
%Grasa Deur (90-75)	31,97	4,15	31,30	4,34

O: Omron, B: báscula, Bdst: Bodystat, Deur: Deurenberg *et al.* 1991
Entre paréntesis las n de cada grupo en el mismo orden que en la tabla.

Al no hallar diferencias significativas entre los dos grupos para ninguna de las medidas de bioimpedancia, no se han realizado más análisis creando subgrupos en la serie de las mujeres según la fase del ciclo menstrual en el que estaban.

En las tablas 13 y 14 se muestran los resultados descriptivos de edad y de las medidas antropométricas directas (peso, estatura, perímetros y pliegues): tamaño de la muestra (N), media, desviación estándar (SD) y valores mínimos y máximos.

La media de las medidas de los pliegues y del perímetro de la cadera es mayor para mujeres que para varones, y en los demás parámetros ocurre al contrario.

Tabla 13. Medidas antropométricas en varones

Variables	Varones			
	N	Media	SD	Mín.-Máx.
Peso (Kg)	138	72,84	10,45	49-105,5
Estatura (cm)	138	176,53	6,68	158,5-193,8
Per. Cintura	133	78,71	7,65	62,5-106
Per. Cadera	133	94,64	8,66	60-123
Pl. tricípital (mm)	135	9,54	4,39	3-27,2
Pl. bicípital (mm)	134	5,67	2,68	2,2-20,8
Pl. subescapular (mm)	135	12,33	4,61	5,8-26
Pl. suprailíaco (mm)	135	10,88	5,68	3,6-35,4

Tabla 14. Medidas antropométricas en mujeres

	Mujeres			
Variables	N	Media	SD	Mín.-Máx.
Peso (Kg)	233	58,76	9,02	43,1-100,3
Estatura (cm)	233	163,58	5,94	148-182
Per. Cintura	223	69,30	6,61	58-105
Per. Cadera	223	95,81	8,41	72-129,5
Pl. tricipital (mm)	228	15,84	5,29	3,2-35
Pl. bicipital (mm)	226	8,74	4,22	2,9-30,6
Pl. subescapular (mm)	227	13,46	5,82	5,8-46,4
Pl. suprailiaco (mm)	228	12,75	5,75	4,2-33,4

En las tablas 15 y 16 se muestran la media, la desviación estándar y el intervalo de variación para las medidas de adiposidad relativa obtenidas con las distintas metodologías empleadas.

La primera variable (%Grasa A) corresponde al porcentaje de grasa hallado con el método antropométrico (Durnin y Womersley 1974, Siri 1961), la segunda (%Grasa O) es el porcentaje de grasa obtenido con el monitor de bioimpedancia bipolar de la casa Omron, la tercera (%Grasa B) corresponde a lo obtenido con la báscula de bioimpedancia bipolar, la cuarta (%Grasa Bdst) es el porcentaje de grasa que el dispositivo de bioimpedancia tetrapolar (marca Bodystat) calcula con su fórmula interna, la quinta variable (%Grasa Deur) es el porcentaje de grasa calculado con la fórmula de Deurenberg *et al.* (1991) a partir de la medida en ohmios que proporciona el mismo dispositivo tetrapolar, y por último, la sexta

variable (%Grasa NIRI) corresponde al porcentaje de grasa calculado por el aparato de interactancia de infrarrojos.

Tabla 15. Adiposidad relativa en varones

Variables	Varones			
	N	Media	SD	Mín.-Máx.
%Grasa A	134	14,95	4,39	5,7-27,7
%Grasa O	134	15,61	6,13	4,6-33,8
%Grasa B	109	15,50	5,35	5,2-39,0
%Grasa Bdst	137	14,55	4,61	4,1-33,1
%Grasa Deur	125	21,45	5,48	9,2-34,1
%Grasa NIRI	137	17,13	7,31	2,8-39,2

A: antropometría, O: Omron, B: báscula, Bdst: Bodystat, Deur: Deurenberg *et al.* 1991, NIRI: interactancia de infrarrojos.

Tabla 16. Adiposidad relativa en mujeres

Variables	Mujeres			
	N	Media	SD	Mín.-Máx.
%Grasa A	225	26,23	4,72	14,7-39,3
%Grasa O	230	25,70	6,93	9,3-47,1
%Grasa B	185	20,00	5,10	10,4-43,2
%Grasa Bdst	227	25,66	5,02	15,1-43,2
%Grasa Deur	209	31,69	4,35	21,6-44,8
%Grasa NIRI	231	28,65	4,98	12,4-42,1

A: antropometría, O: Omron, B: báscula, Bdst: Bodystat, Deur: Deurenberg *et al.* 1991, NIRI: interactancia de infrarrojos.

Para los dos sexos el porcentaje de grasa calculado con la ecuación de Deurenberg *et al.* (1991) ha sido el mayor valor, seguido del obtenido por interactancia de infrarrojos. Aparte de estos dos valores, el resto sigue un

comportamiento diferente en los dos sexos. En las mujeres la adiposidad relativa calculada a partir de la antropometría es mayor que la obtenida con el monitor de BIA Omron, que tiene un valor medio muy parecido al calculado con la fórmula del dispositivo tetrapolar, siendo el porcentaje de grasa con la báscula el menor valor. En la serie masculina la adiposidad relativa calculada por BIA bipolar resulta prácticamente igual con ambos aparatos, y es algo mayor que la obtenida por antropometría. El menor valor de adiposidad relativa ha resultado ser el calculado con el aparato tetrapolar con su propia fórmula, aunque el valor es muy próximo al obtenido por antropometría.

Todas las estimaciones de porcentaje de grasa se han recalculado en términos absolutos a partir del peso corporal. En las siguientes tablas se recogen los valores de masa grasa estimados por todos los métodos (tablas 17 y 18).

Tabla 17. Valores de masa grasa en varones

Variables	Varones			
	N	Media	SD	Mín.-Máx.
Masa grasa A (kg)	134	11,17	4,53	3,6-24,6
Masa grasa O (kg)	134	11,76	6,01	3,0-33,5
Masa grasa B (kg)	109	11,75	5,47	2,9-31,3
Masa grasa Bdst (kg)	137	10,85	4,69	2,7-28,3
Masa grasa Deur (kg)	125	16,01	6,07	4,5-35,7
Masa grasa NIRI (kg)	137	12,78	6,55	1,9-30,7

A: antropometría, O: Omron, B: báscula, Bdst: Bodystat, Deur: Deurenberg *et al.* 1991, NIRI: interacción de infrarrojos.

Tabla 18. Valores de masa grasa en mujeres

Variables	Mujeres			
	N	Media	SD	Mín.-Máx.
Masa grasa A (kg)	225	15,72	4,93	7,6-38,8
Masa grasa O (kg)	230	15,42	5,96	4,2-39,9
Masa grasa B (kg)	185	12,26	5,42	5,1-43,3
Masa grasa Bdst (kg)	227	15,37	5,34	7,4-43,0
Masa grasa Deur (kg)	209	18,98	5,40	9,4-44,0
Masa grasa NIRI (kg)	231	17,04	4,95	6,5-42,2

A: antropometría, O: Omron, B: báscula, Bdst: Bodystat, Deur: Deurenberg *et al.* 1991, NIRI: interactancia de infrarrojos.

Las pruebas de comparación de medias muestran que en los hombres los métodos de bioimpedancia tetrapolar usando la fórmula de Deurenberg *et al.* (1991) y la interactancia de infrarrojos sobreestiman significativamente el porcentaje de grasa con respecto a la adiposidad obtenida por el método antropométrico de Siri (1961), y el resto de métodos no resultan significativamente diferentes del método de referencia (prueba de Wilcoxon).

En las mujeres las diferencias observadas en las estimaciones con los distintos métodos han resultado ser estadísticamente significativas para todos los métodos de bioimpedancia excepto para el monitor bipolar (prueba de Wilcoxon). La sobreestimación de la adiposidad relativa obtenida por interactancia de infrarrojos es también estadísticamente significativa en las mujeres (prueba T para muestras relacionadas).

Los análisis de correlación que comparan la adiposidad relativa calculada por antropometría y la calculada por el resto de los métodos resultan significativos para los dos sexos (tabla 19). En las mujeres se muestra el coeficiente de correlación de

Pearson para el par antropometría-interactancia de infrarrojos, ya que ambas variables siguen una distribución normal en las mujeres, y para el resto de pares de métodos en ambos sexos aparece el coeficiente de Spearman. En las dos series el estadístico alcanza el mayor valor al comparar el dato obtenido por antropometría con el obtenido con la ecuación de Deurenberg *et al.* (1991) a partir de bioimpedancia tetrapolar (0,752 en varones y 0,703 en mujeres), y el menor valor es para la interactancia de infrarrojos, también para ambos sexos (0,505 y 0,472 respectivamente).

Tabla 19. Correlación entre %de Grasa por antropometría y el resto de los métodos

Variables	Métodos	Varones		Mujeres	
		N	Coefficiente	N	Coefficiente
%Grasa	A-O	130	0,684**	222	0,587**
	A-B	109	0,716**	183	0,607**
	A-Bdst	133	0,627**	219	0,681**
	A-Deur	125	0,752**	207	0,703**
	A-NIRI	133	0,505**	223	0,472**

A: antropometría, O: Omron, B: báscula, Bdst: Bodystat, Deur: Deurenberg *et al.* 1991, NIRI: interactancia de infrarrojos.
**p<0,01

Los coeficientes de correlación intraclase calculados para cada par de métodos se recogen en la tabla 20. El valor más alto y el más bajo es para la serie femenina. En las mujeres la concordancia mayor se ha obtenido comparando el aparato tetrapolar usando su propia fórmula y la antropometría. El valor corresponde a una buena concordancia entre métodos.

El menor valor del coeficiente pertenece al contraste con la báscula de bioimpedancia, es 0,359 y queda en un intervalo equivalente a una concordancia mediocre (es mayor que 0,31) o según otros autores queda fuera del intervalo para el que se considera que existe una concordancia aceptable entre métodos (el límite de la concordancia sería en este caso 0,4).

En la serie masculina el Omron, la báscula y el tetrapolar con su propia fórmula resultan tener una concordancia moderada con la antropometría. Sin embargo la comparación con la ecuación de Deurenberg *et al.* (1991) y con los infrarrojos resulta unos valores bajos que corresponden a una concordancia mediocre. Esta concordancia pobre se obtiene también en la serie femenina para los contrastes metodológicos con báscula, infrarrojos y Deurenberg *et al.* (1991), pero es mejor entre Omron y antropometría, llegando a un valor que equivale a una concordancia moderada.

Tabla 20. Coeficiente de correlación intraclase entre los métodos

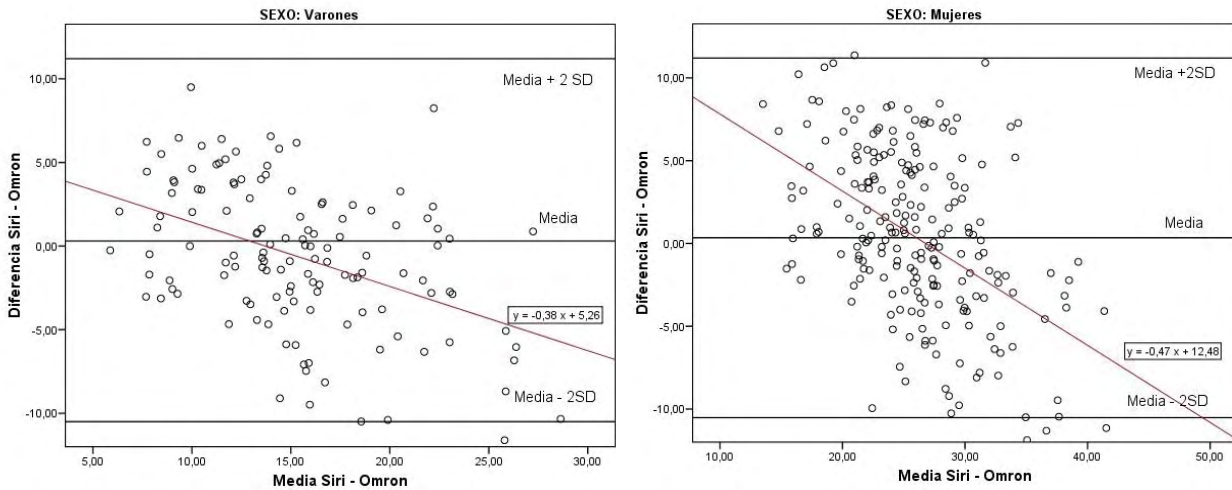
Métodos	Varones		Mujeres	
	CCI	N	CCI	N
A-O	0,672	130	0,581	222
A-B	0,649	109	0,359	183
A-Bdst	0,647	133	0,703	219
A-Deur	0,401	125	0,413	207
A-NIRI	0,445	133	0,422	223

A: antropometría, O: Omron, B: báscula, Bdst: Bodystat, Deur: Deurenberg *et al.* 1991, NIRI: interactancia de infrarrojos.

Con el sistema de gráficas de Bland y Altman (1986) se ha representado cada método frente a la antropometría. En todos los casos la mayoría de los puntos se encuentran dentro del intervalo de confianza formado por la media y dos veces la desviación estándar.

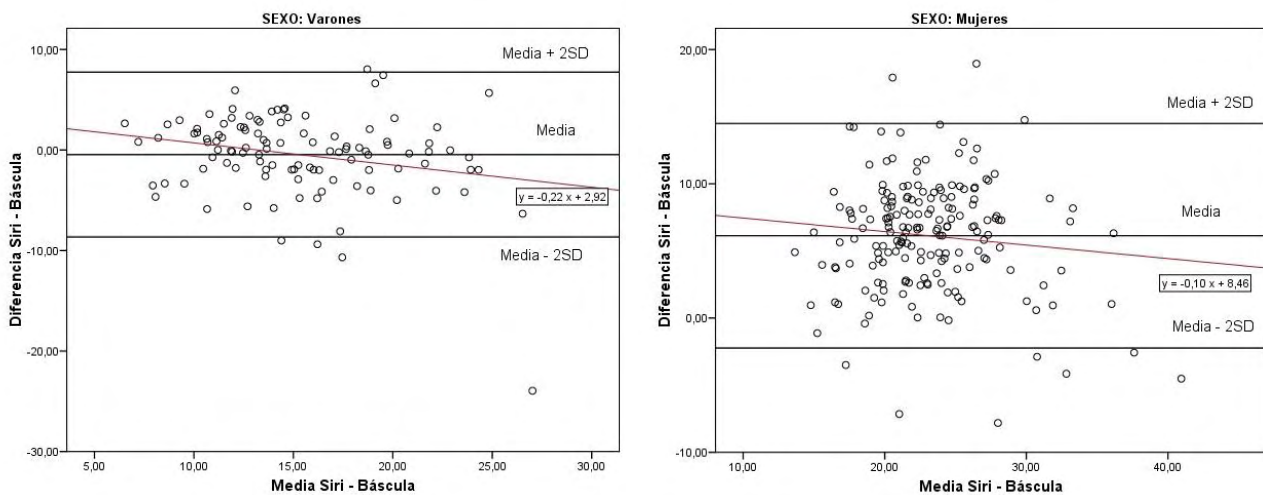
Las gráficas de la figura 22 representan la comparación entre antropometría y el monitor de bioimpedancia, una para la serie femenina y otra para la masculina. Los puntos muestran una tendencia parecida, en ambas gráficas cuando los valores de adiposidad relativa son altos la nube de puntos tiende a situarse en la zona de los valores negativos.

Figura 22. Gráficos de Bland-Altman. Concordancia entre antropometría y monitor bipolar BIA



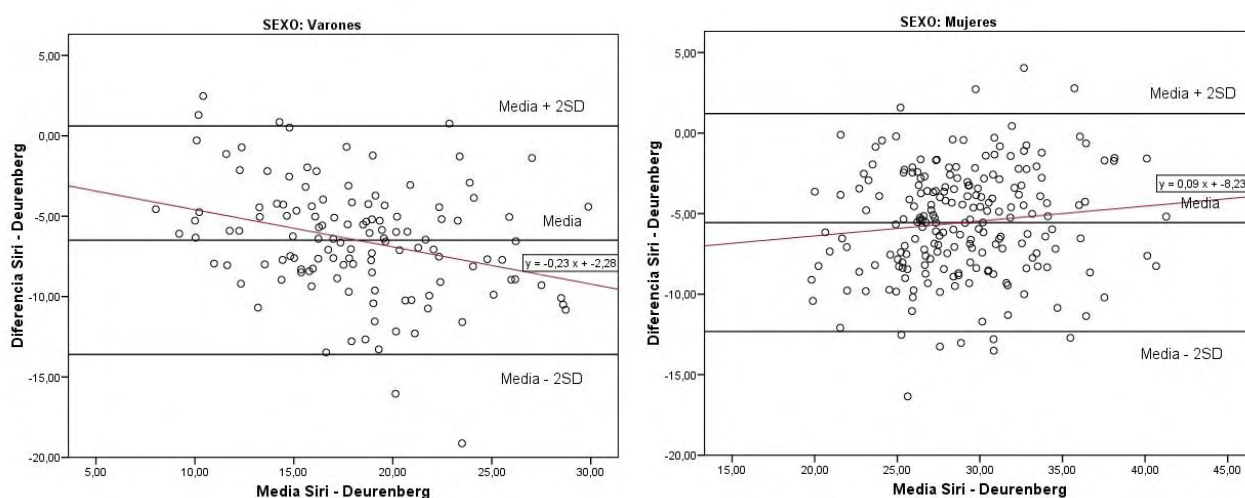
La misma tendencia a la sobreestimación en porcentajes de grasa altos se puede encontrar en las gráficas de la figura 23 correspondientes al otro método de bioimpedancia bipolar, la báscula. La tendencia a la sobreestimación es más ligera, en la ecuación de regresión se puede apreciar que ambas pendientes son menores que las correspondientes a las rectas de regresión de las gráficas anteriores.

Figura 23. Gráficos de Bland-Altman. Concordancia entre antropometría y báscula bipolar BIA



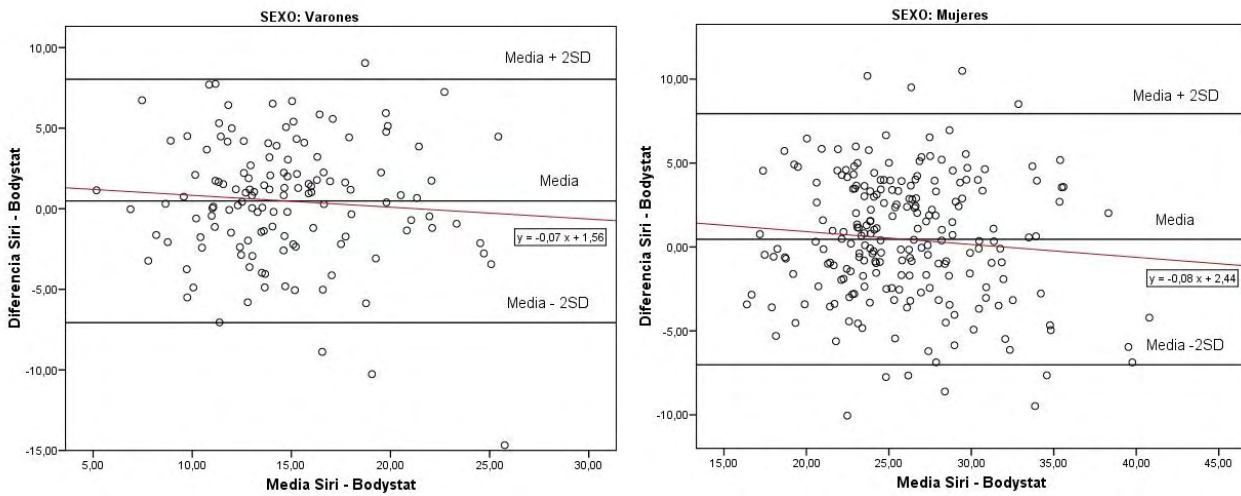
En las gráficas correspondientes al método de bioimpedancia tetrapolar usando la ecuación de Deurenberg *et al.* (1991), tanto en los hombres como en las mujeres, prácticamente todos los puntos se sitúan en la zona negativa, con lo que se refleja una sobreestimación clara del contenido adiposo corporal con este método frente a la antropometría (figura 24). La recta de regresión en la serie femenina es la única que tiene una pendiente positiva, lo que indica una ligera tendencia a disminuir las diferencias cuando los valores de adiposidad son considerablemente altos.

Figura 24. Gráficos de Bland y Altman. Concordancia entre antropometría y BIA tetrapolar (ecuación Deurenberg *et al.* 1991)



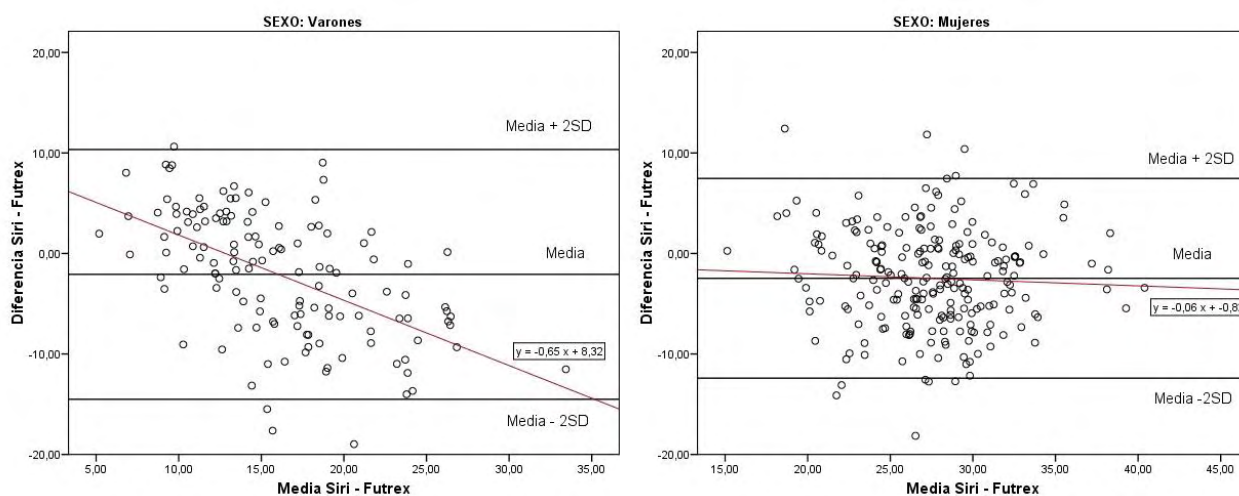
En las gráficas que representan las estimaciones del aparato tetrapolar con su propia fórmula (figura 25) la nube de puntos, tanto en varones como en mujeres, está bastante dispersa, no apareciendo una tendencia muy clara. Gracias a la recta y la ecuación de regresión se puede ver que la tendencia es también a la subestimación, pero muy ligera.

Figura 25. Gráficos de Bland-Altman. Concordancia entre antropometría y BIA tetrapolar (ecuación Bodystat)



Por último, las gráficas que muestran las diferencias entre las medidas de interactancia de infrarrojos y las de antropometría tienen un aspecto distinto según representen la serie masculina o la femenina (figura 26). En la gráfica de los hombres se ve una clara tendencia de nuevo a la sobreestimación del contenido de grasa corporal por parte del método de contraste a medida que aumenta el grado de adiposidad. En las mujeres se observa que la dispersión de los puntos se hace mayor a medida que aumenta el porcentaje de grasa, y que la mayoría de ellos se sitúan hacia la zona de valores negativos. Las rectas de regresión permiten ver las diferencias entre las dos gráficas de una manera más evidente, ya que la pendiente es casi diez veces mayor en la recta de regresión de la serie masculina que en la de la serie femenina.

Figura 26. Gráficos de Bland-Altman. Concordancia entre antropometría e interactancia de infrarrojos



A continuación se muestran los resultados descriptivos de los índices calculados (índice de masa corporal e índice cintura-cadera) para hombres y para mujeres. Ambos valores son significativamente mayores en la serie masculina (tablas 21 y 22).

Tabla 21. IMC e ICC en varones

Variables	Varones			
	N	Media	SD	Mín.-Máx.
IMC	138	23,36	2,97	16,56-32,42
ICC	133	0,83	0,07	0,72-1,22

Tabla 22. IMC e ICC en mujeres

Variables	Mujeres			
	N	Media	SD	Mín.-Máx.
IMC	233	21,95	3,09	16,53-37,11
ICC	223	0,73	0,06	0,58-0,98

Realizando el análisis de correlación para comprobar la relación entre IMC y porcentaje de grasa se obtienen mejores resultados que comparando el método antropométrico con el resto, aunque con el mismo nivel de significación en todos los casos (tabla 23). En los hombres el máximo coeficiente de correlación que se obtiene es para la adiposidad relativa medida con la báscula de bioimpedancia (0,960), y el menor se vuelve a obtener para interactancia de infrarrojos, un coeficiente de 0,566. En las mujeres los coeficientes extremos se corresponden con los mismos métodos que los obtenidos en los varones. El valor máximo es menor, pero el mínimo es mayor que en la serie masculina: 0,894 para báscula y 0,593 para infrarrojos.

Tabla 23. Correlación entre IMC y % de Grasa por los distintos métodos

Variables	Métodos	Varones		Mujeres	
		N	Coficiente	N	Coficiente
%Grasa	IMC-A	134	0,707**	225	0,651**
	IMC-O	134	0,701**	230	0,629**
	IMC -B	109	0,960**	185	0,894**
	IMC -Bdst	137	0,636**	227	0,788**
	IMC -Deur	125	0,845**	209	0,845**
	IMC -NIRI	137	0,566**	231	0,593**

A: antropometría, O: Omron, B: báscula, Bsd: Bodystat, Deur: Deurenberg *et al.* 1991, NIRI: interactancia de infrarrojos. **p<0,01

Realizando los correspondientes análisis de correlación entre los valores de adiposidad relativa obtenidos por cada método y el perímetro de la cintura (tabla 24), se puede comprobar cómo todas las combinaciones resultan altamente significativas y los valores del coeficiente son discretos.

Tabla 24. Correlación entre PC y %G por los distintos métodos

Variables	Métodos	Varones		Mujeres	
		N	Coefficiente	N	Coefficiente
%Grasa	PC-A	133	0,732**	221	0,658**
	PC-O	129	0,672**	221	0,490**
	PC -B	108	0,864**	182	0,736**
	PC -Bdst	132	0,591**	219	0,675**
	PC -Deur	124	0,796**	207	0,711**
	PC -NIRI	132	0,461**	221	0,477**

PC : perímetro de la cintura, A: antropometría, O: Omron, B: báscula, Bdst: Bodystat, Deur: Deurenberg *et al.* 1991, NIRI: interactividad de infrarrojos. **p<0,01

Sin embargo para el índice cintura-cadera (tabla 25) los niveles de significación varían considerablemente, y los valores del coeficiente de correlación son muy bajos.

Tabla 25. Correlación entre ICC y %G por los distintos métodos

Variables	Métodos	Varones		Mujeres	
		N	Coefficiente	N	Coefficiente
%Grasa	ICC-A	133	0,306**	221	0,274**
	ICC-O	129	0,199*	221	0,272**
	ICC -B	108	0,366**	182	0,185*
	ICC -Bdst	132	0,104 ^{NS}	219	0,233**
	ICC -Deur	124	0,235**	207	0,229**
	ICC -NIRI	132	0,115 ^{NS}	221	0,050 ^{NS}

A: antropometría, O: Omron, B: báscula, Bdst: Bodystat, Deur: Deurenberg *et al.* 1991, NIRI: interactividad de infrarrojos. **p<0,01, *p<0,05, NS no significativo.

4.3. Diagnóstico nutricional

A la hora de establecer correspondencias con el estado nutricional, las diferencias encontradas en la medida estimada por cada método cobran un significado más allá del valor numérico. En la tabla 26 aparecen los porcentajes de los individuos medidos repartidos en los distintos niveles de la clasificación del estado nutricional en función del IMC según establece la OMS. En base a este criterio

del IMC, los varones se encuentran en su mayoría en normopeso, y una parte importante presenta sobrepeso. La serie femenina presenta otro comportamiento, está en normopeso casi el 83 %, un 7 % tiene insuficiencia ponderal y una menor proporción que los hombres está en los intervalos de sobrepeso u obesidad.

Tabla 26. Estado nutricional según IMC

Categorías por IMC (OMS)	Varones (138)	Mujeres (233)
Insuficiencia Ponderal (%)	2,2	6,8
Normopeso (%)	68,8	82,8
Sobrepeso (%)	26,8	8,2
Obesidad I (%)	2,2	1,3
Obesidad II (%)	-	0,9
Obesidad III (%)	-	-

Las tablas 27 y 28 recogen la clasificación del estado nutricional en función del porcentaje de grasa calculado con cada uno de los seis sistemas empleados. Los valores por debajo de lo considerado normal (es decir menos de 20 para mujeres y menos de 12 para hombres) se han incluido como insuficiencia (en cursiva en las tablas 27 a 40) para poder comparar el resto de las clasificaciones, aunque la SEEDO sólo divide en “normal, límite y obesidad”. Con el mismo fin de hacer comparables las dos clasificaciones, lo que en una es nivel de adiposidad límite se hace corresponder con sobrepeso según el IMC.

Tabla 27. Estado nutricional según porcentaje de grasa con los distintos métodos en varones

Varones						
	Antrop. (134)	Omron (134)	Báscula (109)	Bsdt. (137)	Deur. (125)	NIRI (137)
<i>Insuficiencia (%)</i>	24,6	30,6	29,4	28,5	3,2	29,2
Normal (%)	64,2	50,8	54,1	60,6	44,8	41,6
Límite (%)	9,7	11,9	12,8	8,0	27,2	13,9
Obesidad (%)	1,5	6,7	3,7	2,9	24,8	15,3

Antrop: antropometría, Bsdt: Bodystat, Deur: Deurenberg *et al.* 1991, NIRI: interactancia de infrarrojos. Entre paréntesis n.

Tabla 28. Estado nutricional según porcentaje de grasa con los distintos métodos en mujeres

Mujeres						
	Antrop. (225)	Omron (230)	Báscula (185)	Bsdt. (227)	Deur. (209)	NIRI (231)
<i>Insuficiencia (%)</i>	8,0	20,0	55,1	9,7	-	3,9
Normal (%)	77,7	59,2	40,5	75,4	47,4	61,9
Límite (%)	7,6	6,5	2,2	7,0	18,2	14,3
Obesidad (%)	6,7	14,3	2,2	7,9	34,4	19,9

Antrop: antropometría, Bsdt: Bodystat, Deur: Deurenberg *et al.* 1991, NIRI: interactancia de infrarrojos. Entre paréntesis n.

Los resultados varían mucho entre sexos según el método. Si el cálculo del porcentaje de grasa se realiza a partir de los pliegues de grasa subcutánea, la gran mayoría de las mujeres de la muestra se encontrarían en el rango de la normalidad, sólo un 8% estaría bajo el límite, frente al 24,6 % en el caso de los hombres. Comparando estos valores con la clasificación del estado nutricional obtenida a partir del IMC (tabla 26), se puede observar cómo la serie femenina sigue una distribución similar en cada categoría, sin embargo en el caso de los hombres se aprecia una gran diferencia en el grupo de insuficiencia ponderal y en el de sobrepeso o límite.

Los distintos aparatos de bioimpedancia proporcionan unas medidas bastante diferentes que a la hora de hacer esta clasificación se hacen mayores en ciertos casos. Las proporciones en función de los cálculos a partir de Deurenberg *et al.* (1991) son muy diferentes a las resultantes a partir de los demás métodos, tanto en hombres como en mujeres. En hombres el grupo de insuficiencia ponderal se parece más en este caso al calculado por IMC que el resto, que tienen valores muy altos de insuficiencia ponderal (siempre más del 25 % de la muestra). En la serie femenina resulta un altísimo porcentaje de obesidad (el 34,4 % de las mujeres, y un 18,2 % está con valores límite), y ninguna aparece con insuficiencia ponderal. Con la fórmula del Bodystat el grupo del rango límite que resulta es muy pequeño en comparación a los formados con los demás aparatos de bioimpedancia, aunque este valor y los demás son los más parecidos a los obtenidos por antropometría.

La agrupación en los distintos niveles a partir del cálculo del porcentaje de grasa por interactancia de infrarrojos resulta bastante parecida al resto en la serie masculina, pero en la serie femenina destaca la baja proporción de insuficiencia ponderal y el elevado porcentaje de obesidad y límite (el 34,2 %).

Las tablas de contingencia resultantes de enfrentar las clasificaciones a partir de IMC y de la adiposidad relativa por antropometría por un lado (tablas 29 y 30), y de cada método y la antropometría por otro (tablas 31 a 40), muestran la variación previamente observada.

Tabla 29. Estado nutricional de los varones según adiposidad relativa e IMC

Hombres		Categorías %G Siri				
		Insuficiencia	Normal	Límite	Obesidad	Total
Categorías IMC OMS	Insuficiencia	3	0	0	0	3
	Normopeso	27	62	3	0	92
	Sobrepeso	3	24	7	2	36
	Obesidad	0	0	3	0	3
	Total	33	86	13	2	134

Tabla 30. Estado nutricional de las mujeres según adiposidad relativa e IMC

Mujeres		Categorías %G Siri				
		Insuficiencia	Normal	Límite	Obesidad	Total
Categorías IMC OMS	Insuficiencia	3	12	0	0	15
	Normopeso	15	152	14	5	186
	Sobrepeso	0	10	3	6	19
	Obesidad	0	1	0	4	5
	Total	18	175	17	15	225

Se puede ver en la tabla 29 cómo la clasificación por IMC tiende a sobrevalorar la cantidad de varones en sobrepeso u obesidad, ya que de 39 individuos que considera con exceso ponderal, realmente 27 de ellos están dentro de la normalidad o incluso por debajo según cantidad de grasa corporal.

Las diferencias en la detección de exceso ponderal según la metodología no son tan altas en la serie femenina (tabla 30). Sólo 11 mujeres de las 24 con IMC de 25 o más no presentan realmente un exceso de adiposidad, sin embargo 5 mujeres son consideradas obesas por exceso de grasa y tienen un IMC normal.

Al comparar las clasificaciones resultantes según el método de composición corporal utilizado, las variaciones son muy diferentes entre sexos y entre métodos.

Las clasificaciones de exceso ponderal que resultan a partir de las medidas de bioimpedancia bipolar de tren superior sobrevaloran en ambos sexos el número de personas en exceso de adiposidad. El error es mucho mayor en el caso de las mujeres, ya que 30 están clasificadas en límite y obesidad cuando por Siri (1961) la estimación de porcentaje de grasa entra dentro del intervalo de normalidad. Calculando los valores en términos relativos, el monitor Omron cataloga como obesos al 3,6 % de los hombres y al 11 % de las mujeres con nivel de adiposidad normal (tablas 31 y 32).

Tabla 31. Adiposidad en hombres según antropometría y monitor BIA

Hombres		Categorías %G Omron				
		<i>Insuficiencia</i>	Normal	Límite	Obesidad	Total
Categorías %G Siri	<i>Insuficiencia</i>	19	12	0	0	31
	Normal	21	52	8	3	84
	Límite	0	1	7	5	13
	Obesidad	0	1	0	1	2
	Total	40	66	15	9	130

Tabla 32. Adiposidad en mujeres según antropometría y monitor BIA

Mujeres		Categorías %G Omron				
		<i>Insuficiencia</i>	Normal	Límite	Obesidad	Total
Categorías %G Siri	<i>Insuficiencia</i>	14	4	0	0	18
	Normal	27	115	11	19	172
	Límite	0	8	3	6	17
	Obesidad	1	5	1	8	15
	Total	42	132	15	33	222

La báscula de bioimpedancia, sin embargo, sólo clasifica con adiposidad excesiva al 1,4 % de los varones y al 0,7 % de las mujeres que tienen un porcentaje de grasa corporal normal (tablas 33 y 34). Únicamente 7 mujeres con niveles altos de adiposidad (lo considerado como obesidad) son clasificadas por la báscula con

niveles normales de cantidad de grasa, o incluso por debajo. Si a esto se añade el intervalo de adiposidad límite, la infravaloración de porcentajes de grasa excesivos afecta a 21 mujeres y a 4 hombres.

Tabla 33. Adiposidad en hombres según antropometría y báscula BIA. Varones

Hombres		Categorías %G Báscula				
		<i>Insuficiencia</i>	Normal	Límite	Obesidad	Total
Categorías %G Siri	<i>Insuficiencia</i>	19	8	0	0	27
	Normal	13	47	7	1	68
	Límite	0	4	6	3	13
	Obesidad	0	0	1	0	1
	Total	32	59	14	4	109

Tabla 34. Adiposidad en mujeres según antropometría y báscula BIA Mujeres

Mujeres		Categorías %G Báscula				
		<i>Insuficiencia</i>	Normal	Límite	Obesidad	Total
Categorías %G Siri	<i>Insuficiencia</i>	15	1	0	0	16
	Normal	81	57	2	1	141
	Límite	3	11	1	0	15
	Obesidad	1	6	1	3	11
	Total	100	75	4	4	183

Aplicando los valores obtenidos a partir de las medidas de bioimpedancia tetrapolar, las clasificaciones resultantes varían, como ya se ha visto anteriormente, según la fórmula empleada.

Cuando se utiliza la fórmula propia del aparato (tablas 35 y 36) los errores en la clasificación del exceso de tejido adiposo se sitúan entre los obtenidos con los dos aparatos bipolares. En la serie masculina, el 1,1 % de los varones están clasificados con porcentajes de grasa límite y de obesidad cuando por Siri (1961) la adiposidad relativa entra dentro del intervalo de normalidad. Las mujeres con niveles normales de grasa corporal son clasificadas en un 3,5 % con exceso de adiposidad. Cerca del 8

% de las mujeres y los hombres con exceso de grasa son clasificados como normales con este dispositivo y su propia fórmula.

Tabla 35. Adiposidad en hombres según antropometría y BIA tetrapolar (Bodystat)

Hombres		Categorías %G Bodystat				
		<i>Insuficiencia</i>	Normal	Límite	Obesidad	Total
Categorías %G Siri	<i>Insuficiencia</i>	19	13	0	0	32
	Normal	20	60	5	1	86
	Límite	0	5	5	3	13
	Obesidad	0	1	1	0	2
	Total	39	79	11	4	133

Tabla 36. Adiposidad en mujeres según antropometría y BIA tetrapolar (Bodystat)

Mujeres		Categorías %G Bodystat				
		<i>Insuficiencia</i>	Normal	Límite	Obesidad	Total
Categorías %G Siri	<i>Insuficiencia</i>	10	8	0	0	18
	Normal	10	144	10	6	170
	Límite	0	10	3	3	16
	Obesidad	0	3	3	9	15
	Total	20	165	16	18	219

Cuando se utiliza el valor de impedancia facilitado por el aparato con la ecuación de Deurenberg *et al.* (1991) se encuentran los mayores errores en las clasificaciones. Casi el 23 % de los varones sin exceso real de adiposidad son considerados como si lo tuvieran, y el 28 % de las mujeres con adiposidad normal se clasifican como límite u obesidad (tablas 37 y 38). Resulta destacable que incluso dos hombres y dos mujeres con niveles de adiposidad más bajos que los considerados normales, con la fórmula de Deurenberg *et al.* (1991) son clasificados con exceso de componente graso. Sin embargo con este método ningún varón con exceso real de grasa aparece clasificado como normal, y sólo dos mujeres se

encuentran en esa situación (lo que representa sólo el 2 % de las clasificadas como normales).

Tabla 37. Adiposidad en hombres según antropometría y BIA tetrapolar (Deurenberg)

Hombres		Categorías %G Deurenberg				
		<i>Insuficiencia</i>	Normal	Límite	Obesidad	Total
Categorías %G Siri	<i>Insuficiencia</i>	4	25	2	0	31
	Normal	0	31	30	18	79
	Límite	0	0	2	11	13
	Obesidad	0	0	0	2	2
	Total	4	56	34	31	125

Tabla 38. Adiposidad en mujeres según antropometría y BIA tetrapolar (Deurenberg)

Mujeres		Categorías %G Deurenberg				
		<i>Insuficiencia</i>	Normal	Límite	Obesidad	Total
Categorías %G Siri	<i>Insuficiencia</i>	0	15	1	1	17
	Normal	0	80	35	45	160
	Límite	0	1	2	13	16
	Obesidad	0	1	0	13	14
	Total	0	97	38	72	207

Las clasificaciones con infrarrojos tienen también errores importantes, si bien no tan altos como con Deurenberg *et al.* (1991), al menos en lo que se refiere a la sobrevaloración de obesidad (tablas 39 y 40). El 18 % de las mujeres y el 13 % de los varones se clasifican con este método con exceso de adiposidad mientras que su contenido graso entra dentro del rango normal. En cambio los errores en la detección de obesidad son mayores, ya que afecta al 7,5 % de los varones y al 8,7 % de las mujeres que realmente sí presentan un exceso de adiposidad.

Tabla 39. Adiposidad en hombres según antropometría e infrarrojos

Hombres		Categorías %G Infrarrojos				
		<i>Insuficiencia</i>	Normal	Límite	Obesidad	Total
Categorías %G Siri	<i>Insuficiencia</i>	15	12	4	1	32
	Normal	25	37	13	11	86
	Límite	0	4	2	7	13
	Obesidad	0	0	0	2	2
	Total	40	53	19	21	133

Tabla 40. Adiposidad en mujeres según antropometría e infrarrojos

Mujeres		Categorías %G Infrarrojos				
		<i>Insuficiencia</i>	Normal	Límite	Obesidad	Total
Categorías % G Siri	<i>Insuficiencia</i>	1	16	0	1	18
	Normal	7	110	25	31	173
	Límite	0	7	7	3	17
	Obesidad	0	5	1	9	15
	Total	8	138	33	44	223

Considerando la sensibilidad como la capacidad de un método para detectar un individuo con una determinada característica, con respecto al diagnóstico nutricional la sensibilidad puede entenderse como la probabilidad de clasificar correctamente a un individuo que posee valores de adiposidad por encima de los establecidos como “normales”. En este contexto, la especificidad es la capacidad del método para detectar al individuo que no presenta la característica estudiada, es decir, la probabilidad de clasificar correctamente a los individuos que tienen valores de adiposidad que no sobrepasan el punto de corte definido como “normal”. En la tabla 41 se resumen los parámetros de sensibilidad y especificidad de cada método de bioimpedancia, de la técnica de infrarrojos y del IMC, calculados a partir de las tablas de contingencia y tomando como valores de adiposidad de referencia los estimados por antropometría.

Tabla 41. Sensibilidad y especificidad del IMC y de cada método (BIA y NIRI)

	Sensibilidad (%)		Especificidad (%)	
	Varones	Mujeres	Varones	Mujeres
IMC	80	40,6	77,3	94,3
Monitor BIA	86,7	56,3	90,4	84,2
Báscula BIA	71,4	19,2	91,6	98,1
Bodystat	60	58,1	94,9	91,5
Deurenberg	100	93,3	54,5	53,7
Infrarrojos	73,3	62,5	75,4	70,2

Los valores de sensibilidad resultan mejores siempre en los varones, llama especialmente la atención la baja sensibilidad de la báscula bipolar en las mujeres. La especificidad es alta para todas las técnicas, incluido el IMC, excepto cuando se utiliza la fórmula de Deurenberg *et al.* (1991) a partir de la medida de BIA tetrapolar.

Con el perímetro de la cintura en combinación con el IMC se han obtenido unos valores de riesgo cardiovascular algo mayores que los calculados a partir del índice cintura-cadera (tablas 42 y 43), sobre todo en los hombres, en los que se alcanza un 26,3 % con riesgo ligeramente aumentado.

Tabla 42. Riesgo Cardiovascular según perímetro de la cintura e IMC (%)

Riesgo cardiovascular	Varones (138)	Mujeres (233)
Sin riesgo	71,4	89,3
Riesgo ligeramente aumentado	26,3	8,5
Riesgo aumentado	0,8	0,9
Riesgo alto	1,5	0,4
Riesgo muy alto	-	0,9

Tabla 43. Riesgo Cardiovascular según el ICC (%)

Riesgo cardiovascular	Varones (138)	Mujeres (233)
Sin riesgo	97,0	98,7
Riesgo	3,0	1,3

DISCUSIÓN

V. DISCUSIÓN

5.1. Caracterización de la muestra

Al tratarse de jóvenes estudiantes de universidades madrileñas, la procedencia es mayoritaria de la Comunidad de Madrid y de las comunidades autónomas limítrofes como las dos Castillas. Los hábitos alimentarios y de actividad física son buenos, lo que es posible relacionar con su condición de estudiantes de carreras del ámbito de las ciencias de la salud. Los resultados obtenidos en cuanto a la composición corporal reflejan un dimorfismo sexual especialmente marcado en ciertos aspectos y un estado nutricional en general muy bueno.

5.1.1. Aspectos socioeconómicos y demográficos

La proporción de mujeres en la población analizada es del 62,8 %, y se aproxima a los datos generales de matriculación en carreras de Ciencias de la Salud a nivel estatal. Un 66,7 % del alumnado que eligió estas carreras tras la prueba de acceso a la universidad en 2008 eran mujeres (INE 2009).

El hecho de que la muestra de este trabajo sea población universitaria le puede conferir una serie de características diferenciadoras de la población general de la misma edad, ya que según la información que proporciona la Encuesta de Población Activa de 2008 sobre el nivel de formación alcanzado por la población, la mayoría de las personas de 20 y más años no supera el nivel de Educación Secundaria, sólo el 24 % de la población tiene estudios superiores (exceptuando el doctorado) (INE 2009). Estas diferencias pueden hacerse patentes en diferentes

aspectos relacionados con los hábitos de vida, y especialmente por ser estudiantes de carreras de Ciencias de la Salud. Una de esas diferencias se puede ver en el nivel de estudios de los padres, ya que el porcentaje de padres y madres con estudios superiores (45 y 39 % respectivamente) es mucho más alto con respecto a la población general. El número medio de hijos por mujer también es diferente en esta muestra, ya que el número medio aquí ha sido de 2,3 hijos por mujer y la media en población general en 2008 era de 1,4 (INE 2009).

En cuanto al origen geográfico de la población, la muestra procede en gran parte de la Comunidad de Madrid (el 74 %), y añadiendo las autonomías cercanas como Castilla-La Mancha (8 %), Castilla y León (4,6 %) y Andalucía (3,1 %) se conforma el 90 %. En las procedencias de los antecesores, incluyendo de los abuelos maternos y paternos, se encuentran representadas casi todas las comunidades autónomas de la geografía nacional. Por todo ello, la muestra objeto de estudio puede considerarse como un reflejo de la población del conjunto del país.

5.1.2. Hábitos alimentarios

Con respecto a la alimentación, el consumo de frutas y verduras es muy parecido al del resto de la población española. Según la Encuesta Nacional de Salud del año 2006, que es la última publicada por el Ministerio de Sanidad, el 66,8 % de los españoles consumen diariamente fruta fresca, pero las cifras más bajas en el consumo de fruta se producen en las edades jóvenes (16 a 24 años) en ambos sexos, como las que se han obtenido en este trabajo a partir del cuestionario Kidmed. Conforme se avanza en edad el consumo diario de fruta fresca se incrementa en

ambos sexos, pero de una manera mucho más significativa en las mujeres. Las verduras y hortalizas son consumidas diariamente por el 40,6 % de los españoles, pero es superior el consumo en las mujeres (45,7 %), que en los varones (35,5 %). El consumo más bajo de verduras y hortalizas se produce en las edades de 16 a 24 años y se incrementa de una manera significativa con la edad en ambos sexos, pero con mayor intensidad en las mujeres. En los resultados del cuestionario se puede ver cómo las mujeres toman más verdura que los hombres, y que un mayor porcentaje que la población general toma una verdura al día (el 66,2 % de los varones y 76,1 % de las mujeres).

Comparando los patrones de alimentación que se pueden extraer del cuestionario Kidmed con los publicados en 2007 por la Comunidad de Madrid, derivados de varios estudios en población madrileña, se encuentran más diferencias que similitudes. Por ejemplo al igual que en esta población de universitarios, el 85 % de la población adulta de la Comunidad de Madrid toma lácteos diariamente, y el consumo es algo mayor en las mujeres. Sin embargo el consumo de frutas y verduras es mayor en la muestra de esta tesis. Los estudios de la Comunidad de Madrid se realizan mediante cuestionario de recuerdo de las últimas 24 horas, con lo que es difícil comparar los datos aquí obtenidos, además de que se realiza una separación por edades mucho más amplia.

Los resultados del estudio Enkid, para el que se diseñó el cuestionario, se presentan por grupos de edad (Serra-Majem *et al.* 2004). Se podrían comparar los resultados aquí obtenidos con los del grupo de 15 a 24 años si se valora la pequeña pero importante diferencia en el rango de edad de la muestra de esta tesis. Algunos de los puntos con más diferencias entre una muestra y otra son el mayor consumo diario de dulces en la muestra del Enkid (26 % en los varones y 24 % en las

mujeres), y menos visitas semanales a centros de comida rápida (el 11 % de los varones y el 7 % de las mujeres) que los universitarios. Estas diferencias pueden deberse a que la muestra del Enkid comienza desde los 15 años, mientras que la de los universitarios es ya mayor de edad. Como se puede ver en el mismo artículo de Serra-Majem *et al.* (2004), el consumo de dulces es mayor aún en el tramo de edad de los 2 a los 14 años (30-31 %), y el consumo de comida rápida es menor ya que no llega al 2 % en este tramo de edad (más del 10 % de los universitarios de la muestra frecuentan este tipo de locales). En general los adolescentes del estudio Enkid toman verduras, legumbres y pescado con más frecuencia que los universitarios, que consumen pasta y arroz en mayor medida. Por esto la puntuación final de los universitarios tiene más proporción de dieta de mala calidad que la del estudio Enkid, donde sólo alrededor del 5 % de los encuestados lleva una dieta de mala calidad.

Las frecuencias de consumo obtenidas constatan las diferencias en las preferencias alimentarias entre hombres y mujeres, particularmente las referidas a verduras y lácteos (Aranceta *et al.* 1995, González-Montero de Espinosa y Marrodán 1996).

5.1.3. Actividad física

En general la muestra, por su edad y por su condición de estudiantes universitarios, es una población físicamente activa. Aún así, según la clasificación realizada, la mitad de las mujeres de la muestra tienen un nivel de actividad física bajo, y la otra mitad se reparte equitativamente entre los niveles medio y alto. Sin embargo los varones en su mayoría tienen un nivel de actividad física alta.

Según el estudio AVENA (Alimentación y Valoración del Estado Nutricional de los Adolescentes) (Ortega *et al.* 2005) el estado de forma de los adolescentes españoles es peor que el de otros países y se estima que uno de cada cinco adolescentes españoles posee un nivel de condición física indicativo de riesgo cardiovascular futuro. En esta muestra también uno de cada cinco varones realiza poco ejercicio, y la proporción es mayor en las mujeres.

En general los hombres hacen más ejercicio físico que las mujeres: el 62,1 % de los hombres y el 56,2 % de las mujeres de 16 y más años realizan habitualmente algún tipo de ejercicio físico en su tiempo libre. En los hombres este hábito es más frecuente entre los 16 y 24 años, un 71,0 % de varones, frente a un 54,2 % de mujeres en este grupo de edad. En las mujeres la práctica de ejercicio es más habitual entre los 45 y 64 años (Encuesta Nacional de Salud 2006).

En el informe de 2008 de la encuesta anual que hace la Comunidad de Madrid sobre hábitos saludables en la población madrileña (Sistema de Vigilancia de Factores de Riesgo Asociados a Enfermedades No Transmisibles, SIVFRENT) se contabiliza un 81,2 % de personas que no son activas en su tiempo libre (la proporción aumenta con la edad), y las mujeres también son menos activas que los hombres. El 72 % de la población madrileña de 18 a 29 años (sin separar sexos) se considera inactiva en su tiempo libre (y el 60 % tiene un trabajo sedentario). Viendo estos datos se puede concluir que esta muestra de universitarios se encuentra en mejor forma física que la población general madrileña de la misma edad, igualmente los varones son más activos que la población general española, pero las mujeres de esta población son algo más sedentarias que la media nacional (además el dato nacional corresponde a un intervalo de edad mayor).

5.2. Análisis de la composición corporal

En cuanto a las medidas directas, se han obtenido resultados que constatan un dimorfismo sexual.

Los valores medios de peso y estatura son significativamente mayores en los varones, reflejando así el característico mayor tamaño corporal de los hombres en general en la etapa adulta.

La circunferencia de la cintura es una característica de la distribución de la grasa androide (acumulación de tejido adiposo en la zona central del cuerpo), y se puede ver cómo este valor resulta significativamente mayor en la serie masculina que en la femenina. Un mayor perímetro de la cadera, sin embargo, es reflejo de la distribución ginoide de la grasa corporal (característicamente femenina), y en esta población el valor medio es mayor en las mujeres que en los varones. Esta diferencia entre el valor medio del perímetro de la cadera no llega a ser estadísticamente significativa entre los sexos, lo que puede dejar entrever en la serie femenina un patrón de distribución de la grasa poco marcado.

Se observa que las medidas de los pliegues, indicadoras de la grasa subcutánea, es mayor en todos los puntos en las mujeres que en los varones, aunque esta diferencia no es estadísticamente significativa en el caso del pliegue subescapular.

Los distintos métodos empleados para estimar la adiposidad relativa de cada individuo han mostrado tendencias diferentes en los dos sexos.

El método antropométrico de Siri (1961) para calcular el porcentaje de grasa corporal, se ha utilizado en multitud de trabajos de contraste metodológico con tecnologías como las empleadas en esta tesis. Muchos trabajos de bioimpedancia han utilizado esta expresión para comparar el porcentaje de grasa obtenido, por ejemplo Van Loan y Mayclin (1987), Hodgdon y Fitzgerald (1987), Guo *et al.* (1987 y 1989), Chumlea *et al.* (1988), Deurenberg *et al.* (1991), Maughan (1993), Houtkooper *et al.* (1996), Martín *et al.* (2001), Casanova *et al.* (2004).

De la misma manera, otros autores han incluido la ecuación de Siri (1961) en sus estudios de validación de la interactancia de infrarrojos, como Israel *et al.* (1989), Elia *et al.* (1990), Cassady *et al.* (1993), Brooke-Wavell *et al.* (1995), Hicks *et al.* (2000).

Otros trabajos como el presente estudio han contrastado el método de la interactancia de infrarrojos y la bioimpedancia incluyendo el método antropométrico de Siri (1961), es el caso de Wilmore *et al.* (1994) y Moon *et al.* (2008), entre otros.

Una forma de comprobar que el método usado como referencia es válido, aparte de la extensa bibliografía que lo apoya, es comparar los datos de adiposidad obtenidos aquí mediante Durnin y Womersley-Siri, con los obtenidos por el método directo de la disección de cadáveres. Clarys *et al.* (1999) realizan una recopilación de todos los estudios de disecciones que se han publicado, datos de un total de 51 adultos. Los datos de adiposidad del artículo se expresan en kilogramos de grasa. Si se comparan los datos se puede ver cómo los valores medios de masa grasa son razonablemente parecidos, aunque hay que tener en cuenta que la media de edad de esos 51 adultos es de 56 y 75 años en hombres y mujeres respectivamente. Si se extraen los datos de dos individuos con una edad perteneciente al rango estudiado

aquí, la similitud es mucho mayor (tabla 44). Por tanto, es posible afirmar que el método de antropométrico que se basa en las ecuaciones de Durnin y Womersley (1974) para obtener densidad corporal y Siri (1961) para porcentaje de grasa es válido como método de referencia en esta población.

	Procedencia del dato	Masa grasa (Kg)
Mujeres	Media total estudio(Clarys <i>et al.</i> 1999)	20,8
	Individuo 22 años (Clarys <i>et al.</i> 1999)	15,7
	Muestra propia (Siri 1961)	15,7
Hombres	Media total estudio(Clarys <i>et al.</i> 1999)	13,0
	Individuo 26 años (Clarys <i>et al.</i> 1999)	8,0
	Muestra propia (Siri 1961)	11,2

Tabla 44. Estimaciones de masa grasa por método directo (Clarys *et al.* 1999) y por Siri (1961)

5.2.1. Bioimpedancia

Los trabajos en los que se confrontan varios tipos de analizadores de bioimpedancia en iguales condiciones de medida, como esta tesis, son escasos.

De los últimos años se pueden destacar cuatro estudios recientes en los que se ha comparado un aparato tetrapolar con dos regionales, uno de tren inferior y otro de tren superior. En todos se ha encontrado una gran diferencia en las estimaciones entre individuos. Los resultados indican una gran influencia del sexo y la distribución de la grasa. Lukaski y Siders (2003) utilizan como método de referencia la DEXA, y la muestra la componen 110 hombres y mujeres de 20 a 58 años. Los valores de impedancia resultan significativamente diferentes entre cada aparato y entre ambos sexos. Además, con respecto al método de referencia también difieren significativamente, y aparece una tendencia clara a la subestimación del

componente adiposo. La población de este estudio presenta valores de adiposidad relativa mucho mayores que los de esta tesis, ya que la media de porcentaje de grasa hallada con DEXA es de 37 para las mujeres y 22 para los hombres.

En el trabajo de Deurenberg y Schouten (2003) se contrastan igualmente tres aparatos de bioimpedancia, uno tetrapolar, una báscula y un monitor, y se toma como método de referencia la hidrodensitometría. La muestra esta vez la componen sólo mujeres, y con un intervalo de edad muy reducido, de los 20 a los 24 años. Se obtienen coeficientes de correlación de 0,7 para los tres aparatos, y encuentran una subestimación de la adiposidad relativa en los casos con bajos porcentajes de grasa. En esta tesis, en la que la muestra tiene en general un reducido componente graso, la tendencia ha resultado ser la misma. Además en dicho trabajo encuentran errores de predicción mayores al 5%, y sobre todo con la báscula. Ésta es otra similitud con los resultados aquí obtenidos, ya que las estimaciones de la báscula son las más alejadas del valor de referencia en comparación con las otras dos estimaciones, la del aparato tetrapolar con su propia fórmula y la del monitor.

Con una población de estudio más variada en cuanto a edad (de 18 a 84 años) destaca un trabajo de Dittmar (2004) donde se comparan otra vez estos tres aparatos. Se encuentran altas correlaciones entre las tres medidas, pero también grandes diferencias intraindividuales al estimar la adiposidad relativa con el aparato tetrapolar y cualquiera de los bipolares. Separa la muestra en tres grupos de edad, uno de ellos de 18 a 39 años. En este grupo los valores de porcentaje de grasa son muy parecidos a los de la población de esta tesis, sin embargo si se comparan las estimaciones entre los aparatos resultan ser muy diferentes. El monitor es el aparato que proporciona los valores más bajos de porcentaje de grasa en los varones y en las mujeres. En la serie femenina se obtienen unos datos muy parecidos con la báscula y

con el tetrapolar, y éste es el dispositivo que mayor valor de adiposidad relativa ofrece para la serie masculina. Dittmar explica las diferentes aproximaciones de los aparatos, especialmente los bipolares, con la distribución de la grasa. Cuando esta distribución es característicamente ginoide y se concentra gran parte en la zona glúteofemoral, los dispositivos de impedancia regional de tren inferior como las básculas de BIA tienden a sobreestimar el componente adiposo, y cuando la grasa no se concentra en esta zona la tendencia es contraria y suele darse una subestimación del contenido graso corporal. Esto ha ocurrido también en varios trabajos, como el de Xie *et al.* (1999) o el de Erselcana *et al.* (2000), ambos en mujeres postmenopáusicas en el que se comparan las estimaciones por bioimpedancia con DEXA como método de referencia. Además estos grupos de mujeres tienen unos niveles de adiposidad relativa bastante altos, en general la muestra se encuentra en sobrepeso, e incluso en el mencionado estudio de Erselcana *et al.* (2000) se incluye una submuestra de mujeres obesas.

En una investigación precedente, realizada también en universitarios (Santos *et al.* 2008) se constataron las tendencias referidas utilizando dispositivos de BIA bipolar.

Existen numerosos estudios que confrontan BIA tetrapolar con la antropometría. Ortega *et al.* (2000) estudian la composición corporal de jóvenes universitarios españoles empleando técnicas antropométricas y un analizador tetrapolar de BIA. Dichos autores reportan cierta sobreestimación del porcentaje de grasa corporal obtenido a través de BIA respecto al valorado mediante antropometría. En esta tesis, únicamente el porcentaje de grasa estimado con la fórmula propia del aparato tetrapolar Bodystat ha resultado ser menor que el obtenido con la antropometría en ambos sexos. Igualmente, Callejo (2007) obtiene

en su tesis doctoral, valores de adiposidad algo inferiores con un aparato tetrapolar Holtain que al aplicar el método antropométrico de Durnin y Womersley-Siri. También cabe citar entre los precedentes la investigación de Rivas *et al.* (2004) que con el mismo método de referencia obtienen valores de porcentaje graso prácticamente idénticos en una muestra de mujeres adultas entre 25 y 64 años, demostrando una gran concordancia entre ambos procedimientos.

En todos los estudios citados, al igual que en el realizado por Casanova *et al.* (2004) en población infantil (365 niños y niñas de 6 a 14 años), las correlaciones entre el porcentaje de grasa evaluado por bioimpedancia tetrapolar y por antropometría son elevadas. Murphy *et al.* (2004) comparan en una muestra de adultos las estimaciones por bioimpedancia con las obtenidas con 5 ecuaciones diferentes de antropometría. Resultan altos coeficientes de correlación entre BIA y las ecuaciones (de 0,70 a 0,97), pero se ponen de relieve las diferencias en las estimaciones de porcentaje de grasa según el método utilizado.

En general los dispositivos de bioimpedancia tetrapolar se suelen considerar los más fiables, ya que se ven menos afectados por la distribución de la grasa que los bipolares al evaluar simultáneamente el tren superior e inferior del cuerpo (Santos *et al.* 2008) además de minimizar el efecto de la impedancia de contacto, que depende del área de los terminales entre otros factores (Oldham 1996).

Como se ha visto, aunque en muchos trabajos el objetivo sea desarrollar ecuaciones específicas para distintas poblaciones, no siempre se consiguen buenos resultados. Difícilmente se alcanzan correlaciones mayores de 0,88 y posiblemente las limitaciones del método de bioimpedancia sean las asunciones de la técnica en sí

(forma cilíndrica y propagación de la corriente por el cuerpo humano) más que las ecuaciones utilizadas (Roubenoff 1996).

Por lo que respecta a la técnica bipolar, existen también estudios en los que se busca comprobar la validez de los dos tipos de aparatos regionales llevando a cabo un contraste metodológico con métodos de referencia estándar, como la absorciometría dual de rayos X. Se puede constatar que, al menos en adultos, las correlaciones entre las estimaciones con ambos dispositivos y el DEXA son muy altas tanto en hombres como en mujeres, resultando unos coeficientes de correlación de 0,96 y 0,97 respectivamente (Samouda *et al.* 2003).

Los dispositivos de bioimpedancia bipolar se han utilizado menos que los tetrapolares para estudios epidemiológicos. Los trabajos en los que se utiliza un dispositivo tipo monitor son aún más escasos que los que usan un analizador regional de tren inferior. Cabe reseñar los artículos de Martín *et al.* (2001), Prado y Delgado (2001) y Gartner *et al.* (2004). La población de estudio de los trabajos de Gartner *et al.* (2004) y Prado y Delgado (2001) son mujeres adultas, y ambos obtienen una subestimación del porcentaje de grasa con el monitor bipolar, al igual que ocurre en la serie femenina del presente trabajo.

Gartner compara las estimaciones del monitor Omron con las realizadas a partir de pletismografía por desplazamiento de aire en mujeres africanas de 18 a 56 años con un amplio rango de IMC. Se obtiene una subestimación del contenido adiposo por parte de la bioimpedancia frente al cálculo por densitometría y pliegues. Prado y Delgado estudian las medidas de bioimpedancia con el monitor Omron en un grupo de mujeres sin sobrepeso de 20 a 25 años, encontrando igualmente una

subestimación del componente graso por parte del dispositivo de BIA frente a la estimación antropométrica usando Durnin y Womersley (1974).

En el artículo de Martín *et al.* (2001) la muestra está compuesta por 83 hombres y 66 mujeres de 16 a 61 años con estados nutricionales distintos, y encuentran otra vez que el porcentaje de grasa obtenido con el Omron es significativamente menor que con la ecuación de Siri (1961) y densidad de Durnin y Womersley (1974) que se usa de referencia (entre otras ecuaciones) como en esta tesis.

Los estudios con básculas de impedancia bipolar son más numerosos, como se ha dicho. El tipo de báscula más utilizado en estos trabajos es de la marca Tanita. Hoy se pueden encontrar muchas marcas y modelos en los grandes almacenes que hacen que este tipo de impedanciómetro sea, aparte del más accesible para el público general, el más económico. Por ello es interesante comparar los resultados de los diferentes estudios para intentar llegar a una conclusión acerca de la validez de estos dispositivos.

Algunos trabajos se centran en comparar las diferentes estimaciones de impedancia entre aparatos regionales y aparatos tetrapolares. Por ejemplo Ritchie *et al.* (2005) encuentran una alta correlación entre las estimaciones de porcentaje de grasa con la báscula y las obtenidas con el aparato tetrapolar (0,83). Concluyen que la báscula de bioimpedancia bipolar es un dispositivo válido para el análisis de la composición corporal en personas mayores, ya que la muestra la forman adultos de 55 a 94 años.

Núñez *et al.* (1997) también probaron una báscula digital bipolar frente a un aparato tetrapolar en población adulta. En este trabajo concluyen que el uso de sistemas de bioimpedancia pierna a pierna mediante electrodos de contacto, como

las básculas, tienen un rendimiento similar en el análisis de la composición corporal al sistema convencional de electrodos en mano y pie de los aparatos clásicos tetrapolares. Además se subraya la ventaja que suponen las básculas de bioimpedancia bipolar en cuanto a la rapidez y facilidad en el procedimiento de medida.

También se han realizado estudios con básculas de impedancia en niños, como el llevado a cabo por Jartti *et al.* (2000). En él se midieron a 40 niños y niñas de 7 años y a 50 de sus padres, y se confrontaron las estimaciones de adiposidad registradas con una báscula digital y un aparato tetrapolar. Se obtienen claras diferencias en las medidas de impedancia entre los dos aparatos. En cuanto a la medida final de porcentaje de grasa, se encuentran altas correlaciones entre ambos aparatos para el grupo de las niñas (0,71), entre las madres (0,94) y entre los padres (0,80), pero no se encuentra correlación significativa entre ambos dispositivos para el grupo de los niños. Con el método gráfico de Bland y Altman se encontraron grandes diferencias intraindividuales en las estimaciones con los dos dispositivos, independientemente del grado de adiposidad. Concluyen que el uso de la báscula de bioimpedancia en niños requiere una revisión de las ecuaciones.

También se han confrontado este tipo de dispositivos de impedancia de tren inferior usando métodos de referencia recurrentes como el DEXA o la pesada hidrostática.

Se ha comprobado frente a hidrodensitometría que las estimaciones de adiposidad relativa realizadas en mujeres con báscula de bioimpedancia son muy similares a la medida de referencia, independientemente del grado de adiposidad (Utter *et al.* 1999). También en hombres adultos con distintos estados nutricionales se ha comprobado la validez del método frente a pesada hidrostática (Cable *et al.*

2001). Con DEXA como referencia se puede apreciar una tendencia a la sobreestimación del contenido adiposo, especialmente en mujeres con cierto sobrepeso, pero con errores aceptables desde un punto de vista epidemiológico (Tsui *et al.* 1998, Xie *et al.* 1999).

A diferencia de los estudios anteriormente nombrados, esta tesis ha contado con una báscula de bioimpedancia que no está especialmente diseñada para estudios epidemiológicos, y en contraste con el resto de dispositivos utilizados en este mismo trabajo, éste no se distribuye por casas comerciales especializadas, sino que está a la venta en los grandes almacenes al alcance del público general. Es interesante comparar los valores discretos aquí recogidos con los resultados, en general mejores, obtenidos en otros trabajos. En la serie femenina la subestimación del componente adiposo ha sido estadísticamente significativa, mientras que por ejemplo el otro aparato bipolar ofrece valores más parecidos a la referencia. En los varones, sin embargo, los valores han sido muy parecidos entre sí, y los dispositivos regionales, tanto de tren inferior como de tren superior han ofrecido estimaciones muy cercanas y que no difieren estadísticamente de los valores de antropometría tomados como referencia.

Si la diferencia de variaciones entre aparatos regionales se debe a la adiposidad y la distribución de la grasa propias del sexo femenino, como muchos estudios recientes han revelado (Dittmar 2004, Santos *et al.* 2008), es importante subrayar que en este caso la serie femenina aunque presenta mayores valores de adiposidad que la masculina, no se encuentra en niveles altos para la población general. Además como reflejan los resultados descriptivos, la diferencia entre sexos del valor medio del perímetro de la cadera no llega a ser estadísticamente significativa, lo que reafirma la idea de que las mujeres de esta muestra no tienen un

patrón de distribución de la grasa especialmente marcado en la zona glúteo-femoral (no es característicamente ginoide). Por esto es posible pensar que el uso de este dispositivo en personas con mayor o menor grado de sobrepeso, especialmente mujeres, probablemente conlleve un error mayor o menor en la estimación de la adiposidad relativa.

Este resultado cobra especial interés si se tiene en cuenta que en general es el sexo femenino el que con mayor proporción tiende a hacer uso de este tipo de dispositivos especialmente cuando existe algún grado de sobrepeso, tanto en su propia casa como en las clínicas de nutrición, donde la afluencia de público femenino es considerablemente superior que el masculino. Como ya se ha dicho, actualmente estos métodos de análisis de la composición corporal se están utilizando con fines clínicos, de mantenimiento de la forma física o para pérdida de peso no siempre con aparatos apropiados, ni con una interpretación de los resultados prudente y contextualizada. Igualmente, los monitores bipolares de bioimpedancia de tren superior se utilizan con frecuencia en los gimnasios, cuando los usuarios se toman las medidas en el momento en que están realizando ejercicio y sin control de la ingesta de alimentos y sobre todo de líquidos, con lo que la medida no es en ningún caso fiable.

Queda demostrado que aunque este tipo de aparatos bipolares pueden ser válidos para estudios epidemiológicos, su precisión se ve limitada para el análisis de la composición corporal a nivel individual (Xie *et al.* 1999, Santos *et al.* 2008).

Las estimaciones obtenidas utilizando la expresión de Deurenberg *et al.* (1991) han resultado ser las más altas de todos los métodos. Las correlaciones con la antropometría en ambos sexos han resultado ser las mejores, aunque los coeficientes de correlación intraclase han sido los más bajos (sólo ha sido menor el

correspondiente a la báscula de BIA en las mujeres). Como se ha dicho, esta ecuación ha sido utilizada obteniendo buenos resultados en diversos estudios recientes y especialmente los de la tesis doctoral de Callejo (2007). La población de dicha tesis es de similares características, y entre las ecuaciones de bioimpedancia con las que se obtuvieron mejores resultados, la de Deurenberg *et al.* (1991) es la más específica y la más reciente.

Esta fórmula se ha utilizado también en varios de los trabajos de validación de la técnica de bioimpedancia. Franssila-Kallunki (1992) obtiene una valoración de la composición corporal equivalente utilizando esta fórmula de Deurenberg *et al.* (1991), a la obtenida con el método analítico del agua tritiada en un estudio en población adulta. En otros trabajos esta ecuación se ha utilizado para comparar su precisión para distinto tipo de población, por ejemplo en niños (Urrejola *et al.* 2001), población juvenil (Santos *et al.* 2008) o para distintos estados nutricionales (Stolarczyk *et al.* 1997).

En cuanto a la influencia del ciclo menstrual en la medida de la bioimpedancia, en los resultados no se han obtenido diferencias significativas entre los grupos de mujeres según el momento del ciclo en el que se encuentran. Los trabajos en los que no se han encontrado diferencias significativas han sido los que más exhaustividad han tenido a la hora de controlar todo el ciclo, no sólo a nivel hormonal (Gleichauf y Roe 1989) sino por tomar las medidas durante más de un mes y con continuidad (Chumlea *et al.* 1987). Además se han utilizado en estos trabajos impedanciómetros tetrapolares de cuerpo entero, que permiten detectar de una manera más fiable los posibles cambios por retención de líquidos.

Prácticamente sólo se podrían registrar pequeños cambios de peso en la etapa premenstrual, posiblemente debidos a la retención de líquidos, pero no se reflejan en la medida de adiposidad relativa por bioimpedancia.

En la literatura se encuentran diferentes protocolos de medida con respecto al ciclo menstrual como factor influyente en la bioimpedancia. Wilmore *et al.* (1994) miden solamente durante las fases de no menstruación o 3 días antes para evitar la retención de líquidos. Prado y Delgado (2001) recomiendan medir durante la fase de ovulación al ser la medida de bioimpedancia en esa etapa la que mayor correlación mostró con la antropometría en su estudio (BIA con monitor Omron). Otros autores también han llegado a esa conclusión y miden sólo durante la ovulación, como Slinde y Rossander-Hulthen (2001), basándose para hacerlo en los resultados de Deurenberg *et al.* (1988) en el que sin embargo el control del momento del ciclo menstrual no fue tan exhaustivo como en otros estudios referidos. En el protocolo de medidas del documento de consenso del Grupo Español de Cineantropometría de la Federación Española de Medicina del Deporte (GREC-FEMEDE) se recomienda no medir bioimpedancia en la fase lútea para evitar la retención de líquidos asociada (Alvero *et al.* 2009).

5.2.2. Interactancia de infrarrojos

Los resultados muestran que la técnica de interactancia por infrarrojos sobreestima el porcentaje de grasa con respecto a la antropometría significativamente en los dos sexos, y que es el método que da los valores más altos después de la bioimpedancia tetrapolar con la ecuación específica de Deurenberg *et al.* (1991).

En muchos estudios se han encontrado resultados en los que la interactancia de infrarrojos sobreestima el contenido adiposo con respecto a distintos métodos de referencia, especialmente cuando se trata de valores de porcentaje de grasa bajos. Las medias de ambos sexos en esta población de estudio se encuentran en la mitad del rango normal según la clasificación vigente de la SEEDO que divide en “normal”, “límite” y “obesidad”, con lo que se puede considerar que la muestra en general tiene niveles bajos de adiposidad relativa. También se obtuvo esta misma tendencia en un estudio precedente con una muestra semejante a la de esta tesis (Santos *et al.* 2010). Lo mismo ocurre en muestras con un rango de edad más amplio, por ejemplo Brooke-Wavell *et al.* (1995) publicaron un estudio en 54 jóvenes y 63 personas de mediana edad, en ambos casos en hombres y mujeres, en el que observaron una tendencia de la interactancia de infrarrojos a sobreestimar porcentaje de grasa frente a antropometría cuando los valores de adiposidad relativa eran bajos, y a subestimar cuando eran valores altos. En niños y adolescentes se ha encontrado también esta tendencia, por ejemplo en el trabajo de Cassady *et al.* (1993) sobre una población de 24 chicos y 24 chicas de 10 a 17 años con niveles normales de adiposidad relativa para su edad, la interactancia de infrarrojos sobreestima significativamente el porcentaje de grasa en ambos sexos con respecto al estimado por antropometría.

McLean y Skinner (1992) compararon el método de los infrarrojos con la antropometría tomando como referencia los valores obtenidos por hidrodensitometría, y obtuvieron que la interactancia de infrarrojos sobreestima en individuos con un porcentaje de grasa inferior al 8 % y subestima cuando la adiposidad relativa es mayor al 30 %. Este resultado puede ser tenido en cuenta a la hora de utilizar este método, pero no sería prudente extrapolar estos resultados a

otros estudios y considerar estos valores de porcentaje de grasa como los límites para los que se puede considerar fiable la técnica de interactancia infrarroja, ya que en este trabajo la muestra no era muy numerosa y sin embargo el rango de edad era relativamente amplio (30 mujeres y 30 hombres de 18 a 45 años).

Con la misma técnica de referencia, Heyward *et al.* (1992B) encuentran los mismos resultados en una muestra de mujeres llegando a establecer unos valores que marcan el punto de corte de las tendencias a la subestimación o la sobreestimación del contenido adiposo. Consideran que se da una subestimación significativa en las mujeres con un 39 % de grasa o más, y que la tendencia a la sobreestimación se produce en las mujeres con un 28 % o menos de adiposidad relativa.

Esta última consideración se puede confirmar con los resultados de esta tesis, ya que las mujeres tienen una media de porcentaje de grasa de 26 y se encuentra una sobreestimación significativa del contenido adiposo.

Fogelholm y Van Marken (1997) observan también una tendencia similar haciendo una revisión de estudios de composición corporal, encuentran en todos que la interactancia de infrarrojos subestima el porcentaje de grasa cuando los valores son mayores de 25.

Estas conclusiones con respecto a los errores sistemáticos que esta técnica parece tener en los extremos del rango de cantidad de grasa corporal, se ven apoyadas en ciertos trabajos como el de Hortobágyi *et al.* (1992B), en el que se mide a un equipo de primera división de fútbol americano con interactancia de infrarrojos. Estos deportistas tienen una composición corporal con una adiposidad relativa mayor que la de otros como en la gimnasia femenina donde también se ha probado el método (Smith *et al.* 1997), y los resultados muestran una tendencia a

subestimar el porcentaje de grasa. Muchos de los trabajos con lucha grecorromana en edad infantil concluyen que la interactancia de infrarrojos sobreestima el porcentaje de grasa sobre todo en las zonas más bajas de la distribución (Clark *et al.* 1993, Oppliger *et al.* 2000, Housh *et al.* 2004). En los deportes en los que hay categorías de peso es muy importante la metodología utilizada para estimar la adiposidad corporal, ya que se puede subestimar o sobreestimar el peso mínimo de corte para las distintas categorías y competiciones.

Debido a las distintas tendencias encontradas, muchos de los autores señalan la necesidad de adaptar la técnica a distintas poblaciones, y los trabajos en los que se han desarrollado ecuaciones específicas han obtenido resultados mucho mejores, como Fornetti *et al.* (1999) para mujeres jóvenes atletas y Oppliger *et al.* (2000) para luchadores en edad escolar (ecuación incorporada en el modelo de FUTREX utilizado en esta tesis).

El análisis de correlación resulta estadísticamente muy significativo en los dos sexos ($p < 0,01$), aunque con un valor de los coeficientes no muy alto (0,505 en varones y 0,472 en mujeres). En otros trabajos con métodos de referencia diferentes las correlaciones son muy distintas. En el primer trabajo de interactancia de infrarrojos en personas, Conway y Norris (1987) comparan las estimaciones obtenidas con las calculadas a partir de dilución de deuterio, ultrasonidos y pliegues con la ecuación de Durnin y Womersley (1974). La muestra es de 53 adultos de 20 a 61 años, y pese al amplio rango de edad la correlación es significativa y con un buen valor del estadístico para todos los métodos, aunque resultando siempre menor en hombres. Brodie y Eston (1992) comparan el método de interactancia de infrarrojos con la hidrodensitometría también, pero en varias muestras de características distintas, obteniendo diferentes correlaciones, aunque siempre significativas. La

correlación más baja se corresponde con un grupo de jóvenes atletas (0,68). Comparando la técnica en mujeres con sobrepeso la correlación mejora sustancialmente (0,78), y es en un grupo de niños con normopeso donde la correlación resulta ser la más alta, llegando el valor a 0,93. Hicks *et al.* (2000) publican un trabajo en el que se consigue una alta correlación (0,86) contrastando las estimaciones con el Futrex 5000 frente a pesada hidrostática en mujeres indias americanas con un amplio intervalo de edad (de 18 a 60 años). También con grandes rangos de edad se han hecho trabajos en los que ha correlacionado muy bien la estimación por infrarrojos con técnicas como el DEXA, llegando a 0,96 en mujeres y hombres de 15 a 63 años (Rico *et al.* 1994) o con antropometría por Siri (1961) alcanzando 0,77 en hombres de 18 a 63 años (Israel *et al.* 1989).

Con la antropometría como herramienta de contraste se han visto buenas correlaciones (entre de 0,70 y 0,80) tanto en jóvenes de 10 a 17 años (Cassady *et al.* 1993) como en chicas del mismo rango de edad (Sampei *et al.* 2001).

En un estudio más reciente llevado a cabo sobre hombres militares con un intervalo de edad más parecido al de esta tesis y el método antropométrico de Siri (1961) como referencia, se obtuvo un valor de correlación más aproximado al del presente trabajo, un 0,49 (Moon *et al.* 2008).

Los coeficientes de correlación intraclase aunque son también bajos en los dos sexos (en varones 0,445 y en mujeres 0,422) se encuentran dentro de los límites de concordancia según Jiménez (1994).

En pocos trabajos de interactancia de infrarrojos se han calculado los coeficientes de correlación intraclase, pero en todos ellos se han obtenido valores cercanos a 1 comparando con distintos métodos. En los primeros trabajos de Davis el valor del coeficiente de correlación intraclase entre interactancia de infrarrojos y

pesada hidrostática es de 0,94, aunque las características de la muestra o del procedimiento no aparecen bien explicadas (Davis *et al.* 1988, Davis y Paynter 1989). En el trabajo de Nielsen *et al.* (1992) se comparan las estimaciones de adiposidad relativa por infrarrojos y por hidrodensitometría en una muestra de hombres adultos (de 28 a 53 años), y se obtiene un coeficiente de correlación intraclase de 0,9.

El sistema de gráficas de Bland y Altman (1986) refleja la sobreestimación significativa de la interactancia de infrarrojos frente a antropometría ya que la mayoría de los puntos se encuentran en la zona de valores negativos. Una mínima cantidad de puntos quedan fuera del intervalo de confianza (3 en la serie masculina y 6 en la femenina), con lo que se puede demostrar buena concordancia también con esta prueba gráfica.

En el reciente trabajo de Panotopoulos *et al.* (2001) se realiza una representación gráfica de Bland y Altman para valorar la concordancia entre el porcentaje de grasa estimado por interactancia de infrarrojos, frente a la absorciometría dual de rayos X como método de referencia, y obtienen también buenos resultados.

5.2.3. Interactancia de infrarrojos y bioimpedancia

Hay varios trabajos en los que ambas técnicas, bioimpedancia e interactancia de infrarrojos, se han visto incluidas en estudios para valorar diferentes métodos de análisis de la composición corporal. Son consideradas, por tanto, técnicas igualmente válidas que otras que se han venido usando durante años, como la hidrodensitometría, la pletismografía por desplazamiento de aire o la misma

antropometría. Por ejemplo Moon *et al.* (2008) realizan un estudio en universitarios en el que se incluyen en la metodología el análisis de bioimpedancia y la interactancia de infrarrojos, junto con muchas otras técnicas como la antropometría, la pesada hidrostática y la pletismografía por desplazamiento de aire. Moon subraya las ventajas que suponen estos dos métodos de valoración de la composición corporal frente al resto, entre otras, la seguridad de ambas técnicas ya que no son invasivas, la equipación que no tiene un precio tan elevado como la de otros métodos, y la posibilidad de tomar la medida sin necesidad de un personal muy especializado.

Las dos técnicas se han confrontado en numerosos trabajos con la absorciometría dual de rayos X, que es considerada hoy en día el “estándar de oro” en los estudios de composición corporal. Fornetti *et al.* (1999) desarrollan ecuaciones específicas para mujeres deportistas de distintas disciplinas (con una media de edad de 20 años) a partir de las medidas de bioimpedancia y de interactancia de infrarrojos, y obtienen una alta fiabilidad de las dos técnicas y muy buena correlación con el método de referencia (DEXA). Sin embargo Panotopoulos *et al.* (2001) comparan los tres métodos en una muestra de mujeres obesas y aunque obtienen muy buenos resultados para porcentaje de grasa, aparecen ciertas diferencias importantes con masa grasa y masa magra. Concluyen que los métodos de bioimpedancia y de interactancia de infrarrojos no son intercambiables con DEXA y por tanto consideran que el uso de uno sólo de los dos métodos no sería adecuado.

En el trabajo de Batterham *et al.* (2002) se comparan con DEXA las estimaciones de adiposidad relativa por interactancia de infrarrojos y con dos dispositivos de bioimpedancia, una báscula y un Bodystat tetrapolar. La muestra es de 13 hombres y 17 mujeres, todos adultos y con normopeso, y la interactancia de

infrarrojos sobreestima con respecto al método de referencia, mientras que las medidas de bioimpedancia no difieren significativamente del mismo. Se han encontrado resultados opuestos, por ejemplo con una muestra de adolescentes de 14 años las estimaciones por interactancia de infrarrojos resultan mucho más parecidas a las obtenidas con DEXA que las de bioimpedancia tetrapolar, encontrándose tendencias más variadas con esta última técnica (Lambert *et al.* 2006). Franssila-Kallunki (1992) considera que los niveles de adiposidad parecen influir más en la bioimpedancia que en la medida por interactancia de infrarrojos. En su trabajo, la autora compara ambas técnicas con el conteo de agua tritiada, y obtiene buenos resultados sobre todo en los individuos con normopeso, pero recomienda el uso de ecuaciones específicas de bioimpedancia para los casos de obesidad. En este trabajo, al igual que en esta tesis y otros, se utilizan además varias ecuaciones de bioimpedancia, y se puede constatar que la variabilidad de los resultados depende también en gran medida de las fórmulas empleadas (Morgan *et al.* 2006).

Como en el presente estudio, en muchos otros se utilizan la bioimpedancia, la interactancia de infrarrojos y la antropometría como métodos de análisis de la composición corporal epidemiológicamente válidos, ya que aunque puedan resultar menos precisos que los métodos de referencia clásicos como la hidrodensitometría o las diluciones, las ventajas de su uso compensan sobradamente el error asociado (Eaton *et al.* 1993, Clark *et al.* 1993, Keshaviah *et al.* 1994, Stout *et al.* 1994).

En general, la interactancia de infrarrojos tiende a sobreestimar el contenido de grasa corporal cuando los niveles de adiposidad son bajos, mientras que la bioimpedancia frecuentemente muestra valores de adiposidad por debajo de la referencia, especialmente cuando se trata de altos valores de grasa corporal. En la

mayoría de los trabajos, como en el presente estudio, se puede encontrar esta tendencia común en las estimaciones, aunque el aparato o la fórmula empleados en el análisis de bioimpedancia pueden introducir cierta variabilidad (en los trabajos con interactancia de infrarrojos hasta ahora siempre se ha usado un dispositivo FUTREX). Otro factor importante es la población de estudio, ya que el análisis de la composición corporal con estas técnicas se ve con frecuencia influido por el nivel de adiposidad.

En el trabajo de Wilmore *et al.* (1994) se estudia una población de 42 hombres y 58 mujeres de 18 a 61 años con distintos grados de sobrepeso. Se obtiene una subestimación del porcentaje de grasa con infrarrojos frente a bioimpedancia tetrapolar y el método de Durnin y Womersley-Siri. La bioimpedancia es considerada en este caso más precisa que la interactancia de infrarrojos para valorar composición corporal en población obesa, principalmente por la subjetividad que se añade al tener que incluir el nivel de actividad física al realizar la medida de infrarrojos. Como se ha visto en otros trabajos, aparece una tendencia a la subestimación por parte de la interactancia y de la bioimpedancia cuando los porcentajes de grasa son altos, en este caso frente a pesada hidrostática como método de referencia.

También con la hidrodensitometría como método de referencia y con una población de estudio con distintos grados de sobrepeso, hay un trabajo anterior en el que la interactancia de infrarrojos subestima sistemáticamente el contenido adiposo, y la bioimpedancia (con aparato tetrapolar) subestima el porcentaje de grasa (Elia *et al.* 1990). En este trabajo también se subraya lo subjetivo del nivel de ejercicio físico para la medida con el FUTREX.

En un estudio realizado en mujeres suecas donde también se utiliza la pesada hidrostática como método de referencia (Sohlström *et al.* 1992), se registra esa misma tendencia a la sobreestimación por parte de la interactancia de infrarrojos en las mujeres más delgadas, y a la subestimación del contenido adiposo en los casos con altos niveles de grasa corporal. En este estudio el análisis de bioimpedancia subestima el contenido adiposo en la mayoría de los casos.

Otro estudio en mujeres con hidrodensitometría como técnica estándar, muestra estimaciones significativamente menores de porcentaje de grasa con bioimpedancia tetrapolar e interactancia de infrarrojos en el grupo de mujeres obesas (Heyward *et al.* 1992A)

Tomando como muestra otro tipo de población los resultados han sido los mismos. Brodie y Eston (1992) comparan frente a hidrodensitometría las estimaciones con bioimpedancia tetrapolar y con interactancia de infrarrojos en varias submuestras de edades y forma física diferentes. En el grupo de estudiantes atléticos la interactancia sobreestima y la bioimpedancia subestima, y en un grupo de mujeres obesas ambas técnicas subestiman la adiposidad relativa con respecto a la referencia, especialmente la interactancia de infrarrojos.

Las estimaciones con bioimpedancia siempre resultan más variables, ya que, como se ha dicho, son muchos los factores que influyen en la medida. Sin embargo los errores que resultan de esta serie de interacciones se han considerado aceptables en la gran mayoría de los estudios, llegando a recomendarse y a incluirse en muchas de las revisiones sobre metodología en el análisis de la composición corporal de las últimas décadas (Malina 1987, Kuczmarski 1996, Lukaski 1996, Heyward 2001).

Dejando a un lado las diferencias entre los distintos métodos de análisis de la composición corporal, siempre que sea posible es importante contar con unos valores que se puedan considerar de referencia para establecer una comparación con los obtenidos. Hasta ahora no existen datos de referencia en población general para interactancia de infrarrojos, ya que es una técnica muy reciente y además la mayoría de los trabajos han estado enfocados a los análisis en el ámbito deportivo. Sin embargo sí existen estándares de bioimpedancia comparables con los valores aquí registrados.

En Suiza se ha llevado a cabo un estudio de composición corporal con bioimpedancia en 1838 hombres y 1555 mujeres de 15 a 64 años (Pichard *et al.* 2000). Los autores consideran que los valores resultantes del estudio son válidos como estándares de referencia europeos, ya que sólo un tercio de la muestra era de origen suizo. En este trabajo se utiliza un aparato clásico de bioimpedancia tetrapolar para estimar el componente graso corporal. Utilizan la fórmula propia del analizador modelo RJL para los individuos no obesos, y para los que tienen sobrepeso o son obesos utilizan las fórmulas específicas de Segal *et al.* (1988). Elaboran percentiles por rango de edad para masa grasa, masa magra y adiposidad relativa. En la tabla 45 se detallan los correspondientes a las estimaciones de adiposidad relativa.

Tabla 45. Percentiles de %G para población europea

Edad	n	Media	SD	Percentiles						
				5	10	25	50	75	90	95
Hombres										
15-24	368	14,5	4,3	9,4	10,4	11,9	13,7	16,1	19,3	22,5
25-34	503	16,3	4,9	10,1	10,9	12,9	15,3	18,8	24,0	26,2
35-44	489	17,8	5,8	10,3	11,7	13,5	16,4	21,4	26,9	28,7
45-54	306	19,2	6,0	11,3	12,4	14,7	17,7	24,5	28,5	29,7
55-64	172	20,9	7,2	10,3	11,7	15,2	19,1	28,4	30,7	32,0
Total	1838	17,3	5,8	10,1	11,1	13,1	15,8	20,0	27,1	28,8
Mujeres										
15-24	407	24,5	4,2	18,1	19,6	21,7	24,4	27,1	29,8	31,3
25-34	425	24,6	4,7	17,4	18,8	21,5	24,4	27,2	30,2	31,9
35-44	344	25,2	5,1	17,7	19,1	21,9	24,8	28,2	31,6	32,9
45-54	247	25,9	5,5	16,9	18,2	22,4	26,4	29,5	31,9	33,6
55-64	132	30,1	5,8	22,3	24,3	26,1	30,0	32,8	36,0	42,6
Total	1555	25,4	5,1	17,6	19,2	22,0	25,1	28,3	31,6	33,4

Fuente: Pichard *et al.* 2000.

En el informe de la conferencia sobre tecnología en el análisis de la composición corporal de 1994, patrocinado por el Instituto Nacional de Salud de Estados Unidos (NIH 1996), se recomienda que los estándares nacionales de referencia para composición corporal se elaboren a partir de los datos de bioimpedancia recabados en el último Estudio Nacional de Salud y Nutrición de Estados Unidos (NHANES III). En este estudio los aparatos tetrapolares de BIA utilizados se calibraron con fórmulas específicas para esa población desarrolladas a partir de dilución isotópica y DEXA. Los datos son de blancos y negros no hispanos, y de americanos-mexicanos de 12 a 80 años tomados entre 1988 y 1994 (n= 15912). En la tabla 46 se detallan estos datos, que aparecen en el artículo de Chumlea *et al.* (2002).

Tabla 46. Percentiles de %G para población estadounidense

Edad	Blancos no hispanos		Negros no hispanos		Origen mejicano	
	Media	SD	Media	SD	Media	SD
Hombres						
12-13,9	18,4	7,3	19,5	8,9	22,0	8,2
14-15,9	18,4	8,3	17,8	7,5	18,8	7,7
16-17,9	17,7	6,8	18,6	6,4	21,3	5,4
18-19,9	19,6	6,9	19,9	6,0	22,7	5,7
20-29,9	21,8	6,2	23,7	7,0	24,1	6,0
30-39,9	23,6	5,8	23,6	6,7	25,4	5,4
40-49,9	24,2	5,7	24,9	6,1	26,6	5,3
50-59,9	25,1	6,0	25,1	6,7	26,7	5,3
60-69,9	26,2	5,5	24,9	6,6	26,7	5,2
70-79,9	25,1	5,5	24,3	6,3	26,1	5,2
Mujeres						
12-13,9	24,8	9,7	26,9	8,8	28,6	7,6
14-15,9	29,1	6,5	30,9	8,0	31,8	6,3
16-17,9	30,7	6,9	32,6	8,5	33,3	7,1
18-19,9	30,8	7,9	33,3	8,7	33,5	6,8
20-29,9	31,0	7,5	35,5	7,5	35,8	7,0
30-39,9	33,0	8,5	38,0	7,7	38,0	7,1
40-49,9	35,4	6,9	39,4	7,0	39,9	5,5
50-59,9	37,3	7,1	40,0	7,5	39,4	5,7
60-69,9	36,9	6,9	39,8	6,9	39,4	5,7
70-79,9	35,9	6,9	38,5	6,7	37,8	6,8

Fuente: Chumlea *et al.* 2002.

La muestra de esta tesis pertenece a un rango de edad de los 18 a los 29 años. Por tanto los datos comparables son los relativos a 15-24 y 25-34 años en europeos y a 18-19,9 y 20-29,9 años en estadounidenses (en negrita en las tablas 45 y 46). Aunque ambos estándares están elaborados a partir de medidas con dispositivos tetrapolares, es interesante comparar las estimaciones de los otros aparatos de los que se ha hecho uso en el presente estudio. Para facilitar la comparación de estos estándares con lo obtenido en este trabajo con los diferentes dispositivos y ecuaciones de bioimpedancia, se recogen los datos en la tabla 47.

Tabla 47. Adiposidad relativa por BIA de esta población de estudio

Análisis de Bioimpedancia		
Hombres	Media	SD
%Grasa O	15,61	6,13
%Grasa B	15,5	5,35
%Grasa Bdst	14,55	4,61
%Grasa Deur	21,45	5,48
Mujeres		
%Grasa O	25,7	6,93
%Grasa B	20	5,1
%Grasa Bdst	25,66	5,02
%Grasa Deur	31,69	4,35

O : monitor, B : báscula, Bdst: Bodystat, Deur: Deurenberg *et al.* 1991,
NIRI: interactancia de infrarrojos

Los valores medios de la población europea son muy parecidos en hombres a los obtenidos con todos los aparatos excluyendo el tetrapolar con la fórmula de Deurenberg *et al.* (1991). En las mujeres las estimaciones con el monitor bipolar y con el tetrapolar utilizando su fórmula de serie han resultado muy parecidas a las medias correspondientes a la misma edad en la muestra europea. La medida con la báscula en las mujeres ha proporcionado valores significativamente menores, que corresponden al percentil 10 de los estándares europeos. Sólo las medidas obtenidas con Deurenberg *et al.* (1991) en ambos sexos resultan superiores a la media, encontrándose los dos en el percentil 90. Estos valores, sin embargo, son equivalentes a las medias correspondientes a población estadounidense en ese rango de edad (18-19,9 y 20-29,9), en particular a los valores de adiposidad relativa de blancos no hispanos, siendo el resto algo mayores. Esto confirma los datos que se conocen en cuanto a la prevalencia de obesidad en Estados Unidos, que además ha ido aumentando en los últimos años y de una manera inversamente proporcional al

estatus socioeconómico en el caso de los adultos (Troiano y Flegal 1998, Molarius *et al.* 2000).

5.3. Diagnóstico nutricional

Según las categorías vigentes establecidas por la OMS con respecto al IMC, el estado nutricional general de la muestra es bueno. Casi el 70 % de los varones y alrededor del 83 % de las mujeres tienen un IMC dentro de los valores de normopeso. Según los datos de la última Encuesta Nacional de Salud, el 53,4 % de la población adulta de ambos sexos presenta algún grado de sobrepeso o de obesidad. Un 45,1 % de los hombres y el 30,4 % de las mujeres mayores de 18 años tienen sobrepeso, y el 15,7 % de los hombres y el 15,4 % de las mujeres tienen obesidad. Analizando estos datos en profundidad se puede observar cómo la proporción de personas con exceso ponderal es mayor conforme aumenta la edad. En el informe del Instituto Nacional de Estadística de 2009 se recogen estos datos desglosados por grupos de edad (tabla 48).

Tabla 48. IMC en población adulta española (%)

	Edad	Insuficiencia	Normopeso	Sobrepeso	Obesidad
Hombres	18-24	2,8	69,1	22,6	5,5
	25-44	0,3	44	43,6	12,1
	45-64	0,2	26,3	52	21,4
	≥65	0,3	27,2	51,1	21,4
	Total	0,5	38,7	45,1	15,7
Mujeres	18-24	11,2	70,3	13,1	5,5
	25-44	3,2	63,4	23,2	10,2
	45-64	0,8	41,7	38,2	19,3
	≥65	1,7	28,6	43,2	26,5
	Total	3	51,2	30,4	15,4

Fuente: INE 2009.

Los valores comparables con los resultantes en esta tesis son los correspondientes al primer rango de edad (de 18 a 24 años, en negrita en la tabla 48). En la serie masculina los valores son muy parecidos a los nacionales, únicamente es algo mayor la cantidad relativa de personas con sobrepeso en detrimento de la proporción de obesos. La serie femenina de la muestra del presente estudio se encuentra en mejor estado nutricional que la población general española de la misma edad, ya que tanto los valores de insuficiencia ponderal como los de exceso de peso son menores que los datos nacionales, y es mayor la proporción de mujeres en normopeso. En cualquier caso, los extremos por exceso y por insuficiencia ponderal resultan menores en esta muestra con respecto a población general.

Hay que tener en cuenta que estos datos de la Encuesta Nacional de Salud provienen del peso y la estatura declarados por los encuestados. En el trabajo de Aranceta *et al.* (2005) sobre la prevalencia de obesidad de la población española (estudio DORICA: Dislipemia, Obesidad y Riesgo Cardiovascular) aparecen los valores procedentes de medidas de estatura y peso llevadas a cabo por expertos, y se puede ver que los datos de la población masculina son muy parecidos a los de la Encuesta Nacional de Salud (21,5 % de sobrepeso y 5,9 % de obesidad). Sin embargo los valores de prevalencia para población femenina son muy diferentes, ya que la prevalencia de sobrepeso es del 9,8 % y la de obesidad tan sólo del 2 %. Estos son datos mucho más parecidos a los correspondientes a la serie femenina de esta tesis, que son 2,2 % para obesidad y un 8,2 % de sobrepeso.

Al tratarse de una muestra de universitarios de carreras de Ciencias de la Salud, a la hora de comparar su estado nutricional con el de la población general se

espera que sea más saludable. Además se ha constatado a lo largo de muchos trabajos que existe una asociación inversa entre nivel de educación y el IMC en sociedades desarrolladas, mientras que la asociación es directa en sociedades más pobres (Nube *et al.* 1998, Molarius *et al.* 2000). En poblaciones donde la obesidad es relativamente común los individuos con mayor nivel de educación son más delgados que los de poca educación, mientras que en poblaciones con baja prevalencia de obesidad los mayores niveles de educación están asociados con altos valores del IMC. La coexistencia de sobrepeso y desnutrición en ambientes socialmente deprimidos se relaciona con la persistencia y adopción de dietas pobres en calidad e inactividad física (Armstrong *et al.* 2003).

Ya en 1989 Sobal y Stunkard hacen una revisión de la literatura sobre el estado socioeconómico y la obesidad. Muchos estudios han analizado la relación entre ambos factores en distintas poblaciones de todo el mundo, por ejemplo Hazuda *et al.* (1991) estudian esta relación en mejicanos, Dryson *et al.* (1992) en Nueva Zelanda, Millar y Stephens (1993) lo estudian en adultos canadienses, y Khan *et al.* (1997) analizan estos factores en mejicanos, cubanos y portorriqueños.

El IMC se convierte de esta forma en un indicador del nivel socioeconómico de la población, utilizado así en varias investigaciones a nivel nacional como en Ghana (Nube *et al.* 1998), en el sur de la India (Reddy 1998) o en Finlandia (Sarlio-Lähteenkorva y Lahelma 1999). El estudio MONICA de la OMS (Multinational Monitoring of Trends and Determinants in Cardiovascular Disease) realiza la comparación entre el IMC y el estatus socioeconómico en hombres y mujeres de 26 países del continente europeo, Estados Unidos y China (Molarius *et al.* 2000).

Cuando la condición nutricional de la muestra se representa en función de los criterios actuales de la SEEDO para porcentaje de grasa (tablas 27 y 28), las variaciones que se podían apreciar en los resultados descriptivos de cada método se hacen aún más evidentes.

En comparación con las clasificaciones por el IMC, en las categorías correspondientes a nivel de adiposidad normal y límite suele existir una subestimación con respecto al número de personas incluidas en normopeso y sobrepeso. Sin embargo en los extremos la tendencia es la contraria, ya que tanto la obesidad como la insuficiencia ponderal abarcan a un número considerablemente superior de personas que las mismas categorías basándose en el índice de masa corporal.

Las correlaciones obtenidas para cada método en comparación con el IMC son altas y muy significativas, como ha ocurrido en muchos otros estudios en los que se confrontan diferentes estimaciones de adiposidad relativa con este índice.

Ritchie *et al.* (2005) en una muestra de personas mayores comparan las estimaciones con báscula bipolar y con un analizador tetrapolar con el IMC, y obtienen correlaciones muy significativas con valores de 0,62 y 0,63 respectivamente. Sin embargo, cuando se comparan estimaciones con varios métodos y el IMC, muchas veces la correlación con el índice de masa corporal es menor que con otros métodos. Por ejemplo Heitmann (1990) obtiene coeficientes de correlación mayores entre el método de referencia (contenido de potasio corporal total) con el análisis de bioimpedancia que con IMC. Con respecto a la hidrodensitometría se han encontrado mejores correlaciones con suma de pliegues de grasa subcutánea que con IMC o análisis de bioimpedancia (Jackson *et al.* 1988) y al igual que en esta tesis los valores suelen ser mayores para los varones que para

las mujeres. En niños también se obtienen mejores correlaciones entre la hidrodensitometría y la suma de pliegues que con el IMC, aunque sigue existiendo correlación (Fuller *et al.* 2001). En este caso, para el índice de masa corporal y pesada hidrostática también se obtienen mayores valores para varones (0,82) que para mujeres (0,60). Sin embargo según algunos autores la correlación debería ser por lo general menor en los hombres porque participa más la masa muscular en el IMC que en las mujeres (Must *et al.* 1991).

En el trabajo de Deurenberg y Schouten (2003) en el que se comparan varios tipos de analizadores de bioimpedancia, pese a que la báscula resulta ser el dispositivo que más variaciones en las medidas presenta, la correlación de este aparato con el IMC es la mejor (0,93). Esto ocurre también en el presente estudio, ya que los coeficientes de correlación entre báscula e IMC son de 0,96 y 0,89 para hombres y mujeres respectivamente.

En estudios con interactancia de infrarrojos se han encontrado valores del coeficiente mayores que los aquí obtenidos, aunque la significación resulte siempre igual de alta. McLean y Skinner (1992) obtienen correlaciones de 0,81 para varones y 0,73 para mujeres comparando las estimaciones por infrarrojos con el índice de masa corporal. En una muestra sólo de hombres y utilizando también interactancia de infrarrojos para obtener porcentaje de grasa, se obtiene un coeficiente de correlación con el IMC de 0,72 (Sakurai *et al.* 1994).

Aunque las correlaciones siempre sean buenas se sabe que el IMC es un mal predictor de adiposidad. En estudios directos se ha visto que el IMC explica sólo un tercio de la varianza del tejido adiposo (Clarys *et al.* 1999). Según Roubenoff (1996) el IMC por sí solo explica el 55 % de la variabilidad en el porcentaje de grasa en

mujeres, y sólo el 38 % en hombres, y considera que la bioimpedancia es mejor predictora de la adiposidad corporal que el tan utilizado IMC.

Las distintas formas de obesidad (androide y ginoide) y los diferentes riesgos para la salud asociados a ellas no pueden definirse con un índice peso-estatura (Smalley *et al.* 1990). De hecho la relación entre morbilidad y mortalidad y la grasa corporal determinada por pliegues o por circunferencias es mejor que entre el IMC y la morbimortalidad (Lukaski 2001). Un IMC alto no siempre indica exceso de masa grasa, por eso son necesarias exploraciones complementarias como el análisis de la albúmina para detectar desnutrición aguda, análisis de factores de crecimiento o análisis de composición corporal con técnicas como las utilizadas en esta tesis (Martínez y Pedrón 2002).

La SEEDO, sin embargo, recomienda el uso del IMC como indicador de adiposidad corporal pero especifica que sea para estudios epidemiológicos y en población adulta entre 20 y 69 años. A la hora de llevar a cabo un estudio epidemiológico o de utilizar los datos resultantes también hay que tener en cuenta que la relación entre el IMC y la grasa corporal varía con la edad, el sexo, el componente étnico y los elementos que componen la masa libre de grasa (Sardinha y Texeira 2007). Cole *et al.* (2000 y 2007) han elaborado los estándares internacionales de IMC para chicos y chicas desde los 2 hasta los 18 años a partir de datos de diferentes países, en un intento de unificar las clasificaciones del estado nutricional adaptándolas a la variación asociada por la edad y el sexo. Así, desde su publicación, los estudios en los que se incluyen estas clasificaciones de IMC adaptadas a niños y adolescentes contribuyen a la unificación de los criterios y facilitan la comparación de resultados cualquiera que sea el origen geográfico de la

muestra (Rovillé-Sausse *et al.* 2007, Santos y Blanc 2008, Vázquez *et al.* 2008, Santos *et al.* 2009).

De todos modos, aunque se pueda disponer de datos de adiposidad relativa, es importante tener en cuenta el método que se ha utilizado, porque como se ha visto en este trabajo (tablas 29 a 40), puede haber mucha variación en las clasificaciones del estado nutricional según la técnica empleada.

Según la clasificación del nivel de adiposidad en función del porcentaje de grasa, la cantidad de personas incluidas en “límite” y en “obesidad” resulta ser más del doble si se utiliza la medida de porcentaje de grasa tomada con el aparato de infrarrojos frente a la medida obtenida mediante antropometría.

Con respecto a las técnicas de bioimpedancia, todas excepto la báscula en mujeres sobrevaloran la cantidad de individuos en obesidad, siendo especialmente alarmante la cifra resultante utilizando la ecuación de Deurenberg *et al.* (1991) (el 24,8 % de los hombres y el 34,4 % de las mujeres frente al 1,5 % y 6,7 % clasificados por antropometría, respectivamente). La báscula subestima considerablemente la cantidad de mujeres que mediante antropometría entrarían dentro de la clasificación de obesas mientras que el resto de las técnicas sobrevaloran esta categoría. Además resulta el mismo porcentaje de obesas con la báscula que mediante IMC (el 2,2 %), lo que vuelve a poner de relieve la cuestionable fiabilidad del índice de masa corporal en ciertos casos.

Viendo las tablas de contingencia resultantes de confrontar la categorización por porcentaje de grasa con Durnin y Womersley-Siri, que son los valores de referencia, con el resto de los métodos y el IMC, se puede ver más pormenorizadamente el comportamiento de cada técnica. Llama la atención la diferente clasificación en los extremos con bioimpedancia por Deurenberg *et al.*

(1991) y con infrarrojos. Para un alto porcentaje de la población de estudio ambas técnicas consideran que hay un exceso de adiposidad cuando realmente no es así.

Otro hecho destacable es la mala detección de la obesidad real por medio de la báscula en las mujeres, donde un 12 % de las que tienen un exceso de tejido adiposo aparecen categorizadas dentro de los niveles normales o incluso por debajo de los mismos. Teniendo en cuenta que este dispositivo es el más accesible para el público general, por su amplia distribución y su bajo precio, y que las mujeres con sobrepeso constituyen la mayor parte de los usuarios de estos aparatos, es muy importante tener en cuenta estos errores a la hora de utilizar este tipo de analizadores de composición corporal.

En la última década destacan dos trabajos sobre técnicas de análisis de la composición corporal en los que se realizan clasificaciones del estado nutricional basándose en estimaciones de adiposidad relativa llevadas a cabo con bioimpedancia, interactancia de infrarrojos y con el IMC (Sampei *et al.* 2001 y Laymon *et al.* 2003).

Uno de ellos tiene como población de estudio niños y niñas de 8 a 13 años que practican baloncesto (Laymon *et al.* 2003). Al igual que en el presente estudio, en este trabajo de Laymon se obtienen unas frecuencias de obesidad muy distintas según el sexo y la técnica. Para las niñas se obtiene un 8 % de obesidad según las medidas de IMC, un 23 % según bioimpedancia tetrapolar, y hasta un 59 % basándose en las estimaciones por interactancia de infrarrojos. En los niños los porcentajes de obesidad son del 35 % calculando con IMC, un 2 % según las medidas de bioimpedancia y el 68 % con interactancia de infrarrojos. En la población de esta tesis la frecuencia de obesidad con interactancia de infrarrojos también es muy alta en función de la obtenida a partir de los cálculos de IMC, pero no existe tanta

diferencia entre sexos como en el trabajo de estos niños deportistas. Laymon *et al.* (2003) explican el alto porcentaje de obesos entre los chicos de su muestra con la mayor contribución del músculo al calcular el IMC, y consideran que las medidas de bioimpedancia en muestras atléticas se acercarán más a la realidad en los varones que el IMC. En este estudio se desconoce si antes de la toma de las medidas los individuos habían hecho ejercicio o si habían ingerido líquidos o alimentos, con lo que las variaciones en las frecuencias de obesidad a partir de las medidas de bioimpedancia no pueden tenerse en cuenta.

El otro trabajo se realiza igualmente con infrarrojos y con bioimpedancia, pero esta vez se utiliza una báscula bipolar y la muestra sobre la que se realiza la clasificación del estado nutricional es de niñas de 10 y 11 años. El IMC identifica menos niñas obesas que el resto de los métodos (Sampei *et al.* 2001).

El IMC tiene poca sensibilidad en los niños ya que no detecta entre un 20 y un 50 % de los niños obesos, según los puntos de corte que se utilicen en las clasificaciones (Lohman y Going 2006), sin embargo utilizar el percentil 95 de las referencias locales de IMC puede aumentar la sensibilidad de este índice hasta un 88 % (Wang *et al.* 2006). En adolescentes también se encuentran variaciones muy amplias en la clasificación de obesidad según la medida utilizada, y sobre todo hay diferencias de sensibilidad y precisión entre sexos (Marshall *et al.* 1990).

También con bioimpedancia en adolescentes, esta vez tetrapolar, Fernández *et al.* (2007) obtienen buenos valores de sensibilidad y de especificidad en los varones (81 % y 92,2 % respectivamente), aunque menos sensibilidad en mujeres (63 %) y especificidad algo mayor (94 %).

En esta tesis se ha encontrado una alta especificidad del IMC con respecto a la antropometría especialmente para los hombres, ya que el 77 % de los individuos sin

un exceso de adiposidad son reconocidos de la misma manera por el IMC. Los que presentan un exceso de tejido adiposo y el IMC lo detecta son el 80 %, con lo que la sensibilidad muy alta. En las mujeres los valores de sensibilidad son menores, el 40 % de las que tienen un exceso de adiposidad son detectadas por el IMC. La especificidad para las mujeres es muy alta, ya que el 94 % de las que no presentan exceso de adiposidad no son clasificadas con sobrepeso ni con obesidad por el IMC. Malina y Katmarzyk (1999) en una muestra de adolescentes obtienen una alta especificidad del IMC con respecto al porcentaje de grasa calculado a partir del pliegue del tríceps, pero una sensibilidad variable. En el trabajo de Smalley *et al.* (1990) sólo la mitad de los hombres considerados obesos lo eran realmente, y para las mujeres la sensibilidad del IMC era algo mejor ya que el 60 % de las que tienen exceso de contenido graso están bien clasificadas.

Es importante tener en cuenta las posibles variaciones que se puedan traducir en diagnósticos erróneos, según se utilice un método u otro, tanto para el ámbito clínico como para el epidemiológico, ya que son valores concretos los que establecen el límite para considerar que una persona o un grupo de personas padecen ciertos riesgos o patologías (Santos *et al.* 2010).

El perímetro de la cintura se considera el mejor índice general de distribución de grasa en relación con la salud en adultos, al tener relación con la grasa corporal total, con la grasa abdominal y con la grasa visceral (Sardinha y Texeira 2007). Se ha comprobado que midiendo la grasa visceral mediante tomografía computarizada a nivel de L4-L5, ésta presenta un alto grado de correlación con el perímetro de cintura, y que esta correlación no está influida por el sexo ni por el grado de obesidad (Molarius y Seidell 1998, Martínez-Hervás *et al.* 2008).

Basándose en la gran importancia de la obesidad central por su relación directa con el riesgo metabólico y cardiovascular, la Asociación Europea para el Estudio de la Obesidad ha sugerido el uso de la circunferencia de la cintura en la práctica clínica diaria (Carmenate *et al.* 2007).

En esta tesis se han encontrado altas correlaciones y muy significativas entre el perímetro de la cintura y el porcentaje de grasa estimado por todos los métodos, lo que refuerza esta variable como indicador de adiposidad. El coeficiente de correlación es especialmente alto cuando el valor de adiposidad es estimado con la báscula de bioimpedancia, ya que es el tren inferior el que influye más en esta medida, y la corriente eléctrica también pasa por la grasa abdominal con este dispositivo. El valor más bajo del estadístico es para la estimación con interactancia de infrarrojos, tanto para hombres como para mujeres, aunque el nivel de significación es alto.

En otros estudios donde se han realizado correlaciones entre la medida de la circunferencia de la cintura y la adiposidad relativa estimada por otras técnicas como la bioimpedancia, también se han obtenido muy buenos resultados (Fernández *et al.* 2007).

Sin embargo, el análisis de correlación entre el índice cintura-cadera y las estimaciones de adiposidad en el presente estudio muestra valores del coeficiente de correlación muy bajos, y el nivel de significación también es menor en la mayoría de los casos que con el perímetro de la cintura, incluso se llegan a obtener valores no significativos para interactancia de infrarrojos y para el aparato tetrapolar en los hombres.

Se sabe que la relación entre la adiposidad abdominal y el índice cintura-cadera es menor que con la circunferencia de la cadera. Un mismo valor de ICC

puede corresponder con una considerable variabilidad de adiposidad total, y además un incremento de la adiposidad puede no reflejarse en el ICC si aumenta en igual proporción el perímetro de la cintura y de la cadera. En varios trabajos en los que se han observado estos problemas se ha demostrado que el ICC no estima igual de bien la grasa visceral como otras medidas más sencillas como el perímetro de la cintura (Pouliot *et al.* 1994). El índice cintura-cadera más que un indicador de contenido adiposo total es un indicador de distribución de grasa (Després *et al.* 2001).

En los últimos años ha ganado peso científico la medida de la circunferencia de la cintura con respecto al índice cintura-cadera, ya que, además de la probada relación con riesgo de enfermedad crónica y desorden metabólico (Lohman y Going 2006), la variabilidad de la circunferencia de la cadera es mayor en la mujer que en el varón, y la circunferencia de la cintura es más homogénea en ambos sexos (SEEDO 2000).

Aunque se recomienda el uso del perímetro de la cintura como indicador de adiposidad abdominal y por tanto de riesgo cardiovascular por encima del índice cintura-cadera, éste también se utiliza en estudios epidemiológicos. No obstante, se han llevado a cabo estudios encontrando una asociación moderada entre el ICC y las estimaciones de adiposidad con tomografía axial computarizada (Ferland *et al.* 1989).

Por ejemplo en el estudio de la SEEDO en 1997 sobre la prevalencia de obesidad en España (Aranceta *et al.* 1998) se incluye este parámetro junto con el IMC, y se ve que el 30,7 % de los varones y el 25,1 % de las mujeres con obesidad presentan valores de riesgo para el índice cintura-cadera. Se puede ver que el porcentaje de varones y de mujeres con valores de riesgo para el ICC aumenta con la

edad, de manera más perceptible a partir de los 45 años, por lo que es normal que la muestra de esta tesis presente valores tan bajos de riesgo en función del ICC (1,3 % en mujeres y 3 % en los varones).

Se ha demostrado que la mayor sensibilidad para predecir riesgo de enfermedad cardiovascular se obtiene combinando medidas de IMC y perímetro de la cintura (Zhu *et al.* 2004). En esta tesis utilizando ambos valores combinados se han obtenido bajos valores de riesgo cardiovascular, acorde con una población de estudio joven y universitaria. Existen trabajos en los que se presentan datos sobre perímetro de la cintura e IMC pero no son comparables por edad con los aquí obtenidos. Por ejemplo Martínez-Hervás *et al.* (2008) estudian en población valenciana de 20 a 70 años los factores de riesgo cardiovascular en función del perímetro de la cintura. En este trabajo se llega a la conclusión de que la presencia de síndrome metabólico definiéndolo por tres componentes (hipertensión arterial, alteraciones en el metabolismo de la glucosa y cantidad de apolipoproteína B), es más detectable por el perímetro de la cintura que por el IMC, tanto en hombres como en mujeres. En otros estudios en población infantil se ha visto que en las niñas la prevalencia de sobrepeso y obesidad calculada a partir del IMC va disminuyendo ligeramente de los 13 a los 16 años mientras que la grasa de la zona abdominal se mantiene con valores altos que pueden llegar a superar el valor de riesgo propuesto para la población adulta, y en los varones aunque con la edad el grado de sobrepeso y obesidad disminuye, la cantidad de grasa visceral aumenta (Carmenate *et al.* 2007).

En definitiva, a la hora de realizar el diagnóstico nutricional de una población siempre resulta más fiable y prudente utilizar la mayor cantidad de metodologías posibles, y siempre adecuándolas a las características particulares de la muestra y al contexto general del estudio.

CONCLUSIONES

VI. CONCLUSIONES

Los distintos métodos analíticos de composición corporal muestran diferente comportamiento tanto en varones como en mujeres. En general todas las técnicas han resultado equiparables al método antropométrico, ya que los valores de concordancia son aceptables desde un punto de vista epidemiológico. Cada dispositivo ofrece ventajas e inconvenientes que propician la elección de uno u otro en función de las características de la población y el objetivo del análisis.

Los parámetros de composición corporal estimados mediante las ecuaciones de Durnin y Womersley (1974) y de Siri (1961) en las series analizadas, muestran gran similitud con los reseñados por la literatura científica que han sido obtenidos a partir de disecciones. Con ello, se apoya fuertemente que dicho procedimiento antropométrico es válido como método de referencia en esta población.

Las estimaciones con bioimpedancia siempre resultan más variables, ya que son numerosos los factores ambientales, procedimentales y morfofisiológicos que influyen en la medida. A esto hay que añadir que, en la presente investigación, se han utilizado tres aparatos (uno tetrapolar y un monitor y una báscula bipolares) con una base técnica diferente y que, además, se ha utilizado una fórmula adicional a la propia del dispositivo tetrapolar.

El monitor de BIA bipolar ha estimado la adiposidad relativa de manera muy parecida al método antropométrico de referencia, tanto en los varones como en las mujeres. A pesar de las precauciones comunes a cualquier técnica basada en la bioimpedancia (controlar los objetos metálicos de contacto, la ingesta de comida o bebida y el ejercicio físico previo), el procedimiento de medida con este dispositivo es el más sencillo. La sensibilidad para valorar un exceso de adiposidad es muy

buena para los varones, sin embargo para las mujeres resulta menor, aunque sigue siendo mayor que la que ofrece el IMC.

La báscula de BIA muestra valores parecidos a la referencia en la serie masculina, pero subestima significativamente el contenido adiposo en las mujeres. La sensibilidad de este dispositivo es especialmente baja en las mujeres, con lo que se puede asegurar que esta báscula de bioimpedancia no resulta fiable para el diagnóstico nutricional en las mujeres con sobrepeso, que por lo general son las usuarias mayoritarias.

De acuerdo a las anteriores observaciones, se hace necesario aportar ciertas referencias de aplicabilidad, a parte de las de procedimiento, al comercializar cualquier tipo de autoanalizador de la composición corporal, especialmente en aquéllos que son accesibles fuera del ámbito científico.

Las estimaciones de porcentaje de grasa realizadas con el aparato tetrapolar son muy parecidas, en promedio, a las obtenidas con el método de referencia, tanto en hombres como en mujeres. La sensibilidad para determinar exceso de adiposidad es moderada, menor que la calculada para los aparatos bipolares, y muy parecida para varones y para mujeres.

La ecuación de BIA desarrollada por Deurenberg *et al.* (1991), aplicada al valor de impedancia que ofrece el dispositivo tetrapolar, sobreestima significativamente el porcentaje de grasa en los individuos de ambos sexos en esta muestra. Esto se refleja en el diagnóstico nutricional, pues la cantidad de individuos que han sido incluidos con este método en las categorías de sobrepeso y obesidad resulta mayor respecto a los evaluados por el método antropométrico. Por otra parte, esta técnica ha resultado la más sensible para la detección de exceso de adiposidad.

Los resultados obtenidos mediante interactancia de infrarrojos, corroboran lo descrito en la literatura científica con respecto a la tendencia de esta técnica a sobreestimar el contenido adiposo en individuos delgados o con normopeso. En consecuencia, al hacer una clasificación del estado nutricional a partir de este método, las frecuencias en las categorías de exceso ponderal son muy superiores a las calculadas con los datos de antropometría. La sensibilidad con respecto a la antropometría es moderadamente buena en los varones y en las mujeres.

Se ha constatado que el IMC es poco sensible a la hora de detectar exceso de adiposidad, especialmente en las mujeres. En los varones el monitor de BIA ha resultado tener mayor sensibilidad que el IMC, pero en las mujeres ocurre al contrario y únicamente la báscula BIA ha mostrado menor sensibilidad que el IMC, todos los demás métodos valoran mejor el exceso de grasa. No obstante, también sería necesario profundizar en los valores de adiposidad que la SEEDO considera de referencia para establecer obesidad, y estudiar la validez y precisión de estos puntos de corte para población española de edades y estados nutricionales diferentes. Partiendo del hecho de que con todos los métodos, incluido el IMC, se han obtenido valores de sensibilidad siempre mayores para los varones que para las mujeres, se puede inferir que estos puntos de corte para las mujeres se ajustan peor que para los varones.

Repasando las características de cada método con respecto a la exactitud en la valoración del contenido adiposo, la sensibilidad para establecer un diagnóstico nutricional, la mayor o menor dificultad del procedimiento y el coste, se pueden realizar una serie de recomendaciones.

El monitor Omron BF-300 resulta muy ventajoso por la facilidad y rapidez del procedimiento, la asequibilidad en cuanto al precio y la buena aproximación al

método de referencia en este intervalo de edad, tanto para varones como para mujeres. En cuanto al diagnóstico nutricional, la sensibilidad es mucho mejor para los varones, con lo que sería adecuado especialmente para ellos. En definitiva, y considerando especialmente la sencillez de uso y la suficiente exactitud de la medida, se puede considerar un método oportuno para ser utilizado a nivel individual.

La báscula de BIA Sohenle modelo Volga es la más accesible al público general ya que se puede adquirir en las grandes superficies. El procedimiento de medida es también rápido y sencillo, únicamente es necesario descalzarse. La mayor ventaja del método es su precio, pero el mayor inconveniente es la poca exactitud en la estimación del contenido adiposo corporal, así como la baja sensibilidad para valorar el estado nutricional. Como se ha dicho anteriormente, la concordancia y la sensibilidad de este método son las peores para las mujeres, así que no resulta un aparato apropiado en general, ni para las mujeres con sobrepeso en particular.

El analizador tetrapolar Bodystat 1500 presenta varios inconvenientes de procedimiento. Además de ser necesario permanecer en decúbito supino para realizar la medida, la colocación de los electrodos y la separación de las piernas son muy influyentes. Así mismo, además de los parámetros cuantitativos habituales como la edad, el peso o la estatura, es necesario incluir un valor cualitativo que se refiere al nivel de actividad física que el individuo realiza. Este dato añade un factor de subjetividad que puede condicionar en gran medida la estimación de adiposidad que se obtenga. Sin embargo, el método ha resultado ser bastante exacto en esta población, aunque por los moderados valores de sensibilidad el diagnóstico nutricional resultante debería contrastarse con otros indicadores. Este dispositivo

estaría más indicado para el ámbito profesional debido, fundamentalmente, a la mayor complejidad en el protocolo de medida y el elevado precio.

La aplicación de ecuaciones para poblaciones concretas a partir de las medidas de impedancia proporcionadas por los analizadores tetrapolares, es una manera de adaptar el método al estudio o a la muestra en concreto. En este caso, la medida obtenida al aplicar la ecuación de Deurenberg *et al.* 1991, ha resultado poco ajustada a la referencia antropométrica. La sensibilidad ha sido la mejor, con valores muy altos. Esto hace pensar que es una ecuación que resulta más adecuada para muestras con valores mayores de adiposidad, lo que correspondería con una amplitud de edad mucho mayor que la analizada y que sería equivalente al amplio rango de edad para el que se desarrolló esta fórmula.

La estimación del componente adiposo con el dispositivo de infrarrojos FUTREX 5500 A/WL tiende a sobrevalorar el contenido adiposo cuando se trata de individuos sin exceso ponderal, con lo que su uso resulta poco recomendable en población en normopeso o delgada. Aunque su coste es elevado, el gasto para el mantenimiento es mínimo. La gran ventaja que posee esta técnica es que no influye ningún factor ambiental ni fisiológico a la hora de realizar la medida, con lo que sería idóneo por ejemplo para el ámbito deportivo. Además es muy sencillo de utilizar y simplemente se requiere tener al descubierto un brazo. Sin embargo al realizar la medida es necesario incluir parámetros muy subjetivos como el nivel de ejercicio físico (al igual que ocurre con el aparato de BIA tetrapolar), con lo que la medida se puede ver influida. Además de la portabilidad del aparato, la facilidad del procedimiento lo hace un método muy propicio para estudios de campo, pero el nivel de adiposidad de las personas analizadas afecta significativamente a la medida.

Como reflexión final cabe añadir que a la hora de llevar a cabo un estudio de evaluación de la condición nutricional es muy conveniente añadir información acerca de la composición corporal. Esto es particularmente importante cuando se pretende valorar el sobrepeso y la obesidad, definidos por un exceso de grasa corporal. Ahora bien, la elección del método analítico debe adecuarse a las características particulares de la muestra, la capacitación de los investigadores y al contexto general del estudio. Como se ha descrito, la bioimpedancia y la interactancia de infrarrojos son métodos fiables, no invasivos, de material transportable y procedimiento sencillo que hacen que sean idóneos para estudios epidemiológicos e incluso clínicos si se realizan por personal capacitado para interpretar la validez de los resultados.

RESUMEN

VII. RESUMEN

Objetivo: se quiere analizar la validez de distintos métodos analíticos de composición corporal basados en la bioimpedancia y en la interactancia de infrarrojos tomando como referencia el método antropométrico de Durnin y Womersley (1974) y Siri (1961). Además se quiere valorar la utilidad de estos métodos para el diagnóstico nutricional.

Material y métodos: La muestra se compone de estudiantes universitarios (233 mujeres y 138 varones) con edades comprendidas entre los 18 y los 29 años. La estimación de la adiposidad relativa de la muestra se ha realizado mediante antropometría (Durnin y Womersley 1974, Siri 1961), bioimpedancia (monitor Omron BF-300, báscula Sohenle modelo Volga, Bodystat 1500 y Deurenberg *et al.* 1991) e interactancia de infrarrojos (FUTREX 5500 A/WL). Para el contraste metodológico se han llevado a cabo análisis de correlación (Spearman y Pearson) y de concordancia (coeficiente de correlación intraclase y Bland-Altman 1986). Se ha realizado una clasificación del estado nutricional en función de los puntos de corte para IMC y adiposidad relativa vigentes establecidos por la OMS y la SEEDO. Los hábitos alimentarios de la muestra se han valorado con el cuestionario Kidmed (Serra-Majem *et al.* 2004), el nivel de actividad física con las referencias adjuntas al dispositivo de infrarrojos, y el riesgo cardiovascular a partir del perímetro de la cintura y del índice cintura-cadera.

Resultados: los análisis de correlación entre métodos muestran valores moderados del coeficiente y altos niveles de significación. Los coeficientes de correlación

intraclase entran todos dentro del rango de concordancia, siendo los menores los correspondientes a la báscula BIA en mujeres, y los de Deurenberg *et al.* (1991) e interactancia de infrarrojos para los dos sexos. En las gráficas de Bland y Altman (1986) todos los puntos están dentro de los límites de acuerdo. La población de estudio tiene hábitos alimentarios y de actividad física saludables, un estado nutricional bueno y no presenta riesgo cardiovascular. Los valores de sensibilidad y especificidad de cada método para determinar exceso de adiposidad varían en función de la técnica empleada y del sexo. La sensibilidad es siempre mayor en los varones, y por lo general son valores aceptables exceptuando los obtenidos para la báscula de BIA en las mujeres.

Discusión y conclusiones: El procedimiento antropométrico de Durnin y Womersley (1974) y Siri (1961) ofrece valores semejantes a los reseñados en la bibliografía obtenidos con el método directo (Clarys *et al.* 1999). Los distintos métodos analíticos utilizados muestran diferente comportamiento tanto en varones como en mujeres. Las estimaciones con bioimpedancia se ven influidas por más factores. Los diferentes dispositivos presentan ciertas cualidades que los hacen adecuados a determinados ámbitos. Con el monitor bipolar se obtienen las medidas más exactas y es el más sencillo. La báscula de BIA ha resultado ser la menos fiable, especialmente para las mujeres con sobrepeso. El procedimiento de medida con el aparato de BIA tetrapolar es el más complejo y en el que aparecen más factores influyentes, con lo que sólo es recomendable en el ámbito científico. Este dispositivo proporciona la lectura de la impedancia en ohmios, lo que confiere la posibilidad de adaptar la medida a una población concreta, aunque la elección de la ecuación utilizada es fundamental. La expresión específica para sexo y edad de Deurenberg *et*

al. (1991) no resulta válida para esta población de universitarios. La interactancia de infrarrojos es una técnica de procedimiento muy sencillo y sin factores que intervengan en la medida, sin embargo las estimaciones se ven muy condicionadas por el nivel de adiposidad de la persona analizada. Se constata que el IMC es poco sensible a la hora de detectar exceso de adiposidad, especialmente en las mujeres. En los varones el monitor de BIA ha resultado tener mayor sensibilidad que el IMC, pero en las mujeres sólo la báscula de BIA ha mostrado menor sensibilidad que el IMC, todos los demás métodos valoran mejor el exceso ponderal. Con todos los métodos, incluido el IMC, se han obtenido valores de sensibilidad siempre mayores para los varones que para las mujeres. Sería necesario estudiar la validez y precisión de los puntos de corte de adiposidad establecidos por la SEEDO según edad y estado nutricional.

Esta tesis doctoral aporta información útil para la aplicación de nuevas tecnologías que actualmente se utilizan con frecuencia en el ámbito deportivo, clínico y doméstico, y proporciona una serie de recomendaciones para su correcta utilización. Además puede colaborar con los trabajos autonómicos, nacionales e internacionales de salud pública incorporando datos que definen el estado nutricional y los hábitos alimentarios y de actividad física de los estudiantes de universidades madrileñas.

Palabras clave: composición corporal, bioimpedancia, interactancia de infrarrojos, antropometría, condición nutricional.

CONCLUSIONS

VIII. CONCLUSIONS

Les différentes méthodes analytiques de composition corporelle montrent des comportements différents, tant chez les hommes que chez les femmes. Généralement toutes les techniques sont comparables à la méthode anthropométrique, puisque les valeurs d'accord sont acceptables d'un point de vue épidémiologique. Chaque dispositif offre des avantages et des inconvénients qui permettent leur choix selon des caractéristiques de la population et l'objectif de l'analyse.

Les paramètres de composition corporelle obtenus avec les équations de Durnin et Womersley (1974) et de Siri (1961) dans les séries analysées, montrent une grande similitude avec ceux de la littérature scientifique obtenus à partir des dissections. Par conséquent, on peut affirmer que cette procédure anthropométrique est valable comme méthode de référence dans cette population.

Les estimations basées sur la bio-impédance (BIA) s'avèrent toujours plus variables, puisqu'il y a de nombreux facteurs environnementaux, de procédure et morpho-physiologiques qui influencent la mesure. Il faut ajouter que dans la présente recherche, on a utilisé trois appareils (un tétrapolaire et un moniteur et une bascule bipolaires) avec une base technique différente. En plus on a appliqué une formule additionnelle à celle du dispositif tétrapolaire.

Le moniteur de BIA a estimé l'adiposité relative de manière très semblable à la méthode anthropométrique de référence, tant chez les hommes que chez les femmes. En plus des précautions communes aux méthodes basées sur la bio-impédance (contrôle des objets métalliques de contact, de l'ingestion de repas ou de boisson et de l'exercice physique préalable), la procédure de mesure avec ce

dispositif est la plus simple. La sensibilité pour évaluer un excès d'adiposité est très bonne chez les hommes, toutefois chez les femmes elle s'avère moindre, bien qu'elle soit encore meilleure que celle de l'IMC (indice de masse corporelle).

La bascule de BIA montre des valeurs semblables à la référence chez les hommes, mais sous-estime significativement le composant adipeux chez les femmes. La sensibilité de ce dispositif est spécialement basse chez les femmes, cette bascule de bio-impédance ne s'avère pas fiable pour le diagnostic nutritionnel chez les femmes avec excès pondéral, celles qui l'utilisent souvent.

A partir des observations précédentes, il faudrait ajouter certaines références d'applicabilité, en plus de celles des procédures, pour la commercialisation d'auto-analyseurs de la composition corporelle, spécialement ceux qui sont accessibles hors du domaine scientifique.

Les estimations de pourcentage de matière grasse effectuées avec l'appareil tétrapolaire sont très semblables, en moyenne, à celles obtenues avec la méthode de référence, tant chez les hommes que chez les femmes. La sensibilité pour déterminer un excès d'adiposité est modérée, mineur que celle calculée avec les appareils bipolaires, et c'est très semblable chez les hommes et chez les femmes.

L'équation de BIA développée par Deurenberg et al. (1991), appliquée à la valeur d'impédance mesurée par le dispositif tétrapolaire, surestime significativement le pourcentage de graisse chez les individus des deux sexes. Cela se reflète dans le diagnostic nutritionnel : la quantité d'individus qui ont été inclus avec cette méthode dans les catégories d'excès pondéral et d'obésité est plus grande que ceux évalués par la méthode anthropométrique. D'autre part, cette technique s'avère être la plus sensible pour la détection d'excès d'adiposité.

Les résultats obtenus à partir de l'interactance dans le proche infrarouge, renforcent la tendance de cette technique à surestimer le contenu adipeux des individus minces ou de corpulence normale décrit dans la littérature scientifique. Par conséquent, la classification de l'état nutritionnel à partir de cette méthode montre des fréquences d'excès pondéral très supérieures à celles calculées à partir de l'anthropométrie. La sensibilité est modérément bonne chez les hommes et chez les femmes.

On a constaté que l'IMC est peu sensible pour la détection d'excès d'adiposité, spécialement chez les femmes. Chez les hommes le moniteur de BIA a une plus grande sensibilité que l'IMC, mais chez les femmes uniquement la bascule BIA montre moins de sensibilité que l'IMC, toutes les autres méthodes évaluent mieux l'excès de matière grasse. Cependant, il faudrait approfondir sur les valeurs d'adiposité que la SEEDO (Société Espagnole pour l'Etude de l'Obésité) considère comme référence pour l'obésité et étudier la validité et la précision de ces repères pour la population espagnole d'âges et d'états nutritionnels différents. Toutes les méthodes, y compris l'IMC, montrent toujours des valeurs de sensibilité plus grandes chez les hommes que chez les femmes. Cela fait penser que ces repères sont pires adaptés aux femmes qu'aux hommes.

Selon les caractéristiques de chaque méthode (l'exactitude dans l'évaluation du contenu adipeux, la sensibilité pour établir un diagnostic nutritionnel, la plus grande ou plus petite difficulté de la procédure et le coût) on peut proposer une série de recommandations.

Le moniteur Omron BF-300 s'avère très avantageux dû à la facilité et à la rapidité de la procédure, l'accessibilité par rapport au prix et le bon rapprochement à la méthode de référence dans cette tranche d'âge chez les deux sexes. Par rapport

au diagnostic nutritionnel, la sensibilité est beaucoup mieux chez les hommes, donc celui-ci est spécialement adéquat pour eux. Définitivement, on peut considérer cette méthode recommandable au niveau individuel grâce à la simplicité d'utilisation et à l'exactitude acceptable de la mesure.

La bascule de BIA Sohenle modèle Volga est la plus accessible au public général puisqu'elle peut être acquise dans les grandes surfaces. La procédure de mesure est aussi rapide et simple, il faut uniquement être déchaussé. Le plus grand avantage de la méthode est son prix, mais le plus grand inconvénient est la basse exactitude de l'estimation du contenu adipeux, ainsi que la basse sensibilité pour évaluer l'état nutritionnel. Comme on l'a dit précédemment, l'accord et la sensibilité de cette méthode sont pires chez les femmes, donc ne résultent pas un appareil approprié pour eux, particulièrement pour celles qui ont un excès pondéral.

L'impédancemètre tétrapolaire Bodystat 1500 présente plusieurs inconvénients de procédure. Il faut rester en décubitus dorsal pour effectuer la mesure, en plus la position des électrodes et la séparation des jambes ont une haute influence sur la mesure. En plus des paramètres quantitatifs comme l'âge, le poids ou la stature, c'est nécessaire d'inclure une valeur qualitative relative au niveau d'activité physique de l'individu. Cette donnée ajoute un facteur de subjectivité qui peut conditionner l'estimation de l'adiposité. Toutefois, la méthode a résulté assez précise dans cet échantillon. Cependant, dû aux valeurs modérées de sensibilité, le diagnostic nutritionnel doit être contrasté avec d'autres indicateurs. A cause de la grande complexité du protocole de mesure et le grand coût des appareils, cette méthode est plus indiquée au cadre professionnel.

L'application d'équations aux populations concrètes à partir des mesures d'impédance des analyseurs tétrapolaires est un moyen d'adapter la méthode à

l'étude ou à l'échantillon concret. Dans ce cas-là, la mesure obtenue à partir de l'équation de Deurenberg et al. (1991), résulte peu proche à la référence anthropométrique. La sensibilité est la meilleure et leurs valeurs sont très hautes. Cela est une équation qui s'avère plus adéquate aux échantillons avec des valeurs d'adiposité hautes. Ces valeurs s'adaptent mieux à une tranche d'âge plus large comme celle qui a été utilisée pour développer la formule.

L'estimation du composant adipeux avec le dispositif d'infrarouge FUTREX 5500 A/WL tend à surévaluer le contenu adipeux chez les individus sans excès pondéral. Par conséquent, l'utilisation de cette méthode s'avère peu recommandable aux individus de corpulence normale. Bien que son coût d'acquisition soit élevé, les coûts de maintenance sont minimes. Le grand avantage de cette technique est l'absence d'influence de facteurs environnementaux et physiologiques au moment d'effectuer la mesure. C'est pour cela que cette méthode est très appropriée, par exemple, au cadre sportif. En plus, son usage est très simple et il faut seulement avoir un bras découvert. Toutefois, avant la mesure il faut inclure des paramètres très subjectifs comme le niveau d'exercice physique (pareil au dispositif de BIA tétrapolaire), dont la mesure peut être influencée. La portabilité de l'appareil et la facilité de la procédure font de cette méthode, une méthode très propice pour le terrain, mais le niveau d'adiposité des individus analysés affecte significativement la mesure.

Finalement il est important d'ajouter que dans les études d'évaluation de la condition nutritionnelle il est nécessaire d'inclure quelques informations sur la composition corporelle. Ceci est particulièrement important pour l'évaluation de l'excès pondéral et l'obésité, définis par un excès de masse grasse. Le choix de la méthode analytique doit s'adapter aux caractéristiques particulières de l'échantillon,

à la qualification des chercheurs et au contexte général de l'étude. Comme on l'a dit avant, l'impédance bioélectrique et l'interactance dans le proche infrarouge sont des méthodes non invasives, fiables, de matériel transportable et procédure simple. Ainsi, ils sont appropriés aux études épidémiologiques, y compris cliniques, si ceux-ci sont effectués par personnel qualifié pour l'interprétation de la validité des résultats.

RESUME

IX. RESUME

Objectif : le but de la thèse consiste à évaluer la validité de différentes méthodes d'analyse de composition corporelle basées sur l'impédance bioélectrique (BIA) et sur l'interactance dans le proche infrarouge (NIRI) avec la technique anthropométrique de Durnin et Womersley (1974) et Siri (1961) comme méthode de référence. Un autre objectif est d'évaluer l'utilité de ces méthodes pour le diagnostic de l'état nutritionnel.

Matériel et méthodes : L'échantillon est composé d'étudiants universitaires (233 femmes et 138 hommes) âgés de 18 à 29 ans. L'estimation de l'adiposité relative a été réalisée par anthropométrie (Durnin et Womersley 1974, Siri 1961), impédance bioélectrique (moniteur Omron BF-300, balance Sohenle modèle Volga, Bodystat 1500 et l'équation de Deurenberg *et al.* 1991) et interactance dans le proche infrarouge (FUTREX 5500 A/WL). Pour le contraste méthodologique, une analyse de corrélation (Spearman et Pearson) a été faite ainsi qu'une analyse d'accord (le coefficient de corrélation intra-classe et la méthode graphique de Bland-Altman 1986). Ensuite, la classification de l'état nutritionnel a été effectuée en fonction des critères selon l'IMC et l'adiposité relative établie par l'Organisation Mondiale de la Santé (OMS) et la Société Espagnole pour l'Etude de l'Obésité (SEEDO). En plus, les habitudes alimentaires ont été analysées avec le questionnaire Kidmed (Serra-Majem *et al.* 2004), le niveau d'activité physique avec les références jointes au dispositif d'infrarouges, et le risque cardiovasculaire à partir de l'indice ceinture-hanche et de l'IMC avec le périmètre de la ceinture.

Résultats : les analyses de corrélation entre les méthodes montrent des hauts niveaux de signification et des valeurs modérées pour les coefficients. Les coefficients de corrélation intra-classe se trouvent tous dans le rang d'accord. Les valeurs plus basses correspondent à la balance impédancemètre chez les femmes, et à Deurenberg *et al.* (1991) et à l'interactance dans le proche infrarouge dans les deux sexes. Les représentations graphiques de Bland et Altman (1986) montrent tous les points dans les limites d'accord. Les sujets d'études ont de bonnes habitudes alimentaires et d'activité physique, un bon état nutritionnel et ils ne présentent pas de risque cardiovasculaire. La sensibilité et la spécificité de chaque méthode pour déterminer l'excès d'adiposité varient en fonction de la technique employée et du sexe. La sensibilité est toujours plus grande chez les hommes. Généralement, les valeurs de sensibilité obtenues sont toutes acceptables, sauf la balance impédancemètre chez les femmes.

Discussion et conclusions : La méthode anthropométrique de Durnin et Womersley (1974) et Siri (1961) offre des valeurs semblables à celles prévues avec la méthode directe (Clarys *et al.* 1999). Les différentes techniques analytiques utilisées montrent des comportements différents, tant chez les hommes que chez les femmes. L'impédance bioélectrique est influencée par plus de facteurs que l'interactance dans le proche infrarouge. Les différents dispositifs présentent certaines caractéristiques qui les rendent adéquats à certains domaines. Le moniteur bipolaire offre des mesures plus précises et une plus simple utilisation. La bascule de BIA est la moins fiable, spécialement chez les femmes avec un excès pondéral. Le dispositif Bodystat est le plus complexe à utiliser et c'est la méthode qui a plus de facteurs influents. Par conséquent, c'est seulement recommandable dans le

cadre scientifique. Ce dispositif donne la mesure de l'impédance (ohms), cela permet d'adapter cette mesure à une population concrète, bien que l'élection de l'équation soit fondamentale. L'équation spécifique pour sexe et âge de Deurenberg *et al.* (1991) n'est pas valable pour cet échantillon. L'interactance dans le proche infrarouge est une technique de procédure très simple et sans facteur d'influence sur la mesure. Toutefois les estimations avec NIRI sont très conditionnées par le niveau d'adiposité du sujet analysée. On constate que l'IMC a une faible sensibilité pour la détection d'excès d'adiposité, spécialement chez les femmes. Chez les hommes le moniteur BIA a plus de sensibilité que l'IMC, par contre chez les femmes seulement la balance BIA montre moins de sensibilité que l'IMC, les autres méthodes évaluent mieux l'excès pondéral. Les valeurs de sensibilité sont toujours plus grandes chez les hommes que chez les femmes, avec toutes les méthodes et l'IMC. Il faudrait étudier la validité et la précision des repères d'adiposité établis par la SEEDO selon l'âge et l'état nutritionnel.

Cette thèse doctorale apporte des informations utiles pour l'application de nouvelles technologies qui actuellement sont utilisées habituellement dans le cadre sportif, clinique et domestique. De plus, cette thèse comprend une série de recommandations pour leur utilisation correcte. D'autre part, cette étude peut collaborer avec des enquêtes de santé publique dans le cadre local, national et international avec ces données sur l'état nutritionnel, des habitudes alimentaires et l'activité physique des universitaires à Madrid.

Mots-clés : composition corporelle, impédance bioélectrique, interactance dans le proche infrarouge, anthropométrie, état nutritionnel.

BIBLIOGRAFÍA

X. BIBLIOGRAFÍA

- ALVERO JR, CABAÑAS MD, HERRERO DE LUCAS A, MARTÍNEZ L, MORENO C, PORTA J, SILLERO M y SIRVENT JE (2009) Protocolo de valoración de la composición corporal para el reconocimiento médico-deportivo. Documento de consenso del Grupo Español de Cineantropometría de la Federación Española de Medicina del Deporte. *AMD* **26**(131): 166-179.
- ARANCETA J, FOZ M, GIL B, JOVER E, MANTILLA T, MILLÁN J, MONEREO S y MORENO B (2003) Documento de consenso: obesidad y riesgo cardiovascular. *Clin. Invest. Arterioscl.* **15**(5): 196-233.
- ARANCETA J, PÉREZ C, AMELA C, GARCÍA R y MORENO E (1995) Factores determinantes de los hábitos y preferencias alimentarias de la población adulta de la Comunidad de Madrid. Documentos Técnicos de Salud Pública nº23. Consejería de Salud, Comunidad de Madrid.
- ARANCETA J, PÉREZ-RODRIGO C, SERRA-MAJEM LL, RIBAS L, QUILES-IZQUIERDO J, VIOQUE J y FOZ M (1998) Prevalencia de la obesidad en España: estudio SEEDO'97. *Med. Clin. (Barc.)* **111**: 441-445.
- ARANCETA J, SERRA-MAJEM LL, FOZ-SALA M, MORENO B y grupo colaborativo SEEDO (2005) Prevalencia de obesidad en España. *Med. Clin. (Barc.)* **125**: 460-466.
- ARISTIMUNO GG, FOSTER TA, VOORS AW, SRINIVASAN SR, BERENSON GS (1984) Influence of persistent obesity in children on cardiovascular risk factors. The Bogalusa Heart Study. *Circulation* **69**: 895-904.
- ARMSTRONG J, DOROSTY AR, REILLY JJ, CHILD HEALTH INFORMATION TEAM y EMMETT PM (2003). Coexistence of social inequalities in undernutrition and obesity in preschool children: population based cross sectional study. *Arch. Dis. Child.* **88**(8): 671-675.

- BANDINI LG, VU DM, MUST A y DIETZ WH (1997) Body fatness and bioelectrical impedance in non-obese pre-menarcheal girls: comparison to anthropometry and evaluation of predictive equations. *Eur. J. Clin. Nutr.* **51**: 673-677.
- BATTERHAM MJ, TAPSELL LC y JENKINS AB (2002) A comparison of bioelectrical impedance and near infra-red interactance with dual energy x-ray absorptiometry for the determination of body fat. *Nutr. & Diet.* **59**: 120-126.
- BAUMGARTNER RN, CHUMLEA WC y ROCHE AF (1988) Bioelectric impedance phase angle and body composition. *Am. J. Clin. Nutr.* **48**: 16-23.
- BAUMGARTNER RN, CHUMLEA WC y ROCHE AF (1990) Bioelectric impedance for body composition. *Exerc. Sport Sci. Rev.* **18**(1): 193-224
- BEHNKE AR, FEEN BG y WELHAM WC (1942) The specific gravity of healthy men. *J. Am. Med. Assoc.* **118**: 495-498.
- BELLOCCO R, JIA C, YE W y LAGERROS YT (2010) Effects of physical activity, body mass index, waist-to-hip ratio and waist circumference on total mortality risk in the Swedish National March Cohort. *Eur. J. Epidemiol.* Online First, 21 August 2010.
- BJÖRNTORP P (1990) "Portal" adipose tissue as a generator of risk factors for cardiovascular disease and diabetes. *Arteriosclerosis* **10**(4): 493-496.
- BLAND JM y ALTMAN DG (1986). Statistical methods for assessing agreement between two methods of clinical measurement. *Lancet* **1**: 307-310.
- BOILEAU RA, WILMORE JH, LOHMAN TG, SLAUGHTER MH y RINER WF (1981) Estimation of body density from skinfold thicknesses, body circumferences and skeletal widths in boys aged 8 to 11 years: comparison of two samples. *Hum. Biol.* **53**: 575-592.
- BRAY G, BOUCHARD C y JAMES WPT (1998) Definitions and proposed current classifications of obesity. En: *Handbook of obesity*. Eds. Bray G, Bouchard C, James WPT. Marcek Dekker, Nueva York. pp. 31-40.

- BRODIE DA y ESTON RG (1992) Body fat estimations by electrical impedance and infra-red interactance. *Int. J. Sports Med.* **13**: 319-325.
- BROOKE-WAVELL K, JONES PRM, NORGAN NG y HARDMAN AE (1995) Evaluation of near infra-red interactance for assessment of subcutaneous and total body fat. *Eur. J. Clin. Nutr.* **49**(1): 57-65.
- BROZEK J, GRANDE F, ANDERSON JT y KEYS A (1963) Densitometric analysis of body composition: revision of some quantitative assumptions. *Ann. N. Y. Acad. Sci.* **110**: 113-140.
- BUNC V (2001) Prediction equations for the determination of body composition in children using bioimpedance analysis. En: *Body composition assessment in children and adolescents*. Eds. Jurimae T, Hills AV. *Med. Sport. Sci.* **44**: 46-52.
- BUNC V (2009) Body composition determined by bioimpedance method in children and use for overweight and obesity assessment. *Biom. Hum. et Anthropol.* **27**(1-2): 29-35.
- BUNC V, STILEC M, MORAVCOVÁ J y MATOUS M (2003) Body composition determination by whole body bioimpedance measurement in women seniors. *Biom. Hum. et Anthropol.* **21**(1-2): 1-5.
- CABLE A, NIEMAN DC, AUSTIN M, HOGEN E y UTTER AC (2001) Validity of leg-to-leg bioelectrical impedance measurement in males. *J. Sports Med. Phys. Fitness* **41**(3): 411-414.
- CALLEJO ML (2007) Comparación metodológica del análisis de la composición corporal: antropometría, bioimpedancia y excreción de creatinina. Tesis doctoral. Universidad Complutense de Madrid, Madrid.
- CALLEJO ML, MESA MS, PACHECO JL, GONZÁLEZ-MONTERO DE ESPINOSA M y MARRODÁN MD (2003) Estudio comparativo de la composición corporal mediante técnicas de antropometría y bioimpedancia. En: *Antropología y Biodiversidad*. Eds. Aluja MP, Malgosa A y Nogues R. Bellaterra, Barcelona. pp. 362-371.

- CARMENATE MM, MARRODÁN MD, MESA MS, GONZÁLEZ-MONTERO DE ESPINOSA M y ALBA JA (2007) Obesidad y circunferencia de la cintura en adolescentes madrileños. *Rev. Cub. Sal. Pub.* **33**(3).
- CARTER J (1982) Body composition of Montreal Olympic athletes. En: *Physical structure of Olympic athletes Part I The Montreal Olympic Games Anthropological Project*. Ed. Carter J. Karger, Basel. pp. 107-116.
- CASANOVA M, RODRÍGUEZ I, RICO S y CASANOVA BELLIDO M (2004) Análisis de la composición corporal por parámetros antropométricos y bioeléctricos. *An. Pediatr. (Barc.)* **61**(1): 23-31.
- CASSADY SL, NIELSEN DH, JANZ KF, WU YT, COOK JS y HANSEN JR (1993) Validity of near infrared body composition analysis in children and adolescents. *Med. Sci. Sports Exerc.* **25**(10): 1185-1191.
- CATON JR, MOLE PA, ADAMS WC y HEUSTIS DS (1988) Body composition analysis by bioelectrical impedance: effect of skin temperature. *Med. Sci. Sports Exerc.* **20**: 489-491.
- Centers for Disease Control and Prevention, CDC (1998) Hyperthermia and dehydration-related deaths associated with intentional rapid weight loss in three collegiate wrestlers-North Carolina, Wisconsin and Michigan, November-December 1997. *Morb. Mortal. Wkly. Rep.* **47**: 105-108.
- Centers for Disease Control and Prevention, CDC (2010) About the National Health and Nutrition Examination Survey. Survey Contents 1999-2010. http://www.cdc.gov/nchs/nhanes/about_nhanes.htm
- CHUMLEA WC, BAUMGARTNER RN y ROCHE AF (1988) Specific resistivity used to estimate fat-free mass from segmental body measures of bioelectric impedance. *Am. J. Clin. Nutr.* **48**: 7-15.
- CHUMLEA WC, GUO SS, KUCZMARSKI RJ, FLOEGAL KM, JOHNSON CL, HEYMSFIELD SB, LUKASKI HC, FRIEDL K y HUBBARD VS (2002) Body composition estimates from NHANES III bioelectrical impedance data. *Int. J. Obes.* **26**: 1596-1609.

- CHUMLEA WC, ROCHE AF, GUO SS y WOYNAROWSKA B (1987) The influence of physiologic variables and oral contraceptives on bioelectric impedance. *Hum. Biol.* **59**(2): 257-269.
- CLARK RR, KUTA JM, SULLIVAN JC, BEDFORD WM, PENNER JD y STUDESVILLE EA (1993) A comparison of methods to predict minimal weight in high school wrestlers. *Med. Sci. Sports Exerc.* **25**(1): 151-158.
- CLARYS JP, MARTIN AD y DRINKWATER DT (1984) Gross tissue masses in adult humans: data from 25 dissections. *Hum. Biol.* **56**(3): 459-473.
- CLARYS JP, MARTIN AD, MARFELL-JONES MJ, JANSSENS V, CABOOR D y DRINKWATER DT (1999) Human Body Composition: A Review of Adult Dissection Data. *Am. J. Hum. Biol.* **11**: 167-174.
- CLARYS JP, PROVYN S y MARFELL-JONES MJ (2005) Cadaver studies and their impact on the understanding of human adiposity. *Ergonomics* **48**(11-14): 1445-1461.
- COHEN C (1973) Variations in body potassium in humans. *Hum. Biol.* **45**: 553-556.
- COLE TJ, BELLIZZI KM y DIETZ WH (2000) Establishing a standard definition for child overweight and obesity worldwide: international survey. *BMJ* **320**: 1240-1247.
- COLE TJ, FLEGAL KM, NICHOLLS D y JACKSON AA (2007) Body mass index cut offs to define thinness in children and adolescents: international survey. *BMJ* **335**: 194-202.
- CONWAY JM y NORRIS KH (1987) Non invasive body composition in humans by near infrared interactance. En: *In vivo body composition studies*. Eds. Ellis KJ, Yasumura S y Morgan WD. The Institute of Physical Sciences in Medicine, London. pp. 163-170.
- CONWAY JM, NORRIS KH y BODWELL CE (1984) A new approach for the estimation of body composition: infrared interactance. *Am. J. Clin. Nutr.* **40**: 1123-1130.

- CORDAIN L, WHICKER RE y JOHNSON JE (1988) Body composition determination in children using bioelectrical impedance. *Growth Develop. Aging* **52**: 37-40.
- DADLANI AG, CHANDWANI S, DESAI CA y PANDYA KD (1982) Serum electrolytes during various phases of menstrual cycle. *Indian J. Physiol. Pharmacol.* **26**: 302-306.
- DALVIT PS (1982) The effect of the menstrual cycle on patterns of food intake. *Am. J. Clin. Nutr.* **34**: 1811-1815.
- DAVIS PO y PAYNTER L (1989) Evaluation of a commercial near-infrared instrument for body composition analysis. *Technical note*. Human Performance Center, Arlington, VA.
- DAVIS PO, DOTSON CO y MANNY PD (1988) NIR evaluation for body composition analysis. *Med. Sci. Sports Exerc.* **20**: S8.
- DE LORENZO A, SORGE SP, IACOPINO L, ANDREOLI A, PETRONE DE LUCA P y SASSO GF (1998) Fat-free mass by bioelectrical impedance vs dual-energy X-ray absorptiometry (DXA). *Appl. Radiat. Isot.* **49** (5-6): 739-741.
- DEMARINI S y DONNELLY MM (1994) Near-infrared interactance (NIR): a new non-invasive technique to estimate subcutaneous body fat in newborns. *Neonatal Intensive Care* **7**(5): 28-30.
- DEMURA S, YAMAJI S, GOSHI F y NAGASAWA Y (2002) The influence of transient change of total body water on relative body fats based on three bioelectrical impedance analyses methods. Comparison between before and after exercise with sweat loss, and after drinking. *J. Sports Med. Phys. Fitness* **42**(1): 38-44.
- DESPRÉS JP, LEMIEUX I y PRUD'HOMME D (2001) Treatment of obesity: need to focus on high risk abdominally obese patients. *BMJ* **322**: 716-720.
- DEURENBERG P y SCHOUTEN FJM (2003) Comparison of estimated percentage body fat from foot-to-hand, foot-to-foot and hand-to-hand bioimpedance analysis with densitometry in young females. *Int. J. Body Compos. Res.* **1**(1): 31-35.

- DEURENBERG P, PIETERS JJ y HAUTVAST JG (1990A) The assessment of the body fat percentage by skinfold thickness measurements in childhood and young adolescence. *Br. J. Nutr.* **63**: 293-303.
- DEURENBERG P, SMITH HE y KUSTERS SL (1989) Is the bioelectrical impedance method suitable for epidemiological field studies? *Eur. J. Clin. Nutr.* **43**: 647-654.
- DEURENBERG P, VAN DER KOOIJ K, EVERS P y HULSHOF T (1990B) Assessment of body composition by bioelectrical impedance in a population aged greater than 60 y. *Am. J. Clin. Nutr.* **51**(1): 3-6.
- DEURENBERG P, VAN DER KOOY K, LEENEN R, WESTSTRATE JA y SEIDELL JC (1991) Sex and age specific prediction formulas for estimating body composition from bioelectrical impedance: a cross-validation study. *Int. J. Obes.* **15**(1): 17-25.
- DEURENBERG P, WESTSTRATE JA, PAYMANS I y VAN DER KOOY K (1988) Factors affecting bioelectrical impedance measurements in humans. *Eur. J. Clin. Nutr.* **42**(12): 1017-1022.
- DEYO RA, DIEHR PD y PATRICK DL (1991) Reproducibility and responsiveness of health status measures. Statistics and strategies for evaluation. *Controll. Clin. Trials* **12**(Supl): 142S-158S.
- DITTMAR M (2003) Reliability and variability of bioimpedance measures in normal adults: effects of age, gender, and body mass. *Am. J. Phys. Anthr.* **122**(4): 361-370.
- DITTMAR M (2004) Comparison of bipolar and tetrapolar impedance techniques for assessing fat mass. *Am. J. Hum. Biol.* **16**: 593-597.
- DOTSON CO, DAVIS PO y WHITCOMB AA (1988) The estimation of body composition in preadolescent and adolescent children by near-infrared (NIR) photospectrometry. *American Alliance for Health, Physical Education, Recreation and Dance (AAHPERD)*. Reston, VA.

- DRYSON E, METCALF P, BAKER J y SCRAGG R (1992) The relationship between body mass index and socioeconomic status in New Zealand: ethnic and occupational factors. *N. Z. Med. J.* **105**: 233-235.
- DURNIN J y WOMERSLEY J (1974) Body fat assessed from total body density and its estimation from skinfold thicknesses. Measurements on 481 men and women aged 16 to 72 years. *Br. J. Nutr.* **32** : 77-97.
- DURNIN JVGA y RAHAMAN MM (1967) The assessment of the amount of fat in the human body from measurements of skinfold thickness. *Br. J. Nutr.* **21**: 681-689.
- EATON AW, ISRAEL RG, O'BRIEN KF, HORTOBAGYI T y McCAMMON MR (1993) Comparison of four methods to assess body composition in women. *Eur. J. Clin. Nutr.* **47**: 353-360.
- ELIA M, PARKINSON SA y DIAZ E (1990) Evaluation of near infra-red interactance as a method for predicting body composition. *Eur. J. Clin. Nutr.* **44**(2): 113-121.
- ELLIS KJ (2000) Human Body Composition: In Vivo Methods. *Physiol. Rev.* **80**: 649-680.
- ELSEN R, SIU ML, PINEDA O y SOLOMONS NW (1987) Sources of variability in bioelectrical impedance determinations in adults. En: *In vivo body composition studies*. Eds. Ellis KJ, Yasumura S y Morgan WD. The Institute of Physical Sciences in Medicine, London. pp. 184-188.
- ERSELCANA T, CANDANB F, SARUHANC S y AYCAC T (2000) Comparison of Body Composition Analysis Methods in Clinical Routine. *Ann. Nutr. Metabol.* **44**: 243-248.
- FAULKNER J (1968) Physiology of swimming and diving. En: *Exercise Physiology*. Ed. Falls H. Academic Press, Baltimore.
- FERLAND M, DESPRÉS JP, TREMBLAY A, PINAULT S, NADEAU A, MOORJANI S, LUPIEN PJ, THÉRIAULT G y BOUCHARD C (1989) Assessment of adipose tissue distribution by computed axial tomography in obese women : association with body density and anthropometric measurements. *Br. J. Nutr.* **61**: 139-148.

- FERNÁNDEZ RA, ROSA CSC, BUONANI C, DE OLIVEIRA AR y FREITAS IF (2007) The use of bioelectrical impedance to detect excess visceral and subcutaneous fat. *J. Pediatr. (Rio J.)* **83**(6): 529-534.
- FLEISS JL (1986) Reliability of Measurement. En: *The Design and Analysis of Clinical Experiments*. Ed. Fleiss JL. Wiley, Toronto. pp. 1-32.
- FOGELHOLM M y VAN MARKEN W (1997) Comparison of body composition methods: a literature analysis. *Eur. J. Clin. Nutr.* **51**: 495-503.
- FOGELHOLM M, SIEVÄNEN H, KUKKONEN-HARJULA K, OJA P y VOURI I (1993) Effects of meal and its electrolytes on bioelectrical impedance. En: *Human body composition*. Eds. Ellis KJ, Eastman JD. Plenum Press, New York. pp. 331-332.
- FOLSOM AR, PRINEAS RJ, KAYE SA y SOLER JT (1989) Body fat distribution and self-reported prevalence of hypertension, heart attack and another heart disease in older women. *Int. J. Epidemiol.* **18**: 361-367.
- FORNETTI WC, PIVARNIK JM, FOLEY JM y FIECHTNER JJ (1999) Reliability and validity of body composition measures in female athletes. *J. Appl. Physiol.* **87**: 1114-1122.
- FRANSSILA-KALLUNKI A (1992) Comparison of near-infrared light spectroscopy, bioelectrical impedance and tritiated water techniques for the measurement of fat-free mass in humans. *Scand. J. Clin. Lab. Invest.* **52** (8): 879-885.
- FRISANCHO AR (1990) Anthropometric Standards for the Assessment of Growth and Nutritional Status. The University of Michigan Press, Michigan.
- FULLER NJ, DEWITT O y WELLS JCK (2001) The potential of near infra-red interactance for predicting body composition in children. *Eur. J. Clin. Nutr.* **55**: 967-972.
- FULLER NJ, JEBB SA, GOLDBERG GR, PULLICINO E, ADAMS C, COLE TJ, ELIA M (1991) Inter-observer variability in the measurement of body composition. *Eur. J. Clin. Nutr.* **45**(1): 43-49.

- GARBY L, LAMMERT O y NIELSEN E (1990) Negligible effects of previous moderate physical activity and changes in environmental temperature on whole body electrical impedance. *Eur. J. Clin. Nutr.* **44**(7): 545-546.
- GARCÍA P (2008) *El legado de Hipocrates: los grandes temas de la medicina*. Espasa D.L., Madrid. 468 pp.
- GARTNER A, DIOUM A, DELPEUCH F, MAIRE B y SCHUTZ Y (2004) Use of hand-to-hand impedancemetry to predict body composition of African women as measured by air displacement plethysmography. *Eur. J. Clin. Nutr.* **58**: 523-531.
- GLEICHAUF CN y ROE DA (1989) The menstrual cycle's effect on the reliability of bioimpedance measurements for assessing body composition. *Am. J. Clin. Nutr.* **50**: 903-907.
- GOING S, NICHOLS J, LOFTIN M, STEWART D, LOHMAN T, TUURI G, RING K, PICKREL J, BLEW R y STEVENS J (2006) Validation of bioelectrical impedance analysis (BIA) for estimation of body composition in Black, White and Hispanic adolescent girls. *Int. J. Body Compos. Res.* **4**(4): 161-167.
- GONZÁLEZ-MONTERO DE ESPINOSA M y MARRODÁN MD (1996) Contribución de las encuestas alimentarias al análisis de la nutrición en España: una revisión bibliográfica. *Rev. Esp. Antrop. Biol.* **17**: 49-62.
- GUO SM, ROCHE AF Y HOUTKOOOPER L (1989) Fat-free mass in children and young adults predicted from bioelectric impedance and anthropometric variables. *Am. J. Clin. Nutr.* **50**: 435-443.
- GUO SS, ROCHE AF, CHUMLEA WC, MILES DS y POHLMAN RL (1987) Body composition prediction from impedance. *Hum. Biol.* **59**(2): 221-235.
- GUZMAN MJ, ELSER R, PADILLA A, SOLOMONS NW, WHALEN C, SIU ML *et al.* (1987) Body composition determinations by bioelectrical impedance in olympic-class athletes at he Third Central American games. En: *In Vivo Body Composition Studies*, Eds. ELLIS KJ, YASAMURA S y MORGAN WD, The Institute of Physical Sciences in Medicine, London. pp. 108-113.

- HAZUDA HP, MITCHELL BD, HAFFNER SM y STERN MP (1991) Obesity in Mexican American subgroups: findings from the San Antonio Heart Study. *Am. J. Clin. Nutr.* **53**: 1529S-1534S.
- HEITMANN BL (1990) Evaluation of body fat estimated from body mass index, skinfolds and impedance. A comparative study. *Eur. J. Clin. Nutr.* **44**: 831-837.
- HETZLER RK, KIMURA IF, KARIN HAINES K, LABOTZ M y SMITH J (2006) A comparison of bioelectrical impedance and skinfold measurements in determining minimum wrestling weights in high school wrestlers. *J. Athl. Train.* **41**(1): 46-51.
- HEYMSFIELD SB, NUÑEZ C, TESTOLIN C y GALLAGHER D (2000) Anthropometry and methods of body composition measurement for research and field application in the elderly. *Eur. J. Clin. Nutr.* **54**(3): S26-S32.
- HEYWARD V (2001) ASEP methods recommendation: body composition assessment. *J. Exerc. Physiol.* **4**: 1-12.
- HEYWARD VH, COOK KL, HICKS VL, JENKINS KA, QUATROCHI JA y WILSON WL (1992A) Predictive accuracy of three field methods for estimating relative body fatness of nonobese and obese women. *Int. J. Sport Nutr.* **2**(1): 75-86.
- HEYWARD VH, JENKINS KA, COOK KL, HICKS VL, QUATROCHI JA, WILSON WL y GOING SB (1992B) Validity of single-site and multi-site models for estimating body composition of women using near-infrared interactance. *Am. J. Hum. Biol.* **4**(5): 579-593.
- HICKS VL, STOLARCZYK LM, HEYWARD VH y BAUMGARTNER RN (2000) Validation of near-infrared interactance and skinfold methods for estimating body composition of American Indian women. *Med. Sci. Sports Exerc.* **32**(3): 531-539.
- HIMES L (1991) *Considering frame size in nutritional assessment anthropometric. Assessment of nutritional status.* Wiley-Liss, New York. 150 pp.
- HINNEY A, VOGEL CI y HEBEBRAND J (2010) From monogenic to polygenic obesity: recent advances. *Eur. Child. Adolesc. Psychiatry* **19**: 297-310.

- HODGDON JA y FITZGERALD PI (1987) Validity of impedance predictions at various levels of fatness. *Hum. Biol.* **59**(2): 281-298.
- HOFFER EC, MEADOR CK y SIMPSON DC (1969) Correlation of whole body impedance with total body water. *J. App. Physiol.* **27**: 531-534.
- HORTOBÁGYI T, ISRAEL RG, HOUMARD JA, McCAMMON MR y O'BRIEN (1992A) Comparison of body composition assessment by hydrodensitometry, skinfolds, and multiple site near-infrared spectrophotometry. *Eur. J. Clin. Nutr.* **46**(3): 205-11.
- HORTOBÁGYI T, ISRAEL RG, HOUMARD JA, O'BRIEN KF, JOHNS RA y WELLS JM (1992B) Comparison of four methods to assess body composition in black and white athletes. *Int. J. Sport Nutr.* **2**(1): 60-74.
- HOUSH TJ, JOHNSON GO, HOUSH DJ, CRAMER JT, ECKERSON JM, STOUT JR, BULL AJ y RANA SR (2004) Accuracy of near-infrared interactance instruments and population-specific equations for estimating body composition in young wrestlers. *J. Strength Cond. Res.* **18**(3): 556-560.
- HOUTKOOPEL LB, GOING SB, LOHMAN TG, ROCHE AF y VAN LOAN M (1992) Bioelectrical impedance estimation of fat-free body mass in children and youth: a cross-validation study. *J. Appl. Physiol.* **72**: 366-373.
- HOUTKOOPEL LB, LOHMAN TG, GOING SB, HOWELL WH (1996) Why bioelectrical impedance analysis should be used for estimating adiposity. *Am. J. Clin. Nutr.* **64**(3): 436S-448S.
- Instituto Nacional de Estadística, INE (2009) Mujeres y hombres en España 2009. INE, Madrid. 90 pp.
- ISRAEL RG, HOUMARD JA, O'BRIEN KF, MCCAMMON MR, ZAMORA BS y EATON AW (1989) Validity of a near-infrared spectrophotometry device for estimating human body composition. *Res. Q. Exerc. Sport* **60**(4): 379-83.
- JACKSON AS y POLLOCK ML (1978) Generalized equations for predicting body density of men. *Br. J. Nutr.* **40**: 497-504.

- JACKSON AS, POLLOCK ML y WARD A (1980) Generalized equations for predicting body density of women. *Med. Sci. Sports Exerc.* **12**: 175-182.
- JACKSON AS, POLLOCK ML, GRAVES JE y MAHAR MT (1988) Reliability and validity of bioelectrical impedance in determining body composition. *J. Appl. Physiol.* **64** (2): 529-534.
- JANOWSKY DS, BERENS SC y DAVIS JM (1973) Correlations between mood, weight, and electrolytes during the menstrual cycle: a renin-angiotensin-aldosterone hypothesis of premenstrual tension. *Psychosom. Med.* **35**: 143-153.
- JARTTI L, HAKANEN M, PAAKKUNAINEN U, RAITTINEN P y RONNEMAA T (2000) Comparison of hand-to-leg and leg-to-leg bioelectric impedance devices in the assessment of body adiposity in prepuberal children: the STRIP study. Special Turku coronary Risk factor Intervention Project. *Acta Paediatr.* **89**(7): 781-786.
- JIA H y LUBETKIN EI (2010) Obesity-related quality-adjusted life years lost in the U.S. from 1993 to 2008. *Am. J. Prev. Med.* **39**(3): 220-227.
- JIMÉNEZ J (1994) Comparación de métodos cuantitativos de medida. *FMC* **1**: 404-410.
- KANAI H, HAENO M y SAKAMOTO K (1987) Electrical measurement of fluid distribution in legs and arms. *Med. Prog. Technol.* **12**: 159-170.
- KASA N y HEINONEN KM (1993) Near-infrared interactance in assessing superficial body fat in exclusively breast-fed, full-term neonates. *Acta Paediatr.* **82**(1): 1-5.
- KAYE SA, FOLSOM AR, SPRAFKA JM, PRINEAS RJ y WALLACE RB (1991) Increased incidence of diabetes mellitus in relation to abdominal adiposity in older women. *J. Clin. Epidemiol.* **44**: 329-334.
- KERR DA (1988) An anthropometric method for fractionation of skin, adipose, bone, muscle and residual tissue masses in males and females age 6 to 77 year. Tesis doctoral. Simon Fraser University, British Columbia, Canada.

- KESHAVIAH PR, NOLPH KD, MOORE HL, PROWANT B, EMERSON PF, MEYER M, TWARDOWSKI ZJ, KHANNA R, PONFERRADA L y COLLINS A (1994) Lean body mass estimation by creatinine kinetics. *J. Am. Soc. Nephrol.* **4**(7): 1475-1485.
- KEYS A, FIDANZA F, KARVONEN MJ, KIMURA N y TAYLOR HL (1972) Indices of relative weight and obesity. *J. Chronic Dis.* **25**: 329-343.
- KHALED MA, MCCUTCHEON MI, REDDY S, PEARMAN PL, HUNTER GR y WEINSIER RL (1988) Electrical impedance in assessing human body composition: the BIA method. *Am. J. Clin. Nutr.* **47**: 789-792.
- KHAN LK y BOWMAN BA (1999) Obesity: a major global public health problem. *Annu. Rev. Nutr.* **19**: 13-17.
- KHAN LK, SOBAL J y MARTORELL R (1997) Acculturation, socioeconomic status, and obesity in Mexican Americans, Cuban Americans, and Puerto Ricans. *Int. J. Obes.* **21**: 91-96.
- KIDA K, NISHIZAWA Y, EDUB B, SAITO K, EDUC B, KIMURA Y, NAKAMURA H, FUKUDA H y MITA R (1999) Estimation of body composition by bioelectrical impedance and anthropometric technique in Japanese children. *Nutr. Res.* **19**(6): 861-868.
- KONTOGIANNI MD, FARMAKI AE, VIDRA N, SOFRONA S, MAGKANARI F y YANNAKOULIA M (2010) Associations between lifestyle patterns and body mass index in a sample of Greek children and adolescents. *J. Am. Diet. Assoc.* **110**(2): 215-221.
- KOPELMAN PG (2000) Obesity as a medical problem. *Nature* **404**: 635-643.
- KRING SI, HOLST C, ZIMMERMANN E, JESS T, BERENTZEN T, TOUBRO S, HANSEN T, ASTRUP A, PEDERSEN O y SØRENSEN TI (2008) FTO gene associated fatness in relation to body fat distribution and metabolic traits throughout a broad range of fatness. *PLoS One* **3**(8): e2958.
- KUCZMARSKI RJ (1996) Bioelectrical impedance analysis measurements as part of a national nutrition survey. *Am. J. Clin. Nutr.* **64**: 453S-458S.

- KUSHNER R y SCHOELLER D (1986) Estimation of total body water by bioelectrical impedance analysis. *Am. J. Clin. Nutr.* **44**: 417-424.
- KUSHNER RF y ROXE DM (2002) Bipedal bioelectrical impedance analysis reproducibly estimates total body water in hemodialysis patients. *Am. J. Kidney Dis.* **39**(1): 154-158.
- KYLE U, BOSAEUS I, DE LORENZO AD, DEURENBERG P, ELIA M, GOMEZ JM, HEITMAN BL, KENT-SMITH L, MELCHIOR JC, PIRLICH M, SCHARFETTER H, SCHOLS AMWJ y RICHARD C (2004) Bioelectrical impedance analysis-part II: utilization in clinical practice. *Clin. Nutr.* **23**(6): 1430-1453.
- KYLE U, GENTON L, KARSEGARD L, SLOSMAN D y PICHARD D (2001) Single prediction equation for bioelectrical impedance analysis in adults aged 20-94 years. *Nutrition* **17**: 248-253.
- LAMBERT EV, WILL M, MICKLESFIELD L, NOAKES TD y LAMBERT MI (2006) Validation of near infra-red reactance and bioelectrical impedance techniques for body composition measurement in adolescents. *Med. Sci. Sports Exerc.* **38**(5): S310.
- LARSSON B, SVARDSUDD K, WELIN L, WILHELMSEN L, BJORNTORP P y TIBBLIN G (1984) Abdominal adipose tissue distribution, obesity, and risk of cardiovascular disease and death: 13 year follow up of participants in the study of men born in 1913. *BMJ* **288**: 1401-1404.
- LAYMON MS, KODAT JS y CHUNG WL (2003) Is There a Correct Body Mass Assessment for Active Children: Implications for Predicting Childhood Diseases *J. Appl. Res.* **3**(3).
- LOHMAN TG (1981) Skinfolds and body density and their relationship to body fatness: a review. *Hum. Biol.* **53**(2): 181-225.
- LOHMAN TG (1986) Applicability of body composition techniques and constants for children and youths. *Exerc. Sport Sci. Rev.* **14**: 325-357.

- LOHMAN TG y GOING SB (2006) Body composition assessment for development of an international growth standard for preadolescent and adolescent children. *Food Nutr. Bull.* **27**(4): S314-S325.
- LOHMAN TG, CABALLERO B, HIMES JH, DAVIS CE, STEWART D, HOUTKOOPEL L, GOING SB, HUNSBERGER S, WEBER JL, REID R y STEPHENSON L (2000) Estimation of body fat from anthropometry and bioelectrical impedance in Native American children. *Int. J. Obes. Relat. Metab. Disord.* **24**(8): 982-988.
- LUKASKI HC (1987) Methods for the assessment of human body composition: traditional and new. *Am. J. Clin. Nutr.* **46**: 537-556.
- LUKASKI HC (1996) Biological indexes considered in the derivation of the bioelectrical impedance analysis. *Am. J. Clin. Nutr.* **64**: 397S-404S.
- LUKASKI HC (2001) Body Mass Index, Bioelectrical Impedance, and Body Composition. *Nutrition* **17**(1): 55-56.
- LUKASKI HC y BOLONCHUK WW (1987) Theory and validation of the tetrapolar bioelectrical impedance method to assess human body composition. En: *In vivo body composition studies*. Eds. Ellis KJ, Yasumura S y Morgan WD. The Institute of Physical Sciences in Medicine, London. pp. 400-414.
- LUKASKI HC y SIDERS WA (2003) Validity and accuracy of regional bioelectrical impedance devices to determine whole-body fatness. *Nutrition* **19**: 851-857.
- MALINA RM (1987) Bioelectric methods for estimating body composition: an overview and discussion. *Hum. Biol.* **59**(2): 329-335.
- MALINA RM y KATZMARZYK PT (1999) Validity of the body mass index as an indicator of the risk and presence of overweight in adolescents. *Am. J. Clin. Nutr.* **70**(1 Part 2): 131S-136S.
- MALINA RM y LITTLE BB (2008) Physical Activity: The present in the context of the past. *Am. J. Hum. Biol.* **20**: 373-391.

- MALINA RM, KOZIEL S y BIELICKI T (1999) Variation in subcutaneous adipose tissue distribution associated with age, sex, and maturation. *Am. J. Hum. Biol.* **11**: 189-200.
- MARISCAL-ARCAS M, RIVAS A, VELASCO J, ORTEGA M, CABALLERO AM y OLEASERRANO F (2009) Evaluation of the Mediterranean Diet Quality Index (KIDMED) in children and adolescents in Southern Spain. *Public Health Nutr.* **12**(9): 1408-1412.
- MARRODÁN MD, GONZÁLEZ-MONTERO DE ESPINOSA M y PRADO C (2003) *Antropología de la Nutrición: Técnicas, métodos y aplicaciones*. Ed. Noesis. Madrid. 277 pp.
- MARRODÁN MD, MESA MS, ALBA JA, AMBROSIO B, BARRIO PA, DRAK L, GALLARDO M, LERMO J, ROSA JM y GONZÁLEZ-MONTERO DE ESPINOSA M (2006) Diagnosis de la obesidad: actualización de criterios y validez clínica y poblacional. *An. Pediatr. (Barc.)* **65**(1): 5-14.
- MARSHALL JD, HAZLETT CB, SPADY DW y QUINNEY HA (1990) Comparison of convenient indicators of obesity. *Am. J. Clin. Nutr.* **51**: 22-28.
- MARTIN AD y DRINKWATER DT (1991) Variability in the measures of body fat. Assumptions or techniques? *Sports Med.* **11**: 277-288.
- MARTIN AD, ROSS WD, DRINKWATER DT y CLARYS JP (1985) Prediction of body fat by skinfold calliper: assumptions and cadaver evidence. *Int. J. Obes.* **9**: 31-39.
- MARTÍN V, GÓMEZ JB y ANTORANZ MJ (2001) Medición de la grasa corporal mediante impedancia bioeléctrica, pliegues cutáneos y ecuaciones a partir de medidas antropométricas. Análisis comparativo. *Rev. Esp. Salud Pública* **75**: 221-236.
- MARTÍNEZ C y PEDRÓN C (2002) Valoración del estado nutricional. En: *Protocolos diagnósticos y terapéuticos en pediatría. Gastroenterología, Hepatología y Nutrición*. Asociación Española de Pediatría, Madrid. pp. 375-382.
- MARTÍNEZ MI, HERNÁNDEZ MD, OJEDA M, MENA R, ALEGRE A y ALFONSO JL (2009) Development of a program of nutritional education and valuation of the

- change of healthful nourishing habits in a population of students of Obligatory Secondary Education. *Nutr. Hosp.* **24**(4): 504-510.
- MARTÍNEZ-HERVÁS S, ROMERO P, FERRI J, PEDRO T, REAL JT, PRIEGO A, MARTÍNEZ-VALLS J y ASCASO JF (2008) Perímetro de cintura y factores de riesgo cardiovascular. *Rev. Esp. Obes.* **6**(2): 97-104.
- MATIEGKA J (1921) The testing of physical efficiency. *Am. J. Phys. Anthr.* **4**: 223-230.
- MATTSSON S y THOMAS BJ (2006) Development of methods for body composition studies. *Phys. Med. Biol.* **51**: R203-R228.
- MAUGHAN RJ (1993) An evaluation of a bioelectrical impedance analyser for the estimation of body fat content. *Br. J. Sp. Med.* **27**(1): 63-66.
- McLEAN KP y SKINNER JS (1992) Validity of Futrex-5000 for body composition determination. *Med. Sci. Sports Exerc.* **24**(2): 253-258.
- Microsoft Office Excel (2007) Versión 12 para Windows.
- MILLAR WJ y STEPHENS T (1993) Social status and health risks in Canadian adults: 1985 and 1991. *Health Rep.* **5**: 143-156.
- Ministerio de Sanidad y Política Social (2006) Encuesta Nacional de Salud 2006. <http://www.msps.es/estadEstudios/estadisticas/encuestaNacional/encuestaIndice2006.htm>
- MINK PJ, FOLSOM AR, SELLERS TA y KUSHI LH (1996) Physical activity, waist-to-hip ratio, and other risk factors for ovarian cancer: a follow-up study of older women. *Epidemiology* **7**(1): 38-45.
- MOLARIUS A y SEIDELL JC (1998) Selection of anthropometric indicators for classification of abdominal fatness: a critical review. *Int. J. Obes.* **22**: 719-727.
- MOLARIUS A, SEIDELL JC, SANS S, TUOMILEHTO J y KUULASMAA K (2000) Educational level, relative body weight, and changes in their association over 10 years: an international perspective from the WHO MONICA Project. *Am. J. Public Health* **90**(8): 1260-1268.

- MOON JR, TOBKIN SE, SMITH AE, ROBERTS MD, RYAN ED, DALBO VJ, LOCKWOOD CM, WALTER AA, CRAMER JT, BECK TW y STOUT JR (2008) Percent body fat estimations in college men using field and laboratory methods: A three-compartment model approach. *Dyn. Med.* **21**: 7:7.
- MOORE FD, OLESEN KH, McMURREY JD, PARKER HV, M. R. BALL MR y BOYDEN CM (1963) The body cell mass and its supporting environment. Saunders, Philadelphia. 535 pp.
- MORENO-ROMERO S, DIPIERRI JE, BEJARANO IF y MARRODÁN MD (2007) Limitaciones del IMC como indicador exclusivo del estado nutricional. *Rev. Arg. Antrop. Biol.* **59**: 9.
- MORGAN MY, MADDEN AM, JENNINGS G, ELIA M y FULLER NJ (2006) Two-component models are of limited value for the assessment of body composition in patients with cirrhosis. *Am. J. Clin. Nutr.* **84**: 1151-1162.
- MORTON JH, ADDISON H, ADDISON RG, HUNT L y SULLIVAN JJ (1953) A clinical study of premenstrual tension. *Am. J. Obstet. Gynecol.* **65**: 1182-1186.
- MURPHY CM, GALVIN MA, FLYNN A, MCCARTHY SN y KIELY M (2004) Percentage body fat in Irish adults measured by bioelectrical impedance analysis compared with waist circumference measurements and body fat estimated from prediction equations. *Int. J. Body Compos. Res.* **2**(1): 3-13.
- MUST A, DALLAL GE y DIETZ WH (1991) Reference data for obesity: 85th and 95th percentiles of body mass index (wt/ht²) and triceps skinfold thickness. *Am. J. Clin. Nutr.* **53**: 839-846.
- National Institutes of Health, NIH (1996) Bioelectrical impedance analysis in body composition measurement: National Institutes of Health Technology Assessment Conference Statement. *Am. J. Clin. Nutr.* **64**: 524-532.
- NIELSEN DH, CASSADY SL, WACKER LM, WESELS AK, WHEELOCK BJ y OPPLIGER RA (1992) Validation of the FUTREX-5000 near-infrared spectrometer analyzer for assessment of body composition. *J. Orthop. Sports Phys. Ther.* **16**: 281-287.

- NORRIS KH (1983) Extracting information from spectrophotometric. Predicting chemical composition from visible and near-infrared spectra. En: *Food Research and Data analysis*. Eds. Martens H y Russwurm H Jr. Applied science Publishers, London. pp. 95-113.
- NOVELLÓN E, ORTEGA L y SÁNCHEZ-ANDRÉS A (2000) Estima de la composición corporal mediante impedancia bioeléctrica: estabilidad del protocolo de medida. En: *Investigaciones en Biodiversidad Humana*. Ed. Varela TA. Universidad de Santiago de Compostela, Santiago de Compostela. pp. 912-918.
- NUBE M, ASENSO-OKYERE WK y VAN DEN BOOM GJ (1998) Body mass index as indicator of standard of living in developing countries. *Eur. J. Clin. Nutr.* **52**: 136-144.
- NUÑEZ C, GALLAGHER D, VISSER M, PI-SUNYER FX, WANG Z y HEYMSFIELD SB (1997) Bioimpedance analysis: evaluation of leg-to-leg system based on pressure contact foot-pad electrodes. *Med. Sci. Sports. Exerc.* **29**: 524-531.
- OLDHAM NM (1996) Overview of bioelectrical impedance analyzers. *Am. J. Clin. Nutr.* **64**: 405S-412S.
- OPPLIGER RA, CLARK RR y NIELSEN DH (2000) New equations improve NIR prediction on body fat among high school wrestlers. *J. Orthop. Sports Phys. Ther.* **30**(9): 536-543.
- Organización Mundial de la Salud, OMS (1995) Physical status: the use and interpretation of anthropometry. Report of a WHO Expert Committee. *WHO Technical Report Series* **854**. Geneva. http://www.who.int/childgrowth/publications/physical_status/en/index.html
- Organización Mundial de la Salud, OMS (2000) Obesity: preventing and managing the global epidemic. Report of a WHO Consultation. *WHO Technical Report Series* **894**. Geneva. <http://www.who.int/nutrition/publications/obesity/en/index.html>

- Organización Mundial de la Salud, OMS (2004) Appropriate body-mass index for Asian populations and its implications for policy and intervention strategies WHO expert consultation. *The Lancet* **363**(9403): 157-163.
- Organización Mundial de la Salud, OMS (2006) Obesity and overweight. Fact sheet N°311. <http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs311/en/>
- Organización Mundial de la Salud, OMS (2010) 10 datos sobre obesidad. <http://www.who.int/features/factfiles/obesity/facts/es/index.html>
- ORTEGA FB, RUIZ JR, CASTILLO MJ, MORENO LA, GONZÁLEZ-GROSS M, WÄRENBERG J, GUTIÉRREZ A y Grupo AVENA (2005) Bajo nivel de forma en los adolescentes españoles. Importancia para la salud cardiovascular futura (Estudio AVENA). *Rev. Esp. Cardiol.* **58**(8): 898-909.
- ORTEGA L, NOVELLÓN E y SÁNCHEZ-ANDRÉS A (2000) Composición corporal en jóvenes universitarios: antropometría frente a impedancia bioeléctrica. En: *Investigaciones en Biodiversidad Humana*. Ed. Varela TA. Santiago de Compostela. Universidad de Santiago de Compostela. pp. 640-647.
- PACHECO JL, CALLEJO ML, MARRODÁN MD, GONZÁLEZ-MONTERO DE ESPINOSA M y MESA MS (2004) Relación del índice de conicidad con otros indicadores de adiposidad y de la distribución de la grasa corporal en estudiantes universitarios. En: *Biología de poblaciones humanas: diversidad, tiempo, espacio*. Ed. Egochaga JE, Universidad de Oviedo, Oviedo. pp. 429-439.
- PANOTOPOULOS G, RUIZ JC, GUY-GRAND B y BASDEVANT A (2001) Dual x-ray absorptiometry, bioelectrical impedance, and near infrared interactance in obese women. *Med. Sci. Sports Exerc.* **33**(4): 665-670.
- PASSMORE R y ROBSON JS (1976) *A Companion to medical studies*. Eds. Passmore R y Robson JS. Blackwell Scientific, Oxford. 1170 pp.
- PICHARD C, KYLE UG, BRACCO D, SLOSMAN DO, MORABIA A y SCHUTZ Y (2000) Reference values of fat-free and fat masses by bioelectrical impedance analysis in 3393 healthy subjects. *Nutrition* **16**(4): 245-254.

PIETROBELLI A y TATO L (2005) Body composition measurements: from the past to the future. *Acta Paediatr. Suppl.* **94**(448): 8-13.

PIETROBELLI A, HEYMSFIELD SB, WANG ZM y GALLAGHER D (2001) Multi-component body composition models: recent advances and future directions. *Eur. J. Clin. Nutr.* **55**: 69-75.

PLANK LD (2005) Dual-energy X-ray absorptiometry and body composition. *Curr. Opin. Clin. Nutr. Metab. Care* **8**(3): 305-309.

PORTA J y ALVERO JR (2009) Los métodos bioeléctricos para la valoración y el control de la composición corporal. En: *Compendio de cineantropometría*. Eds. Cabañas MD y Esparza F. Grupo CTO, Madrid. pp. 167-180.

Portal de Salud de la Comunidad de Madrid (2007) Alimentación y Nutrición en la Comunidad de Madrid. Diagnóstico de situación 2007. http://www.madrid.org/cs/Satellite?c=PTSA_Generico_FA&cid=1142402033989&language=es&pageid=1142581481838&pagename=PortalSalud%2FPTSA_Generico_FA%2FPTSA_pintarGenericoIndice&pv=1142581478709&vest=1156329914017

Portal de Salud de la Comunidad de Madrid (2008) Informe SIVFRENT 2008. http://www.madrid.org/cs/Satellite?c=PTSA_Generico_FA&cid=1142352860738&language=es&pageid=1142331181236&pagename=PortalSalud%2FPTSA_Generico_FA%2FPTSA_pintarGenericoIndice&pv=1142331146422&vest=1156329914017

POULIOT MC, DESPRÉS JP, LEMIEUX S, MOORJANI S, BOUCHARD C, TREMBLAY A, NADEAU A y LUPIEN PJ (1994) Waist circumference and abdominal sagittal diameter: best simple anthropometric indexes of abdominal visceral adipose tissue accumulation and related cardiovascular risk in men and women. *Am. J. Cardiol.* **73**: 460-468.

PRADO C y DELGADO E (2001) Un problème pour la biométrie: la variation de la composition corporelle pendant le cycle menstruel après la puberté. *Biom. Hum. et Anthropol.* **19**(1-2): 71-76.

- PRADO C, FERNÁNDEZ-OLMO R y ROVILLÉ-SAUSSE F (2009) Évaluation comparée de l'Indice KidMed et suivi hebdomadaire de l'estimation de l'apport nutritionnel des enfants et des adolescents. *Antropo* **18**: 1-7.
- PRIETO L, LAMARCA R y CASADO A (1998) La evaluación de la fiabilidad en las observaciones clínicas: el coeficiente de correlación intraclase. *Med. Clin. (Barc.)* **110**: 142-145.
- PRINEAS RJ, FOLSOM AR y KAYE SA (1993) Central adiposity and increased risk of coronary artery disease mortality in older women. *Annals of Epidemiology* **3**: 35-41.
- QUETELET A (1869) *Physique Sociale*. Vol. 2. Muquardt, Bruxelles.
- REDDY BN (1998) Body mass index and its association with socioeconomic and behavioral variables among socioeconomically heterogeneous populations of Andhra Pradesh, India. *Hum. Biol.* **70**: 901-917.
- REEVES BD, GARVIN JE y MCELIN TW (1971) Premenstrual tension: symptoms and weight changes related to potassium therapy. *Am. J. Obstet. Gynecol.* **109**: 1036-1041.
- RICO H, REVILLA M, VILLA LF, RUIZ-CONTRERAS D, HERNÁNDEZ ER y ALVAREZ DE BUERGO M (1994) The four-compartment models in body composition: Data from a study with dual-energy x-ray absorptiometry and near-infrared interactance on 815 normal subjects. *Metabolism* **43**(4): 417-422.
- RISING R, SWINBURN B, LARSON K y RAVUSSIN E (1991) Body composition in Pima Indians: validation of bioelectrical resistance. *Am. J. Clin. Nutr.* **53**: 594-598.
- RITCHIE JD, MILLER CK y SMICIKLAS-WRIGHT H (2005) Tanita foot-to-foot bioelectrical impedance analysis system validated in older adults. *J. Am. Diet. Assoc.* **105**(19): 1617-1619.
- RIVAS R, MARRODÁN MD, PRADO C y CÁCERES I (2004) Estudios de composición corporal en la población femenina de Lozoya Somosierra (Madrid). Comparación metodológica de la estimación del porcentaje de grasa. En:

Biología de las poblaciones humanas: Diversidad, tiempo, espacio. Ed. Egocheaga JE. Universidad de Oviedo, Oviedo. pp. 441-450.

ROCHE AF, CHUMLEA WC y GUO S (1986) *Identification and validation of new anthropometric techniques for quantifying body composition.* TR-86/058. US Army Natick Research and Development Center, Natick.

ROSENTHAL RD (1991) The use of near infra-red light to measure body fat. [Presented at "Scandinavian Weight Reduction Technical Conference" Oslo, Norway. January 1991]

ROUBENOFF R (1996) Applications of bioelectrical impedance analysis for body composition to epidemiologic studies. *Am. J. Clin. Nutr.* **64**: 459S-462S.

ROVILLE-SAUSSE F, VIZMANOS B, LOPEZ-URIARTE P, MARTINEZ-LOMELI L y HUNOT C (2007) Composition corporelle segmentaire chez les adolescents mexicains avec ou sans surcharge pondérale. *Biom. Hum. et Anthropol.* **25**(3-4): 125-132.

RUSH S, ABILDSKOV JA y McFEE R (1963) Resistivity of body tissues at low frequencies. *Circ. Res.* **12**: 40-50.

SAKURAI Y, NAKAMURA K, TERUYA K, SHIMADA N, MATSUDA H, SAKURAI M y KONO S (1994) Comparison of percent body fat estimated by near infra-red spectrophotometry method with body mass index in health screening of male employees. *J. Epidemiol.* **4**(1): 47-50.

SAMOUDA H, DUTOUR-MEYER A, BISSET JP, CHAUDET H, BOËTSCH G, DUTOUR O y DADOUN F (2003) Evaluation de 2 appareils de mesure automatisée de la masse grasse par impédancemétrie bioélectrique en comparaison avec l'absorptiométrie biphotonique. *Biom. Hum. et Anthropol.* **21**(1-2): 59-67.

SAMPEI MA, NOVO NF, JULIANO y SIGULEM DM (2001) Comparison of the body mass index to other methods of body fat evaluation in ethnic Japanese and Caucasian adolescent girls. *Int. J. Obes.* **25**: 400-408.

SANTOS MG y BLANC J (2008) Etat nutritionnel et régime alimentaire des adolescents de la région parisienne. *Biom. Hum. et Anthropol.* **26**(3-4): 211-215.

- SANTOS MG, FERNÁNDEZ-DEL OLMO R, PRADO C, ROVILLE-SAUSSE F, MARRODÁN MD y CARMENATE M (2009) Composition corporelle des adolescents de la région de Madrid selon leur origine géographique. *Biom. Hum. et Anthropol.* **27**(1-2): 37-42.
- SANTOS MG, MARRODÁN MD, MESA MS, CABAÑAS MD, GONZÁLEZ-MONTERO DE ESPINOSA M y PACHECO JL (2008) Análisis de la composición corporal mediante BIA tetrapolar y bipolar en población juvenil española. En: *Genes, ambiente y enfermedades en poblaciones humanas*. Eds. Nieto JL, Obó JA y Baena S. Prensas universitarias de Zaragoza, Zaragoza. pp. 639-648.
- SANTOS MG, PRADO C, CABAÑAS MD y MARRODÁN MD (2010) Composición corporal mediante interactancia de infrarrojos en jóvenes universitarios. En: *Diversidad Humana y Antropología Aplicada*. Eds. Gutiérrez-Redomero E, Sánchez A y Galera V. Universidad de Alcalá, Alcalá de Henares, Madrid. pp. 393-400.
- SARDINHA LB y TEXEIRA PJ (2007) Medición de la adiposidad y distribución de la grasa en relación con la salud. En: *Composición corporal*. Eds. Heymsfield SB, Lohman TG, Wang Z y Going SB. McGraw-Hill Interamericana, México D.F. pp. 177-202.
- SARLIO-LÄHTEENKORVA S y LAHELMA E (1999) The association of body mass index with social and economic disadvantage in women and men. *Int. J. Epidemiol.* **28**: 445-449.
- SCARPERI M y BLEICHERT A (1983) Non-thermal influences on thermoregulatory behavior. *J. Therm. Biol.* **8**: 179-181.
- SCHAEFER F, GEORGI M, ZIEGER A y SCHARER K (1994) Usefulness of bio-electrical impedance and skinfold measurements in predicting fat-free mass derived from total body potassium in children. *Pediatr. Res.* **35**: 617-624.
- SCHELL B y GROSS R (1987) The reliability of bioelectrical impedance measurements in the assessment of body composition in healthy adults. *Nutr. Rep. Int.* **36**: 449-459.

- SCHULTZ SG (2002) William Harvey and the circulation of the blood: The birth of a scientific revolution and modern physiology. *News. Physiol. Sci.* **17**: 175-180.
- SEGAL KR, GUTIN B, PRESTA E, WANG J y VAN ITALLIE TB (1985) Estimations of human body composition by electrical impedance methods: comparative study. *J. Appl. Physiol.* **58**: 1565-1571.
- SEGAL KR, VAN LOAN M, FITZGERALD PI, HODGDON JA y VAN ITALLIE TB (1988) Lean body mass estimation by bioelectrical impedance analysis: a four-site cross-validation study. *Am. J. Clin. Nutr.* **47**: 7-14.
- SEIDELL JC y DEERENBERG I (1994) Obesity in Europe: prevalence and consequences for use of medical care. *Pharmacoecon.* **5**(1): 38-44.
- SELLERS TA, KUSHI LH, POTTER JD, KAYE SA, NELSON CL, MCGOVERN PG y FOLSOM AR (1992) Effect of family history, body fat distribution, and reproductive factors on risk of postmenopausal breast cancer. *N. Engl. J. Med.* **326**: 1323-1329.
- SERRA-MAJEM LL, RIBAS L, NGO J, ORTEGA RM, GARCÍA A, PÉREZ-RODRIGO C y ARANCETA J (2004) Food, youth and the Mediterranean diet in Spain. Development of KIDMED, Mediterranean Diet Quality Index in children and adolescents. *Public Health Nutrition.* **7**(7): 931-935.
- SHAIKH S y MAHALANABIS D (2004) Empirically derived new equations for calculating body fat percentage based on skinfold thickness and midarm circumference in preschool Indian children. *Am. J. Hum. Biol.* **16**: 278-288.
- SHEN W, ST-ONGE MP, WANG Z y HEYMSFIELD SB (2007) Estudio de la composición corporal: generalidades. En: *Composición corporal*. Eds. Heymsfield SB, Lohman TG, Wang Z y Going SB. McGraw-Hill Interamericana, México D.F. pp. 3-14.
- SIRI WE (1961) Body composition from fluid spaces and density: analysis of methods. En: *Techniques for measuring body composition*. Eds. Brozek J y Henschel A. National Academy of Sciences, Washington DC. pp. 223-244.

- SLAUGHTER MH, LOHMAN TG, BOILEAU RA, HORSWILL CA, STILLMAN RJ, VAN LOAN MD y BEMBEN DA (1988) Skinfold equations for estimation of body fatness in children and youth. *Hum. Biol.* **60**(5): 709-723.
- SLINDE F y ROSSANDER-HULTHEN L (2001) Bioelectrical impedance: effect of 3 identical meals on diurnal impedance variation and calculation of body composition. *Am. J. Clin. Nutr.* **74**: 474-478.
- SMALLEY KJ, KNERR AN, KENDRICK ZV, COLLIVER JA y OWEN OE (1990) Reassessment of body mass indices. *Am. J. Clin. Nutr.* **52**: 405-408.
- SMITH DB, JOHNSON GO, STOUT JR, HOUSH TJ, HOUSH DJ y EVETOVICH TK (1997) Validity of near-infrared interactance for estimating relative body fat in female high school gymnasts. *Int. J. Sports Med.* **18**(7): 531-537.
- SMITH SL y SAUDERS C (1969) Food cravings, depression, and premenstrual problems. *Psychosom. Med.* **31**: 281-289.
- SMOAK CG, BURKE DS, FREEDMAN LS, WEBBER LS y BERENSEN GS (1987) Relation of obesity to clustering of cardiovascular disease risk factors in children and young adults. The Bogalusa Heart Study. *Am. J. Epidemiol.* **125**: 364-372.
- SOBAL J y STUNKARD J (1989) Socio-economic status and obesity: a review of the literature. *Psychol. Bull.* **105**: 260-275.
- Sociedad Española para el Estudio de la Obesidad, SEEDO (2000) Consenso SEEDO 2000 para la evaluación del sobrepeso y la obesidad y el establecimiento de criterios de intervención terapéutica. *Med. Clin. (Barc.)* **115**(15): 587-597.
- Sociedad Española para el Estudio de la Obesidad, SEEDO (2007) Consenso SEEDO 2007 para la evaluación del sobrepeso y la obesidad y el establecimiento de criterios de intervención terapéutica. *Rev. Esp. Obes.* **5**(3): 7-48.
- SOHLSTRÖM A, FORSLUND A, SJÖDIN A y FORSUM E (1992) Evaluation of simple methods to estimate total body fat in healthy women. *Scand. Med. Sci. Sports* **2**: 207-211.

- SPENCE J, BALIGA R, NYBOER J, SEFTICK J y FLEISCHMANN L (1979) Changes during hemodialysis in total body water cardiac output and chest fluid as detected by bioelectric impedance analysis. *T. Am. Soc. Art. Int. Org.* **25**: 51-55.
- SPSS 15.0 para Windows (2006) Statistical Package of Social Sciences, Versión 15.0.1, SPSS Inc., Chicago.
- STEPHENSON LA, KOLKA MA y WILKERSON JE (1982) Metabolic and thermoregulatory responses to exercise in menstrual cycles of athletic and non-athletic women. *Med. Sci. Sports Exerc.* **14**: 270-275.
- STOLARCZYK LM, HEYWARD VH, VAN LOAN MD, HICKS VL, WILSON WL y REANO LM (1997) The fatness-specific bioelectrical impedance analysis equations: are they generalizable and practical? *Am. J. Clin. Nutr.* **66**: 8-17.
- STOUT JR, ECKERSON JM, HOUSH TJ, JOHNSON GO y BETTS NM (1994) Validity of percent body fat estimations in males. *Med. Sci. Sports Exerc.* **26**(5): 632-636.
- SUBRAMANYAN R, MANCHADA SC, NYBOER J y BHATIA ML (1980) Total body water in congestive heart failure. A pre- and post-treatment study. *J. Assoc. Physician. I.* **28**: 257-262.
- SUN SS, CHUMLEA WC, HEYMSFIELD SB, LUKASKI HC, DALE SCHOELLER D, KARL FRIEDL K, KUCZMARSKI RJ, FLEGAL KM, JOHNSON CL y HUBBARD VS (2003) Development of bioelectrical impedance analysis prediction equations for body composition with the use of a multicomponent model for use in epidemiologic surveys. *Am. J. Clin. Nutr.* **77**: 331-340.
- THOMAS DW, RYDE SJS, ALI PA, BIRKS JL, EVANS CJ, SAUNDERS NH, AL-ZEIBAK S, DUTTON J y HANCOCK DA (1997) The performance of an infra-red interactance instrument for assessing total body fat. *Physiol. Meas.* **18**: 305-315.
- THORLEIFSSON G, WALTERS GB, GUDBJARTSSON DF, STEINTHORSDOTTIR V, SULEM P, HELGADOTTIR A *et al.* (2009) Genome-wide association yields new sequence variants at seven loci that associate with measures of obesity. *Nat. Genet.* **41**: 18-24.

- TROIANO RP y FLEGAL KM (1998) Overweighth children and adolescents: description, epidemiology and demographics. *Pediatrics* **101**: 497-504.
- TSUI EYL, GAO XJ y ZINMAN B (1998) Bioelectrical impedance analysis (BIA) using bipolar foot electrodes in the assessment of body composition in Type 2 diabetes mellitus. *Diabetic Med.* **15**(2): 125-128.
- URREJOLA P, HODGSON MI e ICAZA MG (2001) Assessment of body composition in girls by bioelectrical impedance and skinfold anthropometry. *Rev. chil. pediatr.* **2**(1): 26-33.
- UTTER AC, NIEMAN DC, WARD AN y BUTTERWORTH DE (1999) Use of the leg-to-leg bioelectrical impedance method in assessing body-composition change in obese women. *Am. J. Clin. Nutr.* **69**: 603-607.
- VALTUEÑA S, ARIJA V y SALAS-SALVADÓ J (1996) Estado actual de los métodos de evaluación de la composición corporal: descripción, reproducibilidad, precisión, ámbitos de aplicación, seguridad, coste y perspectivas de futuro. *Med. Clin.* **106**(16): 624-635.
- VAN LOAN M y MAYCLIN P (1987) Bioelectrical impedance analysis: is it a reliable estimator of lean body mass and total body water? *Hum. Biol.* **59**(2): 299-309.
- VÁZQUEZ V, MARTÍNEZ AJ, CARRILLO U, SANTOS MG, MESA MS y MARRODÁN MD (2008) Composición corporal y condición nutricional en estudiantes de ballet cubanos. *Nutr. Clin. Diet. Hosp.* **28**(3): 3-8.
- VISSER M, LANGLOIS J, GURALNIK JM, CAULEY JA, KRONMAL RA, ROBBINS J (1998) High body fatness, but not low fat-free mass, predicts disability in older men and women: the Cardiovascular Health Study. *Am. J. Clin. Nutr.* **68**: 584-590.
- WANG Y, MORENO LA, CABALLERO B y COLE TJ (2006) Limitations of the current World Health Organization growth references for children and adolescents. *Food Nutr. Bull.* **27**(4): S175-S188.
- WANG Z, HESHKA S, PIERSON RN y HEYMSFIELD SB (1995) Systematic organization of body-composition methodology: an overview with emphasis on component-based methods. *Am. J. Clin. Nutr.* **61**: 457-465.

- WANG Z, WANG ZM y HEYMSFIELD SB (1999) History of the study of human body composition research: A brief review. *Am. J. Hum. Biol.* **11**: 157-165.
- WANG ZM, PIERSON RN JR y HEYMSFIELD SB (1992) The five-level model: a new approach to organizing body-composition research. *Am. J. Clin. Nutr.* **56**: 19-28.
- WEINER JS y LOURIE SA (1981) *Practical Human Biology*. Academic Press Oxford, Oxford. 439 pp.
- WELTMAN A, LEVINE S, SEIP R y TRAN Z (1987) Practical assessment of body composition in adult obese males. *Hum. Biol.* **59**(3): 523-555.
- WELTMAN A, LEVINE S, SEIP R y TRAN Z (1988) Accurate assessment of body composition in obese females. *Am. J. Clin. Nutr.* **48**: 1179-1183.
- WILMORE JH y BEHNKE AR (1969) An anthropometric estimation of body density and lean body weight in young men. *J. Appl. Physiol.* **27**(1): 25-31.
- WILMORE JH y BEHNKE AR (1970) An anthropometric estimation of body density and lean body weight in women. *Am. J. Clin Nutr.* **23**(3): 267-274.
- WILMORE KM, MCBRIDE PJ y WILMORE JH (1994) Comparison of bioelectric impedance and near-infrared interactance for body composition assessment in a population of self-perceived overweight adults. *Int. J. Obes. Relat. Metab. Disord.* **18**(6): 375-381.
- WITHERS RT, CRAIG NP, BOURDON PC y NORTON KI (1987A) Relative body fat and anthropometric prediction of body density of male athletes. *Eur. J. Appl. Physiol.* **56**: 191-200.
- WITHERS RT, WHITTINGHAM NO NORTON KI, LA FORGIA J, ELLIS MW y CROCKETT A (1987B) Relative body fat and anthropometric prediction of body density of female athletes. *Eur. J. Appl. Physiol.* **56**: 169-180.
- World Medical Association, WMA (2008) Declaration of Helsinki – Ethical principles for Medical Research Involving Human Subjects. <http://www.wma.net/en/30publications/10policies/b3/index.html>

XIE X, KOLTHOFF N, BAÈRENHOLT O y NIELSEN SP (1999) Validation of a leg-to-leg bioimpedance analysis system in assessing body composition in postmenopausal women. *Int. J. Obes.* **23**: 1079-1084.

YUHASZ MS (1974) *Physical fitness manual*. University of Western Ontario, Canada.

ZHANG G, KARNS R, NARANCIC NS, SUN G, CHENG H, MISSONI S, DURAKOVIC Z, RUDAN P, CHAKRABORTY R y DEKA R (2010) Common SNPs in FTO gene are associated with obesity related anthropometric traits in an island population from the Eastern Adriatic Coast of Croatia. *PLoS One* **5**(4): e10375.

ZHU S, HESHKA S, WANG Z, SHEN W, ALLISON DB, ROSS R y HEYMSFIELD SB (2004) Combination of BMI and Waist Circumference for Identifying Cardiovascular Risk Factors in Whites. *Obesity* **12**(4): 633-645.

ANEXOS

XI. ANEXOS

ANEXO I: FICHA DE MEDIDAS ANTROPOMÉTRICAS, DE BIOIMPEDANCIA Y DE INTERACTANCIA DE INFRARROJOS

FECHA		EDAD	
LUGAR		PESO (Kg)	
SEXO <input type="checkbox"/> Hombre <input type="checkbox"/> Mujer		ESTATURA (cm)	
PERÍMETROS (cm)	CINTURA	MÍNIMO	
		UMBILICAL	
	CADERA		
PLIEGUES (mm)	TRICIPITAL		
	BICIPITAL		
	SUBESCAPULAR		
	SUPRAILIACO		
BIOIMPEDANCIA	BIPOLAR	MONITOR (%G)	
		BÁSCULA (%G)	
	TETRAPOLAR	%G	
		IMPEDANCIA (Ω)	
INFRARROJOS (FUTREX)	%G		
	ACTIVIDAD FÍSICA (Frecuencia/ Intensidad/ Tiempo)		

ANEXO II: ENCUESTA DE HÁBITOS ALIMENTARIOS Y SOCIOECONÓMICA

TEST KIDMED (Serra-Majem *et al.* 2004)

	Sí	No
Tomas una fruta o zumo de fruta cada día		
Tomas una segunda fruta cada día		
Tomas verduras frescas (ensalada) o cocinadas una vez al día		
Tomas verduras frescas (ensalada) o cocinadas más de una vez al día		
Tomas pescado con regularidad (al menos 2-3 veces a la semana)		
Vas una vez o más a la semana a un centro de comida rápida (hamburguesería, ...)		
Tomas más de una vez a la semana legumbres (lentejas, garbanzos,...)		
Tomas pasta o arroz casi a diario (5 o más veces por semana)		
Desayunas cereales o pan		
Tomas frutos secos habitualmente (al menos 2-3 veces a la semana)		
Empleáis aceite de oliva en casa		
A veces, o siempre, te saltas el desayuno		
Desayunas un lácteo (leche, yogur, ...)		
Desayunas bollería industrial (galletas, magdalenas, ...)		
Tomas 2 yogures y/ o un trozo de queso cada día		
Tomas varias veces al día dulces o golosinas		

FECHA DE NACIMIENTO _____

TU LUGAR DE NACIMIENTO _____

LUGAR DE NACIMIENTO -DEL PADRE _____

DEL ABUELO PATERNO _____

DE LA ABUELA PATERNA _____

-DE LA MADRE _____

DEL ABUELO MATERNO _____

DE LA ABUELA MATERNA _____

NÚMERO DE HERMANOS (INCLUIDO TÚ) ____

NIVEL DE ESTUDIOS DEL PADRE Primarios Secundarios Universitarios

NIVEL DE ESTUDIOS DE LA MADRE Primarios Secundarios Universitarios

ANEXO III: ENCUESTA SOBRE EL CICLO MENSTRUAL

PARA LAS MUJERES:

MOMENTO DEL CICLO MENSTRUAL EN QUE TE ENCUENTRAS:

MENSTRUACIÓN

PREOVULACIÓN

OVULACIÓN

POSTOVULACIÓN

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28
MENSTRUACIÓN					PREOVULACIÓN							OVULACIÓN				POSTOVULACIÓN											