



FACULTAD DE MEDICINA

Departamento de Histología y Anatomía

**COMPARACIÓN METODOLÓGICA DEL ANÁLISIS DE LA
COMPOSICIÓN CORPORAL: CINEANTROPOMETRÍA,
IMPEDANCIA BIOELÉCTRICA Y ECOGRAFÍA.**

Esmeraldo Martínez Pardo

Directores: Dr. D. Francisco Sánchez Del Campo

Dr. D. Fernando Borrás Rocher

Dra. María Luisa Sánchez Ferrer

San Juan, Abril 2014

**COMPARACIÓN METODOLÓGICA DEL ANÁLISIS DE LA
COMPOSICIÓN CORPORAL: CINEANTROPOMETRÍA,
IMPEDANCIA BIOELÉCTRICA Y ECOGRAFÍA.**

Esmeraldo Martínez Pardo



A mi abuela,
Amelia Maciá Martínez

*“Un ejemplo de vida activa y sana
la convertirán en una mujer
centenaria, con plenas facultades
físicas y mentales”.*



A mis padres,
M^a Teresa Pardo Maciá
Esmeraldo Martínez Juan

*Por hacerme ver que,
“Invertir en conocimientos produce
siempre los mejores beneficios”.*



"The human body contains four constituents... These are the things that make up its constitution and cause its pains and health. Health is primarily that state in which these constituent substances are in the correct proportion to each other, both in strength and quantity, and are well mixed. Pain occurs when one of the substances presents either a deficiency or an excess, or is separated in the body and not mixed with the others."

On the Nature of Man in: the Hippocratic Corpus

(Hippocrates of Cos; 460 - 370 BC).

"El cuerpo humano contiene cuatro constituyentes... Estos son las sustancias que integran su constitución y causan sus dolores y salud. La salud es principalmente ese estado en el cual estas sustancias constituyentes están en la proporción correcta la una de la otra, tanto en intensidad como en cantidad, y están bien combinadas. El dolor aparece cuando una de las sustancias presenta deficiencia o un exceso, o es separada en el cuerpo y no mezclada con los demás. "

En la Naturaleza del Hombre en: la Recopilación Hipocrática

(Hipócrates de Cos; 460 - 370 a.C.)

AGRADECIMIENTOS

Mi más profundo agradecimiento al Dr. D. Francisco Sánchez del Campo por aceptar la dirección de esta Tesis Doctoral, así como por su estímulo constante, que me ha permitido su realización. Su ubicación y sus cordiales sugerencias, fueron de gran ayuda para poder avanzar en este trabajo.

Agradezco la colaboración a mi co-director de Tesis, el Dr. D. Fernando Borrás Rocher por colaborar plenamente con sus conocimientos en el área de la estadística.

Agradezco la colaboración a mi co-directora de Tesis, la Dra. María Luisa Sánchez Ferrer por su revisión en la edición del manuscrito.

Agradezco la supervisión de la Dra. Marina Sánchez en la redacción del manuscrito.

Agradezco la colaboración a Toni Iváñez por su apoyo incondicional en todo momento y por su colaboración en todas las etapas de este trabajo.

Quiero resaltar la ayuda prestada de Víctor Rodríguez, por su inestimable y entusiasta colaboración, que hizo parecer fácil lo complicado.

Quiero reconocer el apoyo recibido por Jessica Cachinero así como su dedicación en la recogida de datos.

Agradezco la colaboración al Dr. Luís Briñas López por su asesoramiento y valiosos consejos, que me resultaron de gran utilidad.

Agradezco la colaboración prestada por el personal de la Sala de Disección de la Facultad de Medicina de la UMH, especialmente a Alfonso Sánchez.

Es para mí muy importante resaltar la colaboración al alumnado del IES Xixona de Alicante, así como de su población por su colaboración desinteresada.

Agradezco la colaboración al Centro Deportivo Arena por permitirme desarrollar esta investigación en sus instalaciones, así como a Enrique Santos, los instructores y entrenadores personales por su inmejorable colaboración.

Me gustaría resaltar la ayuda y apoyo de Enrique Martínez, dispuesto y atento en todo momento.

Agradezco la colaboración a mis primeros maestros, el Dr. Laich, el Dr. Carrasco y el Dr. Alcaraz por abrirme la ventana al mundo de la investigación en la Actividad Física y el Deporte.

Agradezco la colaboración a toda mi familia por apoyarme y estar a mi lado en todo momento.

ÍNDICE

AGRADECIMIENTOS.....	6
ÍNDICE.....	8
ÍNDICE DE ABREVIATURAS UTILIZADAS.....	11
1. INTRODUCCIÓN.....	13
2. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA.....	16
2.1. INTRODUCCIÓN.....	17
2.2. COMPOSICIÓN CORPORAL.....	17
2.2.1. COMPOSICIÓN CORPORAL Y DEPORTE.....	19
2.2.2. COMPOSICIÓN CORPORAL Y SALUD.....	22
2.2.2.1. SOBREPESO, PESO IDEAL Y PESO MÍNIMO.....	24
2.2.2.2. GRASA ESENCIAL Y GRASA DE DEPÓSITO.....	25
2.2.2.3. GRASA SUBCUTÁNEA Y GRASA VISCERAL.....	25
2.3. MÉTODOS PARA VALORAR LA COMPOSICIÓN CORPORAL.....	26
2.3.1. MÉTODOS DIRECTOS.....	28
2.3.2. MÉTODOS INDIRECTOS.....	30
2.3.3. MÉTODOS DOBLEMENTE INDIRECTOS.....	44
2.3.4. SITUACIÓN ACTUAL.....	51
2.4. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	52
3. HIPÓTESIS.....	53
4. OBJETIVOS.....	55
4.1. OBJETIVOS GENERALES.....	56
4.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	56
5. MATERIAL Y MÉTODOS.....	57
5.1. DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN.....	58
5.2. PARTICIPANTES.....	59
5.3. INSTRUMENTOS.....	61
5.3.1. CINEANTROPOMETRÍA.....	61
5.3.2. IMPEDANCIA BIOELÉCTRICA.....	65
5.3.3. ECOGRAFÍA.....	65

5.4.	PROCEDIMIENTO.....	70
5.4.1.	CINEANTROPOMETRÍA.....	71
5.4.2.	IMPEDANCIA BIOELÉCTRICA.....	89
5.4.3.	ECOGRAFÍA.....	91
5.4.4.	VARIABLES CONTROL.....	92
5.4.5.	VALORACIÓN DE LA COMPOSICIÓN CORPORAL.....	92
5.5.	ANÁLISIS ESTADÍSTICO.....	100
6.	RESULTADOS.....	101
6.1.	RESULTADOS OBTENIDOS EN CADÁVERES.....	102
6.2.	RESULTADOS OBTENIDOS EN SUJETOS VIVOS.....	111
6.2.1.	ANÁLISIS DESCRIPTIVO.....	111
6.2.2.	ANÁLISIS CORRELACIONAL.....	121
	CORRELACIÓN DEL ÍNDICE ANTROPOMÉTRICO IMC CON EL RESTO DE DATOS ANTROPOMÉTRICOS Y EL SOMATOTIPO.....	121
	DATOS ANTROPOMÉTRICOS.....	123
	COMPOSICIÓN CORPORAL.....	124
	MG.....	124
	MO.....	130
	MM.....	134
	MMAGRA (KG).....	140
	BIA (%MG).....	143
	SOMATOTIPO.....	150
	SOMATOCARTA.....	160
6.3.	FÓRMULAS DERIVADAS DEL ESTUDIO.....	166
	REGRESIÓN LINEAL.....	167
	REGRESIÓN MÚLTIPLE.....	168
	CORRELACIÓN DE LOS DIFERENTES MÉTODOS DE MEDICIÓN UTILIZADOS EN ESTA INVESTIGACIÓN.....	172
	VALIDACIÓN DE LAS FÓRMULAS ANTROPOMÉTRICAS CON ECÓGRAFO.....	175
	VALIDACIÓN GRÁFICA DE LA ECUACIÓN ECO DESARROLLADA..	177
	COMPARACIÓN DE LAS SOMATOCARTAS.....	185
6.4.	RESUMEN DE RESULTADOS.....	189

7.	DISCUSIÓN.....	199
8.	CONCLUSIONES.....	213
9.	PERSPECTIVAS FUTURAS DE INVESTIGACIÓN.....	215
10.	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	218
11.	ANEXOS.....	236
	I. ANEXO 1.....	237
	II. ANEXO 2.....	238
	III. ANEXO 3.....	239
	IV. ANEXO 4.....	240
12.	ÍNDICE DE FIGURAS.....	241
13.	ÍNDICE DE TABLAS.....	244
14.	ÍNDICE DE FOTOGRAFÍAS.....	248



ÍNDICE DE ABREVIATURAS

Las abreviaturas se han reseñado por orden alfabético.

ACT	Agua Corporal Total
AFL	Actividad física ligera
AFM	Actividad física media
AFA	Actividad física alta
ANOVA	Análisis de la Varianza
A-P abdom	Diámetro anteroposterior del abdomen
A-P abdom* π	Diámetro anteroposterior del abdomen multiplicado por π .
BIA	Impedancia Bioeléctrica
C	Carbono
Ca	Calcio
CC	Composición Corporal
DEXA	Densitometría de rayos X de doble energía
diam_abd_talla	Diámetro del perímetro del abdomen / talla
FEMEDE	Federación Española de Medicina del Deporte
GC	Grasa Corporal
GREC	Grupo Español de Cineantropometría
H	Hidrógeno
Hz	Hertzio
ICC	Índice Cintura-Cadera
ICT	Índice Cintura-Talla
IMC	Índice de masa corporal
ISAK	Sociedad Internacional para el Avance de la Cineantropometría ó Internacional Working Group of Kinanthropometry

K ⁴⁰	K ⁴⁰ Isótopo de Potasio empleado como marcador (Potasio 40)
KHz	Kilohertzio
MG	Masa grasa
MLG	Masa libre de grasa
MM	Masa muscular
MMagra	Masa magra
MO	Masa ósea
MR	Masa residual
N	Nitrógeno
O	Oxígeno
P	Fósforo
RMN	Resonancia Magnética Nuclear
S4p	Sumatorio de 4 pliegues
S6p	Sumatorio de 6 pliegues
SPSS	Paquete Estadístico Statistical Package for the Social Sciences
Supraíndice ^a	Pliegue medido mediante antropometría
Supraíndice ^E	Medición realizada mediante ecógrafo
TAC	Tomografía Axial Computada



1. INTRODUCCIÓN

1. INTRODUCCIÓN.

El cuerpo humano es una máquina asombrosa. Mientras estamos sentados leyendo este trabajo, en nuestro cuerpo están teniendo lugar simultáneamente innumerables hechos perfectamente coordinados. Estos hechos permiten funciones complejas, tales como oír, ver, respirar y procesar la información, que continúan sin un esfuerzo consciente por nuestra parte. Si nos levantamos, cruzamos una puerta y corremos alrededor de la manzana, casi la totalidad de nuestros sistemas corporales tendrán que ponerse en acción y permitirnos pasar con éxito del reposo al ejercicio. Si continuamos esta rutina diariamente durante semanas o meses e incrementamos gradualmente la duración y la intensidad de nuestra carrera, nuestro cuerpo se adaptará, con lo que podremos rendir más. Durante siglos, los científicos han estudiado cómo funciona el cuerpo humano, pero sólo un pequeño pero creciente grupo de científicos ha centrado sus estudios en cómo el funcionamiento, o la fisiología del cuerpo, se ve alterado durante la actividad o inactividad física (Wilmore & Costill, 2007).

Son bien conocidos los efectos positivos de una vida activa. En numerosos estudios se ha comprobado que las personas que mantienen una buena forma física, realizando pautas sensatas de ejercicio y de control del peso corporal, obtienen el beneficio adicional de una vida más larga (Guyton & Hall, 2001). Sin embargo, en el país en el que vivimos que se incluye en la lista de países desarrollados, los niveles de inactividad física son cada vez más elevados, con las consiguientes enfermedades asociadas que ello conlleva. La obesidad se ha convertido en una epidemia que afecta al menos a 135 millones de ciudadanos de la Unión Europea (Sanz-de-Galdeano, 2005).

El cuerpo humano ha sido diseñado para moverse y es necesario que lo haga para mantenerse funcional y evitar enfermedades. El proceso de envejecimiento produce variedad de cambios en todos los sistemas corporales (Roger & Baechle, 2008). A su vez, la falta de actividad física en nuestro cuerpo provoca un debilitamiento de los huesos, dando paso a la osteoporosis. Dicha falta de ejercicio físico ocasiona que el cuerpo pierda

condición para realizar actividades, así ante cualquier movimiento que requiera esfuerzo físico como subir escaleras, caminar, levantar objetos o correr, dará paso a la fatiga. A su vez, cabe recordar que las arterias y las venas van acumulando algunas de las grasas que no se utilizan, el flujo sanguíneo viene a ser menor y, por lo tanto, el corazón trabaja más de lo que le corresponde, lo que conlleva problemas cardíacos. Otras enfermedades, como la diabetes, requieren que el cuerpo tenga actividad. De forma que, la falta de actividad física o el sedentarismo aumentan las probabilidades de desarrollar y mantener la obesidad, y de este modo acrecentar un problema de Salud Pública.

Gran número de estudios transversales y longitudinales indican que el envejecimiento y el sedentarismo están asociados a un número de cambios adversos en la composición corporal. El incremento del peso que acompaña a la edad y a la inactividad física conlleva un aumento del porcentaje de grasa corporal (% GC) y una reducción de la masa corporal magra (Gerardo *et al.* 2000). De ello se deriva que dicha investigación, que incide y valora la composición corporal, resulte de gran interés a la hora de conocer diferentes métodos para su determinación así como, aportar unos valores que (en el futuro) posibiliten estudiar su relación con las alteraciones endocrinas y nutricionales, y su incidencia ante las adaptaciones al entrenamiento, tanto en adultos como en niños.



2. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA

2. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA.

En este apartado se hace alusión a lo que se entiende por composición corporal. A su vez, se relaciona ésta con el deporte y la salud, detallando conceptos en torno a sobrepeso, peso ideal y peso mínimo. Por otro lado, se identifica lo que se entiende por grasa esencial, grasa de depósito, grasa subcutánea y grasa visceral. Una vez explicado el entramado concerniente a la composición corporal, se plantean diferentes métodos que se pueden utilizar para su valoración. Finalmente, se plantea la situación actual en la que se encuentran las técnicas que se han utilizado en esta tesis. Y, cerrando este apartado, se describe el planteamiento del problema.

2.1. INTRODUCCIÓN.

La composición corporal hace referencia a los diversos componentes que integran el organismo humano. Según *The American Journal of Clinical Nutrition*, la composición corporal comprende la determinación de los componentes principales del cuerpo humano, las técnicas y métodos utilizados para su obtención y la influencia que ejercen los factores biológicos como la edad, sexo, estado nutricional o la actividad física (Gerardo *et al.* 2000).

2.2. COMPOSICIÓN CORPORAL.

El estudio de la composición corporal es especialmente interesante en el ámbito del Deporte y de la Medicina. Las técnicas de análisis de la composición corporal abarcan aquellos procedimientos que permiten determinar en qué proporción y/o cantidad absoluta contribuyen los distintos elementos químicos, compuestos químicos y tejidos a la masa corporal. En este apartado se analizan los distintos métodos para evaluar la composición corporal (López & Gorostiaga, 2005).

Vienen a ser técnicas de análisis de la composición corporal, las que permiten determinar cuál es la cantidad y proporción de nitrógeno (N) en el organismo, cuál es la cantidad de agua corporal (un compuesto) o cuál la cantidad de tejido adiposo (un tejido). Por lo tanto, el análisis de la composición corporal se puede abordar desde distintos niveles:

1) Elemental o atómico, si el objetivo del análisis es determinar los elementos químicos que integran el organismo humano (muy costosa y poco práctica, se basa en el análisis de activación de neutrones: una técnica muy sofisticada, sólo al alcance de grandes instituciones de investigación). Éste método puede cuantificar todos los elementos encontrados *in vivo* (Ma *et al.* 1993). Una persona de 70 kilogramos de peso consta de 61% oxígeno (O), 23% carbono (C), 10% hidrógeno (H), 2,5% N y otros átomos que son inferiores al 2% (Mattsson & Thomas, 2006). El O, C, H, N, Calcio (Ca) y Fósforo (P) componen más del 98% de la masa corporal (Wang *et al.* 1992).

2) Molecular, si el análisis se centra en determinar la cantidad y proporciones en que se encuentran algunos compuestos (o moléculas) en el organismo. Se ha identificado en el cuerpo humano la composición química de más de 100.000 sustancias que van desde simples a compuestas (Ayvaz & Çimen, 2011). Entre éstas, el agua, los lípidos, las proteínas, los carbohidratos y los minerales son las mayores moléculas. Los componentes de la composición corporal a nivel molecular son parte integral de la investigación en muchas áreas de nutrición relacionadas con la energía, las proteínas, y el metabolismo de los lípidos, así como la homeostasis mineral ósea y el equilibrio hídrico (Heymsfield *et al.* 1997).

3) Tisular, si trata de determinar la masa de ciertos tejidos. El cuerpo está formado por sistemas. Los sistemas están formados por órganos. Y los órganos están formados por tejidos (Ayvaz & Çimen, 2011). Los principales componentes que se cuantifican en el sistema tisular son, el tejido adiposo, el músculo esquelético, el hueso, los órganos viscerales y el cerebro (Heymsfield *et al.* 1997).

Los procedimientos de análisis de la composición corporal más utilizados son aquellos que permiten determinar el % GC, o fracción que representa la masa grasa (MG) con respecto a la masa corporal. Estas numerosas técnicas de análisis de la composición

corporal facilitan la relación que existe entre ésta y la salud, la actividad física y el deporte (López & Gorostiaga, 2005).

2.2.1. COMPOSICIÓN CORPORAL Y DEPORTE.

La valoración de la composición corporal proporciona información adicional, más allá de las mediciones básicas de estatura y peso, tanto al médico deportivo, como al entrenador y al deportista (Wilmore & Costill, 2007).

En 1942, Albert Behnke, médico de la armada estadounidense, publicó en la prestigiosa *Journal of the American Medical Association* (JAMA) un estudio en el que alertaba sobre lo inadecuada que puede resultar la utilización del Body Mass Index (BMI), o Índice de Masa Corporal (IMC) o índice de Quetelet [(masa corporal en kg)/(Talla² en metros)], como criterio del grado de obesidad de una persona (Behnke *et al.* 1942).

Concretamente Behnke *et al.* (1942) observaron que, paradójicamente, 17 de entre 25 practicantes de fútbol americano estudiados presentaban una masa corporal "excesiva", siendo considerados como obesos y, en consecuencia, no aptos para el servicio militar en la armada. Sin embargo, demostraron que el exceso de peso de estos deportistas era debido a una mayor masa muscular (MM) y no a que fueran obesos (Behnke *et al.* 1942).

A partir del estudio de Behnke, la valoración de la composición corporal y, en especial, del componente graso del organismo ha recabado la atención de numerosos investigadores. En el ámbito del rendimiento deportivo, el objetivo de la valoración de la composición corporal es obtener información que permita decidir si es conveniente actuar sobre la composición corporal de un deportista, de cara a mejorar su rendimiento o a conseguir su ubicación en una determinada categoría de peso (Wilmore & Costill, 2007).

En la mayoría de las especialidades deportivas, los practicantes que presentan una escasa proporción de GC con respecto a la masa corporal total (corredores de fondo, saltadores, velocistas, gimnastas, etc..) se hallan en mejores condiciones para lograr el éxito (Barr *et al.* 1994; Carter, 1982). Esto es debido a que la GC actúa como un tejido inerte a efectos propulsivos. Es decir, el tejido adiposo no genera tensión e incrementa la masa corporal total, por lo que cuanto mayor es la proporción de GC con relación al tejido propulsivo (MM), mayor es el coste energético de la aceleración y desaceleración de los segmentos corporales (Wilmore & Costill, 2007).

En algunas modalidades deportivas se trata de mantener un aspecto corporal estéticamente aceptable, a expensas de reducir el peso corporal tratando de conservar y/o incrementar la MM (gimnasia rítmica, patinaje artístico, etc..) (López & Gorostiaga, 2005).

Excepcionalmente, una mayor proporción de GC puede incidir favorablemente en el rendimiento deportivo, siempre y cuando no se sobrepasen ciertos límites. Tal es el caso de la natación, en la que una mayor cantidad de GC aumenta la flotabilidad, por lo que disminuye la fricción hidrodinámica, ya que el área de superficie corporal en contacto directo con el agua es menor. Una mayor masa corporal resulta ventajosa en deportes de contacto y en las categorías máximas de los deportes de lucha, remo, halterofilia, lanzamientos en atletismo, etc.. (Barr *et al.* 1994).

La valoración de la composición corporal es especialmente importante en el control de la respuesta al entrenamiento. Cualquier oscilación en la masa corporal de un deportista merece la atención del entrenador. Por ejemplo, con el entrenamiento de fuerza cabe esperar un aumento de la MM debido a la hipertrofia de la musculatura. Sin embargo, la masa corporal podría haber aumentado debido a un incremento de la masa adiposa, relacionada con la ingestión excesiva de calorías. Por otro lado, es posible que un programa de entrenamiento no produzca cambios en la masa corporal total, pero sí que

modifique la composición corporal, aumentando la proporción de tejido muscular y disminuyendo la proporción de tejido adiposo (López & Gorostiaga, 2005). Forbes (1987) señaló que la GC y la masa libre de grasa (MLG) son, "en un sentido compañeros: un cambio en una induce un cambio en la otra, y en la misma dirección".

Durante muchos años, la tendencia general en la valoración de la composición corporal de los deportistas ha consistido en la determinación de cambios generales de la composición corporal. Sin embargo, la tendencia a acumular grasa y a perder grasa es diferente de unas regiones a otras. Igualmente, los cambios que experimenta la MM con el entrenamiento y la inmovilización presentan especificidad regional, es decir, son las regiones sometidas a entrenamiento o inmovilización las que experimentan los cambios más notables de MM (López & Gorostiaga, 2005).

La lipólisis durante el ejercicio, o el adelgazamiento mediante dieta, no afecta por igual a todos los depósitos grasos (Kissebah & Krakower, 1994). Por ejemplo, en los hombres, la grasa subcutánea abdominal experimenta cambios más notables que la grasa subcutánea del muslo o de la pierna. Por lo tanto, en los hombres, cualquier cambio en el % GC se puede detectar mucho antes si se efectúa un análisis específico de la composición corporal de la región del tronco (Kissebah & Krakower, 1994; López *et al.* 1993). Contrariamente a la creencia popular, los cambios que experimenta la MG abdominal no están relacionados con la cantidad de actividad física de la musculatura abdominal, sino que dependen del balance calórico. Por ejemplo, se ha comprobado en ciclistas de ruta, que apenas realizan ejercicio físico con la musculatura abdominal y de los brazos durante la temporada, que la pérdida de grasa afecta fundamentalmente a los pliegues subescapular y tricipital (López *et al.* 1993). Viceversa, cuando el balance calórico es positivo, aumenta la GC en múltiples localizaciones, pero especialmente la MG abdominal en los hombres y la glútea en la mujeres (Kissebah & Krakower, 1994). No obstante, la determinación de la GC total es de interés puesto que guarda relación con el balance calórico a largo plazo.

Aunque durante muchos años se identificó el análisis de la composición corporal con la determinación de la MG o del % GC, en el ámbito del deporte también tiene interés el seguimiento de los cambios que experimenta la MM. La MM aumenta en respuesta al entrenamiento de fuerza y, en menor medida como respuesta al entrenamiento de resistencia. Los cambios que experimenta la MM con el entrenamiento y la inmovilización, son altamente específicos (López & Gorostiaga, 2005).

En definitiva, en la evaluación de los efectos de un programa de entrenamiento, ya sea en el contexto del deporte o la rehabilitación postlesional, tiene gran interés el estudio de los cambios regionales de la MM. El control de la composición corporal facilita la evaluación del programa de entrenamiento y posibilita intervenciones adicionales, como el control dietético, de cara a obtener la composición corporal más adecuada a la especialidad deportiva en cuestión. El estudio de los cambios regionales de la composición corporal permite evaluar más específicamente las adaptaciones experimentadas en respuesta al entrenamiento (López & Gorostiaga, 2005).

2.2.2. COMPOSICIÓN CORPORAL Y SALUD.

Una de las aplicaciones más importantes del análisis de composición corporal es el diagnóstico de la obesidad. La obesidad suele definirse como la presencia de una cantidad anormalmente alta de tejido adiposo. Numerosos estudios han comunicado una relación entre obesidad y la tendencia a desarrollar ciertas enfermedades (morbilidad). Además, desde finales del siglo XIX se sabe que el exceso de peso se asocia a una mayor mortalidad (López & Gorostiaga, 2005).

A partir del estudio “National Health and Nutrition Examination Survey” (NHANES III) se define el "sobrepeso" como un IMC igual o superior a 27,8 kg/m² en los hombres y a 27,3 kg/m² en las mujeres. Así mismo, en el NHANES II se demostró

que un IMC superior a 28 se asocia a un riesgo significativamente aumentado de desarrollar hipertensión, diabetes e hipercolesterolemia. La Organización Mundial de la Salud define el sobrepeso como un IMC igual o superior a 25, mientras que la obesidad la establece en un IMC igual o superior a 30 kg/m² (WHO, 1995).

Pero el panorama se ha visto complicado aún más al comprobar que la relación obesidad-morbilidad, no es meramente cuantitativa. Esto es, la distribución regional del exceso de tejido adiposo tiene importantes consecuencias metabólicas y puede ser un factor más importante que la masa adiposa total (Kissebah *et al.* 1982; Peiris *et al.* 1989). Por ejemplo, una persona con un exceso de grasa localizada principalmente en la región abdominal tiene un mayor riesgo de presentar hipertensión, diabetes y coronariopatía isquémica que otra persona con un exceso de grasa principalmente localizado en la zona glútea (Kissebah, 1996; Peiris *et al.* 1989). Así pues, en el contexto del mantenimiento de la salud no sólo interesa cuantificar el "exceso de masa adiposa" sino que también es importante determinar el patrón de distribución regional de la GC.

Por otro lado, diferentes estudios parecen mostrar la existencia de una relación directa entre la pérdida de masa ósea (MO), ya sea debida al envejecimiento o a alguna enfermedad metabólica, y el riesgo de sufrir fracturas óseas. La práctica de deportes que producen un aumento de la fuerza muscular se ha asociado a un incremento de la masa y densidad óseas (Bailey & McCulloch, 1990).

Por lo tanto, desde la perspectiva de la salud interesa:

- Determinar el % GC.
- Determinar el patrón de distribución de la GC.
- Determinar la masa y densidad óseas en poblaciones de riesgo.

2.2.2.1. SOBREPESO, PESO IDEAL Y PESO MÍNIMO.

El término sobrepeso se ha empleado para referirse a una masa corporal superior a cierto patrón o estándar, generalmente el peso medio de la población estratificado por edades sexos y estaturas. Así, el “National Center for Health Statistics” de Estados Unidos de América (Centro Nacional de Estadísticas de la Salud) define el sobrepeso como un IMC superior o igual al percentil 85 (López & Gorostiaga, 2005).

El peso ideal se ha definido como el peso que se correlaciona con una mayor longevidad. Las mejores tablas de "peso ideal" disponibles son las Tablas de la “Metropolitan Life Insurance Company”. Estas tablas asignan un rango de pesos para cada estatura, en función de la anchura del esqueleto y del sexo. A su vez, la anchura del esqueleto se clasifica en tres niveles delgado, medio y ancho, a partir de la medición de la anchura del codo (diámetro biepicondilar o distancia epicóndilo-epitrocLEAR). Estas tablas se elaboraron utilizando los datos proporcionados por 25 compañías americanas y canadienses de seguros de vida, contratados por 4,2 millones de hombres y mujeres, de 25 a 59 años, en el momento de las mediciones (López & Gorostiaga, 2005).

Si se utilizan las tablas de las compañías de seguros, el sobrepeso se define como un peso superior al 10 % del peso ideal y la obesidad como un peso un 20 % superior al peso ideal (López & Gorostiaga, 2005).

El peso mínimo se ha definido como el valor más bajo de peso corporal compatible con el estado de salud (López & Gorostiaga, 2005).

2.2.2.2. GRASA ESENCIAL Y GRASA DE DEPÓSITO.

Hay una creciente evidencia de que la distribución de GC influye en las consecuencias metabólicas de la obesidad (Abate *et al.* 1994). La GC se halla distribuida en dos compartimentos, uno que está sujeto a importantes fluctuaciones en función del balance calórico y que denominamos grasa de depósito. El otro compartimento es más o menos estable, es decir, apenas cambia con las fluctuaciones en el balance calórico y recibe el nombre de grasa esencial. La grasa de depósito se encuentra en el tejido adiposo, mientras que la grasa esencial se encuentra en la médula ósea, en el sistema nervioso central, en las vísceras, en la membrana celular de todas las células etc. En la mujer, también se considera como esencial la grasa asociada a los caracteres sexuales secundarios, como por ejemplo la grasa mamaria (Lohman, 1992).

La principal función de la grasa de depósito es actuar como reserva energética, a la que el organismo puede recurrir en fases de ayuno o balance calórico negativo. La grasa esencial recibe esta denominación porque es imprescindible para el mantenimiento de la salud. Según Lohman (1992), la masa de grasa esencial en el hombre de referencia (talla 175 cm y masa corporal de 70 kg), asciende a 2 kg, mientras que en la mujer de referencia (talla 164 cm y masa corporal de 57 kg) asciende a 4,9 kg. Es decir, el % GC mínimo del varón normal se encuentra en torno al 3 %. En el caso de la mujer este valor se encuentra entre el 8 y el 12 %.

2.2.2.3. GRASA SUBCUTÁNEA Y GRASA VISCERAL.

La grasa de depósito también se puede considerar como distribuida en dos compartimentos: la grasa subcutánea y la grasa visceral. La grasa subcutánea se

encuentra, como su nombre indica por debajo de la piel, en el tejido adiposo subcutáneo contribuyendo al aislamiento térmico. La grasa visceral se localiza principalmente entre las vísceras abdominales y, además de actuar como reserva energética, proporciona protección mecánica (López & Gorostiaga, 2005).

La grasa visceral representa aproximadamente un 20 % de la grasa total, no obstante, este valor puede variar considerablemente de unas personas a otras (López & Gorostiaga, 2005). Diferentes estudios prospectivos y transversales han demostrado que la obesidad visceral está íntimamente relacionada con la intolerancia a la glucosa (Hayashi *et al.* 2003), dislipidemia (Pascot *et al.* 1999), hipertensión (Sironi *et al.* 2004), resistencia a la insulina (Goodpaster *et al.* 2003; Wagenknecht *et al.* 2003), y síndrome metabólico (Carr *et al.* 2004).

2.3. MÉTODOS PARA VALORAR LA COMPOSICIÓN CORPORAL.

Existen diferentes métodos para valorar la composición corporal. Entre otros, se pueden clasificar en función de dos criterios:

A) Atendiendo a la forma de trabajo:

- Normativos-Descriptivos: Son modelos teóricos que se resumen en una fórmula ó Nomograma (Ejemplo, el IMC).
- Densimétricos-Extrapolativos: Utilizan densidades, pesos específicos, volumen, talla y peso como variables fundamentales.
- Proporcionales-Fraccionados: Dividen el cuerpo humano en componentes y calculan los mismos mediante fórmulas. Un ejemplo es el modelo de 4 componentes de Matiegka (1921).

B) Atendiendo a la metodología (Figura 1):

- Métodos Directos: Se basa fundamentalmente en la disección de cadáveres (Gerardo *et al.* 2000).
- Métodos Indirectos: Miden un parámetro (por ejemplo, la densidad corporal), y lo utilizan para estimar uno o más componentes a través de una relación constante. Estiman la grasa (no la determinan o miden) atendiendo a metodología física (emisión de radiaciones o implican una corriente eléctrica), de dilución (dilución de sustancias en el organismo, ya sean marcadores radioactivos o no), analítica (análisis de sustancias presentes en el organismo o de excreción) o densitometría (estudios de densidad corporal) (Gerardo *et al.* 2000).
- Métodos Doblemente Indirectos: Resultan de aplicar ecuaciones o nomogramas derivadas, a su vez, de algún otro método indirecto (Gerardo *et al.* 2000). Un ejemplo es la antropometría. Existe un margen de error al aplicar la ecuación y al ejecutar la medición. Son necesarios para hacer extensible el estudio de la composición corporal a una población muy amplia.

Todos los métodos, desde los antropométricos hasta los ultrasonidos, densitométricos y radiológicos, aportan innumerables ecuaciones y propuestas metodológicas. Los antropométricos son más funcionales, necesitan menos tiempo para su utilización, requieren materiales relativamente más baratos, son relativamente más fáciles de ejecutar, y permiten evaluar en masa a grandes grupos de personas produciendo estimaciones bastante válidas y fiables de la composición corporal (Gerardo *et al.* 2000).

MÉTODOS DE VALORACIÓN DE LA COMPOSICIÓN CORPORAL	DIRECTOS		<ul style="list-style-type: none"> - Disección de cadáveres - Activación de Neutrones
	INDIRECTOS	Físco-Químicos	<ul style="list-style-type: none"> - Pletismografía por desplazamiento de aire - Absorción de gases - Dilución Isotópica - Espectrometría de Rayos gamma - Espectrometría fotónica - Excreción de Creatinina
		Imagen	<ul style="list-style-type: none"> - Radiología Clásica - Ultrasonidos - Tomografía Axial Computerizada - Resonancia Magnética - DEXA
		Densitometría	<ul style="list-style-type: none"> - Pesada Hidrostática
	DOBLEMENTE INDIRECTOS	T.O.B.E.C.	<ul style="list-style-type: none"> - Total Body Electrical Conductivity
		B.E.I.	<ul style="list-style-type: none"> - Body Electrical Impedance
		N.I.R.	<ul style="list-style-type: none"> - Near Infrared Reactance
		Antropometría	<ul style="list-style-type: none"> - Modelo 2 componentes. - Modelo 4 componentes. - Somatogramas - Somatotipo - Phantom

Figura 1. Clasificación de los métodos de estimación de la composición corporal.

2.3.1. MÉTODOS DIRECTOS.

En la actualidad encontramos dos métodos directos para estimar la composición corporal. Estos vienen a ser la disección de cadáveres y la activación de neutrones (Aréchiga, 2009).

2.3.1.1. DISECCIÓN DE CADÁVERES.

Las grandes investigaciones siempre han estado precedidas de disecciones de cadáveres, siendo las únicas que reflejan realmente la problemática del cálculo de la composición corporal, pues evidentemente no es posible su aplicación a la población deportiva habitual (Herrero de Lucas, 2004).

En 1984, Donald Thomas Drinkwater presentó la Tesis Doctoral “An anatomical derived method for the anthropometric estimation of human body composition”, donde examinó el problema de las estimaciones antropométricas de la composición anatómica humana. Para ello, realizó su investigación con una muestra de 25 cadáveres (edades 55-94 años) utilizando el procedimiento de disección que había desarrollado John Charles Boileau Grant. Dicho estudio se llevó a cabo en la Universidad Vrije de Bruselas aportando unos resultados importantes para el desarrollo de las bases de aplicación de la composición corporal (Drinkwater, 1984).

2.3.1.2. ACTIVACIÓN DE NEUTRONES.

La información sobre la composición corporal compartimental obtenida a través del análisis de activación de neutrones es útil, si no esencial, para la investigación sobre el crecimiento, la desnutrición, el envejecimiento y diversas enfermedades (Ma *et al.* 1993).

Este método consiste en la irradiación del sujeto con neutrones. Esto produce una desestabilización de los núcleos de los átomos, que emiten una radiación cuando vuelven a su estado estable. Esta radiación emitida por el cuerpo es característica para cada átomo. De esta manera, se puede medir el contenido total de N, Ca, C, K, Cl, P,... a partir de estos resultados, se pueden calcular las proteínas totales del cuerpo, MO o MG, con los datos

de N, Ca y C respectivamente. Existen dos modalidades, análisis de activación retrasada y análisis gamma rápido (delayed activation analysis y prompt gamma analysis). El primer tipo supone dosis más altas de radiación (10 – 20mSv) que el segundo (1mSv), aunque éste tiene una precisión menor que el primero. De todos modos, las cifras de radiación son diferentes según el átomo que se quiera estudiar (Herrero de Lucas, 2004).

La técnica permite realizar un análisis químico a nivel atómico, con posibilidad de establecer modelos multicompartimentales. Puesto que se trata de una medición directa, en teoría es la mejor técnica disponible *in vivo*, pero tiene varios inconvenientes. El obstáculo fundamental es que las instalaciones requeridas son tremendamente costosas y apenas existen centros de investigación en el mundo que dispongan de ellas. Por otra parte, la radiación administrada es importante. Lo que limita el tipo de sujetos que pueden ser estudiados, haciendo problemática la realización de estudios longitudinales. La duración de la exploración es larga, entre 20 y 30 minutos. El sujeto está en una habitación radiológicamente aislada y debe permanecer inmóvil mientras se realiza la exploración. Finalmente este método no está exento de admitir supuestos previos. Por ejemplo, para calcular las proteínas del cuerpo a partir del N corporal total se asume que este átomo se encuentra sólo en proteínas y que éstas contienen siempre un 16% de N. Ambos supuestos se aceptan en los estudios con esta técnica (Herrero de Lucas, 2004).

2.3.2. MÉTODOS INDIRECTOS

En cuanto a la medición indirecta, existen muchas técnicas diferentes. La casi totalidad de las investigaciones en composición corporal se han hecho a través de métodos indirectos, validadas por otros métodos indirectos más ampliamente aceptados como la densimetría, que pasó a ser, en la práctica, el patrón de comparación utilizado (Herrero de Lucas, 2004).

2.3.2.1.- MÉTODOS FÍSICOS

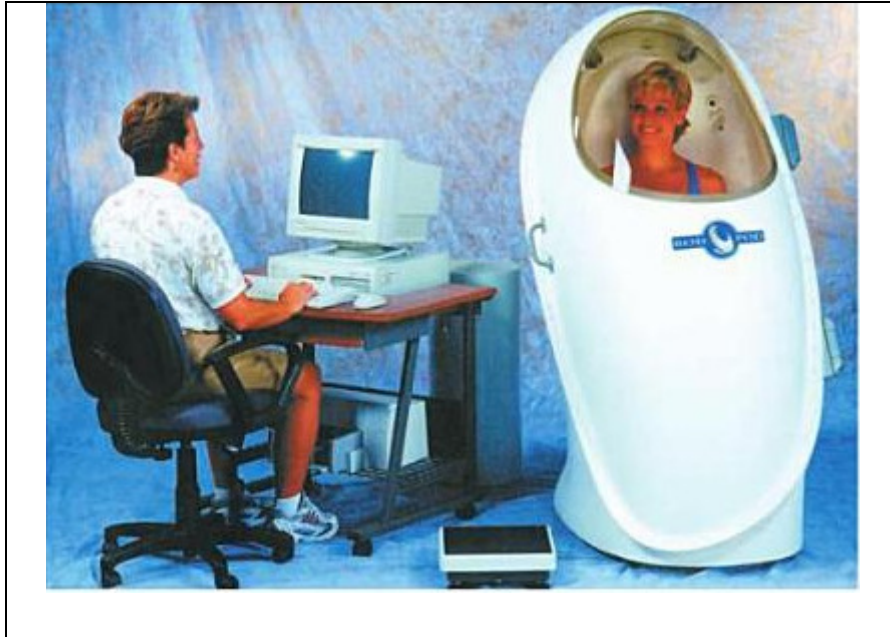
En todos los casos se utiliza una cámara presurizada para calcular el volumen corporal. Se pueden clasificar en:

- PLETISMOGRAFÍA POR DESPLAZAMIENTO DE AIRE.

Es una técnica de densitometría. El volumen se determina mediante el desplazamiento del aire en vez de con la inmersión del cuerpo en agua. Esta técnica, desarrollada a comienzos de la década de 1900, se usó muchísimo en los laboratorios de investigación hasta la década de 1990, cuando se dispuso de un modelo comercializado ahora muy en boga (Fotografía 1). El principio consiste en una cámara cerrada con aire a temperatura ambiente, a presión atmosférica y con un volumen conocido. Se abre la escotilla, la persona entra, se sienta en una postura fija y luego se cierra la escotilla, dejando la cámara herméticamente cerrada. Se determina el nuevo volumen de aire de la cámara, que luego se resta del volumen total de la cámara para obtener un cálculo del volumen del cuerpo (Wilmore & Costill, 2007).

- Volumen total = volumen de la persona + volumen restante

- Volumen de la persona = volumen total – volumen restante



Fotografía 1. La pletismografía con sistema Bod Pod utiliza la técnica de desplazamiento del aire para calcular el volumen corporal total (Tomado de Wilmore and Costill, 2007).

Aunque se trata de una técnica relativamente sencilla, requiere considerable precisión del control de los cambios en la temperatura, composición de los gases, y la respiración de la persona mientras permanece en la cámara. Los estudios han confirmado la precisión de esta técnica en la mayoría de las condiciones. Parece ofrecer una medición relativamente exacta del volumen corporal. Con este método se pueden obtener mediciones relativamente precisas del volumen corporal total y, por tanto, de la densidad total del cuerpo. No obstante, hay que aplicar la densidad del cuerpo a una ecuación para calcular la grasa relativa del cuerpo, teniendo en cuenta las inexactitudes de la densidad de masa magra (MMagra) de esa persona (Wilmore & Costill, 2007).

- DILUCIÓN DE HELIO.

Técnica en la que el sujeto se encuentra en una cámara cerrada donde se introduce un volumen conocido de helio. El helio se distribuye rápidamente a través de la cámara y en los pulmones del sujeto. La determinación de la concentración de helio en la cámara calcula el volumen del sujeto (Noriki *et al.* 1995).

Dicho método tiene dificultades termodinámicas. El efecto de la temperatura y de la influencia del intercambio de gases respiratorios que se produce en la cámara debe ser tenido en cuenta. El puente de conductividad térmica que se utiliza para medir la concentración de helio en la cámara, también responde a la acumulación de CO₂ y vapor de agua proporcionado por los sujetos (Siri, 1961). En realidad, este método no es utilizado en universidades, institutos y hospitales para el estudio de la composición corporal debido a la complicada operación (Noriki *et al.* 1995).

- GASES SOLUBLES EN GRASA.

Este método fue utilizado con éxito por Lesser *et al.* (1960, 1971) y Hytten *et al.* (1966) para la medición de la GC total de forma experimental en animales y adultos. El método tiene la desventaja de que requiere un aparataje complejo y que la medición requiere de mucho tiempo, lo que puede ser desagradable para el sujeto (Mettau, 1978).

1°.- Se disuelve una cantidad determinada de gas noble (Xenón o Kriptón) en la cámara presurizada.

2°.- Se introduce el sujeto dentro de la cámara y el gas noble se disuelve en el tejido adiposo con un coeficiente de solubilidad conocido.

3°.- Se calcula la cantidad de gas noble disuelto.

4°.- Se calcula el tejido adiposo.

2.3.2.2.- MÉTODOS QUÍMICOS.

Se valora la MG gracias a productos o elementos químicos. Los primeros estudios los realizó, en 1930, la marina de los Estados Unidos. Se trataba de comprender la difusión del N en la grasa y en los fluidos corporales de los submarinistas, que originaba grandes trastornos, llegando hasta la muerte, durante las descompresiones. La enfermedad por descompresión se debe a la reducción de la presión a la que se es expuesto. Como resultado de ello, el exceso de N evoluciona a través de los tejidos. Este gas puede formar burbujas que puedan localizarse en el tejido o los vasos, creando síntomas que van de leves a severos (Reeves *et al.* 1993).

Estos estudios se basaban en el modelo de 2 componentes.

En general, los métodos químicos presentan una serie de inconvenientes:

- Requieren una gran infraestructura y tienen un elevado coste económico.
- Tienen unos protocolos muy complejos, por lo que están limitados al campo experimental.
- La validez científica es relativa puesto que utilizan el modelo de 2 componentes y no el de 4 ó 5 componentes. Además, las constantes de las ecuaciones no han sido suficientemente validadas.

- DILUCIÓN ISOTÓPICA.

Mide el agua corporal total (ACT) por medio de un marcador radiactivo que se diluye en el agua del organismo.

El cálculo del ACT está basado en el principio de dilución (Norton & Olds, 2000):

$$C_1m_1 = C_2m_2$$

donde:

C_1 = concentración del trazador en solución experimental

m_1 = masa o peso de la solución experimental

C_1 = concentración en equilibrio del trazador en el fluido biológico de interés (plasma, orina, o saliva)

m_2 = masa o peso de ACT

1°.- Se introduce el marcador por ingestión o mediante una inyección. Los marcadores suelen ser Deuterio ($^2\text{H}_2\text{O}$), Tritio (THO) o Antipirina. Sin embargo, el Deuterio ha surgido como el trazador de preferencia porque es un isótopo estable sin los riesgos de radiación del tritio, y además, es mucho más económico que el H_2^{18}O (Norton & Olds, 2000).

2°.- Se deja que el marcador se equilibre disolviéndose en el agua.

3°.- Se calcula la concentración del marcador, en un análisis de sangre u orina, ó estudiando el espectro de emisión de rayos β de los productos (que tienen naturaleza radiactiva).

4°.- Conocido el volumen de agua se puede estimar la sabiendo que el músculo tiene un 73,2% de agua y la MG no acumula nada de agua. Posteriormente se estiman el resto de componentes.

El problema es que el 73,2% de agua de la MM es un dato poco validado (existen datos en cerdos y en ocho cadáveres humanos).

Las determinaciones de ACT se utilizan en estudios farmacocinéticos, en modelos multicompartimentales y como método de referencia de otros métodos como la impedancia (Herrero de Lucas, 2004).

- ESPECTROMETRÍA DE RAYOS GAMMA.

Los isótopos del Potasio ^{42}K ó ^{40}K son detectados por contadores corporales totales muy sensibles, que deben ser examinados a partir de la radiación de base ya que la concentración de este isótopo es muy baja (0,012% del potasio corporal total). También se necesita una tolerancia para la atenuación del conteo por cada tamaño y forma corporal del sujeto; la precisión, adicionalmente, depende de factores tales como el tipo de sistema de conteo junto con su diseño, y la eliminación de contaminadores cercanos. Las series de confiabilidad test-retest (n= 6) de Norton y Olds (2000), usando un contador del potasio corporal total en el Departamento de Medicina Nuclear del Hospital Royal Adelaide produjeron un coeficiente de correlación intraclase de 0,886 y un error técnico de medición (ETM) de 2,4 % GC. Estos resultados son inferiores a las precisiones recogidas en su libro Antropométrica, para la densidad corporal y el ACT (Norton & Olds, 2000).

- ESPECTROMETRÍA FOTÓNICA.

Evalúa la densidad y el contenido mineral óseo (Na y P) y muscular (K). Para ello, se irradia la zona con rayos y se registra la radiación absorbida. La cantidad de radiación absorbida es directamente proporcional al contenido del mineral.

La Radiación Fotónica dual reduce la cantidad de radiación a la que se ve sometido el sujeto, exponiéndolo a 1-3 mRem, frente a los 5 mRem del método tradicional.

- EXCRECIÓN DE CREATININA Y 3-METILHISTIDINA.

La determinación de creatinina urinaria en 24 horas en ausencia de enfermedad renal, da una idea de la MM del organismo. La creatinina se origina casi exclusivamente en el músculo esquelético a partir de creatina y fosfato de creatina.

Asumiendo que la MM esquelética libre de grasa equivale al 49% del peso corporal libre de grasa, la excreción de creatinina en orina puede indicar la MM. Se han propuesto cifras de 17,8 y 20 Kg de músculo esquelético por cada gramo de creatina excretada (Herrero de Lucas, 2004).

La variación intraindividual de la excreción de creatina puede llegar al 10%. La excreción urinaria de creatina puede ser influenciada levemente por la dieta, y la determinación analítica puede ser falseada por otras sustancias presentes en la orina. A pesar de ello, si la orina está bien recogida, la medición de creatina urinaria da una indicación de la MM esquelética a bajo precio, y por esta razón puede emplearse en estudios longitudinales y con población extensa (Herrero de Lucas, 2004).

2.3.2.3.- MÉTODOS DE EXPLORACIÓN DE LA IMAGEN.

- RADIOLOGÍA CONVENCIONAL.

Se precisa una serie de radiografías normales con una intensidad y tiempo de exposición controlados. Las distintas tonalidades se identifican con el tejido subcutáneo, el muscular y el óseo, que puede ser medido. Era una técnica muy en vigor hasta los años 70; sin embargo, el escaso poder de contraste entre tejidos blandos y la excesiva radiación (>5 mRem) a la que se tenía que exponer al sujeto la fueron dejando en desuso.

- ULTRASONIDOS.

Este método utiliza un instrumento en el que la energía eléctrica se convierte a través de una sonda en alta frecuencia de energía ultrasónica, que se transmite al cuerpo en forma de impulsos cortos. A medida que estas ondas ultrasónicas inciden perpendicularmente entre las superficies de los tejidos que difieren en las propiedades acústicas, parte de los ultrasonidos se reflejan en el receptor de la sonda y se transforma en energía eléctrica. En una pantalla osciloscópica se visualiza ese eco como una desviación vertical de la línea de base de tiempo horizontal (Lukasky, 1987).

Los aparatos comerciales de ultrasonidos proporcionan imágenes de la configuración de los tejidos. Diferentes ensayos han establecido la validez de la ecografía como método para estimar el grosor del tejido adiposo en el ser humano (Lukasky, 1987).

La aplicación del ultrasonido para medir el espesor de la grasa subcutánea no está todavía estandarizada ni sistematizada adecuadamente. Podría servir como alternativa al uso del plicómetro.

- TOMOGRAFÍA AXIAL COMPUTERIZADA (T.A.C.).

La TAC es un método diagnóstico que consiste en irradiar un segmento del individuo con haces de rayos X cuya atenuación después de haber atravesado el cuerpo, está en relación directa con la densidad de los tejidos que encuentran en su trayecto (Dalmau, 2007).

Esta técnica se ha utilizado en la medida de la composición corporal principalmente para (Figura 2):

- a) determinar el contenido de MM y MLG de segmentos corporales (Overend *et al.* 1992).

- b) diferenciar entre grasa subcutánea y grasa central a nivel troncular (Koester *et al.* 1992).
- c) determinar el contenido mineral del hueso, aunque las técnicas de absorciometría son la primera elección (Dalmau, 2007).

La TAC se considera el método de medida de la distribución del tejido adiposo de referencia para validar otras técnicas, como la resonancia magnética nuclear (RMN), la absorciometría con rayos X de doble energía (DEXA) o el método de interactancia con infrarrojos (Dalmau, 2007).

La TAC tiene importantes inconvenientes; la irradiación, el coste elevado y la escasa disponibilidad del aparato (Dalmau, 2007).

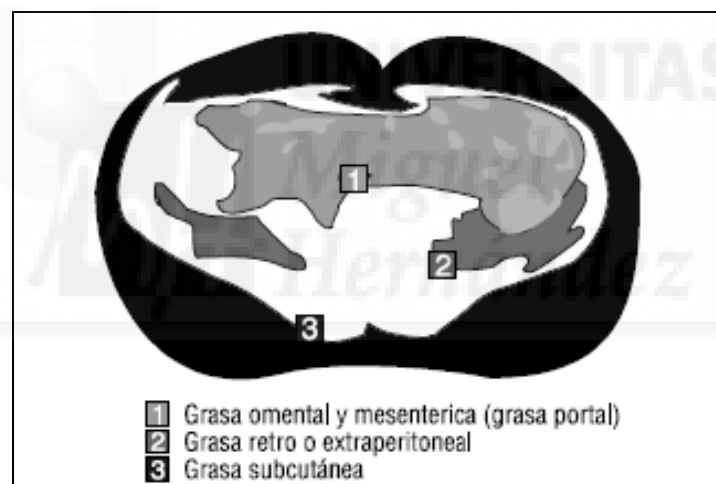


Figura 2. Anatomía de depósito de grasa abdominal.

- RESONANCIA MAGNETICA NUCLEAR (R.M.N).

Un método seguro con un gran potencial para la valoración de la composición corporal es la RMN. Este enfoque se basa en el hecho de que los núcleos atómicos, compuestos principalmente por neutrones y protones, pueden comportarse como imanes. Cuando un campo magnético externo se aplica a una parte del cuerpo, cada núcleo o momento magnético intenta alinearse con el campo magnético externo. Si una onda de

frecuencia de radio se dirige a los tejidos del cuerpo, algunos núcleos absorben energía de la onda de radio y cambian su orientación magnética en el campo. Cuando la onda de radio se apaga, los núcleos activos emiten la señal de radio que se absorbe. Esta señal emitida se utiliza para plasmar una imagen en una computadora. El núcleo más estudiado en la biología es el H y, en particular, los átomos de H del agua de las moléculas en células y tejidos. El H es el elemento más abundante del cuerpo cuando se le considera como número de átomos (o núcleos para los propósitos de la resonancia magnética) en lugar de como porcentaje del peso corporal. La mayoría de estos átomos de H están presentes como parte de las moléculas de agua (Lukasky, 1987).

El núcleo de H es el más susceptible a la detección de la imagen por RMN. No sólo es alta la abundancia natural de H (99,98%), sino que la sensibilidad de la RMN para este núcleo, que es simplemente un protón, es mayor que cualquier otro núcleo atómico. Considerando que los métodos convencionales de rayos X radiográficos y la TAC dependen de la densidad de electrones, la RMN depende de la densidad de núcleos de hidrógeno y el estado físico de los tejidos como se refleja en el campo magnético en los momentos de relajación (Lukasky, 1987).

El optimismo de las futuras aplicaciones de la RMN para la evaluación de la composición corporal debe ser atemperado por las limitaciones de disponibilidad y el alto costo, además de los problemas técnicos de la resolución espacial. Sin embargo, la RMN es un método novedoso que tendrá una influencia profunda en la evaluación de las reservas energéticas corporales (Lukasky, 1987).

- ABSORCIOMETRÍA CON RAYOS X DE DOBLE ENERGÍA (DEXA).

Esta técnica se basa en la diferente atenuación que experimentan dos haces de rayos X de diferente energía al atravesar los distintos tejidos del organismo. La primera utilidad de esta técnica fue la determinación de la MO. El contenido mineral óseo y la

masa de tejidos blandos se calculan a partir de la atenuación de las dos energías fotónicas resolviendo un sistema lineal de dos ecuaciones simultáneas. Posteriormente los algoritmos incluidos en el software del aparato permiten dividir la masa de tejidos blandos entre grasa y tejido libre de grasa. Por consiguiente, con esta técnica se divide al organismo en tres compartimentos (Herrero de Lucas, 2004).

Definición de la técnica: Es una técnica fácil de realizar, pero requiere una mínima colaboración del sujeto. Debe colocarse en decúbito supino y evitar los movimientos. La fuente de rayos X va incorporada en un brazo móvil que se desplaza longitudinalmente sobre el sujeto. La radiación que recibe un individuo oscila alrededor de 3 mRem. El tiempo de exploración variará desde veinte minutos, en las unidades más antiguas, hasta los cinco minutos de las nuevas generaciones de aparatos, aunque el costo del aparato es significativamente mayor. Existen varios fabricantes en el mercado.

Los resultados se obtienen con distintos modelos que pueden ser diferentes para un mismo individuo. Esto impide comparaciones efectuadas con aparatos de distinto fabricante. También hay que tener en cuenta que se han efectuado mejoras en los algoritmos de análisis de los nuevos aparatos, lo que obliga a reanalizar pacientes analizados con diferente algoritmo (Herrero de Lucas, 2004).

La ropa que llevan los sujetos es motivo de discusión para disminuir la influencia que ésta pudiera tener sobre la atenuación de rayos X. Por ejemplo, el algodón es identificado como grasa por el aparato.

El DEXA obtiene resultados de composición corporal con buena reproducibilidad (dentro del 1% para grasa en adultos), lógicamente usando siempre el mismo aparato.

Con relación a la exactitud, no existe mucha información sobre la comparación de resultados de DEXA y análisis químico de cadáveres, pero la comparación con otras técnicas *in vivo*, tal como la activación de neutrones ha revelado que los resultados de ambas técnicas son muy similares. La DEXA puede perder exactitud cuando se analiza la grasa a distinta profundidad con respecto a la superficie. Sin embargo, es una técnica útil en el análisis de composición corporal (Herrero de Lucas, 2004).

2.3.2.4.- DENSITOMETRÍA.

La densitometría supone medir la densidad del cuerpo de una persona. La densidad (D) se define como la masa dividida por el volumen (Wilmore & Costill, 2007):

$$D_{\text{corporal}} = \text{masa}_{\text{corporal}} \div \text{volumen}_{\text{corporal}}$$

La masa corporal es la escala de peso del deportista. El volumen corporal puede obtenerse mediante varias técnicas, pero la más común es el pesaje hidrostático, en el cual el sujeto es pesado estando totalmente sumergido en el agua. La diferencia entre el peso del sujeto dado por una báscula y el peso debajo del agua, una vez corregido por la densidad del agua, iguala el volumen del cuerpo. Este volumen tiene que volverse a corregir teniendo en cuenta el volumen de aire atrapado en el cuerpo. La cantidad de aire atrapado en el tracto intestinal es difícil de medir, pero afortunadamente es un volumen pequeño (unos 100 ml) y se suele pasar por alto. No obstante, el gas atrapado en los pulmones debe medirse porque su volumen suele ser grande, dando un promedio de 1.500 ml en los hombres adultos jóvenes y de 1.200 ml para las mujeres adultas jóvenes, dependiendo del tamaño (Wilmore & Costill, 2007).

La Figura 3 ilustra la técnica de pesaje hidrostático usada para dos jugadores profesionales de fútbol americano de estatura y peso idénticos, pero con composiciones corporales sustancialmente diferentes. La tabla de la figura muestra los cálculos de su composición corporal, y demuestra que Dave es casi dos veces más graso que Jack. Para que estos dos deportistas alcancen un valor de % GC del 10% Jack tendría que perder menos de 0,5kg, pero Dave necesitaría perder casi 8,7kg (Wilmore & Costill, 2007).

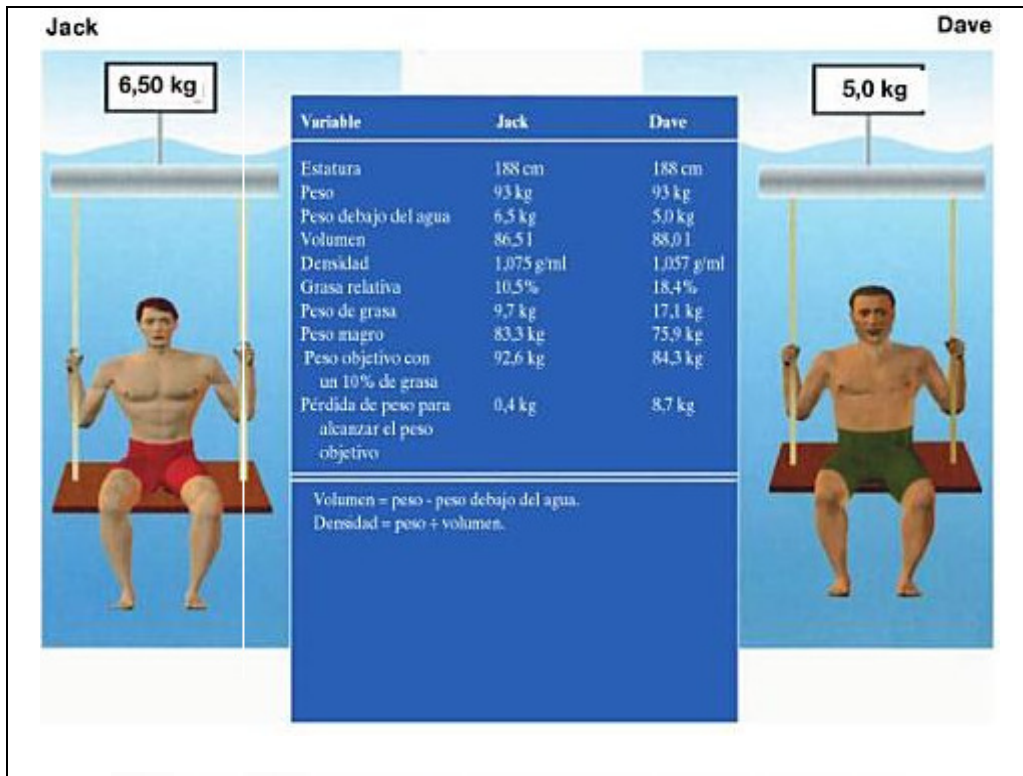


Figura 3. Uso de la técnica de pesaje debajo del agua en dos jugadores profesionales de fútbol americano del mismo peso pero de distinta composición corporal (Tomado de Wilmore and Costill, 2007).

La densitometría ha sido durante mucho tiempo la técnica preferida para valorar la composición corporal. Las técnicas nuevas generalmente se comparan con la densitometría para determinar su precisión. No obstante, ésta tiene sus limitaciones. Si el peso corporal, el peso debajo del agua y el volumen pulmonar durante el pesaje bajo el agua se miden correctamente, el valor resultante de la densidad corporal es preciso (Wilmore & Costill, 2007). Sin embargo, en la revisión y análisis que realizaron Martin y Drinkwater (1991) demuestran que la variabilidad de la densidad ósea induce a un mayor error en la estimación del porcentaje de grasa.

Al usar el modelo de dos componentes de la composición corporal, se requieren estimaciones precisas de las densidades de la MG y de la MMagra. La ecuación usada más frecuentemente para convertir la densidad corporal en una estimación del % GC es la ecuación estándar de Siri (Wilmore & Costill, 2007):

$$\% \text{ de grasa corporal} = (495 \div D_{\text{corporal}}) - 450$$

Esta ecuación presupone que las densidades de la MG y de la MMagra son relativamente constantes en todas las personas. De hecho, la densidad de grasa en diferentes puntos es muy constante en el mismo individuo y relativamente constante entre las personas. El valor generalmente usado es $0,9007 \text{ g/cm}^3$. Pero la determinación de la densidad de la MMagra ($D_{\text{masa magra}}$), que la ecuación de Siri supone que es de 1,100, es más problemática. Para determinar esta densidad, se deben presuponer dos cosas (Wilmore & Costill, 2007):

1. La densidad de masa tejida, incluida la MMagra, es conocida y permanece constante.
2. Cada tipo de tejido representa una proporción constante de MMagra (p.ej., suponemos que el hueso representa siempre el 17% de la MMagra).

Las excepciones a cualquiera de estas suposiciones producen errores al convertir la densidad del cuerpo en % GC y este error puede ser sustancial. Desgraciadamente, la densidad de la MMagra varía considerablemente entre las personas, afectada por la edad, el sexo y la raza (Wilmore & Costill, 2007).

2.3.3. MÉTODOS DOBLEMENTE INDIRECTOS.

2.3.3.1. T.O.B.E.C: (Conductividad Eléctrica Total Corporal)

Esta técnica se basa en las variaciones de conductividad eléctrica y propiedades dieléctricas de los distintos componentes del cuerpo. Mide la distorsión producida cuando se introduce un conductor en un campo electromagnético. El instrumento es básicamente

una bobina solenoidal tan larga como la estatura de una persona, a la que se aplica una corriente eléctrica oscilante de 5MHz de frecuencia. Así, se genera un campo magnético en el volumen interior de la bobina. El campo electromagnético de esta bobina induce una corriente eléctrica en cualquier material conductor introducido en su interior. Esta corriente eléctrica depende de la composición y concentración de los electrolitos y del volumen del material analizado. En la práctica el instrumento mide la diferencia de la impedancia de la bobina cuando está vacía y cuando un individuo ha sido colocado en su interior. La diferencia se divide por el peso del sujeto. Esta conductividad es proporcional al peso magro (Herrero de Lucas, 2004).

El sujeto se introduce en la bobina en una camilla que se mueve a lo largo de la bobina. El instrumento hace mediciones en múltiples puntos del recorrido de la camilla. Cada sujeto analizado produce unos valores que representan una curva específica. Esta curva se ajusta según un desarrollo en serie de Fourier y se utiliza para resolver una ecuación basada en datos de densitometría bajo el agua (Herrero de Lucas, 2004).

Las limitaciones de este método son su costo, el espacio requerido para su instalación, la influencia de las variaciones de la morfología corporal y la dependencia de ecuaciones de predicción (Herrero de Lucas, 2004).

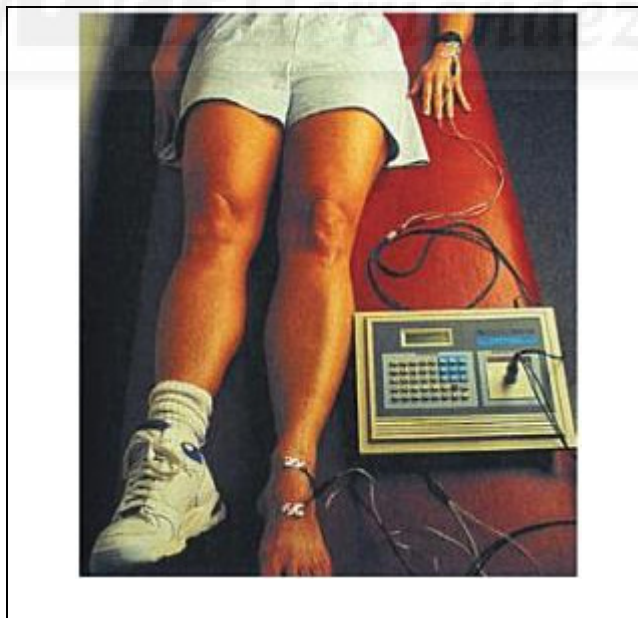
A su favor está su buena precisión, carácter no radioactivo, y requerimiento escaso de colaboración por parte del sujeto de estudio. Esta tecnología no está muy extendida (Herrero de Lucas, 2004).

2.3.3.2. B.I.A (Impedancia Bioeléctrica).

Durante los años ochenta se introdujeron otras técnicas de campo. La medición de la BIA es un procedimiento sencillo que requiere tan sólo 5 minutos para llevarse a cabo. Se adhieren cuatro electrodos al cuerpo: a un tobillo, a un pie, a una muñeca y al dorso de una mano, tal como se muestra en la Fotografía 2. Se hace pasar una corriente

imperceptible a través de los electrodos distales (mano y pie). Los electrodos proximales (muñeca y tobillo) reciben el flujo de corriente. La conducción eléctrica a través de los tejidos entre los electrodos depende de la distribución del agua y de los electrolitos en este tejido. La MMagra contiene casi toda el agua y los electrolitos conductores del cuerpo. En consecuencia, la conductividad es mucho mayor en la MMagra que en la MG. Dicho de otra manera, la corriente eléctrica se mueve más fácilmente y con mayor rapidez a través de la masa magra. La MG tiene una impedancia mucho mayor, lo cual quiere decir que es mucho más difícil que la corriente fluya a través de la MG. Por lo tanto, la cantidad de flujo de corriente a través de los tejidos refleja la cantidad relativa de grasa contenida en ese tejido (Wilmore & Costill, 2007).

Con la técnica BIA, la medición de la impedancia, la conductividad o ambas se transforman en estimaciones del % GC. Las estimaciones del % GC en función de la BIA tienen una alta correlación con las mediciones de la GC obtenidas mediante pesaje hidrostático ($r =$ aproximadamente, entre 0,90 y 0,94). No obstante, el % GC en poblaciones deportistas delgadas tiende a sobreestimarse con la BIA debido a la naturaleza de las ecuaciones que se utilizan (Wilmore & Costill, 2007).



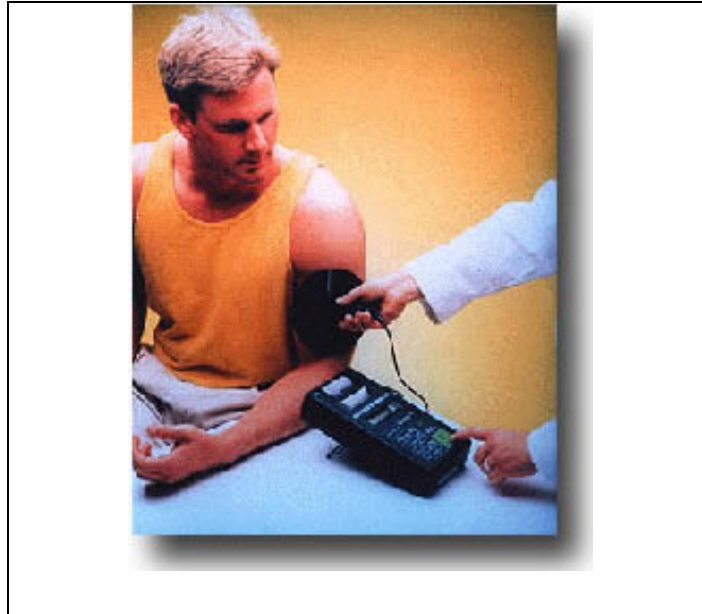
Fotografía 2. Técnica de impedancia bioeléctrica para la valoración del porcentaje de grasa corporal (Tomado de Wilmore and Costill, 2007).

El análisis mediante BIA es un método rápido, no invasivo y relativamente barato para evaluar la composición corporal tanto en mediciones de campo como en entornos clínicos (Heyward, 2001). Debido a sus características, el futuro de la BIA es indiscutiblemente prometedor. Sin embargo, deberá someterse a los estándares de comprobación que toda metodología requiere. La investigación en estados patológicos y la mejora de las ecuaciones permitirá mayores avances en este sentido (Albuquerque, 2008).

2.3.3.3.- N.I.R. (Reactancia a la luz infrarroja).

El uso de la interacción de rayos infrarrojos en humanos, está basado en los principios de la absorción de la luz, la reflectancia y la espectroscopia de luz infrarroja debida a la diferente composición de los tejidos orgánicos (Gerardo *et al.* 2000).

Para su aplicación en la valoración de pacientes o deportistas, en la actualidad existen aparatos portátiles (Frutex-5000) que mediante un solo punto de aplicación superficial (bíceps humeral) parece estimar el porcentaje graso y la composición acuosa orgánica (Fotografía 3) (Gerardo *et al.* 2000). Aún precisándose, por un lado, de más estudios (que muestren su validación) y por otro, mejorar la calidad del espectrofotómetro, el estudio de Conway *et al.* (1984) sugiere que el método NIR puede facilitar una técnica rápida, segura y no invasiva para la evaluación nutricional tanto individual como de poblaciones.



Fotografía 3. Análisis de la composición corporal por reactancia infrarroja (Tomado de formulamedical.com).

2.3.3.4.- CINEANTROPOMETRÍA.

La raíz etimológica del término Cineantropometría deriva del griego, mediante la yuxtaposición de los siguientes términos: “κίνησις = kínēsis = Movimiento”, “άνθρωπος = Antropos = Hombre” y “μετρον = Métron = Medida”.

Se define Cineantropometría como la “especialización científica relacionada con la medición del ser humano en su múltiple variedad de perspectivas morfológicas, su aplicación al movimiento y los diversos factores que influyen al mismo, incluyendo los diferentes elementos de la composición corporal, medidas corporales, proporciones, composición, forma y maduración, habilidad motora y capacidad cardiorespiratoria y la actividad física que incluye tanto a las de tipo recreativo como la práctica de deportes altamente especializados”. Esta es la definición mayoritariamente aceptada de forma universal, al ser la postulada por el grupo I.S.A.K. (“International Society for the Advancement of Kinanthropometry”), sociedad de ámbito internacional dedicada desde hace años al estudio y desarrollo de recomendaciones técnicas para la evaluación

antropométrica, particularmente en atletas; al tiempo que evolucionando hacia su aplicación sobre la población general.

Los estudios antropométricos permiten la estimación de la composición corporal, el estudio de la morfología, las dimensiones y la proporcionalidad en relación al rendimiento deportivo, la nutrición y el crecimiento. Todos estos aspectos se conocen y están desarrollados por el área de la Cineantropometría (Alvero *et al.* 2010).

La estimación de la composición corporal es importante para la determinación del estado nutricional tanto en condiciones de salud como de enfermedad (Alvero *et al.* 2010).

La utilización de ecuaciones de predicción de MG y/o MLG así como de otras fracciones como la MM esquelética, basados en variables antropométricas son aplicables siempre y cuándo se reproduzcan las mismas medidas originales del trabajo de investigación y si es posible aplicarlo en el mismo grupo de edad, sexo y etnia de los cuales fueron obtenidos y con un bajo error de medición, lo cual se consigue con un estricto proceder en la toma de la medida (Alvero *et al.* 2010).

El GREC (Grupo Español de Cineantropometría) como Sociedad Científica perteneciente a FEMEDE (Federación Española de Medicina del Deporte) ha confeccionado un documento de consenso en relación a la valoración antropométrica y la estimación de la composición corporal mediante métodos antropométricos en diferentes grupos de población (niños, adultos, deportistas, mayores y obesos) (Alvero *et al.* 2010).

Antropometría

La antropometría se refiere a las diferentes medidas del tamaño y las proporciones del cuerpo humano. Las ecuaciones antropométricas de predicción permiten estimar la densidad corporal, y a partir de este valor podemos calcular el % GC y por derivación la MLG (Alvero *et al.* 2010). Al igual que cualquier otra ciencia, depende de la estricta adhesión a un protocolo de reglas de medición determinado por los organismos normativos nacionales e internacionales (ISAK, 2009).

El método de los pliegues de grasa.

El método de los pliegues se usa para estimar la composición corporal en múltiples poblaciones y con diferentes características, como son los niños, los adultos y los deportistas (Alvero *et al.* 2010).

Este método se basa en la medida del espesor de tejido subcutáneo adiposo en lugares bien definidos y protocolizados. Muchas ecuaciones basadas en las medidas de pliegues, usan dos o más pliegues de grasa para predecir la densidad corporal y posteriormente calcular el % MG (Alvero *et al.* 2010).

Una detallada descripción de la estandarización de los pliegues de grasa y del resto de técnicas para la obtención de las medidas antropométricas, la podemos consultar en el libro Antropometría (Norton & Olds, 2000) y el manual ISAK (*International Society for Advancement in Kinanthropometry*) (ISAK, 2009) entre otros.

La combinación de una serie de medidas antropométricas como el peso, la estatura, los pliegues cutáneos de grasa, los diámetros óseos y los perímetros musculares nos sirven como variables dependientes predictoras de la MG y la MLG (Alvero *et al.* 2010).

2.3.4. SITUACIÓN ACTUAL DE LA CINEANTROPOMETRÍA, IMPEDANCIA BIOELÉCTRICA Y ECOGRAFÍA.

La posibilidad de realizar medidas precisas de composición corporal viene a ser esencial para una buena evaluación nutricional y, de esta forma, poder planificar aspectos dietéticos y programas de cuidados médicos (Fanelli & Kuczmarski, 1984). Métodos como la TAC, la RMN y la DEXA se están usando recientemente para medir con precisión la MM esquelética. Sin embargo, estos métodos son caros, laborioso y en el caso de la TAC expone al individuo a radiación (Kuriyan *et al.* 2008). Por ello, debemos trabajar con métodos sencillos e inocuos que nos permitan estimar la MG y el tejido adiposo. El método de ultrasonido viene a ser válido para la evaluación de la grasa subcutánea en hombres y mujeres mayores. Así lo muestra el estudio de Rolfe *et al.* (2010) cuando lo correlacionan con la imagen obtenida mediante RMN. Siendo mayor dicha correlación en la grasa visceral de las mujeres. Si atendemos a diferentes métodos de valoración, Utter & Hagger (2008) tras evaluar la MLG de luchadores escolares mediante ultrasonido, pesaje hidrostático y toma de pliegues cutáneos, encontraron una estimación similar entre la técnica de ultrasonido y el pesaje hidrostático. Así mismo, el estudio de Fanelli & Kuczmarski (1984) sugiere que la técnica de medición de pliegues y la de ultrasonido son igualmente de efectivas para predecir la densidad corporal y la GC en hombres delgados.

Por otro lado, la BIA viene a ser un método relativamente sencillo, rápido y no invasivo para medir el agua corporal y la MLG (Houtkooper *et al.* 1996; Kuriyan *et al.* 2008). Para Sun *et al.* (2005) la BIA es una buena alternativa para la estimación del % GC cuando los sujetos están dentro de un rango de GC normal. Parece ser que éste método tiende a sobreestimar el % GC en sujetos delgados y lo subestima en los sujetos obesos. En el estudio de Duz *et al.* (2009) los resultados muestran como la BIA y la antropometría subestiman los valores del % MG corporal cuando lo comparan con el DEXA.

2.4. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

El conocimiento de la composición corporal posibilita conocer la condición nutricional, el riesgo cardiovascular y el estado físico de diferentes poblaciones. El creciente desarrollo de nuevos métodos en la evaluación de la composición corporal, hace necesaria una revisión que nos permita dilucidar qué técnica puede facilitar dicha valoración de una forma válida, fiable y de fácil y rápida aplicación tanto en el campo deportivo como en el área de la Salud Pública. Dicha heterogeneidad plantea dudas respecto a qué material, técnica y ecuación emplear a la hora de abordar el análisis de la composición corporal tanto a nivel clínico o individual como poblacional. Dentro de la gran variedad de métodos existentes encontramos, la cineantropometría, la hidrodensitometría y la pletismografía por desplazamiento de aire, la hidrometría, el recuento corporal total y análisis de activación de neutrones, la DEXA, el análisis de BIA, la TAC e imágenes por RMN. Sin embargo, pocos son los estudios que utilizan la ecografía como método para evaluar la grasa subcutánea. Éste método podría ganar adeptos por tratarse de una técnica no invasiva, inocua, indolora, válida, fácil y rápida de realizar y además requiere escasa colaboración por parte del paciente. Y, hasta el momento, no aparece en la literatura ningún estudio que haya correlacionado los métodos cineantropométrico y ecográfico aplicados sobre las 8 zonas cutáneas utilizando como referencia la fórmula de Yuhasz para valorar la composición corporal en una población española de edades comprendidas entre los 15 y los 80 años.

Para intentar responder a la relación existente entre estos métodos y el análisis de BIA, y diseñar una serie de ecuaciones que posibiliten conocer la composición corporal de jóvenes y adultos sanos de una forma rápida, sencilla e inocua utilizando el ecógrafo, se plantea el presente trabajo.



3. HIPÓTESIS

3. HIPÓTESIS.

H1) El método cineantropométrico para valorar la composición corporal mediante la toma de pliegues cutáneos requiere de un tiempo y dedicación del cual, a veces, no se dispone en la Atención Primaria. Es posible utilizar un método más rápido, igual de preciso y con una aplicación de menor dificultad que la cineantropometría.

H2) El ecógrafo puede ser una herramienta útil para valorar la composición corporal de jóvenes y adultos sanos.

H3) El ecógrafo puede ser una herramienta útil que correlacione con la técnica de incisión en cadáveres frescos fijados y conservados con el método de Walther Thiel (Thiel, 1992a,b; 2002).





4. OBJETIVOS

4. OBJETIVOS.

4.1. OBJETIVOS GENERALES.

- 1) Verificar el grado de correlación existente entre tres métodos (cineantropometría, ecografía y BIA) de estimación de la composición corporal (% MG) tras su aplicación en un grupo de individuos jóvenes y adultos, de ambos sexos.
- 2) Verificar el grado de correlación existente entre la medición de panículo adiposo, la ecografía y la incisión utilizando para ello cadáveres de ambos sexos.
- 3) Comparar los métodos de exploración de la composición corporal que ofrecen una estabilidad y aplicabilidad en estos segmentos poblacionales.
- 4) Valorar el comportamiento de la ecografía como método para el cálculo del % MG, el % MM y los kg de MG.

4.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS.

- 1) Evaluar la composición corporal utilizando diferentes métodos indirectos y relacionar los datos obtenidos con los diferentes grupos de edad, actividad física, IMC, consumo de tabaco y riesgo cardiovascular en hombres y mujeres.
- 2) Establecer una relación entre la cineantropometría y la BIA.
- 3) Establecer una relación entre la cineantropometría y la medición de GC mediante ecografía.
- 4) Determinar índices o fórmulas fiables que permitan valorar la composición corporal de una forma sencilla mediante el ecógrafo portátil.
- 5) Validar las fórmulas obtenidas que se basan en la ecografía para obtener el % MG, el % MM y los kg de MG en sujetos vivos.



5. MATERIAL Y MÉTODOS

5. MATERIAL Y MÉTODOS.

Toda investigación requiere una sistemática de trabajo perfectamente definida y que se adecúe al proyecto a realizar. Este es uno de los propósitos principales de este estudio actual de investigación con el objetivo de conseguir una uniformidad en la valoración de la composición corporal.

En este apartado se expone la metodología llevada a cabo durante el estudio, con la finalidad de conseguir los objetivos propuestos e intentar explicar las hipótesis establecidas. La investigación contó con dos tipos de muestra: por una parte sujetos vivos, y por otra, cadáveres.

La investigación comprende la valoración de la composición corporal por medio de técnicas no invasivas como son la cineantropometría, la BIA y la valoración mediante ultrasonidos para los sujetos vivos, y, la cineantropometría, la valoración mediante ultrasonido y la incisión, en el estudio de los cadáveres.

5.1. DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN.

Dicho estudio es controlado, transversal y analítico. En él se establecieron grupos atendiendo a la edad, al sexo, a la actividad física que se realizaba, al consumo de tabaco, al IMC y al riesgo cardiovascular. A cada individuo perteneciente a la muestra se le sometió, previa lectura y firma del consentimiento informado (Anexo 2), a tres métodos de valoración de la composición corporal.

5.2. PARTICIPANTES.

Este estudio se ha desarrollado con dos tipos de muestra (sujeto vivo y cadáver) con la intención de demostrar las hipótesis planteadas.

La muestra que conformaba el estudio con sujetos vivos fue de 221 participantes (hombre y mujeres). Estos sujetos se agruparon a la hora de realizar el análisis de los resultados de las siguientes formas:

Atendiendo al grado de Actividad Física efectuada:

- Grupo sedentario: Sujetos que no realizaban actividades físicas durante 30 minutos al día, al menos tres veces a la semana (ACSM, 2006).
- Grupo Actividad Física Ligera (AFL): Sujetos que realizaban entre 20-60 minutos continuos o intermitentes, con un mínimo de 3 veces a la semana y a una intensidad del 55-65% hasta el 90% de la frecuencia cardíaca (Scott *et al.* 2000).
- Grupo Actividad Física Media (AFM): Sujetos que realizaban de 3 a 6 horas de actividad física a la semana.
- Grupo Actividad Física Alta (AFA): Sujetos que realizaban más de 6 horas de actividad física a la semana.

Atendiendo a la edad y al sexo:

- De 15 a 25 años
- De 26 a 35 años
- De 36 a 45 años
- De 46 a 55 años
- De 56 a 65 años

- > de 65 años

Atendiendo al consumo de tabaco: Fumador o no fumador.

Atendiendo al riesgo cardiovascular: A partir del índice cintura-cadera (ICC).

Atendiendo al IMC (WHO, 1995).

Los criterios de inclusión fueron:

- Sujetos sanos de ambos sexos, mayores de 14 años que otorgaron el consentimiento informado por escrito.

A su vez, los criterios de exclusión se basaron en:

- Presencia de prótesis y/o implantes metálicos.
- Radiación previa elevada.
- Ingesta abundante de agua, alcohol o alimentos previa a la valoración (al menos 2 horas).
- Actividad física previa al análisis (4 horas).
- Síndrome pre-menstrual (por la posible retención de líquidos que altera la BIA)
- Embarazo y lactancia.
- Imposibilidad de vaciar la vejiga antes de someterse a la BIA.

Por otro lado, la muestra con cadáveres incluyó:

- 5 cadáveres frescos en Thiel donados para el estudio a la Facultad de Medicina de la UMH.
- Dichos cadáveres (4 mujeres y 1 hombre), presentaban un peso medio de $57,7 \pm 15,67$ kg, una estatura media de $1,57 \pm 0,05$ cm y un IMC medio de $23,05 \pm 5,41$.

5.3. INSTRUMENTOS.

En este apartado se describen los materiales utilizados en la investigación con el objetivo de tomar las medidas de una forma controlada y validada.

5.3.1. CINEANTROPOMETRÍA.

Una de las razones del desarrollo y rápida difusión de la cineantropometría como sistema de investigación se debe al bajo precio de los instrumentos necesarios para elaborar las medidas y análisis.

El material antropométrico debe reunir una serie de requisitos imprescindibles:

- Sencillo en el manejo.
- Preciso en las determinaciones métricas.
- Homologado.

Los instrumentos de medida utilizados para dicho estudio antropométrico fueron los siguientes:

Cinta Antropométrica: Para la medición de perímetros se utilizó una cinta de acero flexible con una longitud mínima de 1,5 m de largo. Dicha cinta estaba calibrada en centímetros con gradación milimétrica. La cinta era no-extensible, flexible, con una anchura no mayor a 7 mm y un espacio sin graduar (zona neutra) de 4 cm antes de la línea del cero. Además del uso descrito, la cinta antropométrica se utilizó para la localización precisa de una cantidad de sitios de pliegues cutáneos y marcar las distancias entre las protuberancias o puntos óseos de referencia anatómica (ISAK, 2009).

Tallímetro o Estadiómetro: Escala métrica apoyada sobre un plano vertical, que está instalada perpendicularmente a una base de plano horizontal, y una tabla o plano horizontal (barita) adaptado por medio de un cursor deslizante para contactar con la parte superior de la cabeza o vértex, colocando la cabeza del sujeto de estudio según el plano de Frankfurt, situando el trago paralelo al suelo y perpendicular al tallímetro. Su precisión es

de 1mm. En el presente trabajo de investigación se utilizó para medir la altura vertical con respecto al suelo del sujeto de estudio.

Se calibró periódicamente mediante la comprobación con otra cinta métrica de la distancia entre la horizontal y los diferentes niveles del cursor deslizante.

Báscula o Balanza: Balanza pesa-personas con una precisión de 100g (Fotografía 4). La báscula empleada en esta investigación está homologada y tiene una capacidad para sostener al menos 150Kg.



Fotografía 4. Báscula con tallímetro.

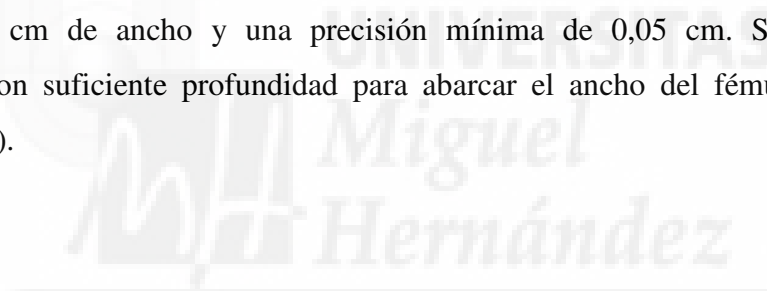
En el presente trabajo de investigación se utilizó una báscula calibrada periódicamente. Se empleó para obtener el peso corporal total de los sujetos de estudio.

Plicómetro, calibre de pliegues cutáneos, lipómetro o medidor de panículos: Para la medición de pliegues cutáneos se requiere una presión de cierre constante de $10\text{g}/\text{mm}^2$ en todas las mediciones. El plicómetro utilizado en esta investigación está calibrado hasta 40 mm con divisiones de 0,2 mm (Fotografía 5). Para su calibración utilizamos las aportaciones de Carlyon *et al.* (2000), Gore *et al.* (1995) y Schmidt y Carter (1990).



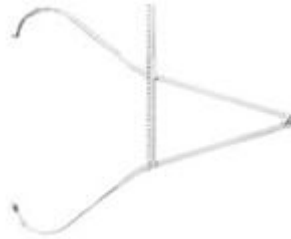
Fotografía 5. Plicómetro Harpenden

Calibre móvil pequeño: (Otros nombres: Antropómetro pequeño, paquímetro pequeño, calibrador de diámetros óseos pequeño). Este calibre se utilizó para medir los diámetros biepicondileo del húmero y bicondileo del fémur, así como los diámetros de otros huesos pequeños (Fotografía 6). Dicho calibre tiene ramas de 10 cm de largo como mínimo, una cara de 1,5 cm de ancho y una precisión mínima de 0,05 cm. Sus ramas largas proporcionaron suficiente profundidad para abarcar el ancho del fémur y del húmero (ISAK, 2009).



Fotografía 6. Paquímetro

Calibres de Ramas Curvas: Escala métrica con dos ramas, una fija y otra que se desplaza. Las ramas son curvas. Su precisión es de 1mm (Fotografía 7).



Fotografía 7. Calibre de Ramas Curvas

Se utilizan fundamentalmente para medir diámetros. En este estudio se ha utilizado para medir el abdomen antero - posterior.

Material Auxiliar:

- *Banco de Madera:* Facilita la toma de diferentes medidas.
- *Lápiz Dermográfico:* Señala los puntos anatómicos y marcas de referencia.
- *Pesos, Escala Métrica:* Calibración del aparataje.
- *Termómetro Portátil:* Asegura la correcta temperatura de la habitación.
- *Plataforma:* Base de sustentación para colocar el antropómetro y el sujeto estudiado, puede ser útil en la medición de las alturas cuando el suelo no está bien nivelado.
- *Programa Informático de Cineantropometría (ISAK, 2009):* Para el procesamiento de los datos, debido al alto número de medidas que se realizan.

En el presente trabajo se ha utilizado el material antropométrico homologado descrito.

5.3.2. IMPEDANCIA BIOELÉCTRICA.

El % MG corporal por BIA se obtuvo con el monitor OMRON BF 300® (OMRON Matsukasa Co. LTD, Japón), validado frente a densitometría (Gibson *et al.* 2000) y pliegues cutáneos (Martín *et al.* 2001), que mide la impedancia de brazo a brazo a lo largo de la cintura escapular, en la parte superior del tronco (Bracco *et al.* 1996) (Fotografía 8). Las determinaciones se realizaron siguiendo las recomendaciones del fabricante, por duplicado y con un minuto de separación entre ellas, en ropa interior, con al menos cuatro horas de ayuno y sin haber realizado ejercicio en las doce horas previas.



Fotografía 8. Dispositivo de impedancia bioeléctrica

5.3.3. ECOGRAFÍA.

El sistema de ultrasonido empleado en esta investigación ha sido el SonoSite® TITÁN™ (Fotografía 9). Es un aparato de ultrasonido modular de alta resolución. Se utilizó este sistema de diseño modular por varias razones (www.sonosite.com):

- Permite un uso móvil.
- Es de fácil conectividad.
- Posibilita adquirir nuevos componentes y aplicaciones de software.



Fotografía 9. Dispositivo de ultrasonidos

A continuación se detallan los datos del Sistema:

Datos específicos del sistema:

- Peso: 7,7 libras (3,5 kilogramos).
- Dimensiones: 11,9" L x 10,9" W x 3 " H
- Demostración: 8,4" (diagonal) integrada y totalmente digital TFT coloreada.
- Pantalla de cristal líquido.

Sistema móvil de acoplamiento:

- Sistema móvil de acoplamiento Dimensiones: 31,9 "x 22,6" W x altura ajustable de 33,2 "a 45,1".
- Disponibles para impresora integrada, vídeo o DVD de almacenamiento.
- Conector opcional para 3 transductores.
- Selección por conmutación electrónica sencilla.
- Monitor opcional de 12,1" (diagonal).

Modos de imagen

- 2D
- Pantalla dividida.

- Zoom.
- Modo M: 3 velocidades de barrido de 1 / 2: 1 / 2, 1 / 3: 2 / 3 o las opciones de pantalla completa.
- Pulsado de onda (PW) Doppler.
- Pulsado de onda continua (CW) Doppler.
- Velocidad de flujo Doppler color en función de Imágenes Duplex, 3 velocidades de barrido de 1 / 2: 1 / 2, 1 / 3: 2 / 3 o las opciones de pantalla completa.
- Tejido imagen armónica (THI).

Transductores:

- Todos los transductores son ligeros y de conexión rápida. Disponen de un menú para ajustar la configuración de frecuencia.
- C60/5-2MHz de banda ancha de uso general, abdominal y obstétrica para la proyección de la imagen. 2D, CPD, velocidad en color, Doppler OP.
- ICT/8-5MHz intracavitario de banda ancha para obtener imágenes de obstetricia y ginecología. 2D, CPD, Doppler DCPD, PW.
- C11/8-5MHz de banda ancha con matriz curvada para imágenes neonatales y pediátricos. Las aplicaciones incluyen la proyección de imagen en general, abdominal, cardíaco y neonatal. 2D, CPD, velocidad en color, PW y CW Doppler.
- C15/4-2MHz de banda ancha con matriz curvada. Las aplicaciones incluyen imágenes de cardiología general en adultos. 2D, CPD, el color de la velocidad, PW y CW Doppler.
- L38/10-5MHz con matriz lineal de banda ancha. Las aplicaciones incluyen piezas pequeñas, de mama, vasculares, músculo-esquelético y de imágenes superficiales. 2D, CPD, velocidad en color, Doppler OP.
- HST/10-5MHz con matriz lineal de banda ancha. Las aplicaciones incluyen imágenes intraoperatorias, vascular y superficial. 2D, CPD, Doppler DCPD, PW.
- C8/8-5MHz intracavitario de banda ancha con imágenes de la próstata. 2D, CPD, Doppler PW.
- L25/10-5MHz con matriz lineal de banda ancha para los procedimientos de acceso venoso. CPD.

Controles reasignables:

- Las teclas de función posibilitan memorizar funciones avanzadas.
- Tecla Delta: tecla para asignar funciones seleccionables por el usuario para una mayor facilidad de uso.

Parámetros del sistema:

- Sistema de rango dinámico: hasta 155dB
- Marco con un máximo de adquisición de 150Hz, 60Hz de pantalla de vídeo interno.

Almacenamiento de la imagen y Cine:

- Almacenamiento: Gran capacidad de almacenamiento con tarjetas de memoria flash. 64 MB y 256 MB TM ScanDisk. El número de imágenes guardadas en la tarjeta flash puede variar en función de la capacidad de almacenamiento de la tarjeta.
- Cine: Secuencias de hasta 220 imágenes fotograma a fotograma.
- Posibilidad de conectar directamente a un PC con SiteLink Image Manager utilizando un cable USB o Ethernet del sistema. Permite la transferencia de imágenes de alta resolución. El software permite la compresión de lote a JPEG en el PC.
- La transferencia de imágenes puede estar activa al mismo tiempo que se explora con el sistema TITAN.

Paquete de Análisis Clínicos:

- Cálculo del paquete OB - incluye mediciones de biometría fetal a través de autores seleccionable por el usuario.
- Cálculo del paquete vascular - incluye Lt / Rt CCA, el ICA, la CEPA, el ICA / CCA Ratio, relación definida por el usuario, corrección del ángulo y el flujo de volumen.
- Cálculos de volumen a través de diámetros.
- Paquete de cálculos cardíacos.
- SonoCalc-IMT paquete de análisis para el PC.

Herramientas de medición:

- 2D, Distance calipers (dos juegos) Elipse para mediciones de área y de perímetros.
- M-Mode, caliper que establece la distancia y el tiempo y la frecuencia cardíaca.
- Doppler, caliper de velocidad (dos juegos ofrecen la velocidad pico de RI y S / D).

Potencia:

- Funciona a través de la batería o corriente alterna - hasta 2 horas con la batería completamente cargada.
- Batería: Recargable de iones de litio.
- CA: Adaptador de alimentación universal Vía, 100-240 VAC, 50-60 Hz.

Mostrar anotación:

- Texto y pictogramas - seleccionable por el usuario, el texto específico de la aplicación a través de las teclas de función.

Conexiones periféricas

- Salida de vídeo compuesto (NTSC / PAL) a la grabadora de cintas de vídeo, impresora de vídeo o monitor externo.
- Conexión a un PC vía USB o Ethernet para descargar imágenes de alta resolución de mapa de bits.
- Salida de S-video.
- Salida de Ethernet.
- Salida de RGB.

Conectividad

- Software de impresión y de almacenamiento DICOM®.
- Lista de trabajo DICOM.

5.4. PROCEDIMIENTO.

A continuación se describen los procedimientos llevados a cabo para extraer los datos necesarios para valorar la composición corporal.

Todas las mediciones se realizaron durante el año 2012. Las valoraciones efectuadas a los cadáveres de ambos géneros, se llevaron a cabo en la sala de disección ubicada en la Facultad de Medicina de la Universidad Miguel Hernández (UMH). En dicha muestra se midió el espesor de la grasa en milímetros, mediante incisión, ecografía y antropometría.

Se marcaron, en cada sujeto, los sitios anatómicos identificables para poder realizar las mediciones cienantropométricas y con ultrasonidos. De esta forma, se valoró en una sola sesión la grasa subcutánea de los sitios anatómicos que muestra la Figura 4.

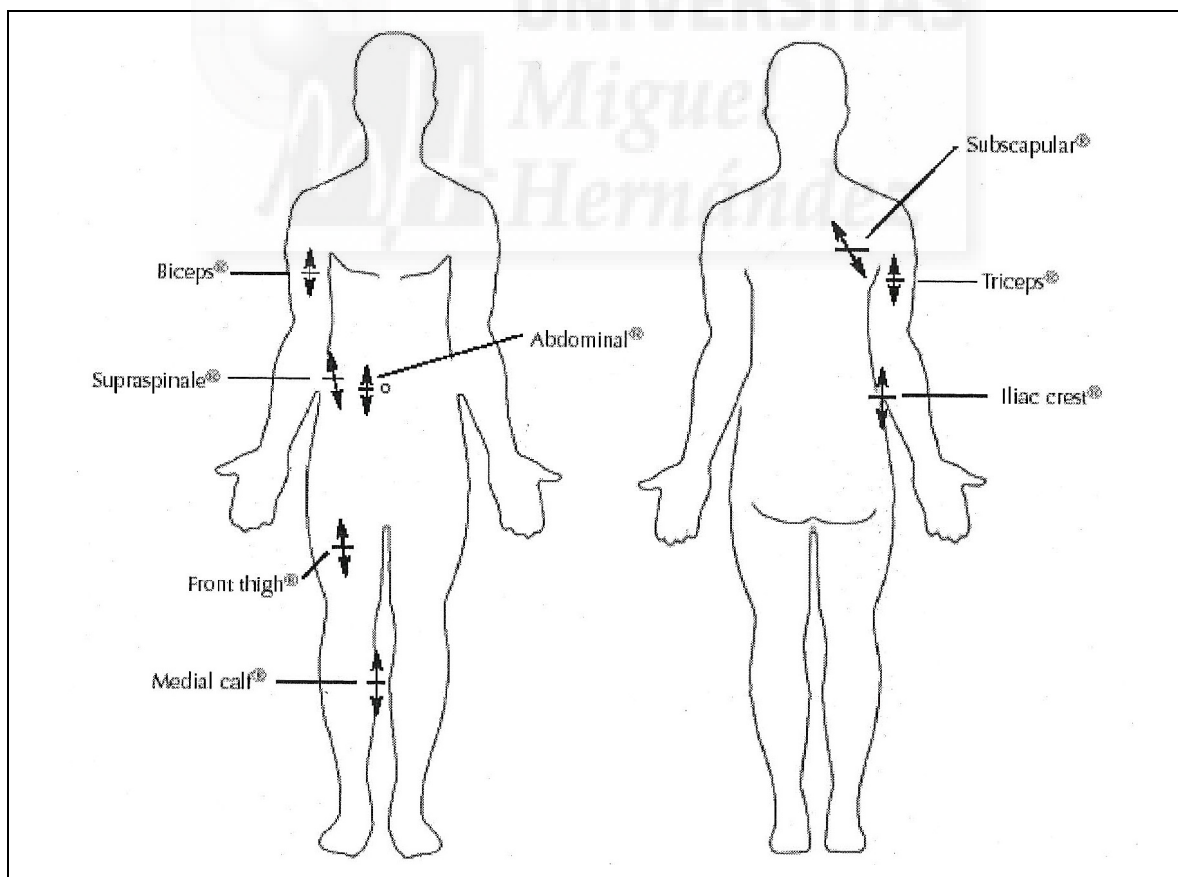


Figura 4. Ubicación de los sitios de pliegues cutáneos objeto de estudio: vista anterior (panel izquierdo) y posterior (panel derecho) (ISAK, 2009).

5.4.1. CINEANTROPOMETRÍA.

Las variables de estudio para un trabajo de antropometría pueden llegar a ser infinitas si atendemos a la superficie corporal. En esta investigación se han tomado aquellas variables mencionadas con mayor asiduidad en los protocolos de trabajo que siguen las recomendaciones de la ISAK.

Las mediciones se realizaron a partir de la denominada posición de atención antropométrica o posición estándar erecta. Desde esta posición se sitúan, con el lápiz dermográfico una serie de puntos antropométricos. Una vez localizados los puntos, se puede proceder a la toma de las medidas (Alburquerque, 2008).

La toma de medidas se realizó en el lado derecho del sujeto, con el individuo en ropa interior. En la toma de medidas antropométricas participaron dos evaluadores: el investigador de este estudio, con certificación internacional como cineantropometrista ISAK (Anexo 3) y un asistente.

Durante la evaluación el cineantropometrista anunciaba en voz alta y clara los valores y su asistente repetía los números mientras los anotaba en el espacio correspondiente de la proforma (Anexo 4).

SUJETO DE ESTUDIO

Los sujetos sometidos al protocolo de medidas antropométricas fueron informados de la naturaleza y propósito del estudio, así como de las medidas que se iban a obtener y la metodología utilizada para ello. A su vez, los sujetos de la muestra tenían la opción de preguntar todas las dudas relacionadas con él. Una vez recibida la información (oral y escrita) y comprendida, los individuos firmaron un Consentimiento Informado previo a cualquier obtención de medidas (Anexo 2).

El sujeto se coloca para comenzar las mediciones en posición de bipedestación, el cuerpo relajado y perpendicular al plano de sustentación o suelo, la mirada dirigida al frente, extremidades superiores suspendidas confortablemente a lo largo del cuerpo, manos extendidas, dedos dirigidos al frente y abajo con los pulgares alejados del cuerpo y los pies ligeramente separados (Herrero de Lucas, 2004).

Para realizar las medidas del modo más eficiente y rápido, se pidió a cada sujeto que se presentara con la vestimenta apropiada, que consistía en una pieza de pantalón corto de deporte, bañador o bikini (para la muestra femenina) y calzado tipo chanclas o deportivo para no pisar el suelo descalzo. Para la confortabilidad del sujeto durante el tiempo de toma de datos se mantuvo la sala a una temperatura idónea.

MARCACIÓN DE SITIOS ANATÓMICOS.

Los sitios anatómicos son los puntos identificables del esqueleto que, en general, están situados en la superficie del cuerpo y son las “marcaciones” que identifican la ubicación exacta del punto anatómico a ser medido, o a partir del cual se localiza un sitio blando; por ejemplo, el pliegue cutáneo subescapular o el perímetro del brazo. Las marcaciones se localizaron mediante el tacto o la medición (ISAK, 2009).

Toda marcación o punto de referencia se localizó con el dedo pulgar o índice. Una vez identificado el lugar de referencia se liberó el sitio para evitar cualquier distorsión de la superficie cutánea, y luego se relocalizó el sitio y se identificó con el lápiz dermográfico. Posteriormente, se verificó la marca para asegurar que no había ningún desplazamiento cutáneo en relación a la MO subyacente. Cuando se utilizaba la cinta antropométrica para realizar las marcaciones, éstas se marcaron por el borde superior de la cinta, mientras se la sostenía en ángulo recto en relación al eje del miembro (ISAK, 2009).

Las marcaciones que se describen a continuación (Figura 5) son las que corresponden a los sitios de medición de esta investigación (Figura 4). Todas fueron

identificadas antes de proceder a la medición. Se realizaron en el orden cráneo-caudal tal y como se describen a continuación (ISAK, 2009).

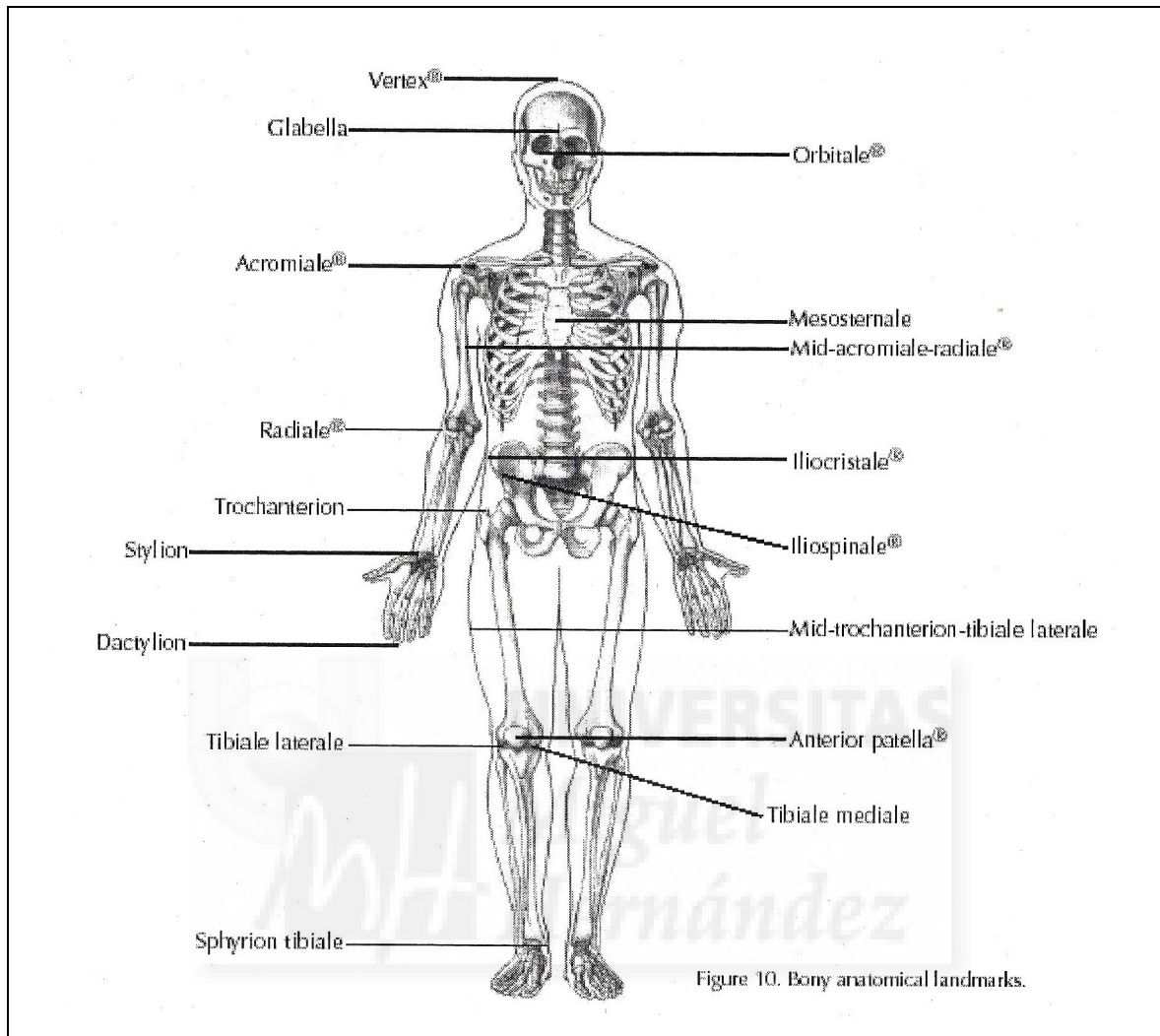


Figura 5. Marcaciones óseas. Puntos anatómicos de referencia (ISAK, 2009).

MARCACIONES

- **Acromial**

Definición: El punto en el borde superior del acromion en línea con su aspecto más lateral.

Posición del sujeto: El sujeto adopta una posición relajada con los brazos colgando a los costados del cuerpo. El cinturón escapular debe estar en una posición intermedia.

Ubicación: El antropometrista debe estar parado por detrás del lado derecho del sujeto, palpa el proceso de la espina de la escápula hasta la zona del acromion. Éste representa el comienzo del borde lateral, que en general, corre anteriormente, de forma levemente superior y medial. Se aplica el borde liso de un lápiz al aspecto lateral del acromion para confirmar la ubicación de la parte más lateral del borde. El acromion tiene una densidad ósea asociada. Se palpa hacia arriba hasta el margen superior del borde del acromion de forma alineado con su aspecto más lateral. Se marca este punto máximo superior y lateral.

- **Radial**

Definición: El punto en el borde más próximo y lateral de la cabeza del radio.

Posición del sujeto: El sujeto adopta una posición relajada con los brazos colgando a cada lado del cuerpo.

Ubicación: Se palpa hacia abajo en la fosa lateral del codo derecho. Es probable sentir el espacio entre la cabeza del húmero y la del radio. A continuación se mueve el pulgar de manera distal sobre la parte más lateral de la cabeza radial proximal. Se confirma la ubicación correcta mediante una leve rotación del antebrazo, propiciando así el giro de la cabeza del radio.

- **Acromio-radial medio**

Definición: El punto equidistante entre los sitios acromial y radial.

Posición del sujeto: El sujeto adopta una postura relajada con los brazos colgando a los lados del cuerpo.

Ubicación: Se mide la distancia lineal entre las marcaciones acromial y radial con el brazo relajado y colgando al costado del cuerpo. Se mide con una cinta métrica colocando una pequeña marca horizontal a nivel del punto medio entre estos dos puntos. Se proyecta esta marca hacia la superficie anterior y posterior del brazo en la forma de una línea horizontal. Esto es necesario para poder localizar los sitios de los pliegues del tríceps y del bíceps.

- **Sitio de pliegue del tríceps**

Definición: La parte posterior del tríceps, en la línea media, a nivel de la marcación correspondiente al acromio-radial medio.

Posición del sujeto: El sujeto adopta la posición anatómica para la marcación del sitio del pliegue del tríceps.

Ubicación: El sitio de pliegue del tríceps se marca en la línea media del tríceps a nivel de la marcación correspondiente al acromio-radial medio.

- **Sitio de pliegue del bíceps**

Definición: La parte más anterior del bíceps, en línea media, a nivel de la marcación correspondiente al acromio-radial medio.

Posición del sujeto: El sujeto adopta la posición anatómica para la marcación del sitio de pliegue del bíceps.

Ubicación: El sitio de pliegue del bíceps se marca encima de la parte más anterior del bíceps a nivel de la marcación correspondiente al acromio-radial medio.

- **Estiloideo**

Definición: El punto más distal en el margen lateral del proceso estiloideo del radio.

Posición del sujeto: El sujeto adopta una postura relajada con los brazos colgando a los lados del cuerpo. El medidor eleva la muñeca del sujeto y realiza movimientos de abducción radial y cubital para localizar la marcación.

Ubicación: Utilizando la uña del dedo pulgar, el antropometrista palpa el espacio triangular limitado por los tendones musculares de la muñeca, inmediatamente arriba del dedo pulgar. Esta zona también se denomina la “tabaquera anatómica”. Una vez identificada la tabaquera, se palpa el espacio entre el radio distal y el escafoides a fin de identificar correctamente el proceso estiloideo.

- **Subescapular**

Definición: El punto más bajo del ángulo inferior de la escápula.

Posición del sujeto: El sujeto adopta una postura relajada con los brazos colgando a ambos lados del cuerpo.

Ubicación: Se palpa el ángulo inferior de la escápula con el pulgar izquierdo. De haber dificultad en ubicar el ángulo inferior de la escápula, el sujeto deberá mover su brazo derecho lentamente en dirección hacia la espalda haciendo una rotación interna del hombro (articulación escapulo-humeral). Se palpará continuamente el ángulo inferior de la escápula mientras el brazo vuelve al costado del cuerpo. Se

deberá efectuar una última revisión o control de esta marcación con el brazo relajado al costado del cuerpo.

- **Sitio del pliegue subescapular**

Definición: El sitio ubicado a 2 cm en una línea que corre hacia abajo en forma lateral y oblicua en un ángulo de 45° desde la marcación subescapular.

Posición del sujeto: El sujeto adopta una postura relajada con los brazos colgando a ambos lados del cuerpo.

Ubicación: Se utiliza una cinta métrica para ubicar el punto a 2 cm de la marcación subescapular en una línea que corre hacia abajo lateralmente en un ángulo de 45°.

- **Mesoesternal**

Definición: El punto medio del cuerpo del esternón a nivel del centro de la articulación de la cuarta costilla con el esternón (articulación condroesternal).

Posición del sujeto: El sujeto adopta una posición erecta, parado o sentado con los brazos colgando a ambos lados del cuerpo.

Ubicación: Esta marcación se localiza mediante la palpación, comenzando por encima de las clavículas. El antropometrista deberá utilizar su pulgar para recorrer el camino desde la clavícula hasta el primer espacio intercostal (es decir, entre la primera y la segunda costilla). A continuación cambia el pulgar por el dedo índice y repite el proceso descendiendo hasta el segundo, tercer y cuarto espacio intercostal. La cuarta costilla se encuentra entre los dos últimos espacios. Como una medida de verificación adicional, se ha identificado la costilla, se constata que la segunda costilla está a nivel del ángulo de Luys que puede ser palpado como un saliente del mismo.

- **Iliocrestideo o ileocrestal**

Definición: El punto en el aspecto más lateral del tubérculo ilíaco, situado en la cresta ilíaca.

Posición del sujeto: El sujeto adopta una posición relajada con el brazo izquierdo colgando al costado del cuerpo y con el brazo derecho en abducción, en posición horizontal.

Ubicación: El antropometrista se coloca por detrás del sujeto, con la mano derecha se debe localizar el borde más lateral de la cresta ilíaca en el ilion. Con la mano izquierda se estabiliza el cuerpo al ejercer resistencia en el lado izquierdo de la pelvis. Se fija la marcación en el punto más lateral sobre el borde del ilion identificado previamente.

- **Sitio del pliegue de la cresta ilíaca**

Definición: El sitio en el centro del pliegue cutáneo tomado inmediatamente arriba de la marcación ileocrestal.

Posición del sujeto: El sujeto adopta una posición relajada con el brazo izquierdo colgando al costado del cuerpo y con el brazo derecho en abducción, en posición horizontal.

Ubicación: Se levanta el pliegue inmediatamente arriba del ileocrestal. Se deben alinear los dedos de la mano izquierda sobre la marcación ileocrestal y ejercer presión hacia adentro para que los dedos pasen por encima de la cresta ilíaca. Se sustituye los dedos por el pulgar izquierdo y se reubica el dedo índice a suficiente distancia hacia arriba del pulgar, de manera que esta tracción represente el pliegue cutáneo a ser medido. Se marca el centro del pliegue tomado. El pliegue corre en norma anterior y levemente hacia abajo, según lo determina el pliegue natural de la piel.

- **Ileoespinal**

Definición: El extremo inferior del borde de la espina ilíaca antero-superior.

Posición del sujeto: El sujeto estará parado con los brazos colgando a los lados del cuerpo.

Ubicación: Se palpa el aspecto superior del ilion y se sigue anteriormente, a lo largo de la cresta hasta la espina ilíaca antero-superior. La marcación se efectúa en el margen o borde inferior donde apenas se siente el hueso. Si existiera dificultad en la localización del sitio para la marcación, el sujeto deberá levantar el talón del pie derecho y efectuar una rotación externa del fémur. Debido a que el músculo

sartorio se origina en la espina ilíaca antero-superior, esta rotación externa del fémur permite palpar el músculo y seguirlo hasta su origen.

- **Sitio del pliegue supraespinal**

Definición: El sitio se encuentra en la intersección de dos líneas: 1) la línea desde la marca ileoespinal marcada hasta el borde axilar anterior y, 2) la línea horizontal a nivel de la marca ileocrestal.

Posición del sujeto: El sujeto estará parado y relajado, con los brazos colgando a los costados del cuerpo. El brazo derecho podrá estar en abducción, en posición horizontal una vez se identifique el borde axilar anterior.

Ubicación: El pliegue corre levemente hacia abajo y anteriormente según lo determina el pliegue natural de la piel.

- **Sitio del pliegue abdominal**

Definición: El sitio ubicado a 5 cm a la derecha del punto medio del ombligo.

Posición del sujeto: El sujeto estará parado y relajado con los brazos colgando a los costados del cuerpo.

Ubicación: El sitio se identifica en el lado derecho del sujeto, con una marca longitudinal a 5 cm del punto medio del ombligo. El pliegue en este sitio se toma de forma vertical.

- **Trocantéreo**

Definición: El punto superior máximo del trocánter mayor del fémur.

Posición del sujeto: El sujeto estará parado y relajado, con el brazo derecho cruzando el tronco.

Ubicación: Para localizar este sitio, el antropometrista deberá estar parado detrás del sujeto y palpar el aspecto lateral de los músculos glúteos con el talón (eminencia tenar) de su mano. Es aconsejable estabilizar al sujeto ejerciendo resistencia en el lado izquierdo de la pelvis con la mano izquierda, mientras que se

ejerce presión con la mano derecha. Una vez que haya identificado al trocánter mayor, el medidor deberá palpar hacia arriba para localizar el punto más alto del trocánter. Es el sitio donde aún se puede palpar el hueso al aplicar una fuerte presión hacia abajo.

- **Tibial lateral**

Definición: El punto superior máximo en el borde lateral de la epífisis proximal de la tibia.

Posición del sujeto: El sujeto estará parado, con los brazos colgando a los costados del cuerpo.

Ubicación: Este punto es a menudo difícil de marcar correctamente debido a los ligamentos laterales que atraviesan la articulación de la rodilla. Se palpa el sitio utilizando la uña del dedo pulgar y los siguientes puntos de referencia: Se localiza el espacio de la articulación delimitada por el cóndilo lateral del fémur y la porción antero-lateral del cóndilo tibial lateral. Se presiona hacia adentro con firmeza, a fin de localizar el borde superior y lateral de la cabeza tibial. Puede ser útil que el sujeto flexione y extienda la rodilla varias veces para asegurar que se ha localizado el punto preciso. La marcación se deberá efectuar a aproximadamente un tercio de distancia siguiendo el borde en una dirección antero-posterior.

- **Trocantéreo-tibial lateral medio**

Definición: El punto equidistante entre el trocántereo y el tibial lateral.

Posición del sujeto: El sujeto adopta una posición relajada con el brazo izquierdo colgando al costado del cuerpo y el antebrazo derecho cruzando el tronco.

Ubicación: Se mide la distancia lineal entre las marcaciones de los sitios del trocántereo y el tibial lateral. Se coloca una marca horizontal pequeña a nivel del punto medio entre estos dos puntos de referencia.

- **Sitio del pliegue de la pantorrilla medial**

Definición: El sitio en el aspecto más medial de la pantorrilla a nivel de la circunferencia máxima.

Posición del sujeto: El sujeto estará parado y relajado, con los brazos colgando a los costados del cuerpo. Deberá tener los pies separados y el peso del cuerpo distribuido en forma equilibrada.

Ubicación: Se localiza el nivel de la circunferencia máxima en la cara medial de la pantorrilla y se marca con una pequeña línea horizontal. La circunferencia máxima es identificada utilizando los dedos medios de la mano para manipular la posición de la cinta en una serie de movimientos hacia arriba o abajo hasta localizar la circunferencia máxima. Se observa el punto marcado desde la parte medial para ubicar el punto medial mayor, y marcarlo con una línea vertical que lo atraviese.

- **Sitio del pliegue del muslo anterior**

Definición: El sitio en el punto medio de la distancia entre el pliegue inguinal y la superficie anterior de la rótula en el punto medio del muslo.

Posición del sujeto: El sujeto adopta una posición sentada con el torso erguido y los brazos colgando a los costados. La rodilla de la pierna derecha deberá estar flexionada en ángulo recto.

Ubicación: El antropometrista se coloca frente al lado derecho lateral del muslo con el sujeto sentado. Se marca el sitio paralelo al eje longitudinal del muslo en el punto medio de la distancia entre el pliegue inguinal y el margen superior de la superficie anterior de la rótula (con la pierna flexionada). El pliegue inguinal es el pliegue que se forma entre el ángulo del tronco y el muslo. Si hubiera dificultad en la localización del pliegue, el sujeto deberá flexionar la cadera para formar un pliegue. Se coloca una pequeña marca horizontal a la altura del punto medio entre las dos marcaciones. Posteriormente, se traza una línea perpendicular que cruce la línea horizontal. Esta línea perpendicular se localiza en la línea media del muslo. Para ello, utilizamos una cinta métrica.

- **Tibial medio**

Definición: El punto máximo superior en el borde medial de la cabeza tibial.

Posición del sujeto: El sujeto está sentado con la pierna derecha apoyada sobre la rodilla izquierda para trazar la marca en la cara medial de la pierna.

Ubicación: El tibial medio se encuentra aproximadamente en el mismo plano transversal que el tibial lateral. Se palpa el espacio de la articulación comprendido entre el cóndilo medial femoral, y el cóndilo medial tibial. El punto superior mayor deberá ser marcado en el borde medial proximal mientras se mantiene la pierna en esta posición.

- **Maleolar tibial, interno o medial**

Definición: El borde más distal del maléolo medial.

Posición del sujeto: El sujeto está sentado con la pierna derecha apoyada en la rodilla izquierda, para permitir la marcación del aspecto medial de la pierna.

Ubicación: Esta referencia se localiza con máxima facilidad, al palpar con la uña del pulgar desde abajo y dorsalmente. Es el borde distal, no el aspecto medial mayor, del maléolo medial.

MEDICIONES ANTROPOMÉTRICAS

La precisión en la valoración de las mediciones antropométricas puede resultar difícil, por tal razón hemos observado atentamente y hemos sido metodológicamente correctos. La descripción de los procedimientos de medición aparentan ser simples, pero es esencial una destreza técnica de alto nivel para obtener resultados consistentes (ISAK, 2009).

MEDICIONES BÁSICAS:

- **Masa corporal**

La masa corporal puede presentar variaciones a lo largo del día. Por ello, es importante anotar en cada caso la hora del día en que se tomó la medida.

Equipo requerido: Balanza

Método: La medida se efectúa sin ropas. Generalmente, la masa en vestiduras mínimas es suficientemente precisa. Se coteja que la balanza es colocada en cero, entonces se coloca al sujeto en el centro de la balanza sin apoyo y con su peso distribuido equitativamente en ambos pies.

- **Talla**

Generalmente, existen cuatro técnicas para medir la talla: parado con los pies colocados libremente, parado en pies contra una pared, recumbente (acostado) y talla con tracción. En este estudio se efectuó la medida de la talla con tracción.

Método: El método de talla con tracción requiere que el sujeto esté parado con los pies juntos y los talones, glúteos y la parte superior de la espalda en contacto con la escala. La cabeza cuando está en el plano de Frankfort no necesita estar tocando la escala. El plano de Frankfort se obtiene cuando el Orbitale (borde inferior de la cuenca del ojo) está en el mismo plano horizontal del Tracion (la protuberancia superior del tragus del oído). Cuando están alineados, el Vértex, es el punto más alto del cráneo.

El evaluador coloca sus manos lo suficientemente separadas al margen de la mandíbula del sujeto para asegurar que la tracción hacia arriba se transfiera al proceso mastoideo. Se le indica al sujeto que tome y sostenga una inspiración profunda y mientras se mantiene la cabeza en el plano de Frankfort el evaluador

aplica una tracción moderada en dirección hacia arriba en el proceso mastoideo. El anotador ubica la escuadra firmemente sobre el Vértex, comprimiendo el cabello lo más posible. El anotador asiste, observando que los pies estén sobre el suelo y que la posición de la cabeza se mantenga en el plano de Frankfort. La medida se toma después de una inspiración profunda.

PLIEGUES CUTÁNEOS

- **Tríceps**

Posición del sujeto: El sujeto asume una posición relajada de pie con el brazo izquierdo al lado del cuerpo. El brazo derecho debe estar relajado, con una leve rotación externa de la articulación del hombro y el codo extendido, al lado del cuerpo.

Método: El panículo corre paralelo al eje longitudinal del brazo.

- **Subescapular**

Posición del sujeto: El sujeto asume una posición relajada de pie con los brazos relajados a los lados.

Método: La línea del panículo se determina por la línea de doblez natural de la piel.

- **Bíceps**

Posición del sujeto: El sujeto asume una posición relajada de pie con el brazo izquierdo colgando al lado del cuerpo. El brazo derecho debe estar relajado con una leve rotación externa de la articulación del hombro y el codo extendido, al lado del cuerpo.

Método: El panículo corre paralelo al eje longitudinal del brazo.

- **Cresta ilíaca**

Posición del sujeto: El sujeto asume una posición relajada de pie con el brazo izquierdo al lado del cuerpo. El brazo derecho debe estar abducido o cruzando el tronco.

Método: La línea del panículo generalmente corre hacia debajo de manera posterior-anterior, siguiendo el clivaje natural de la piel.

- **Supraespinal**

Posición del sujeto: El sujeto asume una posición relajada de pie con los brazos al lado del cuerpo.

Método: El panículo corre hacia abajo aproximadamente en un ángulo de 45°, siguiendo el clivaje natural de la piel.

- **Abdominal**

Posición del sujeto: El sujeto asume una posición relajada de pie con los brazos al lado del cuerpo.

Método: El panículo corre verticalmente. Es de particular importancia asegurarse que el pliegue levantado sea estable y amplio, ya que la musculatura debajo del mismo, está escasamente desarrollada. Esto puede resultar en una subestimación del grosor del tejido subcutáneo.

- **Muslo frontal**

Posición del sujeto: El sujeto asume una posición sentada, hacia el frente de la caja de medición, con el torso erecto y los brazos al lado del cuerpo. La rodilla de la pierna derecha está usualmente doblada en un ángulo recto, en algunos sujetos este pliegue cutáneo puede ser tomado más fácilmente con la rodilla extendida.

Método: El evaluador se ubica mirando hacia el lado derecho del sujeto, en la parte lateral del muslo. El pliegue cutáneo se toma en el área marcada. El pliegue se mide con la rodilla doblada. Este es el método estándar y preferido.

- **Pantorrilla medial**

Posición del sujeto: El sujeto asume una posición relajada de pie con los brazos al lado del cuerpo y el pie derecho sobre el cajón de medición. La rodilla derecha está flexionada en un ángulo aproximado de 90°.

Método: El pie derecho del sujeto está sobre el cajón de medición, con la pantorrilla relajada. El pliegue corre paralelo al eje longitudinal de la pierna.

CIRCUNFERENCIAS

- **Brazo relajado**

Posición del sujeto: El sujeto asume una posición de pie con los brazos relajados al lado del cuerpo. El brazo derecho tendrá una leve abducción para permitir el paso de la cinta alrededor del brazo.

Método: El perímetro del brazo se mide en la marca anatómica al nivel del punto acromio-radial medio. La cinta se ubica perpendicular al eje largo del brazo.

- **Brazo en flexión y tensión**

Posición del sujeto: El sujeto asume una posición de pie con el brazo izquierdo relajado al lado del cuerpo. El brazo derecho se eleva anterior y horizontalmente, con el antebrazo en supinación y flexionado entre 45° y 90° del brazo.

Método: El perímetro del brazo en flexión y tensión se mide en la máxima contracción del bíceps. El evaluador se ubica al lado del sujeto y coloca la cinta sin tensión. Se le solicita al sujeto que haga una tensión parcial para ubicar la máxima tensión muscular probable. El sujeto hará una tensión máxima sostenida del brazo lo más fuerte posible, mientras la medida se toma en el punto más alto del bíceps.

- **Cintura**

Posición del sujeto: El sujeto asume una posición con los brazos cruzados en el tórax.

Método: El perímetro se toma en el nivel más estrecho, entre el borde del costal inferior (10ª costilla) y la cresta ilíaca. El antropometrista se ubica al frente del sujeto, quien tiene los brazos levemente en abducción, para permitir que la cinta corra alrededor del abdomen. El fragmento y el estuche de la misma se colocan en la mano derecha, mientras el antropometrista ajusta la cinta con la mano izquierda en la espalda y en el nivel más estrecho de la cintura. El antropometrista retoma el control del fragmento de la cinta con la mano empleando la técnica de manos cruzadas por la espalda del sujeto, para alinearla al frente en el nivel más estrecho de la cintura. Se le solicita al sujeto bajar sus brazos a una posición relajada y abducida. La cinta se reajusta para asegurar que no resbala ni se encaja excesivamente en la piel. El sujeto deberá respirar normalmente y la medición se toma al final de la expiración. Si no existe una cintura mínima obvia, la medida se tomará en el punto medio entre el borde del costal inferior (10ª costilla) y la cresta ilíaca.

- **Cadera**

Posición del sujeto: El sujeto asume una posición de pie con los brazos cruzados en el tórax. Los pies del sujeto deberán estar juntos y los músculos del glúteo relajados.

Método: El perímetro se toma en el nivel posterior máximo de la protuberancia de los glúteos, el cual usualmente se encuentra a la altura de la sínfisis púbica. El antropometrista se ubica al lado del sujeto y pasa la cinta alrededor de las caderas. El fragmento y el estuche se colocan en la mano derecha, mientras el antropometrista ajusta la cinta con la mano izquierda, en la parte posterior máxima de la protuberancia de los glúteos. El antropometrista retoma el control del fragmento de la cinta con la mano izquierda, empleando la técnica de manos cruzadas, asegurándose que la cinta está colocada horizontalmente al plano medido. La cinta se reajusta para asegurar que no resbala.

- **Muslo medial**

Posición del sujeto: El sujeto asume una posición de pie con los brazos cruzados en el tórax. Los pies del sujeto deberán estar levemente separados y la masa del cuerpo distribuida por igual en ambos pies.

Método: El perímetro se toma en el punto medio del muslo en el sitio anatómico de la marca del trocánter tibial lateral medio. Normalmente, el sujeto está de pie sobre el cajón de medición o una silla. El antropometrista pasa la cinta entre los muslos y la desliza hacia arriba para ubicarla en el plano correcto. El fragmento y el estuche de la cinta se colocan en la mano derecha, mientras el antropometrista ajusta la cinta en el objetivo con la mano izquierda. El antropometrista retoma el control del fragmento de la cinta con la mano izquierda, empleando la técnica de manos cruzadas, asegurándose que la cinta está colocada en el plano perpendicular.

- **Pantorrilla**

Posición del sujeto: El sujeto asume una posición de pie con los brazos colgados al lado del cuerpo. Los pies del sujeto deberán estar levemente separados y la masa del cuerpo distribuida por igual en ambos pies.

Método: El perímetro se toma en el punto máximo del gastrocnemio de la pantorrilla donde está marcado el sitio del pliegue cutáneo del gastrocnemio. El evaluador pasa la cinta alrededor del gastrocnemio y la coloca en el plano correcto. El fragmento y el estuche de la cinta se colocan en la mano derecha, mientras el antropometrista ajusta la cinta con la mano izquierda en la marca anatómica correcta. El antropometrista retoma el control del fragmento de la cinta con la mano izquierda, empleando la técnica de manos cruzadas, asegurándose que la cinta está colocada en el plano perpendicular a la pierna. La cinta se reajusta para asegurar que no resbala.

DIÁMETROS

- **Profundidad del abdomen.**

Es una variable antropométrica pura que corresponde a un espesor (m) que, en ensayos de correlación previos con variables fisiológicas de una población normal, muestra un comportamiento muy significativo, mejor incluso que índices tan conocidos como el IMC (Briñas, 2006).

- **Ancho biestiloideo de cúbito y radio.**

Posición del sujeto: El sujeto asume una posición relajada de pie o sentada.

Método: Se mide la distancia entre la apófisis estiloides del radio y el cúbito, con el brazo extendido, en pronación y la mano en flexión palmar.

- **Ancho biepicóndileo del húmero**

Posición del sujeto: El sujeto asume una posición relajada de pie o sentada. El brazo derecho se eleva anteriormente de forma horizontal, con el antebrazo flexionado en ángulo recto con respecto al brazo.

Método: Esta medida representa la distancia entre los epicóndilos medial y lateral del húmero. Con el antropómetro pequeño, se emplean los dedos medios para palpar los epicóndilos del húmero. Se colocan las caras de las ramas del antropómetro sobre los epicóndilos y se ejerce presión con los dedos índices hasta realizar la lectura de la medición.

- **Ancho biepicóndileo del fémur**

Posición del sujeto: El sujeto asume una posición sentada con las manos despejadas de la región de las rodillas. La pierna derecha debe estar flexionada formando un ángulo recto con el muslo.

Método: Esta medida representa la distancia entre los epicóndilos medial y lateral del fémur. Con el antropómetro pequeño se emplean los dedos del medio para palpar los epicóndilos del fémur. Se coloca la cara de las ramas del antropómetro en los epicóndilos y se ejerce presión con los dedos índices hasta realizar la lectura de la medición.

5.4.2. IMPEDANCIA BIOELÉCTRICA (BIA).

La BIA se ha hecho cada vez más popular en la evaluación de la composición corporal y el estado del fluido corporal. El nivel de interés en esta técnica está relacionada con sus ventajas, ya que no es invasiva, es barata y el material es portátil (Hills & Byrne, 1998).

La medición de la impedancia eléctrica constituye un procedimiento que permite el registro y caracterización del comportamiento eléctrico de los sistemas sólidos y fluidos. Se analizan las variaciones temporales de una polarización. Por aplicación de un campo eléctrico y de una intensidad de corriente constante, se pueden medir las variaciones de la impedancia eléctrica (Cascales, 1992).

Teoría de la Impedancia

El análisis de la BIA se basa en el mayor contenido de electrolitos y en la conductividad de la MLG, en comparación con el tejido adiposo; y en la relación geométrica entre la impedancia y el volumen del conductor. La impedancia (Z) es la oposición dependiente de la frecuencia de un conductor para el flujo de una corriente eléctrica alterna. Se compone de dos vectores, la resistencia (R) y la reactancia (X_c) (Baumgartner *et al.* 1998). El uso de la BIA para estimar los volúmenes de fluidos corporales se basa en la suposición de que el cuerpo puede representarse por un circuito biológico, con los fluidos extracelulares e intracelulares que actúan como resistencias en paralelo, mientras que la membrana de la célula se comporta como un condensador, y presenta un componente reactivo dependiente de la frecuencia y, por lo tanto, de la impedancia total (Stroud, 1995).

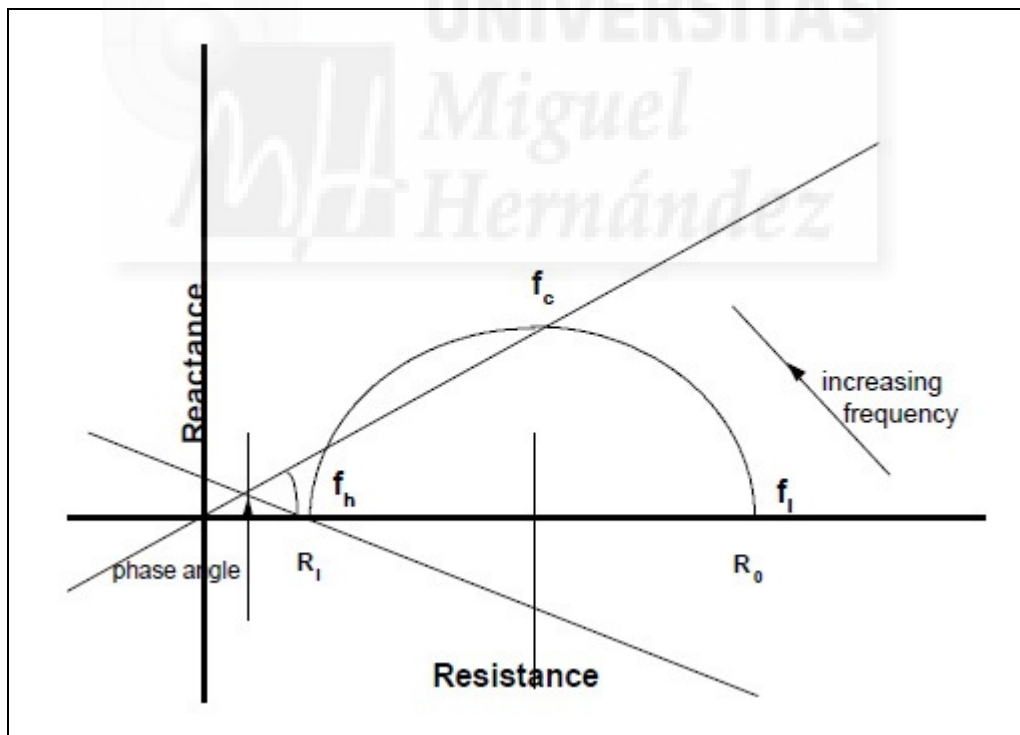


Figura 6. Gráfico explicativo de la impedancia.

Como se muestra en la Figura 6, la relación geométrica entre la impedancia, resistencia, reactancia, y el ángulo de fase son dependientes de la frecuencia. A bajas frecuencias, la impedancia de las membranas celulares y la conexión de tejidos inhiben el flujo de corriente. Por consiguiente, la corriente es conducida sólo a través del volumen extracelular, y la impedancia medida es totalmente resistiva (R_0). A frecuencias más altas, la corriente es capaz de penetrar las membranas celulares crecientes del vector de reactancia, y haciendo que el ángulo de fase se abra. El punto en el que la reactancia y ángulo de fase son máximos representa la frecuencia característica (f_c), un rasgo eléctrico específico del medio conductor. A frecuencias por encima de este punto, la reactancia disminuye a medida que la capacidad biológica del circuito se reduce, hasta que a muy altas frecuencias de impedancia de nuevo el vector de resistencia (RI) es totalmente reflectante (Hills & Byrne, 1998).

5.4.3. ECOGRAFÍA.

El sistema de ultrasonido SonoSite® TITÁN™ contiene un software que controla su funcionamiento. Se ha utilizado este sistema para adquirir y visualizar imágenes ultrasónicas de alta resolución en tiempo real. Dicho sistema facilita la toma de datos ya que posibilita mediciones y cálculos (Titan, 2004).

MEDICIONES

Las mediciones y los cálculos realizados en esta investigación se han llevado a cabo con imágenes congeladas. Para ello, se tomaron las distancias en centímetros. Las medidas se tomaron en las zonas marcadas para la toma de pliegues y se midió desde la piel hasta la fascia muscular (Titan, 2004).

5.4.4. VARIABLES CONTROL.

VARIABLES SITUACIONALES:

- Condiciones ambientales. Temperatura de la habitación de valoración. Se controló ajustando la temperatura de la misma que se mantuvo entre los 22 y 24°C. Se intentó, en todo caso, que la temperatura no fuera inferior a 20°C, ni superior a 25°C.

VARIABLES DE SUJETO:

- Se controló la ingesta de agua antes de las valoraciones.
- Antes de proceder a la valoración de los sujetos de estudio, se les facilitó una encuesta dietética donde se detallaban aspectos nutricionales, médicos y deportivos relevantes para la agrupación de la muestra de estudio, así como para la exclusión de la misma (Anexo 1).

5.4.5. VALORACIÓN DE LA COMPOSICIÓN CORPORAL.

En este estudio se han analizado diferentes índices indirectos de adiposidad y, aunque algunos autores abogan por el abandono de los mismos, la sencillez de su cálculo y el escaso material necesario le proporcionan una gran aceptación (Garrido, 2005).

ÍNDICE DE MASA CORPORAL (IMC O BMI).

Es el resultado de dividir la masa corporal por el cuadrado de la estatura. También se denomina índice de Quetelet. Éste es el índice más utilizado en la práctica médica. Se suele emplear en estudios epidemiológicos como indicador de obesidad. Pero su uso como procedimiento exclusivo para la valoración de la obesidad conduce inevitablemente

a errores (no tiene en cuenta el desarrollo muscular). Por tanto, el IMC lo empleamos en combinación con otros procedimientos (Garrido, 2005).

$$\text{IMC} = \text{Peso (Kg)} / \text{Talla}^2 \text{ (m)}$$

Donde:

IMC: corresponde al índice de masa corporal.

Peso: corresponde a la masa del sujeto en kg.

Talla: corresponde a la estatura del sujeto en metros.

ÍNDICE CINTURA-CADERA (ICC).

Índice ampliamente utilizado en el ámbito de la epidemiología, se relaciona con el contenido de grasa visceral del organismo (Esparza & Cabañas, 2009).

$$\text{ICC} = \text{Perímetro abdominal} / \text{Perímetro cadera}$$

El aumento de este índice se relaciona con un mayor contenido de grasa visceral en detrimento de la grasa periférica, por tanto, mayor riesgo de enfermedad cardiovascular (Esparza & Cabañas, 2009).

ÍNDICE CINTURA-TALLA (ICT).

El índice cintura-talla (ICT) es un índice antropométrico alternativo de la obesidad central que evita las limitaciones de la medición única del perímetro de la cintura (Ashwell & Hsieh, 2005). Dicho índice, refleja los depósitos de grasa abdominal y es

interesante para conocer su relación con la adiposidad total y el porcentaje de grasa (94). De hecho, se ha demostrado que un ICT > 0,5 parece identificarse, tanto en hombres como en mujeres, con un riesgo elevado de diabetes, hipertensión, síndrome metabólico y dislipidemia (Wen-Cheng *et al.* 2013).

$$\text{ICT} = \text{Perímetro cintura (cm)} / \text{Talla (cm)}$$

ÍNDICE PROFUNDIDAD DEL ABDOMEN (DE PIE)-TALLA.

Este índice adimensional caracteriza la morfometría de la persona. Cabe separar con él, los clásicos tipos de asténico, atlético y pícnico (Briñas, 2006).

SUMATORIO DE 6 PLIEGUES PARA HOMBRES Y MUJERES

El índice determinado por la suma de varios pliegues cutáneos, quizá sea el que tenga una valoración más objetiva, para una mejor estimación y control del índice de adiposidad, por cuanto su aumento o disminución vendrá determinado fundamentalmente por la mayor o menor cantidad de grasa presente en el tejido adiposo. Este concepto se basa en establecer una relación entre los pliegues y el tejido adiposo (Garrido, 2005). La fórmula aplicada en esta investigación ha sido el sumatorio de 6 pliegues.

Σ 6 pliegues: Tríceps + subescapular + suprailíaco + abdominal + muslo + pierna

Por otro lado, se ha hallado tanto la composición corporal como el somatotipo de los sujetos de estudio atendiendo a las técnicas recomendadas por el “Compendio de Cineantropometría” (Esparza y Cabañas, 2009) y el “Manual de la ISAK” (ISAK, 2009).

FÓRMULA PARA LA PREDICCIÓN DEL TEJIDO GRASO

Las ecuaciones propuestas por Yuhasz para adultos jóvenes entre 18 y 30 años de edad, han tenido también una gran difusión. Son ecuaciones basadas en seis pliegues. Es importante constatar que las mismas están correlacionadas con los valores de porcentaje graso obtenidos mediante RMN. Las fórmulas usadas para su cálculo son (Garrido, 2005):

$$\% \text{ MG (mujeres)} = 4.56 + (\sum 6 \text{ pliegues (mm)} \times 0,143)$$

$$\% \text{ MG (hombres)} = 3.64 + (\sum 6 \text{ pliegues (mm)} \times 0,097)$$

Donde:

% MG: porcentaje de tejido adiposo según la fórmula de Yuhasz.

\sum 6 pliegues: Sumatorio de 6 pliegues. Siendo los siguientes pliegues cutáneos: tríceps + subescapular + suprailíaco + abdominal + muslo + pierna

SOMATOTIPO DE HEATH-CARTER

En este estudio se adoptó el método antropométrico de Heath-Carter ya que es aceptado de forma universal por la mayoría de los investigadores. Éste cálculo se expresa en una escala de valores, mediante tres numerales consecutivos que representan cada uno

la valoración de los componentes endomorfo, mesomorfo y ectomorfo, registrados siempre en ese orden. Estos tres numerales que resumen el físico de un individuo, nos presentan por tanto, una evaluación inicial en su totalidad (Esparza & Cabañas, 2009).

Dentro de este contexto, un componente somatotípico es la descripción de una aspecto particular del cuerpo humano y, por tanto, no independiente de los demás, representado mediante un numeral, el cual se deriva de una escala continua con inicios teóricos en cero y sin límite superior. Sin embargo, en la práctica no se encuentran valores inferiores a la media unidad, ya que cada tipo físico posee en mayor o menor grado cierta proporción de cada componente (Esparza & Cabañas, 2009).

Para cada uno de los tres componentes, los valores de $\frac{1}{2}$ a 2 unidades somatotípicas son considerados como bajos, de 3 a 5 como intermedios, de $5\frac{1}{2}$ a 7 como altos y mayores a este último, como extremadamente altos (Esparza & Cabañas, 2009).

El somatotipo antropométrico de Heath-Carter se calcular a partir de 10 variables antropométricas: talla, peso, cuatro panículos adiposos (tríceps, subescapular, supraespinal y pantorrilla media), dos diámetros (biepicondíleo del húmero y bicondíleo del fémur); y dos perímetros (brazo flexionado y en tensión y pantorrilla media) (Esparza & Cabañas, 2009).

Primer componente o endomorfia.

El primer componente del somatotipo es el que está referido a la grasa relativa del cuerpo. Corresponde a individuos donde predominan los tejidos derivados del endodermo. Hay una preponderancia relativa de la redondez suave a lo largo del cuerpo, con unas vísceras digestivas largas y acúmulo de grasa, con un tronco largo. El endomorfismo representa, por tanto, la adiposidad relativa. Se calcula a partir de la medición del pliegue tricípital como representante de la grasa periférica y los pliegues subescapular y suprailíaco como indicadores de la grasa central, mediante la expresión (Esparza & Cabañas, 2009):

$$\text{Endomorfia} = -0,7182 + 0,1451 \cdot X - 0,00068 \cdot X^2 + 0,0000014 \cdot X^3$$

Siendo X = suma de pliegues cutáneos del tríceps, subescapular y suprailíaco (mm)

El significado físico de la endomorfia por medio de esta expresión resulta evidente: al ser función exclusivamente de los pliegues cutáneos, la endomorfia es una medida de la componente grasa en el individuo.

Segundo componente o mesomorfia.

El segundo componente se refiere al desarrollo musculoesquelético en relación con la estatura. Corresponde a individuos donde predominan los tejidos derivados del mesoderma. Hay una relativa preponderancia de músculo, dimensiones óseas transversales y tejido conectivo, usualmente con un físico robusto. El mesomorfismo representa así la magnitud musculoesquelética relativa (Esparza & Cabañas, 2009).

Su cálculo implica la medición de diámetros óseos, que serán mayores cuanto mayor desarrollo muscular muestre el individuo, debido a que la tracción de las inserciones musculares en el hueso produce una respuesta osteoblástica del mismo, de modo que cuanto mayor sea la fuerza muscular, más robusta será la superficie de inserción y mayor será el diámetro del hueso en la zona de inserción (Esparza & Cabañas, 2009).

Del mismo modo, como la fuerza que realiza un músculo al contraerse depende del número de fibras musculares que presenta la sección perpendicular a la dirección de las mismas, a mayor desarrollo muscular, mayor sección transversa del músculo y, por tanto, mayor perímetro del mismo. Por ello, para el cálculo de la mesomorfia se emplean dos diámetros (uno de extremidad superior y otro inferior) y dos perímetros (igualmente uno de extremidad superior y otro inferior), donde existe escasa intervención de otros componentes como grasa periférica y visceral, por medio de la expresión (Esparza & Cabañas, 2009):

$$\text{Mesomorfia} = 0,858 \cdot H + 0,601 \cdot F + 0,188 \cdot B + 0,161 \cdot P - 0,131 \cdot h + 4,5$$

Siendo:

H = diámetro biepicondíleo del húmero (cm)

F = diámetro bicondíleo del fémur (cm)

B = perímetro corregido del brazo (cm)

P = perímetro corregido de la pierna (cm)

h = estatura del sujeto de estudio (cm)

Las correcciones propuestas para excluir el tejido adiposo de la MM, implican el cálculo de los perímetros, restando al valor en cm los respectivos pliegues cutáneos, según las expresiones:

$$PCB = PB - DT$$

$$PCP = PP - DP$$

Siendo:

PCB = perímetro corregido del brazo (cm)

PB = perímetro medido del brazo (cm)

DT = pliegue cutáneo del tríceps (cm)

PCP = perímetro corregido de la pierna (cm)

PP = perímetro medido de la pierna (cm)

DP = Pliegue cutáneo de pierna (cm)

Tercer componente o ectomorfia.

El tercer componente está referido a medidas de talla y masa que combinadas proporcionan una indicación de la linealidad relativa. Corresponde a individuos en los que predominan los tejidos derivados del ectodermo. Hay una preponderancia de las dimensiones longitudinales del hueso (linealidad) y fragilidad, con un área corporal larga, músculos delgados y tejido subcutáneo escaso. El ectomorfismo representa, por tanto, la linealidad relativa o delgadez de un físico (Esparza & Cabañas, 2009).

Partiendo del cálculo del índice ponderal (IP):

$$P = \text{Estatura} / \sqrt[3]{\text{Peso}}$$

Se define la ectomorfia según los tres siguientes segmentos:

$$\text{Si } IP \geq 40,75 \quad \text{Ectomorfia} = (IP \times 0,732) - 28,58$$

$$\text{Si } 38,28 < IP < 40,75 \quad \text{Ectomorfia} = (IP \times 0,463) - 17,63$$

$$\text{Si } IP \leq 38,28 \quad \text{Ectomorfia} = 0,1$$

5.5. ANÁLISIS ESTADÍSTICO.

Para la realización de esta tesis se ha utilizado una base de datos realizada en Excel (Microsoft Office Excel 2007). Los datos han sido transportados para su análisis estadístico al programa SPSS (Statistical Package for the Social Sciences) versión 15.0 (SPSS Inc., Chicago, IL).

Análisis estadístico de la investigación con cadáveres.

El procesamiento y análisis de datos se realizó de la siguiente forma:

1. Expresando la media y desviación estándar de las medidas antropométricas obtenidas de forma global.
2. Se utilizó la correlación de Pearson para determinar la relación entre el espesor de grasa de cada uno de las 8 zonas de medición y los métodos utilizados. Considerándose significativa toda $p < 0,01$. En el resto de situaciones, el límite de significación estadística se estableció en $p < 0,05$.

Análisis estadístico de la investigación con sujetos sanos.

Se valoraron los parámetros de centralización (media y mediana), dispersión (desviación estándar, máximo, mínimo, rango) y posición (percentiles) de los datos biométricos, antropométricos y el somatotipo. A su vez, se efectuaron comparaciones múltiples a través del test de Bonferroni, así como las correlaciones correspondientes teniendo en cuenta los siguientes parámetros: género, nivel de actividad física, edad, IMC, riesgo cardiovascular, y fumador o no.

Fórmulas derivadas del estudio

Se han obtenido una serie de fórmulas a través de la correlación entre métodos de valoración antropométrica, utilizando para ello la regresión lineal, la regresión múltiple y la regresión por pasos (donde el criterio ha sido: probabilidad de F para entrar, $< \alpha = 0,050$, y probabilidad de F para salir, $> \alpha = 0,100$).



6. RESULTADOS

6. RESULTADOS.

Inicialmente, y antes de comenzar con la valoración de la muestra de 221 sujetos, se planteó conocer la correspondencia entre los métodos antropométricos y ecográfico. Para ello, se realizó una valoración con dichos métodos en cadáveres. Posteriormente, para conocer la precisión de dicha metodología, se realizaron incisiones.

6.1. RESULTADOS OBTENIDOS EN CADÁVERES.

Los valores obtenidos se tomaron mediante la medida del espesor de la grasa en milímetros, mediante incisión, ecografía y medición de pliegues cutáneos.

En este estudio antropométrico transversal, los valores de las mediciones obtenidas en una muestra de 5 cadáveres aparecen ordenados en las tablas siguientes.

En la Tabla 1 se observan las variables antropométricas relativas al peso, talla e IMC de los sujetos de estudio.

Tabla 1. Valores de las variables antropométricas del peso, talla e IMC de los sujetos de estudio.

Género	Peso (kg)	Talla (m)	IMC
♀	61	1,55	25,39
♀	76	1,615	29,14
♀	45	1,601	17,56
♀	38,5	1,5	17,11
♂	68	1,615	26,07
Media±SD	57,7±15,67	1,5762±0,05	23,05±5,41

IMC = Índice de masa corporal.

Media±SD = Media ± Desviación típica

En la Tabla 2 se aprecia la media de cada uno de las zonas valoradas con su método utilizado.

Tabla 2. Valores de las medias y desviaciones típicas de las variables antropométricas correspondientes a los pliegues.

Zona	Método	Media±SD
Tríceps	Incisión (mm)	9,3±3,7848
	Eco (mm)	9,96±4,1368
	Pliegue	19,06±8,9829
Subescapular	Incisión (mm)	10±4,1382
	Eco (mm)	10,28±4,9353
	Pliegue	19,36±8,6754
Biceps	Incisión (mm)	6±3,1623
	Eco (mm)	5,64±2,8139
	Pliegue	11,38±5,3415
Ileocrestal	Incisión (mm)	10±2,9155
	Eco (mm)	9,7±2,6077
	Pliegue	22,38±13,4434
Supraespinal	Incisión (mm)	10,2±3,9623
	Eco (mm)	10,3±4,1073
	Pliegue	20,86±15,1581
Abdominal	Incisión (mm)	15±7,9687
	Eco (mm)	14,66±6,683
	Pliegue	24,44±11,7351
Muslo	Incisión (mm)	10,1±4,9548
	Eco (mm)	10,16±6,0661
	Pliegue	24,62±12,4832
Pierna	Incisión (mm)	7,3±4,0249
	Eco (mm)	7,24±4,0581
	Pliegue	19,1±8,7940

Media±SD = Media ± Desviación típica

ECO = ecografía

Mediante el coeficiente de correlación de Pearson, considerado éste como un índice, se ha medido la relación lineal entre dos variables aleatorias cuantitativas. A continuación, las Tablas 3, 4 y 5 muestran una matriz de tipo simétrica que toma valores unitarios. Se muestra para cada par de variables el coeficiente de correlación seleccionado

(R), la significación del contraste realizado (p), de modo que cuanto menor sea su valor más fiable será el dato arrojado por el coeficiente de correlación seleccionado.

Si atendemos a la correlación existente entre la incisión y la ecografía efectuada en cada uno de los 8 puntos anatómicos, se observa en la Tabla 3 como existe una correspondencia para cada zona de medida.

Tabla 3. Correlación de Pearson entre la Incisión y la Ecografía en cada zona de medida.

Zona de medida	Coefficiente de correlación
Tríceps	0,953*
Subescapular	0,988‡
Biceps	0,989‡
Ileocrestal	0,960‡
Supraespinal	0,959*
Abdominal	0,965‡
Muslo	0,998‡
Pierna	0,998‡

* Indica $p < 0,05$.

‡ Indica $p < 0,01$.

Cuando se correlaciona la incisión y el pliegue los resultados mostrados en la Tabla 4 hallan una correspondencia alta en las zonas del bíceps y la pierna.

Tabla 4. Correlación de Pearson entre la Incisión y el Pliegue.

Zona	Coefficiente de correlación
Tríceps	0,822
Subescapular	0,729
Biceps	0,900*
Ileocrestal	0,775
Supraespinal	0,776
Abdominal	0,874
Muslo	0,745
Pierna	0,887*

* Indica $p < 0,05$.

Por otro lado, al correlacionar la ecografía y el pliegue, como se muestra en la Tabla 5, aparece una correspondencia alta en la zona del bíceps, abdominal y la pierna.

Tabla 5. Correlación de Pearson entre la Ecografía y el Pliegue.

Zona	Coefficiente de correlación
Tríceps	0,752
Subescapular	0,703
Biceps	0,911*
Ileocrestal	0,752
Supraespinal	0,752
Abdominal	0,918*
Muslo	0,757
Pierna	0,901*

* Indica $p < 0,05$.

Las representaciones gráficas que se presentan a continuación, se han elaborado con las medias obtenidas por cada método atendiendo a la zona valorada, correlacionando los métodos de medición entre sí.

En la Figura 7 la correlación entre la incisión y la ecografía es significativa ($p \leq 0,05$) en el punto anatómico del tríceps.

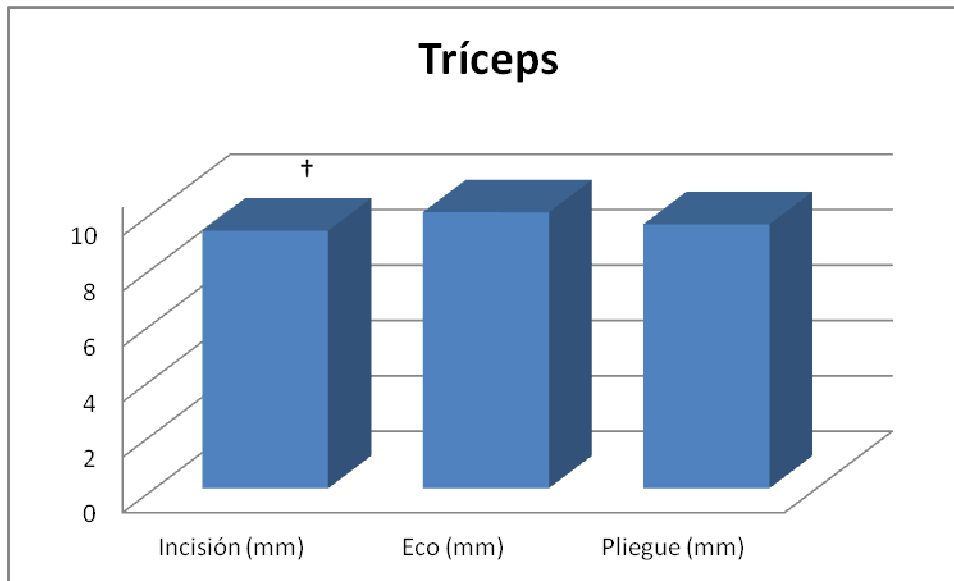


Figura 7. Correlación de los valores medidos de grasa (mm) obtenidos con cada método de valoración. † = Correlación significativa ($p \leq 0,05$) entre la Incisión y la Ecografía.

Como se observa en la Figura 8, en la misma línea de resultados se encuentra la correlación entre la incisión y la ecografía para la zona anatómica subescapular, donde viene a ser significativa ($p \leq 0,01$).

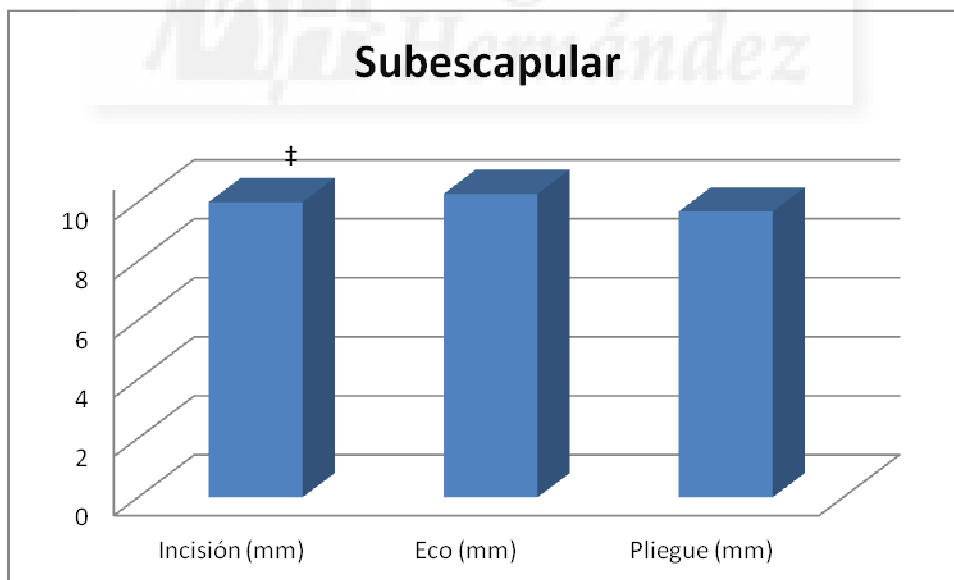


Figura 8. Correlación de los valores medidos de grasa (mm) obtenidos con cada método de valoración. ‡ = Correlación significativa ($p \leq 0,01$) entre la Incisión y la Ecografía.

En la Figura 9 se observa como existe una correlación entre todos los métodos para la zona anatómica medida del bíceps.

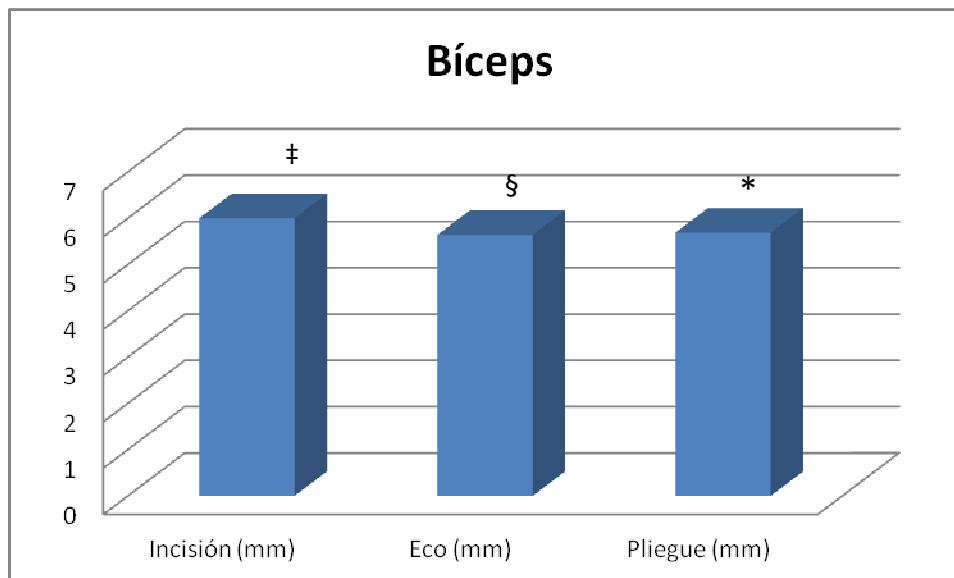


Figura 9. Correlación de los valores medidos de grasa (mm) obtenidos con cada método de valoración. ‡ = Correlación significativa ($p \leq 0,01$) entre la Incisión y la Ecografía; * = Correlación significativa ($p \leq 0,05$) entre la Incisión y el Pliegue; § = Correlación significativa ($p \leq 0,05$) entre la Ecografía y el Pliegue.

En la Figura 10 la correlación entre la incisión y la ecografía viene a ser significativa ($p \leq 0,01$) en el punto anatómico ileocrestal.

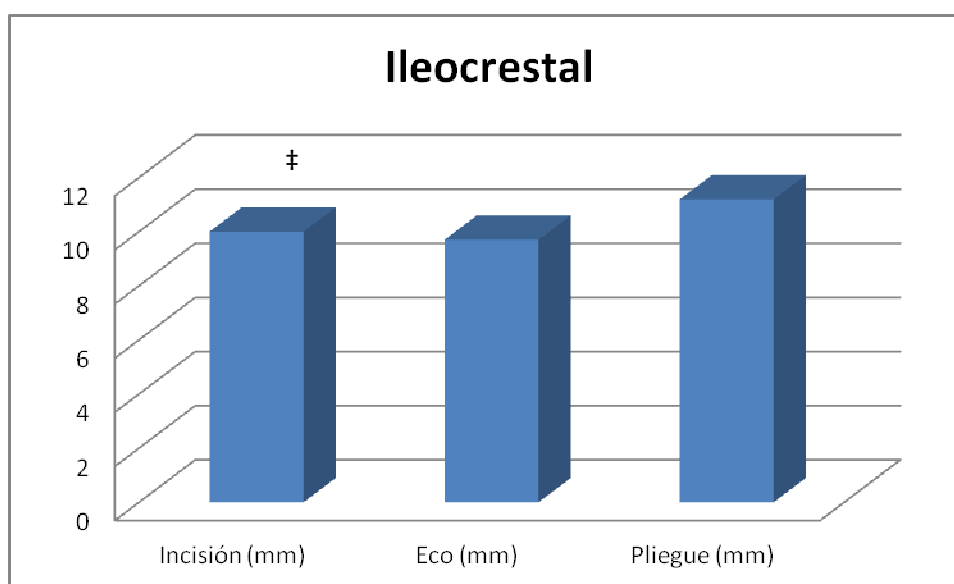


Figura 10. Correlación de los valores medidos de grasa (mm) obtenidos con cada método de valoración. ‡ = Correlación significativa ($p \leq 0,01$) entre la Incisión y la Ecografía.

Como se observa en la Figura 11, en la misma línea de resultados se encuentra la correlación entre la incisión y la ecografía para la zona anatómica supraespinal, donde viene a ser significativa ($p \leq 0,05$).

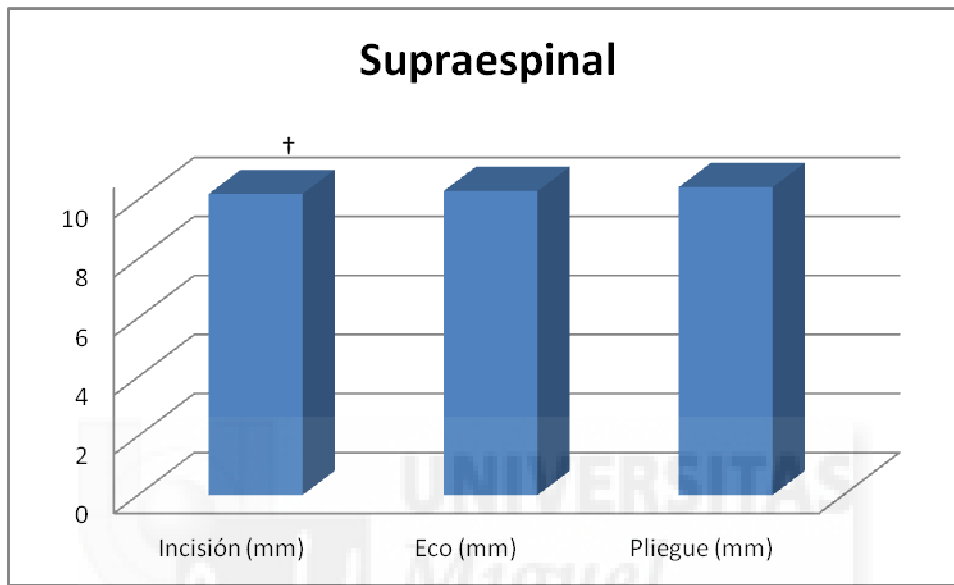


Figura 11. Correlación de los valores medidos de grasa (mm) obtenidos con cada método de valoración. † = Correlación significativa ($p \leq 0,05$) entre la Incisión y la Ecografía.

Cuando se observa en la Figura 12 la correlación entre métodos en lo que a la zona del abdomen se refiere, aparece una correlación significativa entre la incisión y la ecografía, y la ecografía y el pliegue.

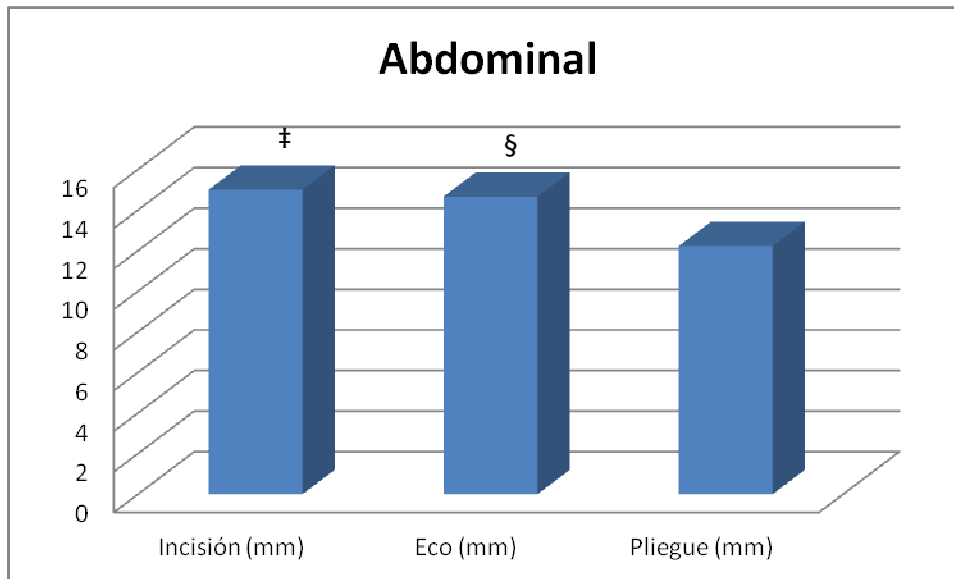


Figura 12. Correlación de los valores medidos de grasa (mm) obtenidos con cada método de valoración. ‡ = Correlación significativa ($p \leq 0,01$) entre la Incisión y la Ecografía. § = Correlación significativa ($p \leq 0,05$) entre la Ecografía y el Pliegue.

En la Figura 13 la correlación entre la incisión y la ecografía viene a ser significativa ($p \leq 0,01$) en el punto anatómico del muslo.

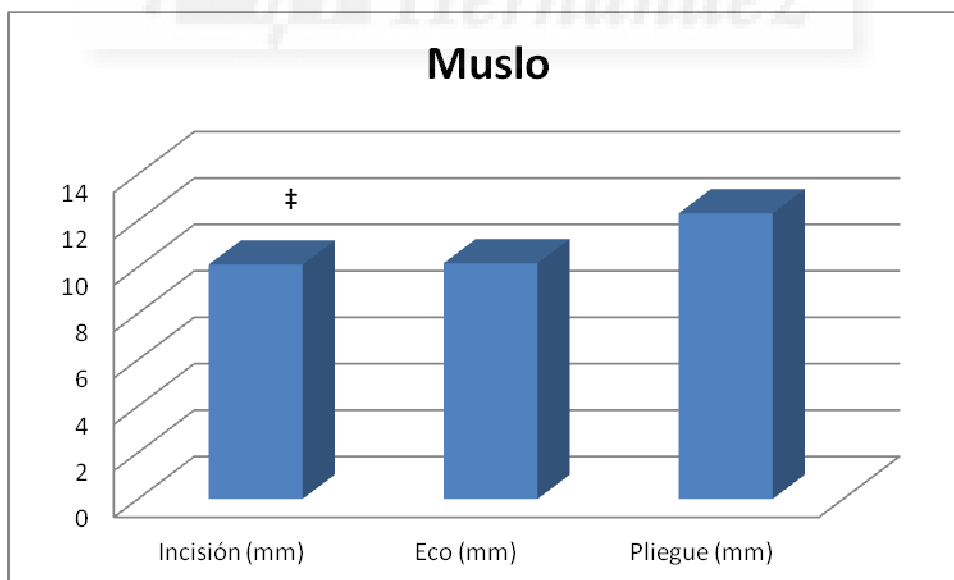


Figura 13. Correlación de los valores medidos de grasa (mm) obtenidos con cada método de valoración. ‡ = Correlación significativa ($p \leq 0,01$) entre la Incisión y la Ecografía.

En la Figura 14 se observa como existe una correlación entre todos los métodos para la zona anatómica de la pierna.

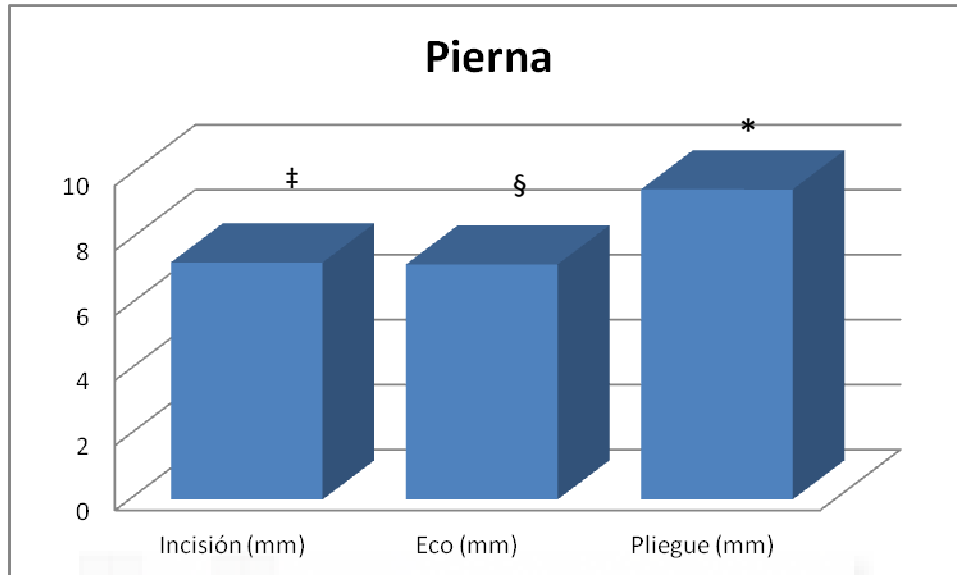


Figura 14. Correlación de los valores medidos de grasa (mm) obtenidos con cada método de valoración. ‡ = Correlación significativa ($p \leq 0,01$) entre la Incisión y la Ecografía; * = Correlación significativa ($p \leq 0,05$) entre la Incisión y el Pliegue; § = Correlación significativa ($p \leq 0,05$) entre la Ecografía y el Pliegue.

6.2. RESULTADOS OBTENIDOS EN SUJETOS VIVOS.

En este apartado aparecen, inicialmente, los datos descriptivos de la investigación con sus comparaciones múltiples obtenidas a través del test de bonferroni y sus correlaciones correspondientes.

En un segundo apartado se muestran las fórmulas obtenidas a través de la correlación entre métodos de valoración antropométrica.

6.2.1. Análisis descriptivo.

Dicha investigación ha contado con una muestra de 221 sujetos, donde 132 eran varones y 89 mujeres. Si bien, el rango de edad de los sujetos participantes ha sido desde los 15 años hasta los 80, la edad media es de 33,44 años con una desviación estándar de 14,48. En cuanto al género femenino de la muestra la edad media viene a ser de 35,19 años con una desviación estándar de 14,81. Y, en los varones la edad es de 32,26 años con una desviación estándar de 14,20.

DATOS BIOMÉTRICOS

Si atendemos a los datos biométricos de la Tabla 6, encontramos diferencias estadísticamente significativas entre géneros en lo que al ICT respecta.

Tabla 6. Datos biométricos de los participantes incluidos en el estudio. Media \pm desviación estándar.

	Total (n=221)	Varones (n=132)	Mujeres (n=89)
Edad (años)	33,44 \pm 14,48	32,26 \pm 14,20	35,19 \pm 14,81
Talla (cm)	168,93 \pm 9,69	174,56 \pm 6,45	160,58 \pm 7,38
Masa corporal (kg)	69,83 \pm 13,90	76,45 \pm 11,72	60,00 \pm 10,74
IMC (kg/m ²)	24,40 \pm 4,18	25,08 \pm 3,60	23,39 \pm 4,77
Cintura (cm)	80,56 \pm 11,48	84,72 \pm 9,82	74,38 \pm 11,02
Cadera (cm)	94,78 \pm 7,26	95,18 \pm 5,90	94,18 \pm 8,91
ICC	0,84 \pm 0,09	0,88 \pm 0,08	0,79 \pm 0,07
ICT	0,478 \pm 0,0692	0,486 \pm 0,601*	0,465 \pm 0,796

IMC = Índice de masa corporal; ICC = Índice Cintura – Cadera; ICT = Índice Cintura-Talla.

* = Diferencias estadísticamente significativas entre géneros ($p < 0,05$).

Los datos biométricos de la Tabla 7 nos muestran cómo los sujetos sedentarios presentan diferencias estadísticamente significativas en la talla con respecto a los de AFM y AFA. A su vez, los sujetos que se encuentran en el grupo de AFL presentan estaturas inferiores a los sujetos que se encuentran en el grupo de actividad física alta.

Por otro, lado, encontramos diferencias estadísticamente significativas entre el ICT de los sujetos sedentarios y los de actividad física alta.



Tabla 7. Datos biométricos de los participantes incluidos en el estudio atendiendo a la actividad física que realizan y al género. Media \pm desviación estándar.

Actividad Física	Género	Edad (años)	Talla (cm)	Masa corporal (kg)	IMC (kg/m ²)	Cintura (cm)	Cadera (cm)	ICC	ICT
Sedentario	♂ (n= 17)	38,882	173,341	81,400	27,194	91,488	98,524	0,924	0,530
		\pm	\pm	\pm	\pm	\pm	\pm	\pm	\pm
	♀ (n= 29)	16,3014	8,3093	12,2362	4,2155	10,8020	6,1514	0,0831	0,0742
		\pm	\pm	\pm	\pm	\pm	\pm	\pm	\pm
Total (n= 46)	36,759	158,838	60,666	24,214	75,528	96,262	0,783	0,478	
	\pm	\pm	\pm	\pm	\pm	\pm	\pm	\pm	
AFL	♂ (n= 22)	14,5028	6,5548	12,6922	5,9455	13,6165	12,5168	0,0711	0,0971
		\pm	\pm	\pm	\pm	\pm	\pm	\pm	\pm
	♀ (n= 28)	37,543	164,198	68,328	25,315	81,426	97,098	0,835	0,497
		\pm	\pm	\pm	\pm	\pm	\pm	\pm	\pm
Total (n= 50)	15,0476	10,0688†	15,9956	5,5162	14,7487	10,5904	0,1016	0,0921‡	
	\pm	\pm	\pm	\pm	\pm	\pm	\pm	\pm	
AFM	♂ (n= 49)	36,182	173,255	78,368	26,041	87,973	96,645	0,905	0,508
		\pm	\pm	\pm	\pm	\pm	\pm	\pm	\pm
	♀ (n= 20)	16,0909	5,9574	12,1462	3,2588	10,1168	6,2435	0,0722	0,0579
		\pm	\pm	\pm	\pm	\pm	\pm	\pm	\pm
Total (n= 69)	41,214	160,661	61,725	24,157	76,186	94,879	0,796	0,477	
	\pm	\pm	\pm	\pm	\pm	\pm	\pm	\pm	
AFA	♂ (n= 44)	16,1964	9,0313	10,0867	5,0812	11,9010	6,3607	0,0881	0,0903
		\pm	\pm	\pm	\pm	\pm	\pm	\pm	\pm
	♀ (n= 12)	39,000	166,202	69,048	24,986	81,372	95,656	0,844	0,491
		\pm	\pm	\pm	\pm	\pm	\pm	\pm	\pm
Total (n= 56)	16,1826	10,0016‡	13,7453	4,4351	12,5235	6,3075	0,0972	0,0785	
	\pm	\pm	\pm	\pm	\pm	\pm	\pm	\pm	
Total	♂ (n= 132)	29,735	174,006	75,639	24,931	84,327	94,947	0,884	0,485
		\pm	\pm	\pm	\pm	\pm	\pm	\pm	\pm
	♀ (n= 89)	13,3787	6,5072	13,1224	3,8659	10,0920	6,4186	0,0874	0,0580
		\pm	\pm	\pm	\pm	\pm	\pm	\pm	\pm
Total (n= 221)	27,150	161,225	55,750	21,430	70,405	91,150	0,775	0,437	
	\pm	\pm	\pm	\pm	\pm	\pm	\pm	\pm	
Total	♂ (n= 132)	12,3896	5,6556	7,3022	2,3939	6,2775	5,3539	0,0550	0,0382
		\pm	\pm	\pm	\pm	\pm	\pm	\pm	\pm
	♀ (n= 89)	28,986	170,301	69,874	23,916	80,291	93,846	0,852	0,471
		\pm	\pm	\pm	\pm	\pm	\pm	\pm	\pm
Total (n= 221)	13,0626	8,5409	14,8010	3,8354	11,1079	6,3326	0,0933	0,0572	
	\pm	\pm	\pm	\pm	\pm	\pm	\pm	\pm	
Total	♂ (n= 132)	30,545	176,293	74,477	23,952	80,930	93,418	0,861	0,459
		\pm	\pm	\pm	\pm	\pm	\pm	\pm	\pm
	♀ (n= 89)	12,3824	5,6297	9,0789	2,7232	6,9599	4,2767	0,0754	0,0426
		\pm	\pm	\pm	\pm	\pm	\pm	\pm	\pm
Total (n= 221)	30,750	163,500	61,483	22,867	74,008	92,567	0,792	0,453	
	\pm	\pm	\pm	\pm	\pm	\pm	\pm	\pm	
Total	♂ (n= 132)	8,4973	7,2777	11,3099	2,9259	6,6322	7,4835	0,0289	0,0416
		\pm	\pm	\pm	\pm	\pm	\pm	\pm	\pm
	♀ (n= 89)	30,589	173,552	71,693	23,720	79,446	93,236	0,846	0,458
		\pm	\pm	\pm	\pm	\pm	\pm	\pm	\pm
Total (n= 221)	11,5896	7,9642	10,9073	2,7771	7,4081	5,0620	0,0738	0,0421	
	\pm	\pm	\pm	\pm	\pm	\pm	\pm	\pm	
Total	♂ (n= 132)	32,258	174,558	76,448	25,081	84,724	95,181	0,885	0,486
		\pm	\pm	\pm	\pm	\pm	\pm	\pm	\pm
	♀ (n= 89)	14,1958	6,4532	11,7235	3,5992	9,8226	5,9029	0,0824	0,0601
		\pm	\pm	\pm	\pm	\pm	\pm	\pm	\pm
Total (n= 221)	35,191	160,576	60,004	23,389	74,379	94,180	0,787	0,465	
	\pm	\pm	\pm	\pm	\pm	\pm	\pm	\pm	
Total (n= 221)	14,8093	7,3812	10,7458	4,7747	11,0244	8,9150	0,0694	0,0796	
	\pm	\pm	\pm	\pm	\pm	\pm	\pm	\pm	
Total (n= 221)	33,439	168,927	69,826	24,400	80,558	94,778	0,845	0,478	
	\pm	\pm	\pm	\pm	\pm	\pm	\pm	\pm	
Total (n= 221)	14,4845	9,6862	13,9056	4,1862	11,4860	7,2651	0,0911	0,0692	
	\pm	\pm	\pm	\pm	\pm	\pm	\pm	\pm	

IMC = Índice de masa corporal; ICC = Índice Cintura – Cadera; ICT = Índice Cintura-Talla.

† = Diferencias significativas con actividad física media y actividad física alta.

‡ = Diferencias significativas con actividad física alta.

AFL = actividad física ligera.

AFM = actividad física media.

AFA = actividad física alta.

En la Figura 15, se detalla la distribución de la muestra por edades y género, observando que la franja de edad donde se incluyen mayor número de sujetos del género masculino viene a ser la de 15 a 25 años. Mientras que el grupo de edad donde encontramos mayor número de mujeres es en el intervalo de los 26 a los 35 años.

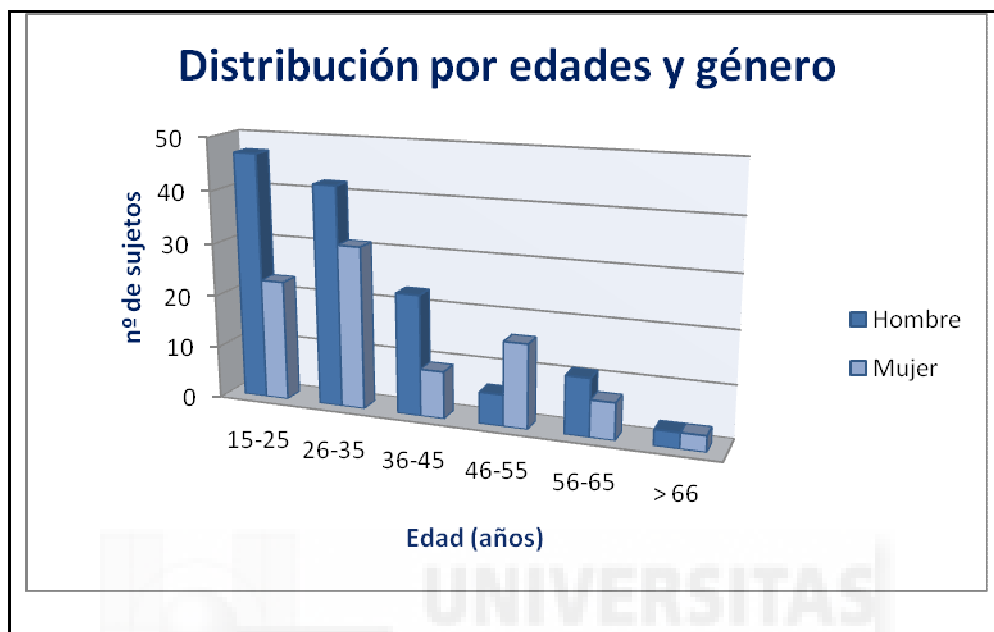


Figura 15. Distribución de la muestra por edades y género.

En las Tablas 7a y 7b podemos observar que, atendiendo a las comparaciones múltiples, cuando se observa la talla, el grupo de edad de 46-55 años, presenta diferencias estadísticamente significativas ($p < 0,05$) con los grupos de edad 15-25; 26-35 y 36-45 años.

El test de Bonferroni nos indica diferencias estadísticamente significativas ($p < 0,05$) entre los grupos de edad 15-25 años con 36-45 y 56-65 años en lo que a masa corporal se refiere.

Al comparar el IMC entre grupos de edad, aparecen diferencias estadísticamente significativas ($p < 0,05$) entre el grupo de edad 15-25 años con los grupos 36-45; 46-55; 56-65 y >66 años. A su vez, también aparecen diferencias estadísticamente significativas ($p < 0,05$) entre el grupo de edad 26-35 años con los grupos 36-45; 46-55; 56-65 y >66 años.

Al observar los datos relativos al ICC, hallamos diferencias estadísticamente significativas ($p < 0,05$) entre el grupo de edad 15-25 años con los grupos 36-45; 56-65 y >66 años. El grupo 26-35 años presenta diferencias con respecto al grupo 56-65 años.

Al comparar los datos del ICT entre los grupos de edad, encontramos diferencias estadísticamente significativas ($p < 0,05$) entre el grupo de edad 15-25 años con los grupos 36-45; 46-55; 56-65 y >66 años. En la misma línea de resultados, también aparecen diferencias estadísticamente significativas ($p < 0,05$) entre el grupo de edad 26-35 años con los grupos 36-45; 46-55; 56-65 y >66 años.

Tabla 7a. Datos biométricos de los participantes atendiendo al grupo edad y al género. Media \pm desviación estándar.

Grupos de edad	Género	Edad (años)	Talla (cm)	Masa corporal (kg)	IMC (kg/m ²)	Cintura (cm)	Cadera (cm)	ICC	ICT
15-25	♂ (n= 47)	18,340	173,851	70,181	23,189	77,679	93,096	0,821	0,447
		\pm	\pm	\pm	\pm	\pm	\pm	\pm	\pm
	♀ (n= 23)	2,9287	6,1036	9,1161	2,5819	5,3079	5,3067	0,0549	0,0313
		\pm	\pm	\pm	\pm	\pm	\pm	\pm	\pm
	Total (n= 70)	17,478	162,070	56,404	21,357	68,252	90,296	0,761	0,421
		\pm	\pm	\pm	\pm	\pm	\pm	\pm	\pm
		2,7447	7,7386	10,4688	2,8382	5,8260	6,9358	0,0499	0,0306
		\pm	\pm	\pm	\pm	\pm	\pm	\pm	\pm
26-35	♂ (n= 42)	18,057	169,980	65,654	22,587	74,581	92,176	0,801	0,439
		\pm	\pm	\pm	\pm	\pm	\pm	\pm	\pm
	♀ (n= 31)	2,8786	8,6600	11,5249†	2,7865§	7,0351	5,9889	0,0602⊖	0,0332§
		\pm	\pm	\pm	\pm	\pm	\pm	\pm	\pm
	Total (n= 73)	30,976	177,350	78,852	25,005	85,040	95,350	0,888	0,480
		\pm	\pm	\pm	\pm	\pm	\pm	\pm	\pm
		2,5708	6,0167	11,9515	3,0614	8,3915	6,2756	0,0633	0,0461
		\pm	\pm	\pm	\pm	\pm	\pm	\pm	\pm
		30,806	162,574	56,526	21,374	70,219	91,000	0,774	0,433
		\pm	\pm	\pm	\pm	\pm	\pm	\pm	\pm
		2,6002	7,1466	7,3892	2,4243	5,1868	4,9943	0,0514	0,0353
		\pm	\pm	\pm	\pm	\pm	\pm	\pm	\pm
		30,904	171,075	69,371	23,463	78,747	93,503	0,840	0,460
		\pm	\pm	\pm	\pm	\pm	\pm	\pm	\pm
		2,5667	9,7968	15,0854	3,3243ϕ	10,2822	6,1243	0,0812I	0,0478ϕ
		\pm	\pm	\pm	\pm	\pm	\pm	\pm	\pm
36-45	♂ (n= 23)	40,043	174,022	81,487	26,943	89,317	96,757	0,930	0,514
		\pm	\pm	\pm	\pm	\pm	\pm	\pm	\pm
	♀ (n= 9)	3,2541	6,4499	13,6884	4,5861	10,1481	5,8075	0,0703	0,0616
		\pm	\pm	\pm	\pm	\pm	\pm	\pm	\pm
	Total (n= 32)	39,889	160,678	59,189	22,978	74,689	94,000	0,767	0,466
		\pm	\pm	\pm	\pm	\pm	\pm	\pm	\pm
		3,2575	5,7094	8,3759	3,4307	9,7925	7,2698	0,0707	0,0651
		\pm	\pm	\pm	\pm	\pm	\pm	\pm	\pm
		40,000	170,269	75,216	25,828	85,203	95,981	0,884	0,500
		\pm	\pm	\pm	\pm	\pm	\pm	\pm	\pm
		3,2028	8,6655	15,9634	4,6093	11,9367	6,2578	0,1019	0,0654
		\pm	\pm	\pm	\pm	\pm	\pm	\pm	\pm

IMC = Índice de masa corporal; ICC = Índice Cintura – Cadera; ICT = Índice Cintura-Talla.

† = Diferencias significativas entre el grupo de edad 46-55 y los grupos 15-25; 26-35 y 36-45.

‡ = Diferencias significativas entre el grupo de edad 15-25 y los grupos 36-45 y 56-65.

§ = Diferencias significativas entre el grupo de edad 15-25 y los grupos 36-45; 46-55; 56-65 y >66.

ϕ = Diferencias significativas entre el grupo de edad 26-35 y los grupos 36-45; 46-55; 56-65 y >66.

⊖ = Diferencias significativas entre el grupo de edad 15-25 y los grupos 36-45; 56-65 y >66.

I = Diferencias significativas entre el grupo de edad 26-35 y el grupo 56-65.

Tabla 7b. Datos biométricos de los participantes atendiendo al grupo edad y al género. Media \pm desviación estándar.

Grupos de edad	Género	Edad (años)	Talla (cm)	Masa corporal (kg)	IMC (kg/m ²)	Cintura (cm)	Cadera (cm)	ICC	ICT
46-55	♂ (n= 6)	52,500	167,833	76,217	27,150	93,483	95,950	0,983	0,559
		\pm	\pm	\pm	\pm	\pm	\pm	\pm	\pm
	♀ (n= 16)	2,8107	6,4627	8,0686	3,5320	10,2741	2,6067	0,0753	0,0766
		\pm	\pm	\pm	\pm	\pm	\pm	\pm	\pm
		50,188	157,919	65,531	26,556	81,313	100,275	0,806	0,518
		\pm	\pm	\pm	\pm	\pm	\pm	\pm	\pm
Total (n= 22)	3,3906	6,5608	11,0435	5,9250	11,8728	11,0182	0,0574	0,0927	
	\pm	\pm	\pm	\pm	\pm	\pm	\pm	\pm	
56-65	♂ (n= 11)	58,455	171,945	82,636	27,991	96,509	97,691	0,991	0,562
		\pm	\pm	\pm	\pm	\pm	\pm	\pm	\pm
	♀ (n= 7)	2,2523	5,8169	8,5801	3,0274	6,8719	5,7244	0,0539	0,0487
		\pm	\pm	\pm	\pm	\pm	\pm	\pm	\pm
		58,286	157,657	68,257	27,414	85,414	100,357	0,843	0,542
		\pm	\pm	\pm	\pm	\pm	\pm	\pm	\pm
Total (n= 18)	1,9760	6,3264	12,4050	4,1156	13,2196	5,9791	0,1134	0,0798	
	\pm	\pm	\pm	\pm	\pm	\pm	\pm	\pm	
>66	♂ (n= 3)	58,389	166,389	77,044	27,767	92,194	98,728	0,933	0,554
		\pm	\pm	\pm	\pm	\pm	\pm	\pm	\pm
	♀ (n= 3)	2,0903	9,2413	12,2329	3,3842	10,9742	5,8036	0,1085	0,0612
		\pm	\pm	\pm	\pm	\pm	\pm	\pm	\pm
		72,000	173,667	80,133	26,700	94,733	102,667	0,900	0,547
		\pm	\pm	\pm	\pm	\pm	\pm	\pm	\pm
Total (n= 6)	7,0000	6,6583	1,7898	2,6851	6,3003	4,8563	0,0000	0,0559	
	\pm	\pm	\pm	\pm	\pm	\pm	\pm	\pm	
Total	♂ (n= 132)	68,333	149,167	77,267	34,733	100,667	110,433	0,933	0,675
		\pm	\pm	\pm	\pm	\pm	\pm	\pm	\pm
	♀ (n= 89)	2,5166	5,4721	11,3993	4,8952	7,6140	14,3932	0,0577	0,0437
		\pm	\pm	\pm	\pm	\pm	\pm	\pm	\pm
		70,167	161,417	78,700	30,717	97,700	106,550	0,917	0,611
		\pm	\pm	\pm	\pm	\pm	\pm	\pm	\pm
Total (n= 221)	5,1153	14,4840	7,4649	5,6418	7,0447	10,5069	0,0408	0,0832	
	\pm	\pm	\pm	\pm	\pm	\pm	\pm	\pm	
Total (n= 221)	32,258	174,558	76,448	25,081	84,724	95,181	0,885	0,486	
	\pm	\pm	\pm	\pm	\pm	\pm	\pm	\pm	
Total (n= 221)	14,1958	6,4532	11,7235	3,5992	9,8226	5,9029	0,0824	0,0601	
	\pm	\pm	\pm	\pm	\pm	\pm	\pm	\pm	
Total (n= 221)	35,191	160,576	60,004	23,389	74,379	94,180	0,787	0,465	
	\pm	\pm	\pm	\pm	\pm	\pm	\pm	\pm	
Total (n= 221)	14,8093	7,3812	10,7458	4,7747	11,0244	8,9150	0,0694	0,0796	
	\pm	\pm	\pm	\pm	\pm	\pm	\pm	\pm	
Total (n= 221)	33,439	168,927	69,826	24,400	80,558	94,778	0,845	0,478	
	\pm	\pm	\pm	\pm	\pm	\pm	\pm	\pm	
Total (n= 221)	14,4845	9,6862	13,9056	4,1862	11,4860	7,2651	0,0911	0,0692	
	\pm	\pm	\pm	\pm	\pm	\pm	\pm	\pm	

IMC = Índice de masa corporal; ICC = Índice Cintura – Cadera; ICT = Índice Cintura-Talla.

† = Diferencias significativas entre el grupo de edad 46-55 y los grupos 15-25; 26-35 y 36-45.

‡ = Diferencias significativas entre el grupo de edad 15-25 y los grupos 36-45 y 56-65.

§ = Diferencias significativas entre el grupo de edad 15-25 y los grupos 36-45; 46-55; 56-65 y >66.

ϕ = Diferencias significativas entre el grupo de edad 26-35 y los grupos 36-45; 46-55; 56-65 y >66.

⊖ = Diferencias significativas entre el grupo de edad 15-25 y los grupos 36-45; 56-65 y >66.

‡ = Diferencias significativas entre el grupo de edad 26-35 y el grupo 56-65.

En la Tabla 8 aparecen los datos biométricos de los participantes según su IMC. Al comparar la talla entre grupos, observamos como existen diferencias estadísticamente significativas entre el grupo de sobrepeso y los grupos de bajo peso ($p < 0,035$) y obesidad grado 2 ($p < 0,022$). En lo relativo a la masa corporal, aparecen diferencias estadísticamente significativas en los grupos de bajo peso, normopeso y sobrepeso, con todos los grupos. Cuando comparamos el IMC las diferencias son significativas entre todos los grupos. El parámetro del ICT presenta diferencias estadísticamente significativas entre todos los grupos.



Tabla 8. Datos biométricos de los participantes atendiendo a los parámetros obtenidos a partir del IMC. Media \pm desviación estándar.

		Edad (años)	Talla (cm)	Masa Corporal (kg)	IMC	Cintura (cm)	Cadera (cm)	ICC	ICT
Bajo peso	Mujer (n=5)	28,200 \pm 5,7619	158,740 \pm 1,9895	44,320 \pm 1,9435	17,560 \pm 0,3507	60,600 \pm 0,7036	83,480 \pm 4,4807	0,720 \pm 0,0447	0,382 \pm 0,0062
	Total (n=5)	28,200 \pm 5,7619	158,740 \pm 1,9895	44,320 \pm 1,9435‡	17,560 \pm 0,3507‡	60,600 \pm 0,7036	83,480 \pm 4,4807	0,720 \pm 0,0447	0,382 \pm 0,0062‡
	Hombre (n=75)	26,253 \pm 9,4798	175,067 \pm 6,3764	69,776 \pm 7,8542	22,708 \pm 1,6048	78,428 \pm 5,1973	92,164 \pm 4,3526	0,843 \pm 0,0619	0,448 \pm 0,0276
Normopeso	Mujer (n=63)	31,429 \pm 12,0840	161,776 \pm 6,7125	56,333 \pm 5,5910	21,525 \pm 1,7623	70,432 \pm 5,0976	91,057 \pm 4,4301	0,773 \pm 0,0545	0,436 \pm 0,0353
	Total (n=138)	28,616 \pm 11,0145	168,999 \pm 9,3004	63,639 \pm 9,6244‡	22,168 \pm 1,774‡	74,778 \pm 6,5062	91,659 \pm 4,4069	0,811 \pm 0,0680	0,443 \pm 0,0318‡
	Hombre (n=43)	40,349 \pm 16,8394	174,479 \pm 5,8693	81,391 \pm 5,7285	26,740 \pm 1,3990	89,884 \pm 5,5846	97,358 \pm 3,7558	0,923 \pm 0,0684	0,516 \pm 0,0398
Sobrepeso	Mujer (n=11)	41,727 \pm 19,7083	160,827 \pm 8,6943	69,345 \pm 6,8405	26,809 \pm 1,5783	80,945 \pm 5,8724	100,755 \pm 4,0458	0,800 \pm 0,0447	0,505 \pm 0,0527
	Total (n=54)	40,630 \pm 17,2717	171,698 \pm 8,5066†	78,937 \pm 7,6689‡	26,754 \pm 1,422‡	88,063 \pm 6,6652	98,050 \pm 4,0216	0,898 \pm 0,0812	0,514 \pm 0,0425‡
	Hombre (n=10)	38,500 \pm 11,2670	171,900 \pm 9,2490	93,100 \pm 10,6936	31,430 \pm 1,1373	100,06 \pm 7,0826	103,19 \pm 5,3309	0,980 \pm 0,0632	0,583 \pm 0,0485
Obesidad grado1	Mujer (n=6)	51,500 \pm 7,1484	156,867 \pm 8,9848	79,000 \pm 8,0625	32,083 \pm 1,3167	96,700 \pm 6,0246	108,35 \pm 6,4559	0,883 \pm 0,0983	0,617 \pm 0,0382
	Total (n=16)	43,375 \pm 11,6383	166,263 \pm 11,6076	87,813 \pm 11,8314	31,675 \pm 1,2086‡	98,800 \pm 6,7096	105,125 \pm 6,1319	0,944 \pm 0,0892	0,596 \pm 0,0468‡
	Hombre (n=4)	42,250 \pm 11,3835	172,500 \pm 6,3901	106,800 \pm 7,8571	35,875 \pm 0,9639	108,975 \pm 4,3531	108,325 \pm 5,6382	1,025 \pm 0,0500	0,632 \pm 0,0265
Obesidad grado2	Mujer (n=4)	60,750 \pm 7,2744	148,850 \pm 5,3119	83,250 \pm 4,0878	37,575 \pm 1,1117	102,225 \pm 4,4620	117,40 \pm 10,019	0,900 \pm 0,0816	0,687 \pm 0,0312
	Total (n=8)	51,500 \pm 13,2665	160,675 \pm 13,7622	95,025 \pm 13,8592	36,725 \pm 1,3242‡	105,60 \pm 5,4471	112,863 \pm 8,9540	0,963 \pm 0,0916	0,660 \pm 0,0398‡

IMC = Índice de masa corporal; ICC = Índice Cintura- Cadera; ICT = Índice Cintura-Talla.

† = Diferencias significativas entre el grupo de sobrepeso y los grupos de bajo peso y obesidad grado 2.

‡ = Diferencias significativas con el resto de grupos.

§ = Diferencias significativas entre el grupo de edad 15-25 y los grupos 36-45; 46-55; 56-65 y >66.

Ⓢ = Diferencias significativas entre el grupo de edad 26-35 y los grupos 36-45; 46-55; 56-65 y >66.

Ⓣ = Diferencias significativas entre el grupo de edad 15-25 y los grupos 36-45; 56-65 y >66.

‡ = Diferencias significativas entre el grupo de edad 26-35 y el grupo 56-65.

Al observar la Tabla 9 donde aparecen los datos biométricos de los participantes atendiendo al riesgo cardiovascular, se encuentran diferencias estadísticamente significativas ($p < 0,001$) entre los grupos con riesgo y sin riesgo cardiovascular en la masa corporal, IMC, cintura e ICC.

Tabla 9. Datos biométricos de los participantes atendiendo al riesgo cardiovascular. Media \pm desviación estándar.

		Edad (años)	Talla (cm)	Masa Corporal (kg)	IMC	Cintura (cm)	Cadera (cm)	ICC	ICT
Sin riesgo cardiovascular	Hombre (n=125)	31,288	174,87	75,727	24,732	83,706	94,964	0,877	0,479
		\pm	\pm	\pm	\pm	\pm	\pm	\pm	\pm
		13,7435	6,3935	11,3521	3,2558	8,8886	5,8573	0,0763	0,0523
	Mujer (n=85)	33,918	160,98	59,308	22,955	73,331	93,822	0,779	0,457
		\pm	\pm	\pm	\pm	\pm	\pm	\pm	\pm
		13,795	7,0860	10,3756	4,3582	10,1077	8,9603	0,0599	0,0710
Total (n=210)	32,614	168,95	69,134†	24,15†	79,58†	94,689	0,837†	0,472	
	\pm	\pm	\pm	\pm	\pm	\pm	\pm	\pm	
	14,1755	9,8598	13,5564	4,0172	10,7747	7,3094	0,0844	0,0648	
Con riesgo cardiovascular	Hombre (n=7)	49,571	168,97	89,329	31,314	102,914	99,057	1,029	0,610
		\pm	\pm	\pm	\pm	\pm	\pm	\pm	\pm
		11,2673	5,0979	11,5357	3,9856	8,1293	5,7628	0,0488	0,0574
	Mujer (n=4)	62,250	151,82	74,800	32,314	96,650	101,77	0,950	0,639
		\pm	\pm	\pm	\pm	\pm	\pm	\pm	\pm
		9,0692	9,2363	8,2012	4,2950	3,4617	1,6661	0,577	0,0506
Total (n=11)	49,182	168,57	83,036	29,164	99,218	96,473	1,000	0,589	
	\pm	\pm	\pm	\pm	\pm	\pm	\pm	\pm	
	11,3562	5,6673	14,5296	4,6888	8,5421	6,4209	0,0775	0,0558	

IMC = Índice de masa corporal; ICC = Índice Cintura- Cadera; ICT = Índice Cintura-Talla.

† = Diferencias significativas entre los sujetos con riesgo y sin riesgo cardiovascular.

En la Tabla 10 aparecen los datos biométricos de los participantes atendiendo al consumo de tabaco. Se encuentran diferencias estadísticamente significativas ($p < 0,05$) entre los grupos fumador y no fumador en la talla, masa corporal, IMC, cintura, ICC e ICT.

Tabla 10. Datos biométricos de los participantes atendiendo al consumo de tabaco. Media \pm desviación estándar.

		Edad (años)	Talla (cm)	Masa Corporal (kg)	IMC	Cintura (cm)	Cadera (cm)	ICC	ICT
Fumador	Hombre (n=21)	32,952	174,714	76,690	25,024	85,452	96,100	0,886	0,489
		\pm	\pm	\pm	\pm	\pm	\pm	\pm	\pm
		12,2576	7,0224	11,8777	2,7035	7,6453	6,1730	0,0573	0,0393
	Mujer (n=28)	31,179	160,350	55,336	21,561	70,300	90,989	0,771	0,439
		\pm	\pm	\pm	\pm	\pm	\pm	\pm	\pm
	11,2350	5,8122	8,6619	3,6999	7,3772	7,3750	0,0600	0,0513	
Total (n=49)	31,939	166,51†	64,488†	23,04†	76,79†	93,180	0,820†	0,461†	
	\pm	\pm	\pm	\pm	\pm	\pm	\pm	\pm	
	11,5928	9,5464	14,6627	3,7073	10,600	7,2803	0,0816	0,0524	
No fumador	Hombre (n=111)	32,126	174,528	76,403	25,092	84,586	95,007	0,885	0,485
		\pm	\pm	\pm	\pm	\pm	\pm	\pm	\pm
		14,5796	6,3735	11,7479	3,7546	10,206	5,8631	0,0865	0,0633
	Mujer (n=61)	37,033	160,680	62,148	24,228	76,251	95,644	0,793	0,477
		\pm	\pm	\pm	\pm	\pm	\pm	\pm	\pm
	15,9342	8,0418	10,9889	5,0001	11,935	9,2283	0,0727	0,0874	
Total (n=172)	33,866	169,617	71,347	24,785	81,630	95,233	0,852	0,482	
	\pm	\pm	\pm	\pm	\pm	\pm	\pm	\pm	
	15,2108	9,6419	13,3391	4,2441	11,531	7,2172	0,0927	0,0727	

IMC = Índice de masa corporal; ICC = Índice Cintura- Cadera; ICT = Índice Cintura-Talla.

† = Diferencias significativas entre los sujetos fumadores y no fumadores.

6.2.2. Análisis correlacional.

CORRELACIÓN DEL ÍNDICE ANTROPOMÉTRICO IMC CON EL RESTO DE DATOS ANTROPOMÉTRICOS Y EL SOMATOTIPO

Al correlacionar los valores del IMC con el resto de valores antropométricos y el somatotipo de los sujetos de estudio, se observa en la Tabla 11 que existe una correspondencia entre ellos, ya que a medida que aumenta el IMC, aumentan ciertos valores y otros disminuyen. Esto ocurre con los datos relativos a la edad, masa corporal, cintura, cadera, ICT y A-P abdom, donde aumentan todos los valores cuando aumenta el IMC. Sin embargo, la altura disminuye. Cuando nos centramos en los datos antropométricos valorados mediante antropometría y ecografía, encontramos que aumentan todos los valores de las zonas medidas (pliegues, perímetros y diámetros) en mayor o menor medida. Sin embargo, en lo que a la composición corporal respecta, aparece una disminución de la MO y MM a medida que aumenta el IMC.

En cuanto a la composición corporal, existe una correspondencia positiva entre el IMC y el % MG y los kilogramos de MG, MO y MM. Sin embargo, la correlación es negativa con el % MO y EL % MM.

Por otro lado, el somatotipo presenta una correspondencia positiva para la endomorfia y la mesomorfia, y una correlación negativa para la ectomorfia.

Tabla 11. Correlación del IMC con datos antropométricos y el somatotipo.

IMC	Edad (años)	Masa corp (kg)	Talla (cm)	Cintura (cm)	Cadera (cm)	ICT	diam_abd_talla	A-P abdom* π (cm)	
Correlación de Pearson	0,493**	0,798**	-0,027	0,890**	0,818**	0,917**	0,858**	0,874**	
Sig. (bilateral)	0,000	0,000	0,690	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	
IMC	Bíceps ^a (mm)	Tríceps ^a (mm)	Subescapular ^a (mm)	Ileocrestal ^a (mm)	Supraespi nal ^a (mm)	Abdomi nal ^a (mm)	Muslo ^a (mm)	Pierna ^a (mm)	
Correlación de Pearson	0,634**	0,492**	0,776**	0,669**	0,714**	0,741**	0,363**	0,354**	
Sig. (bilateral)	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	
IMC	Bíceps ^E (mm)	Tríceps ^E (mm)	Subescapular ^E (mm)	Ileocrestal ^E (mm)	Supraespi nal ^E (mm)	Abdomi nal ^E (mm)	Muslo ^E (mm)	Pierna ^E (mm)	
Correlación de Pearson	0,531**	0,247**	0,722**	0,611**	0,579**	0,633**	0,318**	0,273**	
Sig. (bilateral)	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	
IMC	S4p (mm)	S6p (mm)	Bicóndilo húmero (cm)	Bicóndilo fémur (cm)	A-P abdom (cm)	Brazo contraíd o (cm)	Muslo medio (cm)	Pierna (cm)	Brazo relajado (cm)
Correlación de Pearson	0,762**	0,681**	0,575**	0,716**	0,874**	0,701**	0,589**	0,564**	0,720**
Sig. (bilateral)	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
IMC	MG (%)	MG (kg)	MO (%)	MO (kg)	MM (%)	MM (kg)			
Correlación de Pearson	0,446**	0,745**	-0,813**	0,370**	-0,423**	0,326**			
Sig. (bilateral)	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000			
IMC	MR (kg)	Mmagra (kg)	Endomorfia	Mesomorf ia	Ectomorfi a	BIA %MG			
Correlación de Pearson	0,706**	0,461**	0,712**	0,872**	-0,869**	0,409**			
Sig. (bilateral)	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000			

IMC = Índice de masa corporal; ICT = Índice Cintura-Talla; diam_abd_talla = diámetro del perímetro del abdomen / talla; A-P abdom* π = diámetro anteroposterior del abdomen multiplicado por π ; S4p = sumatorio de 4 pliegues; S6p = sumatorio de 6 pliegues; A-P abdom = diámetro anteroposterior del abdomen; MG = masa grasa; MO = masa ósea; MM = masa muscular; MR = masa residual; Mmagra = Masa magra; BIA = impedancia bioeléctrica.

Supraíndice^a = Pliegue medido mediante antropometría.

Supraíndice^E = medición realizada mediante ecógrafo.

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

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

DATOS ANTROPOMÉTRICOS

En la Tabla 12 se puede observar como existe una correspondencia significativa en los pliegues valorados mediante antropometría y los puntos anatómicos valorados mediante ecografía. Lo que indica una correlación entre los dos métodos utilizados.

Tabla 12. Correlaciones entre los pliegues cutáneos antropométricos y los puntos anatómicos valorados mediante ecografía.

		Bíceps ^a (mm)	Tríceps ^a (mm)	Subescapular ^a (mm)	Ileocrestal ^a (mm)	Supraespinal ^a (mm)	Abdominal ^a (mm)	Muslo ^a (mm)	Pierna ^a (mm)
Bíceps ^E (mm)	Correlación de Pearson	0,862**	0,861**	0,695**	0,608**	0,734**	0,679**	0,766**	0,726**
	Sig. (bilateral)	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Tríceps ^E (mm)	Correlación de Pearson	0,719**	0,896**	0,445**	0,506**	0,579**	0,502**	0,861**	0,796**
	Sig. (bilateral)	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Subescapular ^E (mm)	Correlación de Pearson	0,801**	0,754**	0,852**	0,721**	0,794**	0,789**	0,573**	0,567**
	Sig. (bilateral)	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Ileocrestal ^E (mm)	Correlación de Pearson	0,751**	0,773**	0,660**	0,781**	0,798**	0,746**	0,689**	0,638**
	Sig. (bilateral)	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Supraespinal ^E (mm)	Correlación de Pearson	0,785**	0,804**	0,692**	0,747**	0,865**	0,744**	0,719**	0,634**
	Sig. (bilateral)	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Abdominal ^E (mm)	Correlación de Pearson	0,700**	0,670**	0,688**	0,760**	0,800**	0,836**	0,571**	0,491**
	Sig. (bilateral)	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Muslo ^E (mm)	Correlación de Pearson	0,688**	0,830**	0,419**	0,512**	0,581**	0,479**	0,901**	0,853**
	Sig. (bilateral)	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Pierna ^E (mm)	Correlación de Pearson	0,601**	0,729**	0,355**	0,414**	0,483**	0,428**	0,792**	0,943**
	Sig. (bilateral)	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000

Supraíndice ^a = Pliegue medido mediante antropometría.

Supraíndice ^E = medición realizada mediante ecógrafo.

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

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

COMPOSICIÓN CORPORAL

MASA GRASA (MG)

En la Tabla 13 podemos observar que tras comparar la MG en función de la actividad física que realizan los sujetos del estudio que realizan AFM y AFA presentan diferencias estadísticamente significativas con respecto al resto de grupos. A su vez, los sujetos sedentarios presentan mayor % MG que los sujetos que realizan AFM y AFA.

Cuando atendemos a los kilogramos de MG, los sujetos que realizan AFA presentan valores significativamente inferiores al resto de grupos.



Tabla 13. Comparación de la MG en función de la actividad física que realizan los sujetos del estudio.

		Diferencia de medias	Error típico	Sig.	Intervalo de confianza al 95%		
					Límite superior	Límite inferior	
MG (%)	Sedentario	Actividad física ligera	0,9801	1,6009	1,000	-3,283	5,243
		Actividad física media	6,5442*	1,4915	0,000	2,573	10,516
		actividad física alta	10,3832*	1,5593	0,000	6,231	14,535
	AFL	Sedentario	-0,9801	1,6009	1,000	-5,243	3,283
		Actividad física media	5,5641*	1,4553	0,001	1,689	9,439
		actividad física alta	9,4031*	1,5246	0,000	5,344	13,463
	AFM	Sedentario	-6,5442*	1,4915	0,000	-10,516	-2,573
		Actividad física ligera	-5,5641*	1,4553	0,001	-9,439	-1,689
		actividad física alta	3,8390*	1,4094	0,042	0,086	7,592
	AFA	Sedentario	-10,3832*	1,5593	0,000	-14,535	-6,231
		Actividad física ligera	-9,4031*	1,5246	0,000	-13,463	-5,344
		Actividad física media	-3,8390*	1,4094	0,042	-7,592	-0,086
MG (kg)	Sedentario	Actividad física ligera	0,9855	1,3114	1,000	-2,506	4,477
		Actividad física media	4,5616*	1,2219	0,001	1,308	7,815
		actividad física alta	7,1024*	1,2773	0,000	3,701	10,504
	AFL	Sedentario	-0,9855	1,3114	1,000	-4,477	2,506
		Actividad física media	3,5761*	1,1922	0,018	0,402	6,750
		actividad física alta	6,1169*	1,2490	0,000	2,791	9,443
	AFM	Sedentario	-4,5616*	1,2219	0,001	-7,815	-1,308
		Actividad física ligera	-3,5761*	1,1922	0,018	-6,750	-0,402
		actividad física alta	2,5408	1,1546	0,173	-0,533	5,615
	AFA	Sedentario	-7,1024*	1,2773	0,000	-10,504	-3,701
		Actividad física ligera	-6,1169*	1,2490	0,000	-9,443	-2,791
		Actividad física media	-2,5408	1,1546	0,173	-5,615	0,533

MG (%) = porcentaje de masa grasa; MG (kg) = kilogramos de masa grasa.

AFL = actividad física ligera.

AFM = actividad física media.

AFA = actividad física alta.

* = presenta diferencias significativas.

Cuando nos centramos en la comparación de la MG (% y Kg) de los sujetos a partir de su IMC, se aprecia en las Tablas 14a y 14b como los sujetos obesos de grado 2 presentan diferencias estadísticamente significativas en el % MG con respecto a los grupos de bajo peso, normopeso y sobrepeso, siendo sus valores superiores. En contraposición, los sujetos de bajo peso y normopeso presentan valores significativamente inferiores en lo que respecta a los kilogramos de MG con respecto al resto de grupos.

Tabla 14a. Comparación de la MG (%) en función del IMC.

		Diferencia de medias	Error típico	Sig.	Intervalo de confianza al 95%	
					Límite superior	Límite inferior
bajo peso	normopeso	-0,5770	3,5735	1,000	-10,712	9,558
	sobrepeso	-2,7826	3,6694	1,000	-13,190	7,624
	obesidad grado1	-11,3900	4,0218	0,051	-22,796	0,016
	obesidad grado2	-18,1025*	4,4750	0,001	-30,794	-5,411
normopeso	bajo peso	0,5770	3,5735	1,000	-9,558	10,712
	sobrepeso	-2,2056	1,2600	0,814	-5,779	1,368
	obesidad grado1	-10,8130*	2,0731	0,000	-16,693	-4,933
	obesidad grado2	-17,5255*	2,8546	0,000	-25,622	-9,429
sobrepeso	bajo peso	2,7826	3,6694	1,000	-7,624	13,190
	normopeso	2,2056	1,2600	0,814	-1,368	5,779
	obesidad grado1	-8,6074*	2,2343	0,002	-14,944	-2,271
	obesidad grado2	-15,3199*	2,9738	0,000	-23,754	-6,886
obesidad grado1	bajo peso	11,3900	4,0218	0,051	-0,016	22,796
	normopeso	10,8130*	2,0731	0,000	4,933	16,693
	sobrepeso	8,6074*	2,2343	0,002	2,271	14,944
	obesidad grado2	-6,7125	3,3990	0,496	-16,353	2,928
obesidad grado2	bajo peso	18,1025*	4,4750	0,001	5,411	30,794
	normopeso	17,5255*	2,8546	0,000	9,429	25,622
	sobrepeso	15,3199*	2,9738	0,000	6,886	23,754
	obesidad grado1	6,7125	3,3990	0,496	-2,928	16,353

MG (%) = porcentaje de masa grasa; MG (kg) = kilogramos de masa grasa.

* = presenta diferencias significativas.

Tabla 14b. Comparación de la MG (Kg) en función del IMC.

		Diferencia de medias	Error típico	Sig.	Intervalo de confianza al 95%		
					Límite superior	Límite inferior	
MG (KG)	bajo peso	normopeso	-3,2686	2,1481	1,000	-9,361	2,824
		sobrepeso	-7,5607*	2,2057	0,007	-13,816	-1,305
		obesidad grado1	-16,5013*	2,4175	0,000	-23,358	-9,645
		obesidad grado2	-24,4075*	2,6900	0,000	-32,037	-16,778
	normopeso	bajo peso	3,2686	2,1481	1,000	-2,824	9,361
		sobrepeso	-4,2922*	0,7574	0,000	-6,440	-2,144
		obesidad grado1	-13,2327*	1,2461	0,000	-16,767	-9,698
		obesidad grado2	-21,1389*	1,7159	0,000	-26,006	-16,272
	sobrepeso	bajo peso	7,5607*	2,2057	0,007	1,305	13,816
		normopeso	4,2922*	0,7574	0,000	2,144	6,440
		obesidad grado1	-8,9405*	1,3431	0,000	-12,750	-5,131
		obesidad grado2	-16,8468*	1,7876	0,000	-21,917	-11,777
	obesidad grado1	bajo peso	16,5013*	2,4175	0,000	9,645	23,358
		normopeso	13,2327*	1,2461	0,000	9,698	16,767
		sobrepeso	8,9405*	1,3431	0,000	5,131	12,750
		obesidad grado2	-7,9063*	2,0432	0,001	-13,701	-2,111
obesidad grado2	bajo peso	24,4075*	2,6900	0,000	16,778	32,037	
	normopeso	21,1389*	1,7159	0,000	16,272	26,006	
	sobrepeso	16,8468*	1,7876	0,000	11,777	21,917	
	obesidad grado1	7,9063*	2,0432	0,001	2,111	13,701	

MG (%) = porcentaje de masa grasa; MG (kg) = kilogramos de masa grasa.

* = presenta diferencias significativas.

Los resultados obtenidos en relación al % MG y la edad de los sujetos de estudio, quedan reflejados en la Tabla 15a, donde los sujetos de edades comprendidas entre 15 y 25 años presentan valores significativamente inferiores en su % MG que los sujetos que se encuentran en las grupos de edad de 46-55, 56-65 y <66 años. A su vez, los sujetos que se

de 46-55 años presentan valores significativamente mayores que los sujetos de 15-25, 26-35 y 36-45 años.

Tabla 15a. Comparación del %MG en función de la edad (años).

	Grupo s de edad	Grupos de edad (años)	Diferencia de medias	Error típico	Sig.	Intervalo de confianza al 95%	
						Límite superior	Límite inferior
MG (%)	15-25	26-35	-0,9284	1,3369	1,000	-4,897	3,040
		36-45	-3,4946	1,7053	0,625	-8,557	1,567
		46-55	-11,8890*	1,9533	0,000	-17,687	-6,091
		56-65	-6,4960*	2,1120	0,036	-12,765	-0,227
		>66	-11,4905*	3,3995	0,013	-21,581	-1,400
	26-35	15-25	0,9284	1,3369	1,000	-3,040	4,897
		36-45	-2,5663	1,6943	1,000	-7,596	2,463
		46-55	-10,9606*	1,9437	0,000	-16,730	-5,191
		56-65	-5,5677	2,1031	0,131	-11,810	0,675
		>66	-10,5621*	3,3940	0,032	-20,637	-0,488
	36-45	15-25	3,4946	1,7053	0,625	-1,567	8,557
		26-35	2,5663	1,6943	1,000	-2,463	7,596
		46-55	-8,3943*	2,2133	0,003	-14,964	-1,824
		56-65	-3,0014	2,3546	1,000	-9,991	3,988
		>66	-7,9958	3,5553	0,383	-18,549	2,558
	46-55	15-25	11,8890*	1,9533	0,000	6,091	17,687
		26-35	10,9606*	1,9437	0,000	5,191	16,730
		36-45	8,3943*	2,2133	0,003	1,824	14,964
		56-65	5,3929	2,5399	0,523	-2,146	12,932
		>66	0,3985	3,6807	1,000	-10,527	11,324
	56-65	15-25	6,4960*	2,1120	0,036	0,227	12,765
		26-35	5,5677	2,1031	0,131	-0,675	11,810
		36-45	3,0014	2,3546	1,000	-3,988	9,991
		46-55	-5,3929	2,5399	0,523	-12,932	2,146
		>66	-4,9944	3,7673	1,000	-16,177	6,188
>66	15-25	11,4905*	3,3995	0,013	1,400	21,581	
	26-35	10,5621*	3,3940	0,032	0,488	20,637	
	36-45	7,9958	3,5553	0,383	-2,558	18,549	
	46-55	-0,3985	3,6807	1,000	-11,324	10,527	
	56-65	4,9944	3,7673	1,000	-6,188	16,177	

MG (%) = porcentaje de masa grasa.

* = presenta diferencias significativas.

Cuando nos centramos en los kilogramos de MG (Tabla 15b), los sujetos de 15-25 y 26 a 35 años presentan valores significativamente inferiores que el resto de grupos de edad.

Tabla 15b. Comparación de la MG (Kg) en función de la edad (años).

Grupos de edad	Grupos de edad (años)	Diferencia de medias	Error típico	Sig.	Intervalo de confianza al 95%	
					Límite superior	Límite inferior
15-25	26-35	-1,2000	1,0417	1,000	-4,292	1,892
	36-45	-4,1515*	1,3288	0,030	-8,096	-0,207
	46-55	-8,9944*	1,5220	0,000	-13,512	-4,477
	56-65	-6,3338*	1,6457	0,002	-11,219	-1,449
	>66	-11,2338*	2,6489	0,000	-19,097	-3,371
26-35	15-25	1,2000	1,0417	1,000	-1,892	4,292
	36-45	-2,9515	1,3202	0,396	-6,870	0,967
	46-55	-7,7944*	1,5145	0,000	-12,290	-3,299
	56-65	-5,1338*	1,6387	0,030	-9,998	-0,269
	>66	-10,0338*	2,6446	0,003	-17,884	-2,184
36-45	15-25	4,1515*	1,3288	0,030	0,207	8,096
	26-35	2,9515	1,3202	0,396	-0,967	6,870
	46-55	-4,8429	1,7246	0,082	-9,962	0,276
	56-65	-2,1823	1,8347	1,000	-7,628	3,264
	>66	-7,0823	2,7703	0,169	-15,305	1,141
46-55	15-25	8,9944*	1,5220	0,000	4,477	13,512
	26-35	7,7944*	1,5145	0,000	3,299	12,290
	36-45	4,8429	1,7246	0,082	-0,276	9,962
	56-65	2,6606	1,9791	1,000	-3,214	8,535
	>66	-2,2394	2,8680	1,000	-10,753	6,274
56-65	15-25	6,3338*	1,6457	0,002	1,449	11,219
	26-35	5,1338*	1,6387	0,030	0,269	9,998
	36-45	2,1823	1,8347	1,000	-3,264	7,628
	46-55	-2,6606	1,9791	1,000	-8,535	3,214
	>66	-4,9000	2,9355	1,000	-13,614	3,814
>66	15-25	11,2338*	2,6489	0,000	3,371	19,097
	26-35	10,0338*	2,6446	0,003	2,184	17,884
	36-45	7,0823	2,7703	0,169	-1,141	15,305
	46-55	2,2394	2,8680	1,000	-6,274	10,753
	56-65	4,9000	2,9355	1,000	-3,814	13,614

MG (kg) = kilogramos de masa grasa.

* = presenta diferencias significativas.

MASA ÓSEA (MO)

En lo que respecta a la MO aparecen diferencias estadísticamente significativas en la Tabla 16 tanto en su porcentaje como en sus kilogramos entre los sujetos sedentarios y los sujetos que realizan AFM y AFA, siendo la MO inferior en los sujetos sedentarios.

Tabla 16. Comparación de la MO en función de la actividad física que realizan los sujetos del estudio.

		Diferencia de medias	Error típico	Sig.	Intervalo de confianza al 95%		
					Límite superior	Límite inferior	
MO (%)	Sedentario	AFL	-0,3357	0,3255	1,000	-1,202	0,531
		AFM	-1,0239*	0,3032	0,005	-1,831	-0,216
		AFA	-,8700*	0,3170	0,039	-1,714	-0,026
	AFL	Sedentario	0,3357	0,3255	1,000	-0,531	1,202
		AFM	-0,6882	0,2959	0,126	-1,476	0,100
		AFA	-0,5342	0,3100	0,517	-1,360	0,291
	AFM	Sedentario	1,0239*	0,3032	0,005	0,216	1,831
		AFL	0,6882	0,2959	0,126	-0,100	1,476
		AFA	0,1540	0,2865	1,000	-0,609	0,917
	AFA	Sedentario	0,8700*	0,3170	0,039	0,026	1,714
		AFL	0,5342	0,3100	0,517	-0,291	1,360
		AFM	-0,1540	0,2865	1,000	-0,917	0,609
MO (kg)	Sedentario	AFL	-0,3930	0,3488	1,000	-1,322	0,536
		AFM	-,9949*	0,3250	0,015	-1,860	-0,130
		AFA	-1,2505*	0,3397	0,002	-2,155	-0,346
	AFL	Sedentario	0,3930	0,3488	1,000	-0,536	1,322
		AFM	-0,6019	0,3171	0,354	-1,446	0,242
		AFA	-0,8575	0,3322	0,063	-1,742	0,027
	AFM	Sedentario	0,9949*	0,3250	0,015	0,130	1,860
		AFL	0,6019	0,3171	0,354	-0,242	1,446
		AFA	-0,2556	0,3071	1,000	-1,073	0,562
	AFA	Sedentario	1,2505*	0,3397	0,002	0,346	2,155
		AFL	0,8575	0,3322	0,063	-0,027	1,742
		AFM	0,2556	0,3071	1,000	-0,562	1,073

MO (%) = porcentaje de masa ósea; MO (kg) = kilogramos de masa ósea.

AFL = actividad física ligera.

AFM = actividad física media.

AFA = actividad física alta.

* = presenta diferencias significativas.

En la Tabla 17a se observa como el % MO en función del IMC de los sujetos de estudio presenta diferencias estadísticamente significativas entre el bajo peso y el sobrepeso, obesidad grado 1 y 2. A su vez, se muestran diferencias entre el normopeso y el sobrepeso, obesidad grado 1 y 2. También, son significativas las diferencias encontradas en el % MO entre los sujetos con sobrepeso y el resto de grupos.

Tabla 17a. Comparación del %MO en función del IMC.

		Diferencia de medias	Error típico	Sig.	Intervalo de confianza al 95%		
					Límite superior	Límite inferior	
MO (%)	bajo peso	normopeso	1,0478	0,5200	0,451	-0,427	2,523
		sobrepeso	2,4796*	0,5340	0,000	0,965	3,994
		obesidad grado1	4,2938*	0,5852	0,000	2,634	5,954
		obesidad grado2	5,1000*	0,6512	0,000	3,253	6,947
	normopeso	bajo peso	-1,0478	0,5200	0,451	-2,523	0,427
		sobrepeso	1,4318*	0,1833	0,000	0,912	1,952
		obesidad grado1	3,2459*	0,3017	0,000	2,390	4,101
		obesidad grado2	4,0522*	0,4154	0,000	2,874	5,230
	sobrepeso	bajo peso	-2,4796*	0,5340	0,000	-3,994	-0,965
		normopeso	-1,4318*	0,1833	0,000	-1,952	-0,912
		obesidad grado1	1,8141*	0,3251	0,000	0,892	2,736
		obesidad grado2	2,6204*	0,4327	0,000	1,393	3,848
obesidad grado1	bajo peso	-4,2938*	0,5852	0,000	-5,954	-2,634	
	normopeso	-3,2459*	0,3017	0,000	-4,101	-2,390	
	sobrepeso	-1,8141*	0,3251	0,000	-2,736	-0,892	
	obesidad grado2	0,8062	0,4946	1,000	-0,597	2,209	
obesidad grado2	bajo peso	-5,1000*	0,6512	0,000	-6,947	-3,253	
	normopeso	-4,0522*	0,4154	0,000	-5,230	-2,874	
	sobrepeso	-2,6204*	0,4327	0,000	-3,848	-1,393	
	obesidad grado1	-0,8062	0,4946	1,000	-2,209	0,597	

MO (%) = porcentaje de masa ósea.

* = presenta diferencias significativas.

Por otro lado, los sujetos con bajo peso presentan diferencias estadísticamente significativas en los kilogramos de MO, siendo inferior que en el resto de grupos como se muestra en la Tabla 17b.

Tabla 17b. Comparación de la MO (Kg) en función del IMC.

		Diferencia de medias	Error típico	Sig.	Intervalo de confianza al 95%	
					Límite superior	Límite inferior
bajo peso	normopeso	-2,5790*	0,7343	0,005	-4,662	-0,496
	sobrepeso	-3,8796*	0,7540	0,000	-6,018	-1,741
	obesidad grado1	-3,6000*	0,8264	0,000	-5,944	-1,256
	obesidad grado2	-3,7125*	0,9196	0,001	-6,321	-1,104
normopeso	bajo peso	2,5790*	0,7343	0,005	0,496	4,662
	sobrepeso	-1,3006*	0,2589	0,000	-2,035	-0,566
	obesidad grado1	-1,0210	0,4260	0,174	-2,229	0,187
sobrepeso	obesidad grado2	-1,1335	0,5866	0,546	-2,797	0,530
	bajo peso	3,8796*	0,7540	0,000	1,741	6,018
	normopeso	1,3006*	0,2589	0,000	0,566	2,035
	obesidad grado1	0,2796	0,4591	1,000	-1,023	1,582
obesidad grado1	obesidad grado2	0,1671	0,6111	1,000	-1,566	1,900
	bajo peso	3,6000*	0,8264	0,000	1,256	5,944
	normopeso	1,0210	0,4260	0,174	-0,187	2,229
	sobrepeso	-0,2796	0,4591	1,000	-1,582	1,023
obesidad grado2	obesidad grado1	-0,1125	0,6985	1,000	-2,093	1,868
	bajo peso	3,7125*	0,9196	0,001	1,104	6,321
	normopeso	1,1335	0,5866	0,546	-0,530	2,797
	sobrepeso	-0,1671	0,6111	1,000	-1,900	1,566
	obesidad grado1	0,1125	0,6985	1,000	-1,868	2,093

MO (kg) = kilogramos de masa ósea.

* = presenta diferencias significativas.

Tras comprar los grupos de edad con la MO obtenida, se aprecia en la Tabla 18a como los sujetos de 15 a 25 años presentan valores significativamente mayores de %MO que el resto de grupos. Sin embargo, estos valores no se repiten cuando hablamos de kilogramos de MO (Tabla 18b).

Tabla 18a. Comparación del %MO en función de la edad (años).

	Grupos de edad	Grupos de edad (años)	Diferencia de medias	Error típico	Sig.	Intervalo de confianza al 95%	
						Límite superior	Límite inferior
MO (%)	15-25	26-35	0,6196	0,2511	0,215	-0,126	1,365
		36-45	1,2989*	0,3202	0,001	0,348	2,250
		46-55	1,6569*	0,3668	0,000	0,568	2,746
		56-65	1,7892*	0,3966	0,000	0,612	2,966
		>66	2,3448*	0,6384	0,005	0,450	4,240
	26-35	15-25	-0,6196	0,2511	0,215	-1,365	0,126
		36-45	0,6793	0,3182	0,508	-0,265	1,624
		46-55	1,0372	0,3650	0,074	-0,046	2,121
		56-65	1,1696	0,3949	0,051	-0,003	2,342
		>66	1,7251	0,6374	0,110	-0,167	3,617
	36-45	15-25	-1,2989*	0,3202	0,001	-2,250	-0,348
		26-35	-0,6793	0,3182	0,508	-1,624	0,265
		46-55	0,3580	0,4156	1,000	-0,876	1,592
		56-65	0,4903	0,4422	1,000	-0,822	1,803
		>66	1,0458	0,6677	1,000	-0,936	3,028
	46-55	15-25	-1,6569*	0,3668	0,000	-2,746	-0,568
		26-35	-1,0372	0,3650	0,074	-2,121	0,046
		36-45	-0,3580	0,4156	1,000	-1,592	0,876
		56-65	0,1323	0,4770	1,000	-1,284	1,548
		>66	0,6879	0,6912	1,000	-1,364	2,740
56-65	15-25	-1,7892*	0,3966	0,000	-2,966	-0,612	
	26-35	-1,1696	0,3949	0,051	-2,342	0,003	
	36-45	-0,4903	0,4422	1,000	-1,803	0,822	
	46-55	-0,1323	0,4770	1,000	-1,548	1,284	
	>66	0,5556	0,7075	1,000	-1,544	2,656	
>66	15-25	-2,3448*	0,6384	0,005	-4,240	-0,450	
	26-35	-1,7251	0,6374	0,110	-3,617	0,167	
	36-45	-1,0458	0,6677	1,000	-3,028	0,936	
	46-55	-0,6879	0,6912	1,000	-2,740	1,364	
	56-65	-0,5556	0,7075	1,000	-2,656	1,544	

MO (%) = porcentaje de masa ósea.

* = presenta diferencias significativas.

Tabla 18b. Comparación de MO (Kg) en función de la edad (años).

	Grupos de edad	Grupos de edad (años)	Diferencia de medias	Error típico	Sig.	Intervalo de confianza al 95%	
						Límite superior	Límite inferior
MO (Kg)	15-25	26-35	-0,1268	0,2930	1,000	-0,997	0,743
		36-45	-0,4294	0,3738	1,000	-1,539	0,680
		46-55	0,7618	0,4281	1,000	-0,509	2,033
		56-65	-0,4644	0,4629	1,000	-1,838	0,910
		>66	-0,2700	0,7451	1,000	-2,482	1,942
	26-35	15-25	0,1268	0,2930	1,000	-0,743	0,997
		36-45	-0,3025	0,3714	1,000	-1,405	0,800
		46-55	0,8887	0,4260	0,572	-0,376	2,153
		56-65	-0,3376	0,4609	1,000	-1,706	1,031
		>66	-0,1432	0,7439	1,000	-2,351	2,065
	36-45	15-25	0,4294	0,3738	1,000	-0,680	1,539
		26-35	0,3025	0,3714	1,000	-0,800	1,405
		46-55	1,1912	0,4851	0,223	-0,249	2,631
		56-65	-0,0351	0,5161	1,000	-1,567	1,497
		>66	0,1594	0,7792	1,000	-2,154	2,472
	46-55	15-25	-0,7618	0,4281	1,000	-2,033	0,509
		26-35	-0,8887	0,4260	0,572	-2,153	0,376
		36-45	-1,1912	0,4851	0,223	-2,631	0,249
		56-65	-1,2263	0,5567	0,430	-2,879	0,426
		>66	-1,0318	0,8067	1,000	-3,426	1,363
56-65	15-25	0,4644	0,4629	1,000	-0,910	1,838	
	26-35	0,3376	0,4609	1,000	-1,031	1,706	
	36-45	0,0351	0,5161	1,000	-1,497	1,567	
	46-55	1,2263	0,5567	0,430	-0,426	2,879	
	>66	0,1944	0,8257	1,000	-2,257	2,645	
>66	15-25	0,2700	0,7451	1,000	-1,942	2,482	
	26-35	0,1432	0,7439	1,000	-2,065	2,351	
	36-45	-0,1594	0,7792	1,000	-2,472	2,154	
	46-55	1,0318	0,8067	1,000	-1,363	3,426	
	56-65	-0,1944	0,8257	1,000	-2,645	2,257	

MO (kg) = kilogramos de masa ósea.

* = presenta diferencias significativas.

MASA MUSCULAR (MM)

La actividad que realizan los sujetos de estudio parece determinar la cantidad de MM que presentan. Así se aprecia en la Tabla 19 donde los sujetos que realizan una AFA presentan valores en el % MM significativamente mayores que el resto de grupos. En la misma línea de resultados se encuentra dicho grupo cuando la comparación se hace en kilogramos de MM.

Por otro lado, los sujetos de AFM presentan valores superiores en el % MM que los grupos de sedentarios y de AFL.

Tabla 19. Comparación de la MM en función de la actividad física que realizan los sujetos del estudio.

		Diferencia de medias	Error típico	Sig.	Intervalo de confianza al 95%		
					Límite superior	Límite inferior	
MM (%)	Sedentario	AFL	-0,3651	1,2697	1,000	-3,746	3,016
		AFM	-4,4862*	1,1829	0,001	-7,636	-1,336
		AFA	-8,1838*	1,2366	0,000	-11,477	-4,891
	AFL	Sedentario	0,3651	1,2697	1,000	-3,016	3,746
		AFM	-4,1211*	1,1542	0,003	-7,194	-1,048
		AFA	-7,8186*	1,2092	0,000	-11,038	-4,599
	AFM	Sedentario	4,4862*	1,1829	0,001	1,336	7,636
		AFL	4,1211*	1,1542	0,003	1,048	7,194
		AFA	-3,6975*	1,1178	0,007	-6,674	-0,721
	AFA	Sedentario	8,1838*	1,2366	0,000	4,891	11,477
		AFL	7,8186*	1,2092	0,000	4,599	11,038
		AFM	3,6975*	1,1178	0,007	0,721	6,674
MM (kg)	Sedentario	AFL	-0,9763	1,4742	1,000	-4,902	2,949
		AFM	-4,0254*	1,3735	0,022	-7,683	-0,368
		AFA	-7,6061*	1,4359	0,000	-11,429	-3,783
	AFL	Sedentario	0,9763	1,4742	1,000	-2,949	4,902
		AFM	-3,0490	1,3402	0,143	-6,617	0,519
		AFA	-6,6298*	1,4040	0,000	-10,368	-2,891
	AFM	Sedentario	4,0254*	1,3735	0,022	0,368	7,683
		AFL	3,0490	1,3402	0,143	-0,519	6,617
		AFA	-3,5808*	1,2979	0,038	-7,037	-0,125
	AFA	Sedentario	7,6061*	1,4359	0,000	3,783	11,429
		AFL	6,6298*	1,4040	0,000	2,891	10,368
		AFM	3,5808*	1,2979	0,038	0,125	7,037

MM (%) = porcentaje de masa muscular; MM (kg) = kilogramos de masa muscular.

AFL = actividad física ligera.

AFM = actividad física media.

AFA = actividad física alta.

* = presenta diferencias significativas.

En la Tabla 20a se observa como el %MM en función del IMC de los sujetos de estudio presenta diferencias estadísticamente significativas entre el bajo peso, normopeso y el sobrepeso con respecto a obesidad grado 1 y 2. Los sujetos con obesidad grado 1 y 2 presentan valores inferiores en el %MM que los sujetos con bajo peso, normopeso y el sobrepeso.

Tabla 20a. Comparación del %MM en función del IMC.

		Diferencia de medias	Error típico	Sig.	Intervalo de confianza al 95%	
					Límite superior	Límite inferior
bajo peso	normopeso	1,2629	2,8670	1,000	-6,868	9,394
	sobrepeso	2,8600	2,9439	1,000	-5,489	11,209
	obesidad grado1	9,3225*	3,2266	0,043	0,171	18,474
	obesidad grado2	14,6350*	3,5902	0,001	4,453	24,817
normopeso	bajo peso	-1,2629	2,8670	1,000	-9,394	6,868
	sobrepeso	1,5971	1,0109	1,000	-1,270	4,464
	obesidad grado1	8,0596*	1,6632	0,000	3,343	12,777
	obesidad grado2	13,3721*	2,2902	0,000	6,877	19,867
sobrepeso	bajo peso	-2,8600	2,9439	1,000	-11,209	5,489
	normopeso	-1,5971	1,0109	1,000	-4,464	1,270
	obesidad grado1	6,4625*	1,7926	0,004	1,379	11,546
	obesidad grado2	11,7750*	2,3858	0,000	5,008	18,542
obesidad grado1	bajo peso	-9,3225*	3,2266	0,043	-18,474	-0,171
	normopeso	-8,0596*	1,6632	0,000	-12,777	-3,343
	sobrepeso	-6,4625*	1,7926	0,004	-11,546	-1,379
obesidad grado2	obesidad grado2	5,3125	2,7270	0,527	-2,422	13,047
	bajo peso	-14,6350*	3,5902	0,001	-24,817	-4,453
	normopeso	-13,3721*	2,2902	0,000	-19,867	-6,877
	sobrepeso	-11,7750*	2,3858	0,000	-18,542	-5,008
	obesidad grado1	-5,3125	2,7270	0,527	-13,047	2,422

MM (%) = porcentaje de masa muscular.

* = presenta diferencias significativas.

Cuando observamos los datos en relación a los kilogramos de MM en la Tabla 20b, los sujetos con bajo peso presentan valores significativamente diferentes a los sujetos con sobrepeso y obesidad grado 1. A su vez, los sujetos con sobrepeso, presentan valores superiores a los sujetos con bajo peso y normopeso.

Tabla 20b. Comparación de la MM (Kg) en función del IMC.

		Diferencia de medias	Error típico	Sig.	Intervalo de confianza al 95%	
					Límite superior	Límite inferior
bajo peso	normopeso	-8,2491	3,2956	0,131	-17,596	1,098
	sobrepeso	-13,9044*	3,3841	0,001	-23,502	-4,307
	obesidad grado1	-12,2850*	3,7090	0,011	-22,804	-1,766
	obesidad grado2	-10,2975	4,1270	0,133	-22,002	1,407
normopeso	bajo peso	8,2491	3,2956	0,131	-1,098	17,596
	sobrepeso	-5,6553*	1,1620	0,000	-8,951	-2,360
	obesidad grado1	-4,0359	1,9119	0,359	-9,458	1,386
	obesidad grado2	-2,0484	2,6326	1,000	-9,515	5,418
sobrepeso	bajo peso	13,9044*	3,3841	0,001	4,307	23,502
	normopeso	5,6553*	1,1620	0,000	2,360	8,951
	obesidad grado1	1,6194	2,0606	1,000	-4,225	7,464
	obesidad grado2	3,6069	2,7425	1,000	-4,171	11,385
obesidad grado1	bajo peso	12,2850*	3,7090	0,011	1,766	22,804
	normopeso	4,0359	1,9119	0,359	-1,386	9,458
	sobrepeso	-1,6194	2,0606	1,000	-7,464	4,225
obesidad grado2	obesidad grado2	1,9875	3,1347	1,000	-6,903	10,878
	bajo peso	10,2975	4,1270	0,133	-1,407	22,002
	normopeso	2,0484	2,6326	1,000	-5,418	9,515
	sobrepeso	-3,6069	2,7425	1,000	-11,385	4,171
	obesidad grado1	-1,9875	3,1347	1,000	-10,878	6,903

MM (kg) = kilogramos de masa muscular.

* = presenta diferencias significativas.

En la Tabla 21a se muestra como el %MM viene a ser significativamente inferior entre los sujetos de 45-55 años y los sujetos de 15-25, 26-35 y 36 y 45 años. A su vez, los sujetos mayores de 66 años también muestran un %MM inferior entre con respecto a los sujetos de 15-25 y 26-35 años.

Tabla 21a. Comparación del %MM en función de la edad (años).

	Grupos de edad	Grupos de edad (años)	Diferencia de medias	Error típico	Sig.	Intervalo de confianza al 95%	
						Límite superior	Límite inferior
MM (%)	15-25	26-35	-0,0424	1,0636	1,000	-3,200	3,115
		36-45	2,3421	1,3568	1,000	-1,685	6,369
		46-55	8,9514*	1,5541	0,000	4,338	13,564
		56-65	4,7125	1,6803	0,082	-0,275	9,700
		>66	8,6014*	2,7047	0,025	0,573	16,630
	26-35	15-25	0,0424	1,0636	1,000	-3,115	3,200
		36-45	2,3845	1,3480	1,000	-1,617	6,386
		46-55	8,9938*	1,5464	0,000	4,404	13,584
		56-65	4,7549	1,6732	0,074	-0,212	9,722
		>66	8,6438*	2,7003	0,024	0,628	16,659
	36-45	15-25	-2,3421	1,3568	1,000	-6,369	1,685
		26-35	-2,3845	1,3480	1,000	-6,386	1,617
		46-55	6,6094*	1,7609	0,003	1,382	11,836
		56-65	2,3705	1,8733	1,000	-3,190	7,931
		>66	6,2594	2,8286	0,419	-2,137	14,656
	46-55	15-25	-8,9514*	1,5541	0,000	-13,564	-4,338
		26-35	-8,9938*	1,5464	0,000	-13,584	-4,404
		36-45	-6,6094*	1,7609	0,003	-11,836	-1,382
		56-65	-4,2389	2,0208	0,557	-10,237	1,759
		>66	-0,3500	2,9284	1,000	-9,042	8,342
56-65	15-25	-4,7125	1,6803	0,082	-9,700	0,275	
	26-35	-4,7549	1,6732	0,074	-9,722	0,212	
	36-45	-2,3705	1,8733	1,000	-7,931	3,190	
	46-55	4,2389	2,0208	0,557	-1,759	10,237	
	>66	3,8889	2,9973	1,000	-5,008	12,786	
>66	15-25	-8,6014*	2,7047	0,025	-16,630	-0,573	
	26-35	-8,6438*	2,7003	0,024	-16,659	-0,628	
	36-45	-6,2594	2,8286	0,419	-14,656	2,137	
	46-55	0,3500	2,9284	1,000	-8,342	9,042	
	56-65	-3,8889	2,9973	1,000	-12,786	5,008	

MM (%) = porcentaje de masa muscular.

* = presenta diferencias significativas.

Datos parecidos se observan en la Tabla 21b en relación a los kilogramos de MM, donde vienen a ser significativamente inferiores entre los sujetos de 45-55 años y los sujetos de 26-35, 36-45 y 56-65 años.

Tabla 21b. Comparación de la MM (Kg) en función de la edad (años).

	Grupos de edad	Grupos de edad (años)	Diferencia de medias	Error típico	Sig.	Intervalo de confianza al 95%	
						Límite superior	Límite inferior
MM (Kg)	15-25	26-35	-1,7493	1,2556	1,000	-5,476	1,978
		36-45	-2,6454	1,6017	1,000	-7,400	2,109
		46-55	5,1490	1,8346	0,082	-0,297	10,595
		56-65	-1,9606	1,9836	1,000	-7,849	3,928
		>66	0,9005	3,1929	1,000	-8,577	10,378
	26-35	15-25	1,7493	1,2556	1,000	-1,978	5,476
		36-45	-0,8961	1,5914	1,000	-5,620	3,828
		46-55	6,8983*	1,8256	0,003	1,479	12,317
		56-65	-0,2113	1,9753	1,000	-6,075	5,652
		>66	2,6498	3,1878	1,000	-6,813	12,112
	36-45	15-25	2,6454	1,6017	1,000	-2,109	7,400
		26-35	0,8961	1,5914	1,000	-3,828	5,620
		46-55	7,7943*	2,0788	0,003	1,624	13,965
		56-65	0,6847	2,2115	1,000	-5,880	7,249
		>66	3,5458	3,3393	1,000	-6,366	13,458
	46-55	15-25	-5,1490	1,8346	0,082	-10,595	0,297
		26-35	-6,8983*	1,8256	0,003	-12,317	-1,479
		36-45	-7,7943*	2,0788	0,003	-13,965	-1,624
		56-65	-7,1096*	2,3856	0,048	-14,191	-0,028
		>66	-4,2485	3,4570	1,000	-14,510	6,013
56-65	15-25	1,9606	1,9836	1,000	-3,928	7,849	
	26-35	0,2113	1,9753	1,000	-5,652	6,075	
	36-45	-0,6847	2,2115	1,000	-7,249	5,880	
	46-55	7,1096*	2,3856	0,048	0,028	14,191	
	>66	2,8611	3,5384	1,000	-7,642	13,364	
>66	15-25	-0,9005	3,1929	1,000	-10,378	8,577	
	26-35	-2,6498	3,1878	1,000	-12,112	6,813	
	36-45	-3,5458	3,3393	1,000	-13,458	6,366	
	46-55	4,2485	3,4570	1,000	-6,013	14,510	
	56-65	-2,8611	3,5384	1,000	-13,364	7,642	

MM (kg) = kilogramos de masa muscular.

* = presenta diferencias significativas.

MMAGRA (kg)

La Tabla 22 muestra como los sujetos que realizan una AFA presentan valores significativamente mayores en su MMagra que los que realizan una AFL o son sedentarios.

Tabla 22. Comparación de la MMagra en función de la actividad física que realizan los sujetos del estudio.

		Diferencia de medias	Error típico	Sig.	Intervalo de confianza al 95%		
					Límite superior	Límite inferior	
MMAGRA (kg)	Sedentario	AFL	-1,7052	2,5072	1,000	-8,381	4,971
		AFM	-6,1116	2,3359	0,057	-12,331	0,108
		AFA	-10,5956*	2,4420	0,000	-17,098	-4,093
	AFL	Sedentario	1,7052	2,5072	1,000	-4,971	8,381
		AFM	-4,4064	2,2792	0,327	-10,475	1,662
		AFA	-8,8904*	2,3878	0,002	-15,248	-2,533
	AFM	Sedentario	6,1116	2,3359	0,057	-0,108	12,331
		AFL	4,4064	2,2792	0,327	-1,662	10,475
		AFA	-4,4840	2,2073	0,261	-10,361	1,393
AFA	Sedentario	10,5956*	2,4420	0,000	4,093	17,098	
	AFL	8,8904*	2,3878	0,002	2,533	15,248	
	AFM	4,4840	2,2073	0,261	-1,393	10,361	

AFL = actividad física ligera.

AFM = actividad física media.

AFA = actividad física alta.

* = presenta diferencias significativas.

Si atendemos al IMC y la MMagra que presentan los sujetos, observamos como en la Tabla 23 los sujetos con bajo peso presentan valores significativamente diferentes al resto de grupos. Por otro lado, los sujetos con sobrepeso y obesidad grado 1 presentan valores significativamente superiores a los sujetos con bajo peso y normopeso.

Tabla 23. Comparación de la MMagra en función del IMC.

		Diferencia de medias	Error típico	Sig.	Intervalo de confianza al 95%		
					Límite superior	Límite inferior	
MMAGRA (kg)	bajo peso	normopeso	-16,1049*	5,2174	0,023	-30,902	-1,308
		sobrepeso	-27,0563*	5,3574	0,000	-42,251	-11,862
		obesidad grado1	-26,9913*	5,8718	0,000	-43,645	-10,338
		obesidad grado2	-26,2975*	6,5336	0,001	-44,828	-7,767
	normopeso	bajo peso	16,1049*	5,2174	0,023	1,308	30,902
		sobrepeso	-10,9514*	1,8396	0,000	-16,169	-5,734
		obesidad grado1	-10,8863*	3,0267	0,004	-19,471	-2,302
		obesidad grado2	-10,1926	4,1677	0,153	-22,013	1,628
	sobrepeso	bajo peso	27,0563*	5,3574	0,000	11,862	42,251
		normopeso	10,9514*	1,8396	0,000	5,734	16,169
		obesidad grado1	0,0650	3,2621	1,000	-9,187	9,317
		obesidad grado2	0,7588	4,3417	1,000	-11,555	13,073
obesidad grado1	bajo peso	26,9913*	5,8718	0,000	10,338	43,645	
	normopeso	10,8863*	3,0267	0,004	2,302	19,471	
	sobrepeso	-0,0650	3,2621	1,000	-9,317	9,187	
	obesidad grado2	0,6938	4,9626	1,000	-13,381	14,768	
obesidad grado2	bajo peso	26,2975*	6,5336	0,001	7,767	44,828	
	normopeso	10,1926	4,1677	0,153	-1,628	22,013	
	sobrepeso	-0,7588	4,3417	1,000	-13,073	11,555	
	obesidad grado1	-0,6938	4,9626	1,000	-14,768	13,381	

* = presenta diferencias significativas.

Tras comparar los kilogramos de MMagra con los grupos de edad, sólo aparecen diferencias estadísticamente significativas entre el grupo de 36-45 años y el de 46-55 años, siendo mayor la MMagra de los sujetos que se encuentran en la franja de edad que va de los 36 a los 45 años (Tabla 24).

Tabla 24. Comparación de la MMagra en función de la edad (años).

Grupos de edad	Grupos de edad (años)	Diferencia de medias	Error típico	Sig.	Intervalo de confianza al 95%	
					Límite superior	Límite inferior
15-25	26-35	-2,5210	2,1005	1,000	-8,756	3,714
	36-45	-5,6348	2,6794	0,549	-13,588	2,319
	46-55	6,2032	3,0690	0,667	-2,907	15,313
	56-65	-5,0563	3,3184	1,000	-14,906	4,794
	>66	-1,8119	5,3413	1,000	-17,667	14,043
26-35	15-25	2,5210	2,1005	1,000	-3,714	8,756
	36-45	-3,1138	2,6621	1,000	-11,016	4,788
	46-55	8,7243	3,0539	0,070	-0,341	17,789
	56-65	-2,5353	3,3044	1,000	-12,344	7,273
	>66	0,7091	5,3327	1,000	-15,120	16,538
36-45	15-25	5,6348	2,6794	0,549	-2,319	13,588
	26-35	3,1138	2,6621	1,000	-4,788	11,016
	46-55	11,8381*	3,4776	0,012	1,515	22,161
	56-65	0,5785	3,6995	1,000	-10,403	11,560
	>66	3,8229	5,5861	1,000	-12,759	20,404
46-55	15-25	-6,2032	3,0690	0,667	-15,313	2,907
	26-35	-8,7243	3,0539	0,070	-17,789	0,341
	36-45	-11,8381*	3,4776	0,012	-22,161	-1,515
	56-65	-11,2596	3,9907	0,078	-23,105	0,586
	>66	-8,0152	5,7831	1,000	-25,181	9,151
56-65	15-25	5,0563	3,3184	1,000	-4,794	14,906
	26-35	2,5353	3,3044	1,000	-7,273	12,344
	36-45	-0,5785	3,6995	1,000	-11,560	10,403
	46-55	11,2596	3,9907	0,078	-0,586	23,105
	>66	3,2444	5,9192	1,000	-14,326	20,815
>66	15-25	1,8119	5,3413	1,000	-14,043	17,667
	26-35	-0,7091	5,3327	1,000	-16,538	15,120
	36-45	-3,8229	5,5861	1,000	-20,404	12,759
	46-55	8,0152	5,7831	1,000	-9,151	25,181
	56-65	-3,2444	5,9192	1,000	-20,815	14,326

* = presenta diferencias significativas.

BIA (%MG)

En la Tabla 25 se observa como los sujetos que realizan AFA presentan diferencias estadísticamente significativas en el % MG cuando se valora mediante BIA con respecto al resto de grupos.

Tabla 25. Comparación del porcentaje de grasa de la muestra a través de BIA y en función de la actividad física que realizan.

		Diferencia de medias	Error típico	Sig.	Intervalo de confianza al 95%		
					Límite superior	Límite inferior	
BIA (%MG)	Sedentario	AFL	3,1021	1,5836	0,308	-1,114	7,319
		AFM	6,3341*	1,4754	0,000	2,406	10,263
		AFA	11,9154*	1,5424	0,000	7,808	16,022
	AFL	Sedentario	-3,1021	1,5836	0,308	-7,319	1,114
		AFM	3,2320	1,4396	0,155	-0,601	7,065
		AFA	8,8133*	1,5081	0,000	4,798	12,829
	AFM	Sedentario	-6,3341*	1,4754	0,000	-10,263	-2,406
		AFL	-3,2320	1,4396	0,155	-7,065	0,601
		AFA	5,5813*	1,3941	0,001	1,869	9,293
	AFA	Sedentario	-11,9154*	1,5424	0,000	-16,022	-7,808
		AFL	-8,8133*	1,5081	0,000	-12,829	-4,798
		AFM	-5,5813*	1,3941	0,001	-9,293	-1,869

BIA = impedancia bioeléctrica; %MG = porcentaje de masa grasa.

AFL = actividad física ligera.

AFM = actividad física media.

AFA = actividad física alta.

* = presenta diferencias significativas.

Si atendemos al IMC de los sujetos de estudio y observamos los resultados obtenidos en la Tabla 26 con respecto al % MG obtenido mediante BIA, aparecen valores significativamente inferiores en los sujetos con normopeso en relación a los de sobrepeso, obesidad grado 1 y 2. Por otro lado, los sujetos con obesidad grado 2, presentan valores mayores en el % MG que los sujetos con bajopeso, normopeso y sobrepeso.

Tabla 26. Comparación del porcentaje de grasa de la muestra a través del método de bioimpedancia y en función del IMC.

		Diferencia de medias	Error típico	Sig.	Intervalo de confianza al 95%		
					Límite superior	Límite inferior	
BIA (%MG)	bajo peso	normopeso	-0,0561	3,5866	1,000	-10,228	10,116
		sobrepeso	-3,8152	3,6829	1,000	-14,260	6,630
		obesidad grado1	-10,9613	4,0365	0,072	-22,409	0,487
		obesidad grado2	-16,4800*	4,4914	0,003	-29,218	-3,742
	normopeso	bajo peso	0,0561	3,5866	1,000	-10,116	10,228
		sobrepeso	-3,7591*	1,2646	0,033	-7,346	-0,172
		obesidad grado1	-10,9052*	2,0807	0,000	-16,806	-5,004
		obesidad grado2	-16,4239*	2,8651	0,000	-24,550	-8,298
	sobrepeso	bajo peso	3,8152	3,6829	1,000	-6,630	14,260
		normopeso	3,7591*	1,2646	0,033	0,172	7,346
		obesidad grado1	-7,1461*	2,2425	0,017	-13,506	-0,786
		obesidad grado2	-12,6648*	2,9847	0,000	-21,130	-4,200
obesidad grado1	bajo peso	10,9613	4,0365	0,072	-0,487	22,409	
	normopeso	10,9052*	2,0807	0,000	5,004	16,806	
	sobrepeso	7,1461*	2,2425	0,017	0,786	13,506	
	obesidad grado2	-5,5188	3,4115	1,000	-15,194	4,157	
obesidad grado2	bajo peso	16,4800*	4,4914	0,003	3,742	29,218	
	normopeso	16,4239*	2,8651	0,000	8,298	24,550	
	sobrepeso	12,6648*	2,9847	0,000	4,200	21,130	
	obesidad grado1	5,5188	3,4115	1,000	-4,157	15,194	

BIA = impedancia bioeléctrica; %MG = porcentaje de masa grasa.

* = presenta diferencias significativas.

En la Tabla 27 se aprecia como los sujetos con en edades comprendidas entre los 15-25 y 26-35 años presentan valores significativos inferiores en el % MG que los grupos de edad 46-55, 56-65 y mayores de 66 años.

Tabla 27. Comparación del porcentaje de grasa de la muestra a través del método de bioimpedancia y en función de la edad (años).

	Grupos de edad (años)	Grupos de edad (años)	Diferencia de medias	Error típico	Sig.	Intervalo de confianza al 95%	
						Límite superior	Límite inferior
BIA (%MG)	15-25	26-35	-0,8186	1,3734	1,000	-4,895	3,258
		36-45	-3,0279	1,7520	1,000	-8,228	2,173
		46-55	-8,6892*	2,0067	0,000	-14,646	-2,733
		56-65	-7,5251*	2,1697	0,009	-13,966	-1,085
		>66	-12,6529*	3,4925	0,005	-23,020	-2,286
	26-35	15-25	0,8186	1,3734	1,000	-3,258	4,895
		36-45	-2,2092	1,7406	1,000	-7,376	2,958
		46-55	-7,8706*	1,9968	0,002	-13,798	-1,943
		56-65	-6,7065*	2,1606	0,032	-13,120	-0,293
		>66	-11,8342*	3,4868	0,012	-22,184	-1,484
	36-45	15-25	3,0279	1,7520	1,000	-2,173	8,228
		26-35	2,2092	1,7406	1,000	-2,958	7,376
		46-55	-5,6614	2,2738	0,203	-12,411	1,088
		56-65	-4,4972	2,4189	0,966	-11,677	2,683
		>66	-9,6250	3,6525	0,135	-20,467	1,217
	46-55	15-25	8,6892*	2,0067	0,000	2,733	14,646
		26-35	7,8706*	1,9968	0,002	1,943	13,798
		36-45	5,6614	2,2738	0,203	-1,088	12,411
		56-65	1,1641	2,6093	1,000	-6,581	8,910
		>66	-3,9636	3,7813	1,000	-15,188	7,261
56-65	15-25	7,5251*	2,1697	0,009	1,085	13,966	
	26-35	6,7065*	2,1606	0,032	0,293	13,120	
	36-45	4,4972	2,4189	0,966	-2,683	11,677	
	46-55	-1,1641	2,6093	1,000	-8,910	6,581	
	>66	-5,1278	3,8703	1,000	-16,616	6,361	
>66	15-25	12,6529*	3,4925	0,005	2,286	23,020	
	26-35	11,8342*	3,4868	0,012	1,484	22,184	
	36-45	9,6250	3,6525	0,135	-1,217	20,467	
	46-55	3,9636	3,7813	1,000	-7,261	15,188	
	56-65	5,1278	3,8703	1,000	-6,361	16,616	

BIA = impedancia bioeléctrica; %MG = porcentaje de masa grasa.

* = presenta diferencias significativas.

En la Tabla 28 se muestran los datos relativos al % MG obtenidos mediante las técnicas de antropometría, BIA y ecografía expresados en media y desviación estándar. Tras realizar la prueba T para la igualdad de medias, se encuentran diferencias estadísticamente significativas ($p < 0,0001$) en cada una de las técnicas utilizadas entre los géneros masculino y femenino. Por otro lado, tras correlacionar entre sí cada una de las técnicas utilizadas para toda la muestra, encontramos correspondencia positiva entre todas, hallando la mayor correlación $r = 0,997$ entre MG^{AM} y $\%MG^{ECO}$ (Tabla 28d). Cuando se correlacionaron los porcentajes obtenidos entre hombres, por un lado, y mujeres, por otro, para cada una de las técnicas, aparecen correlaciones positivas en todos los valores tratados, coincidiendo la mayor correspondencia ($r = 0,998$; $r = 0,993$ respectivamente) entre MG^{AM} y $\%MG^{ECO}$ (Tablas 28b y 28c).

Tabla 28a. %MG obtenido mediante las técnicas de antropometría, BIA y ecografía.

		Toda la muestra (n=221)	Hombres (n=132)	Mujeres (n=89)
Antropometría		18,980 ± 8,807†	14,186 ± 4,870*	26,090 ± 8,5468‡
BIA		24,640 ± 9,4076†	20,471 ± 8,4645*	30,824 ± 7,0613‡
Ecografía	$\%MG^{AS}$	18,66 ± 7,33†	14,11 ± 3,63*	25,24 ± 6,50‡
	$\%MG^{AM}$	18,86 ± 7,69†	14,46 ± 4,26*	25,10 ± 7,45‡
	$\%MG^{ECO}$	18,98 ± 8,56†	13,98 ± 4,64*	26,08 ± 8,16‡

* = presenta diferencias significativas entre género.

† = La correlación es significativa al nivel 0,0001 (bilateral) para toda la muestra.

‡ = La correlación es significativa al nivel 0,0001 (bilateral) entre hombres y mujeres.

$\%MG^{AS}$ = porcentaje de masa grasa obtenido mediante ecuaciones de regresión simples a partir de las medidas realizadas con el ecógrafo.

$\%MG^{AM}$ = porcentaje de masa grasa obtenido mediante ecuaciones de regresión múltiple a partir de las medidas realizadas con el ecógrafo.

$\%MG^{ECO}$ = porcentaje de masa grasa obtenido mediante ecuaciones desarrolladas en esta investigación a partir de las medidas realizadas con el ecógrafo.

Tabla 28b. Correlaciones del %MG obtenido en el género masculino mediante las técnicas de antropometría, BIA y ecografía.

		Antropometría	BIA	Ecografía		
				%MG ^{AS}	%MG ^{AM}	%MG ^{ECO}
Antropometría	Correlación de Pearson		0,810(**)	0,927(**)	0,943(**)	0,943(**)
	Sig. (bilateral)		0,000	0,000	0,000	0,000
	N		132	132	132	132
BIA	Correlación de Pearson	0,810(**)		0,797(**)	0,815(**)	0,813(**)
	Sig. (bilateral)	0,000		0,000	0,000	0,000
	N	132		132	132	132
%MG ^{AS}	Correlación de Pearson	0,927(**)	0,797(**)		0,984(**)	0,980(**)
	Sig. (bilateral)	0,000	0,000		0,000	0,000
	N	132	132		132	132
Ecografía %MG ^{AM}	Correlación de Pearson	0,943(**)	0,815(**)	0,984(**)		0,998(**)
	Sig. (bilateral)	0,000	0,000	0,000		0,000
	N	132	132	132		132
%MG ^{ECO}	Correlación de Pearson	0,943(**)	0,813(**)	0,980(**)	0,998(**)	
	Sig. (bilateral)	0,000	0,000	0,000	0,000	
	N	132	132	132	132	

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

%MG^{AS} = porcentaje de masa grasa obtenido mediante ecuaciones de regresión simples a partir de las medidas realizadas con el ecógrafo.

%MG^{AM} = porcentaje de masa grasa obtenido mediante ecuaciones de regresión múltiple a partir de las medidas realizadas con el ecógrafo.

%MG^{ECO} = porcentaje de masa grasa obtenido mediante ecuaciones desarrolladas en esta investigación a partir de las medidas realizadas con el ecógrafo.

Tabla 28c. Correlaciones del %MG obtenido en el género femenino mediante las técnicas de antropometría, BIA y ecografía.

		Antropometría	BIA	Ecografía		
				%MG ^{AS}	%MG ^{AM}	%MG ^{ECO}
Antropometría	Correlación de Pearson		0,802(**)	0,944(**)	0,954(**)	0,952(**)
	Sig. (bilateral)		0,000	0,000	0,000	0,000
	N		89	89	89	89
BIA	Correlación de Pearson	0,802(**)		0,821(**)	0,810(**)	0,808(**)
	Sig. (bilateral)	0,000		0,000	0,000	0,000
	N	89		89	89	89
%MG ^{AS}	Correlación de Pearson	0,944(**)	0,821(**)		0,990(**)	0,983(**)
	Sig. (bilateral)	0,000	0,000		0,000	0,000
	N	89	89		89	89
Ecografía	Correlación de Pearson	0,954(**)	0,810(**)	0,990(**)		0,993(**)
	Sig. (bilateral)	0,000	0,000	0,000		0,000
	N	89	89	89		89
%MG ^{AM}	Correlación de Pearson	0,952(**)	0,808(**)	0,983(**)	0,993(**)	
	Sig. (bilateral)	0,000	0,000	0,000	0,000	
	N	89	89	89	89	
%MG ^{ECO}	Correlación de Pearson					
	Sig. (bilateral)					
	N					

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

%MG^{AS} = porcentaje de masa grasa obtenido mediante ecuaciones de regresión simples a partir de las medidas realizadas con el ecógrafo.

%MG^{AM} = porcentaje de masa grasa obtenido mediante ecuaciones de regresión múltiple a partir de las medidas realizadas con el ecógrafo.

%MG^{ECO} = porcentaje de masa grasa obtenido mediante ecuaciones desarrolladas en esta investigación a partir de las medidas realizadas con el ecógrafo.

Tabla 28d. Correlaciones del %MG obtenido en toda la muestra mediante las técnicas de antropometría, BIA y ecografía.

		Antropometría	BIA	Ecografía		
				%MG ^{AS}	%MG ^{AM}	%MG ^{ECO}
Antropometría	Correlación de Pearson		0,863(**)	0,964(**)	0,973(**)	0,972(**)
	Sig. (bilateral)		0,000	0,000	0,000	0,000
	N		221	221	221	221
BIA	Correlación de Pearson	0,863(**)		0,862(**)	0,866(**)	0,865(**)
	Sig. (bilateral)	0,000		0,000	0,000	0,000
	N	221		221	221	221
%MG ^{AS}	Correlación de Pearson	0,964(**)	0,862(**)		0,989(**)	0,988(**)
	Sig. (bilateral)	0,000	0,000		0,000	0,000
	N	221	221		221	221
Ecografía	%MG ^{AM}	Correlación de Pearson	0,973(**)	0,866(**)	0,989(**)	0,997(**)
		Sig. (bilateral)	0,000	0,000	0,000	0,000
		N	221	221	221	221
%MG ^{ECO}	Correlación de Pearson	0,972(**)	0,865(**)	0,988(**)	0,997(**)	1
	Sig. (bilateral)	0,000	0,000	0,000	0,000	
	N	221	221	221	221	221

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

%MG^{AS} = porcentaje de masa grasa obtenido mediante ecuaciones de regresión simples a partir de las medidas realizadas con el ecógrafo.

%MG^{AM} = porcentaje de masa grasa obtenido mediante ecuaciones de regresión múltiple a partir de las medidas realizadas con el ecógrafo.

%MG^{ECO} = porcentaje de masa grasa obtenido mediante ecuaciones desarrolladas en esta investigación a partir de las medidas realizadas con el ecógrafo.

SOMATOTIPO

En la Tabla 29 se muestran los datos relativos a la edad y somatotipo de la muestra de estudio expresados en media y desviación estándar. Tras realizar la prueba T para la igualdad de medias, aparecen diferencias estadísticamente significativas ($p < 0,0001$) tanto en la endomorfia como en la mesomorfia entre los géneros masculino y femenino.

Tabla 29. Somatotipo de los sujetos de estudio obtenido mediante antropometría. Media \pm desviación estándar.

	Hombre (n=132)		Mujer (n=89)		Total (n=221)	
Edad (años)	32,258	\pm 14,1958	35,191	\pm 14,8093	33,439	\pm 14,4845
Endomorfia	4,339	\pm 1,7487*	5,383	\pm 2,0115	4,759	\pm 1,9243
Mesomorfia	5,241	\pm 1,3453*	4,309	\pm 1,8847	4,866	\pm 1,6457
Ectomorfia	1,841	\pm 1,1167	2,004	\pm 1,3315	1,907	\pm 1,2076

* = presenta diferencias significativas.

La Tabla 30 indica el somatotipo de los sujetos de estudio atendiendo a la actividad física que realizan. Cuando se compara el total de cada uno de los grupos entre sí, se observan diferencias significativas ($p < 0,05$) entre el grupo de AFA con el resto de los grupos, y el grupo de AFM con el resto de grupos. El grupo de AFA presenta una endomorfia inferior que el resto de grupos. A su vez, el grupo de AFM muestra una menor endomorfia que el grupo de sedentarios y de AFL.

Tabla 30. Somatotipo de los sujetos de estudio obtenido mediante antropometría atendiendo a la actividad física que realizan y al género. Media \pm desviación estándar.

		Edad (años)	Endomorfia	Mesomorfia	Ectomorfia
Sedentario	Hombre (n=17)	38,882	5,553	5,524	1,294
		\pm	\pm	\pm	\pm
	Mujer (n=29)	16,3014	1,7696	1,8126	1,3904
		\pm	\pm	\pm	\pm
		36,759	5,703	4,510	1,876
Total (n=46)	\pm	\pm	\pm	\pm	
	14,5028	2,5113	2,2765	1,3627	
	37,543	5,648	4,885	1,661	
		15,0476	2,2457	2,1534	1,3868
AFL	Hombre (n=22)	36,182	5,123	5,532	1,391
		\pm	\pm	\pm	\pm
	Mujer (n=28)	16,0909	1,8195	0,9172	1,0538
		\pm	\pm	\pm	\pm
		41,214	5,932	4,696	1,846
Total (n=50)	\pm	\pm	\pm	\pm	
	16,1964	1,7014	2,0603	1,5349	
	39,000	5,576	5,064	1,646	
		16,1826	1,7829	1,6956	1,3514
AFM	Hombre (n=49)	29,735	4,529	5,192	1,869
		\pm	\pm	\pm	\pm
	Mujer (n=20)	13,3787	1,6443	1,3615	1,0974
		\pm	\pm	\pm	\pm
		27,150	4,775	3,545	2,435
Total (n=69)	\pm	\pm	\pm	\pm	
	12,3896	1,4959	1,1794	1,1310	
	28,986	4,600	4,714	2,033	
		13,0626	1,5958†	1,5045	1,1289
AFA	Hombre (n=44)	30,545	3,266	5,041	2,245
		\pm	\pm	\pm	\pm
	Mujer (n=12)	12,3824	1,1834	1,3010	0,8961
		\pm	\pm	\pm	\pm
		30,750	4,342	4,192	1,967
Total (n=56)	\pm	\pm	\pm	\pm	
	8,4973	1,5652	0,9160	1,0094	
	30,589	3,496	4,859	2,186	
		11,5896	1,3354†	1,2708	0,9192

AFL = actividad física ligera.

AFM = actividad física media.

AFA = actividad física alta.

† = Diferencias significativas entre el grupo de actividad física alta y el resto de grupos.

‡ = Diferencias significativas entre el grupo de actividad física media y el resto de grupos.

En la Tabla 31 podemos observar al comparar el somatotipo a partir del grupo de edad que, la franja de edad de 15-25 años presenta diferencias estadísticamente significativas ($p < 0,05$) con el resto de grupos tanto en la endomorfia como en la mesomorfia y ectomorfia.

Cuando la comparación se hace entre el grupo de 26-35 años con el resto de grupos de edad, aparecen diferencias estadísticamente significativas ($p < 0,05$) entre dicho grupo y los grupos 36-45; 46-55; 56-65 y >66 años para la endomorfia. Y, presenta diferencias estadísticamente significativas con respecto a los grupos 46-55; 56-65 y >66 años en lo que a mesomorfia y ectomorfia se refiere.

Tabla 31. Somatotipo de los sujetos de estudio obtenido mediante antropometría atendiendo al grupo edad y al género. Media \pm desviación estándar.

		Endomorfia	Mesomorfia	Ectomorfia
15-25 años	Hombre (n=47)	3,770 \pm 1,3072	4,734 \pm 1,2459	2,406 \pm 1,0696
	Mujer (n=23)	4,583 \pm 1,0907	3,535 \pm 1,1926	2,539 \pm 1,1634
	Total (n=70)	4,037 \pm 1,2908§	4,340 \pm 1,3455§	2,450 \pm 1,0946§
26-35 años	Hombre (n=42)	4,081 \pm 1,7564	5,202 \pm 1,0855	1,905 \pm 0,9210
	Mujer (n=31)	4,355 \pm 1,4895	3,452 \pm 1,1744	2,561 \pm 1,2187
	Total (n=73)	4,197 \pm 1,6431ϕ	4,459 \pm 1,4160†	2,184 \pm 1,0994†
36-45 años	Hombre (n=23)	5,043 \pm 2,1639	5,735 \pm 1,7364	1,387 \pm 1,1399
	Mujer (n=9)	5,878 \pm 1,9665	4,456 \pm 1,3324	1,878 \pm 1,3330
	Total (n=32)	5,278 \pm 2,1134	5,375 \pm 1,7145	1,525 \pm 1,1962
46-55 años	Hombre (n=6)	5,400 \pm 1,5950	5,700 \pm 0,8390	0,950 \pm 0,8597
	Mujer (n=16)	6,856 \pm 2,3238	5,594 \pm 2,2682	1,181 \pm 0,9600
	Total (n=22)	6,459 \pm 2,2144	5,623 \pm 1,9608	1,118 \pm 0,9194
56-65 años	Hombre (n=11)	5,473 \pm 1,5944	6,191 \pm 1,2621	0,800 \pm 0,6309
	Mujer (n=7)	7,386 \pm 1,5214	5,871 \pm 1,3263	0,643 \pm 0,6604
	Total (n=18)	6,217 \pm 1,7981	6,067 \pm 1,2584	0,739 \pm 0,6279
>66 años	Hombre (n=3)	5,167 \pm 1,0017	5,533 \pm 1,0970	1,167 \pm 0,9238
	Mujer (n=3)	8,133 \pm 1,0693	8,167 \pm 2,5580	0,100 \pm 0,0000
	Total (n=6)	6,650 \pm 1,8706	6,850 \pm 2,2757	0,633 \pm 0,8262

§ = Diferencias significativas entre el grupo de edad 15-25 y los grupos 36-45; 46-55; 56-65 y >66.

ϕ = Diferencias significativas entre el grupo de edad 26-35 y los grupos 36-45; 46-55; 56-65 y >66.

† = Diferencias significativas entre el grupo de edad 26-35 y los grupos 46-55; 56-65 y >66.

Al observar el somatotipo de los sujetos de estudio obtenido mediante antropometría atendiendo a los parámetros del IMC, la Tabla 32 refleja como los sujetos con bajo peso tienen valores de endomorfia por debajo de los sujetos con sobrepeso, obesidad grado 1 y obesidad grado 2. En esta línea de resultados y en referencia a la endomorfia, los sujetos con normopeso presentan diferencias estadísticamente significativas con respecto a los sujetos con sobrepeso, obesidad grado 1 y obesidad grado 2. A su vez, los sujetos con sobrepeso, presentan valores mayores que los sujetos con bajo peso y normopeso, y ofrecen valores inferiores a aquellos sujetos que están en el grupo de obesidad grado 1 y obesidad grado 2, siendo todas las diferencias estadísticamente significativas ($p < 0,05$).

Al comparar los datos de la mesomorfia se observa en la tabla como los sujetos con bajo peso presentan valores inferiores que el resto de grupos. Así mismo, todos los grupos muestran diferencias estadísticamente significativas entre sí.

Con respecto a la ectomorfia las personas con bajo peso, normopeso y sobrepeso muestran diferencias estadísticamente significativas entre sí y con respecto al resto de grupos.

Tabla 32. Somatotipo de los sujetos de estudio obtenido mediante antropometría atendiendo a los parámetros del IMC. Media \pm desviación estándar.

		Edad (años)	Endomorfia	Mesomorfia	Ectomorfia
Bajo peso	Mujer (n=5)	28,200	3,220	1,940	4,260
		\pm	\pm	\pm	\pm
	5,7619	0,4712	0,4615	0,1517	
	Total (n=5)	28,200	3,220	1,940	4,260
		\pm	\pm	\pm	\pm
		5,7619	0,4712†	0,4615‡	0,1517‡
Normopeso	Hombre (n=75)	26,253	3,367	4,548	2,601
		\pm	\pm	\pm	\pm
	9,4798	1,0728	0,9530	0,7659	
	Mujer (n=63)	31,429	4,719	3,686	2,371
	\pm	\pm	\pm	\pm	
	12,0840	1,4612	1,0101	1,0018	
	Total (n=138)	28,616	3,984	4,154	2,496
		\pm	\pm	\pm	\pm
		11,0145	1,4300†	1,0668‡	0,8856‡
Sobrepeso	Hombre (n=43)	40,349	5,065	5,635	1,067
		\pm	\pm	\pm	\pm
	16,8394	1,2645	0,8429	0,4941	
	Mujer (n=11)	41,727	6,891	5,682	0,609
	\pm	\pm	\pm	\pm	
	19,7083	0,9148	0,8909	0,4571	
	Total (n=54)	40,630	5,437	5,644	0,974
		\pm	\pm	\pm	\pm
		17,2717	1,4057‡	0,8444‡	0,5173‡
Obesidad grado1	Hombre (n=10)	38,500	6,900	7,370	0,160
		\pm	\pm	\pm	\pm
	11,2670	1,5592	0,6237	0,1578	
	Mujer (n=6)	51,500	8,800	6,833	0,100
	\pm	\pm	\pm	\pm	
	7,1484	1,1314	1,4556	0,0000	
Total (n=16)	43,375	7,613	7,169	0,138	
	\pm	\pm	\pm	\pm	
		11,6383	1,6697	1,0058‡	0,1258
Obesidad grado2	Hombre (n=4)	42,250	8,350	8,675	0,100
		\pm	\pm	\pm	\pm
	11,3835	0,9815	0,6752	0,0000	
	Mujer (n=4)	60,750	9,275	9,525	0,100
	\pm	\pm	\pm	\pm	
	7,2744	0,6292	1,7914	0,0000	
Total (n=8)	51,500	8,813	9,100	0,100	
	\pm	\pm	\pm	\pm	
		13,2665	0,9094	1,3331‡	0,0000

† = Diferencias significativas con respecto a los grupos de sobrepeso, obesidad grado 1 y obesidad grado 2.

‡ = Diferencias significativas con el resto de grupos.

Al observar la Tabla 33 donde aparece el somatotipo de los sujetos de estudio obtenido mediante antropometría atendiendo al riesgo cardiovascular, aparecen diferencias estadísticamente significativas ($p < 0,001$) entre los grupos con riesgo y sin riesgo cardiovascular tanto en la endomorfia como en la mesomorfia.

Tabla 33. Somatotipo de los sujetos de estudio obtenido mediante antropometría atendiendo al riesgo cardiovascular. Media \pm desviación estándar.

		Edad (años)	Endomorfia	Mesomorfia	Ectomorfia
Sin riesgo cardiovascular	Hombre (n=122)	31,288	4,184	5,153	1,925
		\pm	\pm	\pm	\pm
	Mujer (n=88)	13,7435	1,6358	1,2956	1,0863
		\pm	\pm	\pm	\pm
	Total (n=210)	33,918	5,226	4,172	2,094
		\pm	\pm	\pm	\pm
Con riesgo cardiovascular	Hombre (n=7)	13,795	1,9036	1,7363	1,2948
		\pm	\pm	\pm	\pm
	Mujer (n=4)	32,614	4,679 [†]	4,786 [†]	1,971
		\pm	\pm	\pm	\pm
	Total (n=11)	14,1755	1,9099	1,6193	1,1949
		\pm	\pm	\pm	\pm
Sin riesgo cardiovascular	Hombre (n=7)	49,571	7,100	6,814	0,343
		\pm	\pm	\pm	\pm
	Mujer (n=4)	11,2673	1,4411	1,3335	0,2699
		\pm	\pm	\pm	\pm
	Total (n=11)	62,250	8,725	7,225	0,100
		\pm	\pm	\pm	\pm
Con riesgo cardiovascular	Hombre (n=7)	9,0692	1,2764	2,8123	0,000
		\pm	\pm	\pm	\pm
	Mujer (n=4)	49,182	6,300	6,382	0,673
		\pm	\pm	\pm	\pm
	Total (n=11)	11,3562	1,5761	1,4559	0,6915
		\pm	\pm	\pm	\pm

[†] = Diferencias significativas entre los sujetos con riesgo y sin riesgo cardiovascular.

En la Tabla 34 aparece el somatotipo de los sujetos de estudio obtenido mediante antropometría atendiendo al consumo de tabaco. Se encuentran diferencias estadísticamente significativas ($p < 0,05$) entre los grupos fumador y no fumador en la mesomorfia y la ectomorfia

Tabla 34. Somatotipo de los sujetos de estudio obtenido mediante antropometría atendiendo al consumo de tabaco. Media \pm desviación estándar.

		Edad (años)	Endomorfia	Mesomorfia	Ectomorfia
Fumador	Hombre (n=21)	32,952	4,662	4,929	1,705
		\pm	\pm	\pm	\pm
	Mujer (n=28)	12,2576	1,3923	0,9603	0,9373
		\pm	\pm	\pm	\pm
		31,179	4,779	3,729	2,496
		\pm	\pm	\pm	\pm
Total (n=49)	11,2350	1,9294	1,7066	1,0905	
	\pm	\pm	\pm	\pm	
No fumador	Hombre (n=111)	31,939	4,729	4,243†	2,157†
		\pm	\pm	\pm	\pm
	Mujer (n=61)	11,5928	1,7044	1,5435	1,0916
		\pm	\pm	\pm	\pm
		32,126	4,277	5,300	1,867
		\pm	\pm	\pm	\pm
Total (n=172)	14,5796	1,8071	1,4020	1,1494	
	\pm	\pm	\pm	\pm	
Mujer (n=61)	37,033	5,661	4,575	1,779	
	\pm	\pm	\pm	\pm	
Total (n=172)	15,9342	2,0025	1,9157	1,3785	
	\pm	\pm	\pm	\pm	
		33,866	4,768	5,043	1,835
		\pm	\pm	\pm	\pm
		15,2108	1,9870	1,6349	1,2323
		\pm	\pm	\pm	\pm

† = Diferencias significativas entre los sujetos fumadores y no fumadores.

Al observar las correlaciones obtenidas en la Tabla 35, que relacionan el somatotipo con diferentes variables biométricas obtenidas en la investigación, se aprecia como a medida que aumenta la edad aumenta la endomorfia y la mesomorfia. Sin embargo, la ectomorfia desciende. En la misma línea se encuentra la masa corporal, el IMC, el perímetro de la cintura y cadera, el diámetro antero-posterior del abdomen, el índice cintura-talla, y los diámetros abdomen-talla y antero-posterior abdomen multiplicado por el número π (π), que se correlacionan todos ellos de forma que si aumentan sus valores, aumenta la endomorfia y la mesomorfia y disminuye la ectomorfia.

Por otro lado, para la muestra estudiada, la endomorfia y mesomorfia disminuye y la ectomorfia incrementa conforme aumenta la talla.

Tabla 35. Correlación de Pearson entre el somatotipo de la muestra y las variables biométricas.

	ENDOMORFIA			MESOMORFIA			ECTOMORFIA		
	Correlación de Pearson	Sig. (bilateral)	N	Correlación de Pearson	Sig. (bilateral)	N	Correlación de Pearson	Sig. (bilateral)	N
Edad (años)	0,452**	0,000	221	0,402**	0,000	221	-0,500**	0,000	221
Masa corporal (kg)	0,371**	0,000	221	0,662**	0,000	221	-0,596**	0,000	221
Talla (cm)	-0,357**	0,000	221	-0,079	0,242	221	0,227**	0,001	221
IMC	0,712**	0,000	221	0,872**	0,000	221	-0,869**	0,000	221
Perímetro cintura (cm)	0,562**	0,000	221	0,730**	0,000	221	-0,733**	0,000	221
Perímetro cadera (cm)	0,672**	0,000	221	0,614**	0,000	221	-0,646**	0,000	221
A-P abdom (cm)	0,662**	0,000	221	0,696**	0,000	221	-0,712**	0,000	221
Índice cintura/talla	0,718**	0,000	221	0,778**	0,000	221	-0,824**	0,000	221
Diámetro abdomen/talla	0,734**	0,000	221	0,703**	0,000	221	-0,739**	0,000	221
A-P abdom* π	0,662**	0,000	221	0,696**	0,000	221	-0,712**	0,000	221

IMC = índice de masa corporal; A-P abdom = diámetro anteroposterior del abdomen; A-P abdom* π = diámetro anteroposterior del abdomen multiplicado por π .

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

En la Tabla 36 se observa como los datos de los 8 pliegues cutáneos y las 8 zonas cutáneas utilizadas para la antropometría y la ecografía, respectivamente, presentan correlaciones positivas con la endomorfia y la mesomorfia. Sin embargo, conforme estos datos aumentan, la ectomorfia disminuye. Lo mismo sucede con el sumatorio de pliegues, los diámetros obtenidos y los perímetros valorados.

Tabla 36. Correlación de Pearson entre el somatotipo y las variables antropométricas valoradas.

		ENDOMORFIA			MESOMORFIA			ECTOMORFIA		
		Correlación de Pearson	Sig. (bilateral)	N	Correlación de Pearson	Sig. (bilateral)	N	Correlación de Pearson	Sig. (bilateral)	N
ANTROPOMETRÍA	Bíceps (mm)	0,871**	0,000	221	0,492**	0,000	221	-0,608**	0,000	221
	Tríceps (mm)	0,886**	0,000	221	0,335**	0,000	221	-0,516**	0,000	221
	Subescapular (mm)	0,892**	0,000	221	0,607**	0,000	221	-0,711**	0,000	221
	Ileocrestal (mm)	0,864**	0,000	221	0,479**	0,000	221	-0,665**	0,000	221
	Supraespinal (mm)	0,912**	0,000	221	0,524**	0,000	221	-0,652**	0,000	221
	Abdominal (mm)	0,898**	0,000	221	0,534**	0,000	221	-0,709**	0,000	221
	Muslo (mm)	0,730**	0,000	221	0,239**	0,000	221	-0,390**	0,000	221
	Pierna (mm)	0,668**	0,000	221	0,233**	0,000	221	-0,351**	0,000	221
ECOGRAFÍA	Bíceps (mm)	0,818**	0,000	221	0,359**	0,000	221	-0,519**	0,000	221
	Tríceps (mm)	0,714**	0,000	221	0,097	0,150	221	-0,316**	0,000	221
	Subescapular (mm)	0,871**	0,000	221	0,537**	0,000	221	-0,686**	0,000	221
	Ileocrestal (mm)	0,817**	0,000	221	0,454**	0,000	221	-0,568**	0,000	221
	Supraespinal (mm)	0,851**	0,000	221	0,420**	0,000	221	-0,557**	0,000	221
	Abdominal (mm)	0,818**	0,000	221	0,472**	0,000	221	-0,652**	0,000	221
	Muslo (mm)	0,668**	0,000	221	0,185**	0,006	221	-0,325**	0,000	221
	Pierna (mm)	0,589**	0,000	221	0,149*	0,027	221	-0,290**	0,000	221
SUMATORIO	S4p (mm)	0,984**	0,000	221	0,558**	0,000	221	-0,720**	0,000	221
	S6p (mm)	0,970**	0,000	221	0,489**	0,000	221	-0,657**	0,000	221
DIÁMETRO	Bicóndilo húmero (cm)	0,136*	0,044	221	0,640**	0,000	221	-0,397**	0,000	221
	Bicóndilo fémur (cm)	0,362**	0,000	221	0,724**	0,000	221	-0,517**	0,000	221
PERÍMETRO	Brazo relajado (cm)	0,322**	0,000	221	0,804**	0,000	221	-0,575**	0,000	221
	Brazo contraído (cm)	0,270**	0,000	221	0,796**	0,000	221	-0,550**	0,000	221
	Muslo medio (cm)	0,373**	0,000	221	0,540**	0,000	221	-0,501**	0,000	221
	Pierna (cm)	0,298**	0,000	221	0,550**	0,000	221	-0,432**	0,000	221

S4p = sumatorio de 4 pliegues; S6p = sumatorio de 6 pliegues

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

Tras correlacionar el somatotipo de la muestra con la composición corporal obtenida, la Tabla 37 muestra como la MG, MR y la MG obtenida mediante BIA correlacionan con la endomorfia y la mesomorfia, de forma que si aumentan sus valores inciden sobre estos dos componentes del somatotipo. Por otro lado, si la MO aumenta, incide en un incremento de la ectomorfia. Con respecto a la MM parecen dispares los resultados encontrados entre los porcentajes y kilogramos obtenidos, ya que al aumentar los kilogramos de MM aumenta la mesomorfia, pero no sucede lo mismo con el % de MM. Similares resultados pero a la inversa le sucede a la ectomorfia, cuando aumenta el % de MM aumenta la ectomorfia, pero no sucede lo mismo con los kilogramos de MM.

La MMagra correlaciona de forma significativa ($p < 0,001$) con la mesomorfia. Conforme aumenta la masa magra, aumenta la mesomorfia de los sujetos del estudio.

El % MG valorado mediante BIA presenta correlaciones positivas con la endomorfia y mesomorfia y negativa con la ectomorfia. Lo mismo sucede con la MG (% y kg) obtenida a través de la antropometría.

Tabla 37. Correlación de Pearson entre el somatotipo y la composición corporal valorada.

	ENDOMORFIA			MESOMORFIA			ECTOMORFIA		
	Correlación de Pearson	Sig. (bilateral)	N	Correlación de Pearson	Sig. (bilateral)	N	Correlación de Pearson	Sig. (bilateral)	N
MG (%)	0,853**	0,000	221	0,286**	0,000	221	-0,490**	0,000	221
MG (kg)	0,928**	0,000	221	0,542**	0,000	221	-0,669**	0,000	221
MO (%)	-0,715**	0,000	221	-0,595**	0,000	221	0,834**	0,000	221
MO (kg)	-0,063	0,354	221	0,365**	0,000	221	-0,152*	0,024	221
MM (%)	-0,853**	0,000	221	-0,287**	0,000	221	0,444**	0,000	221
MM (kg)	-0,268**	0,000	221	0,311**	0,000	221	-0,181**	0,007	221
MR (kg)	0,233**	0,000	221	0,612**	0,000	221	-0,509**	0,000	221
MMagra (kg)	-0,103	0,127	221	0,425**	0,000	221	-0,284**	0,000	221
BIA %MG	0,697**	0,000	221	0,188**	0,005	221	-0,455**	0,000	221

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

SOMATOCARTA

En la Figura 16 se observa la somatocarta de la muestra de estudio. En ella se aprecia como los hombres tienden hacia una endo-mesomorfia mientras las mujeres se acercan a una meso-endomorfia, encontrándose la totalidad de la muestra en un somatipo endomorfo-mesomorfo.

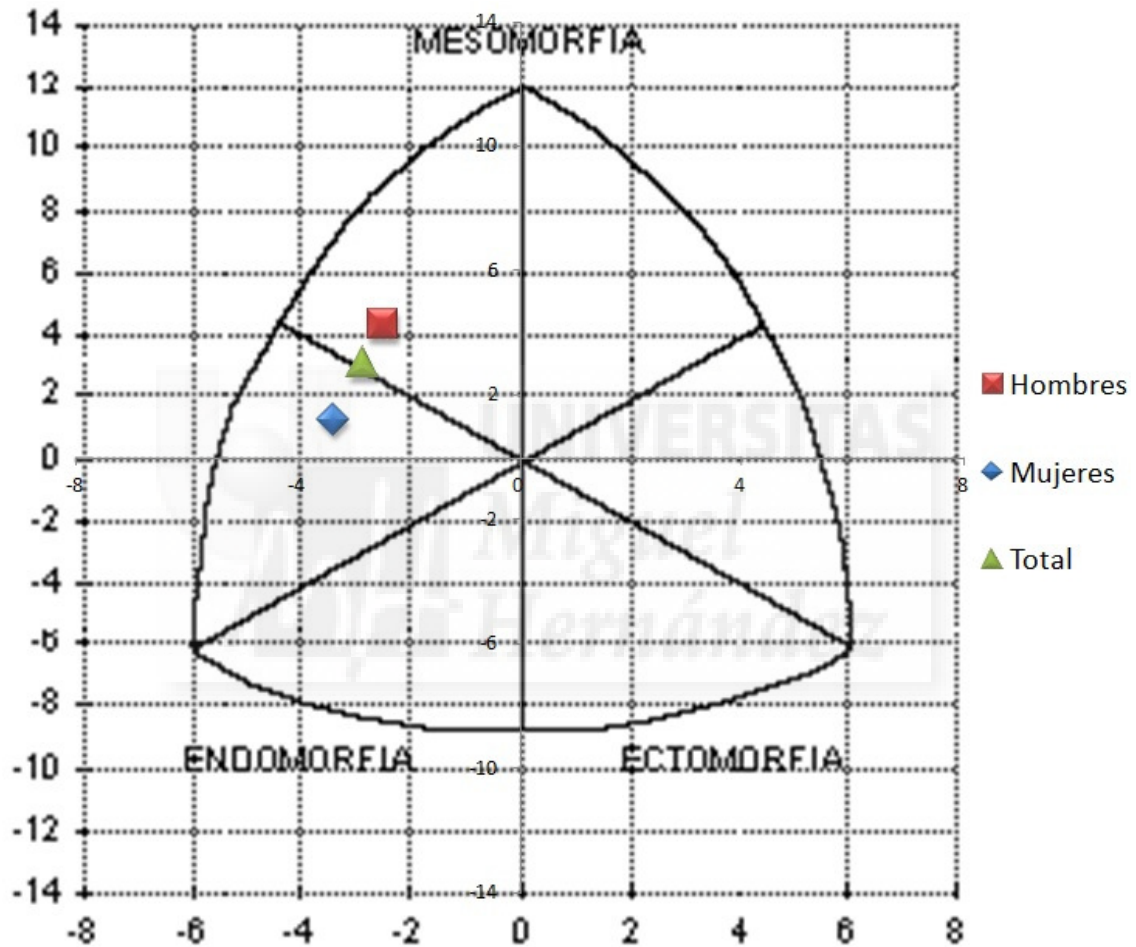


Figura 16. Somatocarta de la muestra de estudio.

Al estudiar la somatocarta de la muestra de estudio atendiendo al IMC, se aprecia en la Figura 17 como los valores de los sujetos con sobrepeso y obesidad tipo 1 y 2 se encuentran fuera de la somatocarta. Por otro lado, las mujeres con bajo peso se encuentran en una zona endo-ectomorfa. En cuanto a los hombres con normopeso se sitúan en la zona endo-mesomorfa, y las mujeres con normopeso en la zona meso-endomorfa. Sin embargo, la totalidad de la muestra con normopeso viene a ser endomorfa-mesomorfa.

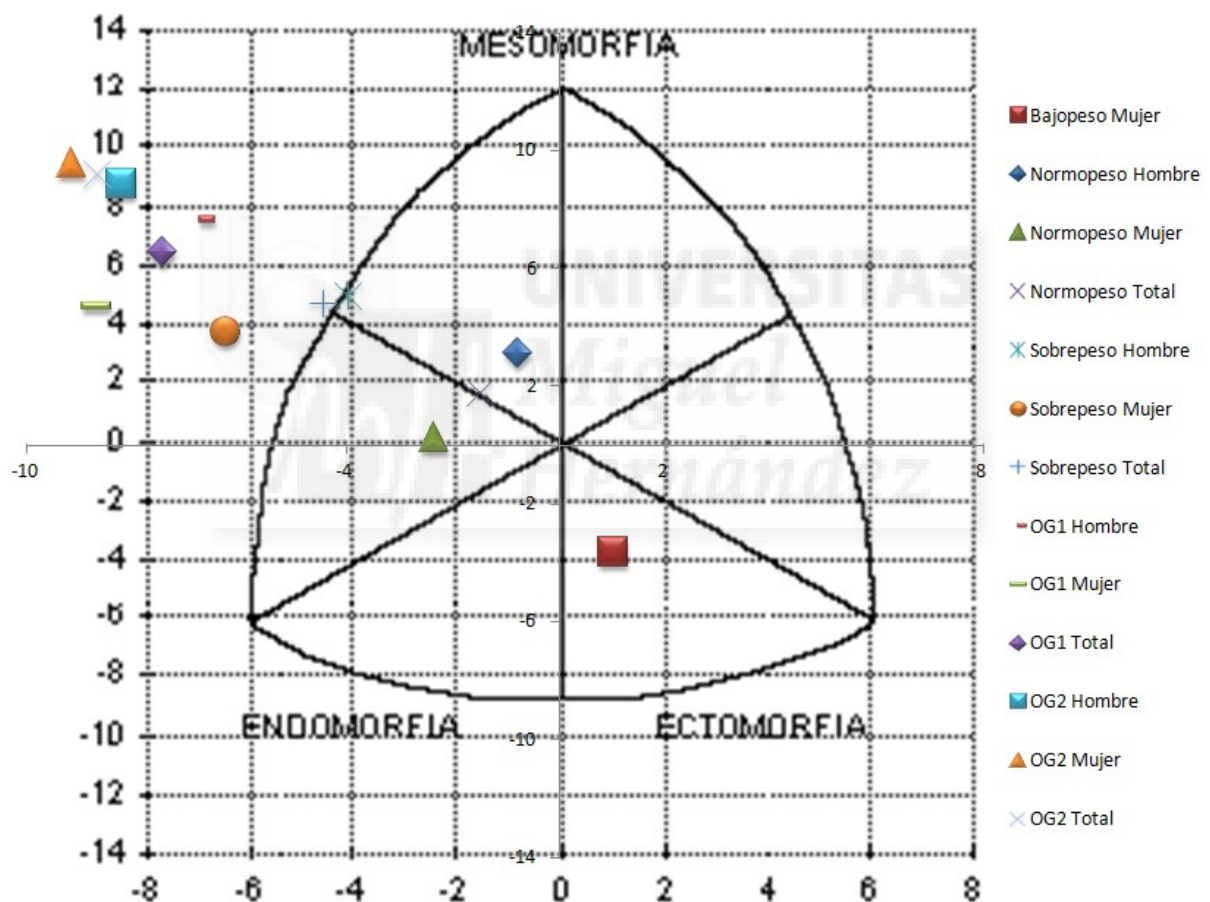


Figura 17. Somatocarta atendiendo al IMC de la muestra (n=221).

IMC = índice de masa corporal

OG1 = Obesidad de Grado 1

OG2 = Obesidad de Grado 2

Cuando se realiza la somatocarta de los sujetos de estudio teniendo en cuenta su edad, se puede observar en la Figura 18 como los valores totales para las edades: mayores de 66 años, de 56 a 65 años y 46-55 años se salen de la somatocarta por la zona mesomorfo-endomorfo. Sin embargo, hasta la edad de 45 años los sujetos de este estudio se encuentran dentro de la somatocarta.

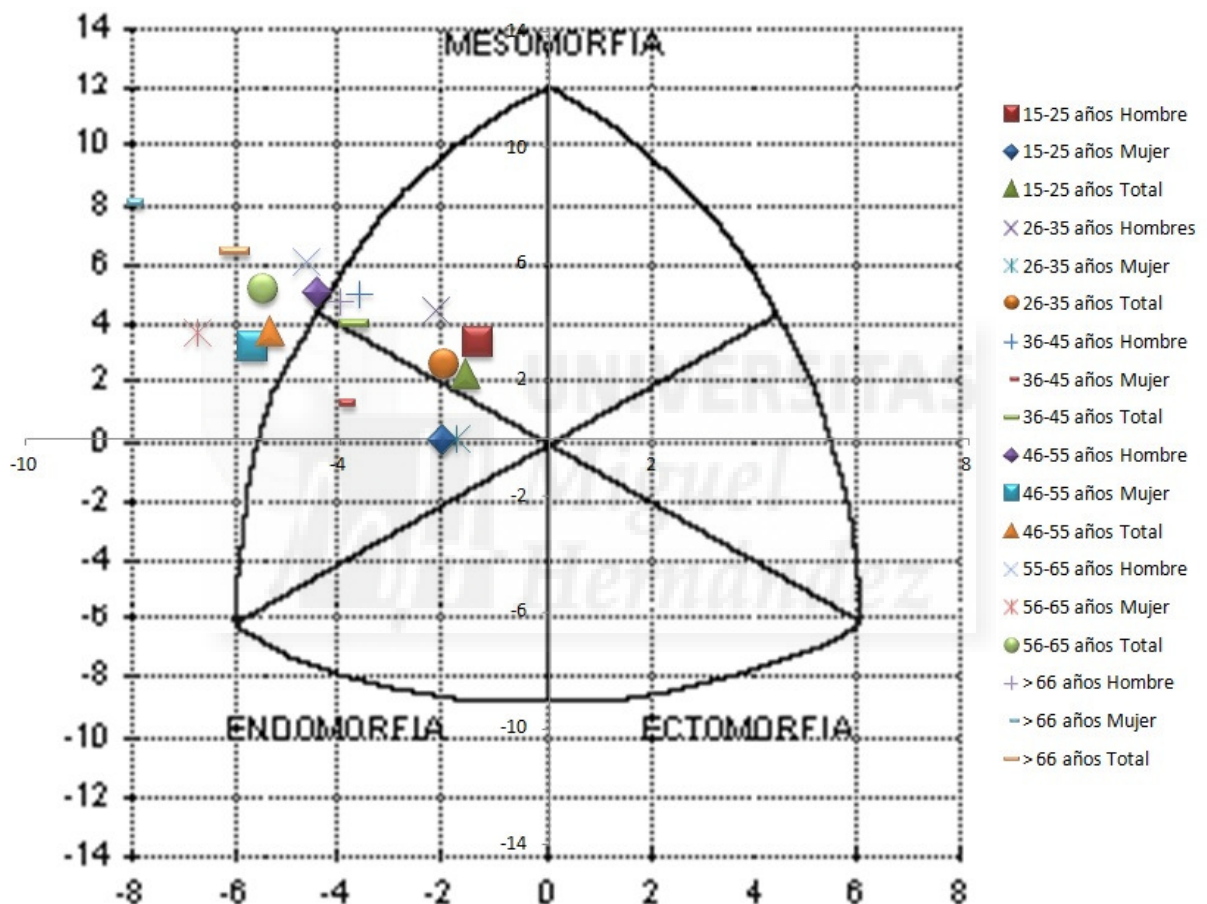


Figura 18. Somatocarta atendiendo a los grupos de edad .

La somatocarta relativa a los sujetos fumadores y no fumadores presenta valores similares en la Figura 19, en cuanto a no fumador total y fumador hombre. Por otro lado, las mujeres fumadoras tienden a un valor central, mientras que las no fumadoras se sitúan en la zona meso-endomorfa.

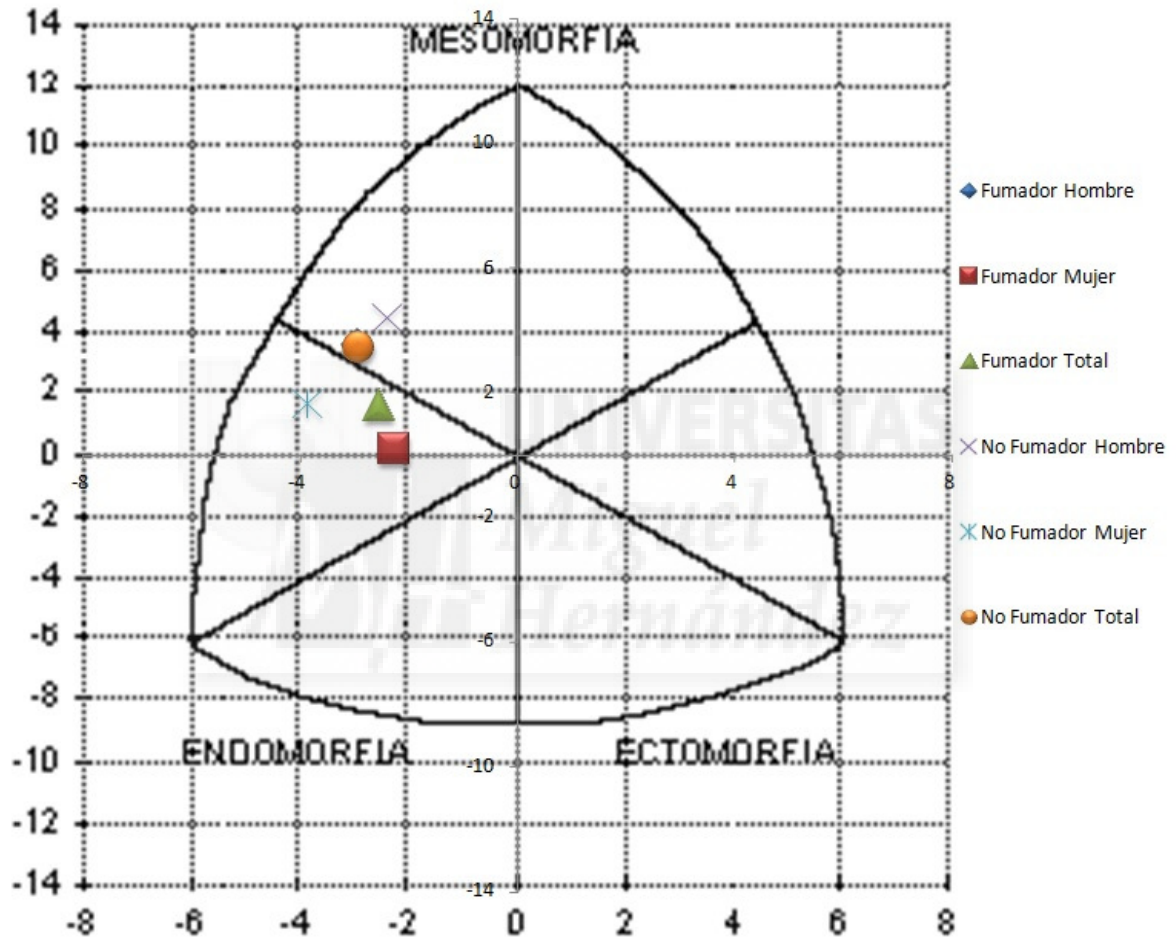


Figura 19. Somatocarta atendiendo a Fumador o No Fumador.

Al transferir los datos del somatotipo de los sujetos de estudio atendiendo a la actividad física que realizan, se aprecia en la Figura 20 como los hombres sedentarios se encuentran en el borde de la somatocarta por la zona izquierda. Muy próximo a esa zona se encuentran los hombres que realizan AFL. En la zona mesomorfo-endomorfo se hallan los hombres sedentarios, el total de los sujetos que realizan AFM y las mujeres que realizan AFA. Próximos a esta zona se sitúa la totalidad de los sujetos que realizan AFL.

Por otro lado, se sitúa a la totalidad de se dentarios, a los hombres que realizan AFL y a las mujeres sendentarias en la zona meso-endomorfa. Próximas a la zona central se sitúan las mujeres que realizan AFM y, en la zona endo-mesomorfia se encuentran los hombres que realizan AFM, AFA y el total de los sujetos de AFA.

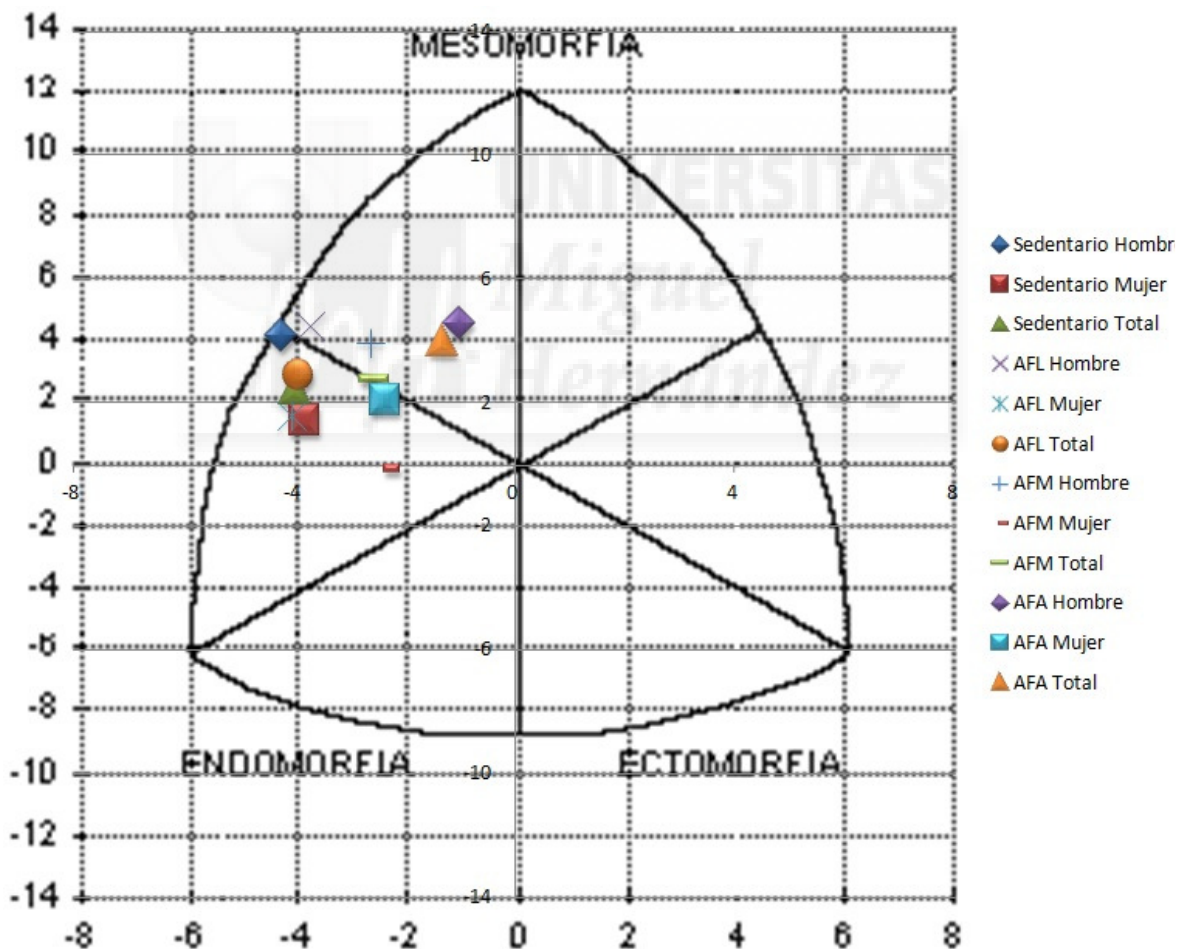


Figura 20. Somatocarta atendiendo al nivel de actividad física de los sujetos de estudio.

AFL = Actividad Física Ligera.

AFM = Actividad Física Media.

AFA = Actividad Física Alta.

La Figura 21 muestra como los sujetos con riesgo cardiovascular se salen de la somatocarta por la zona correspondiente a la mesomorfia-endomorfia, mientras que los sujetos sin riesgo se encuentran en su interior.

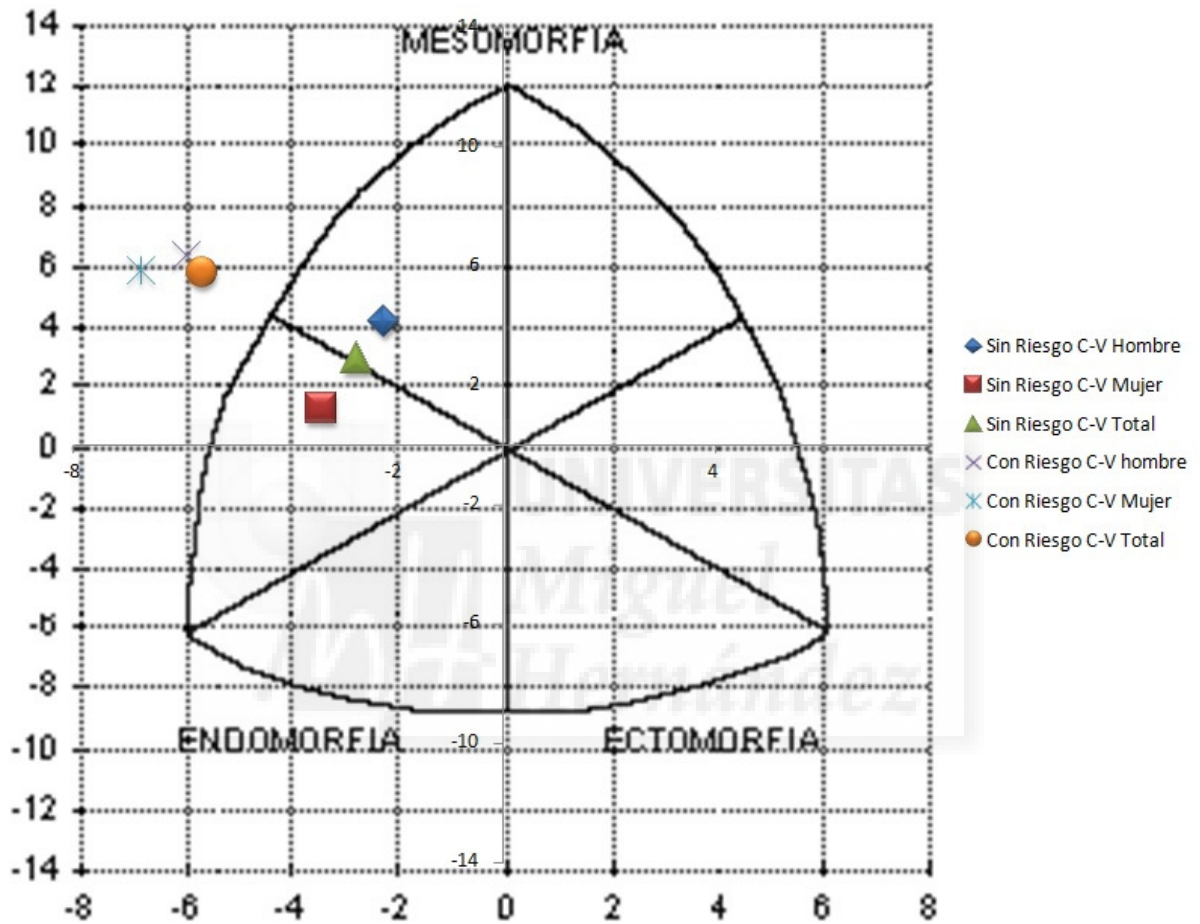


Figura 21. Somatocarta atendiendo al riesgo cardiovascular.

C-V = cardiovascular.

6.3. FÓRMULAS DERIVADAS DEL ESTUDIO.

En el siguiente apartado relativo a los resultados, aparecen las diferentes operaciones realizadas para calcular el valor numérico de cada uno de los pliegues utilizando para ello el ecógrafo. Estos datos se han obtenido tanto de forma simple (regresión lineal) como de forma compleja (regresión múltiple).

Por otro lado, y haciendo hincapié en la novedad, se plantean una serie de fórmulas innovadoras que permiten estimar el %MG, los kilogramos de MG y el %MM utilizando para ello el ecógrafo como método de valoración de la composición corporal.

El siguiente esquema (Figura 22) muestra los pasos que se han seguido hasta alcanzar la fórmula que valora la composición corporal mediante ecografía.

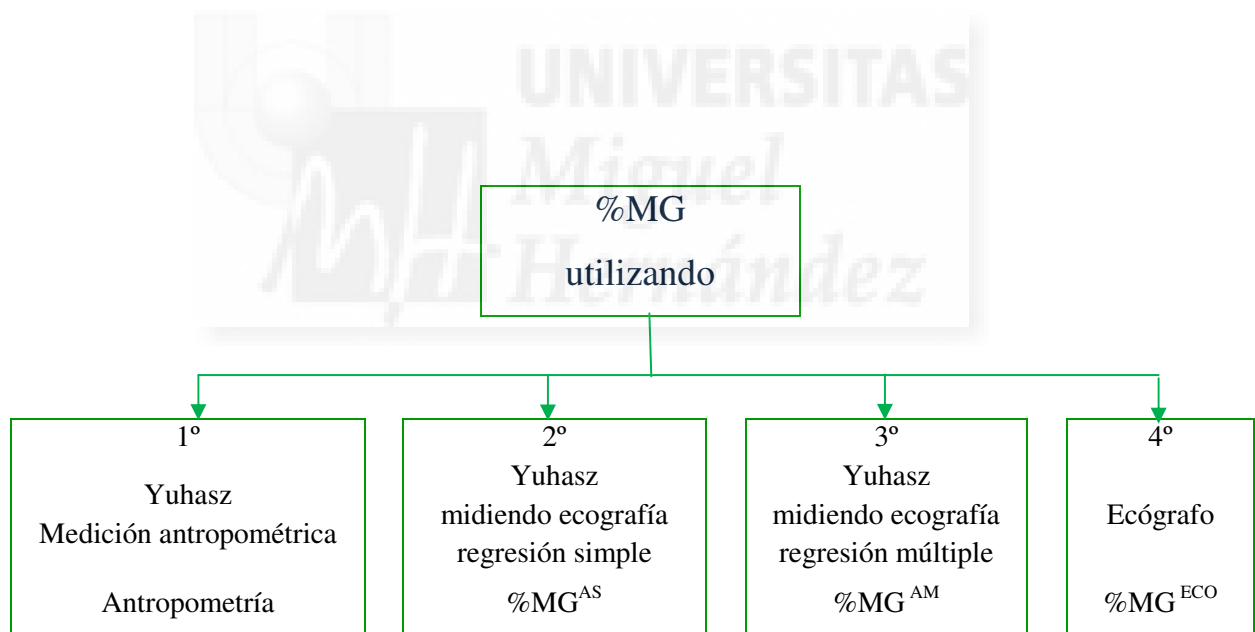


Figura 22. Secuencia seguida en la obtención de las fórmulas.

Regresión Lineal.

Inicialmente, se ha realizado una regresión lineal para cada uno de los puntos anatómicos medidos tanto en hombres como mujeres utilizando para ello los valores antropométricos recogidos en la fase experimental. Las fórmulas obtenidas se muestran en la Tabla 38.

Tabla 38. Ecuaciones de regresión para cada uno de los puntos anatómicos medidos mediante ecografía.

Punto anatómico	Hombres	Mujeres
Bíceps ^{AS}	$Y=1,817+0,994*\text{bíceps}^E$	$Y=2,186+0,924*\text{bíceps}^E$
Tríceps ^{AS}	$Y=1,569*\text{tríceps}^E$	$Y=-4,242+1,775*\text{tríceps}^E$
Subescapular ^{AS}	$Y=2,426*\text{subescapular}^E$	$Y=2,183*\text{subescapular}^E$
Ileocrestal ^{AS}	$Y=2,002*\text{ileocrestal}^E$	$Y=5,863+1,309*\text{ileocrestal}^E$
Supraespinal ^{AS}	$Y=1,906*\text{supraespinal}^E$	$Y=1,42*\text{supraespinal}^E$
Abdominal ^{AS}	$Y=8,137+1,085*\text{abdominal}^E$	$Y=3,74+1,13*\text{abdominal}^E$
Muslo ^{AS}	$Y=1,99+2,135*\text{muslo}^E$	$Y=2,15*\text{muslo}^E$
Pierna ^{AS}	$Y=1,668*\text{pierna}^E$	$Y=1,805*\text{pierna}^E$

Supraíndice^{AS} = medida antropométrica obtenida mediante ecuación simple.

Supraíndice^E = medición realizada mediante ecógrafo.

Una vez obtenidos los valores para cada uno de los puntos anatómicos, y hallada la ecuación de regresión simple para estimar el %MG a partir de la fórmula de Yuhasz (1974), se ha desarrollado la ecuación siguiente:

Ecuación Simple

Para hombres:

$$\%MG_{\text{♂}}^{\text{AS}} = 3,64 + 0,097*(\text{tríceps}^{\text{AS}} + \text{subescapular}^{\text{AS}} + \text{ileocrestal}^{\text{AS}} + \text{abdominal}^{\text{AS}} + \text{muslo}^{\text{AS}} + \text{pierna}^{\text{AS}})$$

Para mujeres:

$$\%MG_{\text{♀}}^{\text{AS}} = 4,56 + 0,43*(\text{tríceps}^{\text{AS}} + \text{subescapular}^{\text{AS}} + \text{ileocrestal}^{\text{AS}} + \text{abdominal}^{\text{AS}} + \text{muslo}^{\text{AS}} + \text{pierna}^{\text{AS}})$$

Supraíndice^{AS} = medida antropométrica obtenida mediante ecuación simple.

Regresión Múltiple.

Con la intención de precisar más en las mediciones, aproximando los datos obtenidos mediante ecografía a las medidas estimadas de antropometría, se han realizado regresiones múltiples. Las fórmulas obtenidas para cada uno de los puntos anatómicos se muestran en la Tabla 39.

Tabla 39. Ecuaciones de regresión múltiple para cada uno de los puntos anatómicos medidos mediante ecografía.

Punto anatómico	Género	Ecuación de regresión múltiple
Bíceps ^{AM}	♂	$Y = 0,572*\text{bíceps}^E + 0,466*\text{subescapular}^E + 0,148*\text{muslo}^E$
	♀	$Y = 0,543*\text{bíceps}^E + 0,309*\text{ileocrestal}^E + 0,117*\text{abdominal}^E$
Tríceps ^{AM}	♂	$Y = 0,89*\text{tríceps}^E + 0,535*\text{subescapular}^E + 0,362*\text{bíceps}^E + 0,23*\text{muslo}^E$
	♀	$Y = 0,92*\text{tríceps}^E + 0,572*\text{bíceps}^E + 0,371*\text{ileocrestal}^E$
Subescapular ^{AM}	♂	$Y = 1,967*\text{subescapular}^E + 0,941*\text{bíceps}^E - 0,487*\text{tríceps}^E$
	♀	$Y = 1,501*\text{subescapular}^E + 0,488*\text{ileocrestal}^E - 0,406*\text{pierna}^E + 0,307*\text{bíceps}^E$
Ileocrestal ^{AM}	♂	$Y = 1,157*\text{ileocrestal}^E + 0,863*\text{subescapular}^E + 0,174*\text{abdominal}^E + 0,563*\text{bíceps}^E$
	♀	$Y = 4,738 + 0,767*\text{ileocrestal}^E + 0,407*\text{abdominal}^E$
Supraespinal ^{AM}	♂	$Y = -1,892 + 1,343*\text{supraespinal}^E + 0,484*\text{subescapular}^E + 0,082*\text{abdominal}^E + 0,305*\text{bíceps}^E$
	♀	$Y = 0,685*\text{supraespinal}^E + 0,761*\text{subescapular}^E + 0,256*\text{abdominal}^E$
Abdominal ^{AM}	♂	$Y = 0,476*\text{abdominal}^E + 1,324*\text{subescapular}^E + 0,849*\text{ileocrestal}^E + 0,697*\text{bíceps}^E$
	♀	$Y = 0,637*\text{abdominal}^E + 0,6*\text{bíceps}^E + 0,817*\text{subescapular}^E$
Muslo ^{AM}	♂	$Y = 1,71*\text{muslo}^E + 0,478*\text{supraespinal}^E$
	♀	$Y = 1,31*\text{muslo}^E + 0,354*\text{bíceps}^E + 0,182*\text{abdominal}^E + 0,389*\text{pierna}^E$
Pierna ^{AM}	♂	$Y = 1,221*\text{pierna}^E + 0,477*\text{muslo}^E$
	♀	$Y = -3,552 + 1,468*\text{pierna}^E + 0,197*\text{ileocrestal}^E + 0,289*\text{muslo}^E$

Supraíndice^{AM} = medida antropométrica obtenida mediante ecuación múltiple.

Supraíndice^E = medición realizada mediante ecógrafo.

Una vez obtenidos los valores para cada uno de los puntos anatómicos, y hallada la ecuación de regresión múltiple para estimar el %MG a partir de la fórmula de Yuhasz (1974), se ha desarrollado la ecuación siguiente:

Ecuación Múltiple

Para hombres:

$$\%MG_{\text{♂}}^{\text{AM}} = 3,64 + 0,097 * (\text{tríceps}^{\text{AM}} + \text{subescapular}^{\text{AM}} + \text{ileocrestal}^{\text{AM}} + \text{abdominal}^{\text{AM}} + \text{muslo}^{\text{AM}} + \text{pierna}^{\text{AM}})$$

Para mujeres:

$$\%MG_{\text{♀}}^{\text{AM}} = 4,56 + 0,43 * (\text{tríceps}^{\text{AM}} + \text{subescapular}^{\text{AM}} + \text{ileocrestal}^{\text{AM}} + \text{abdominal}^{\text{AM}} + \text{muslo}^{\text{AM}} + \text{pierna}^{\text{AM}})$$

Supraíndice ^{AM} = medida antropométrica obtenida mediante ecuación múltiple.

Medición del %MG utilizando ecógrafo.

Para la obtención de la fórmula que permite valorar el % de MG utilizando para ello un ecógrafo, se ha realizado una regresión por pasos (donde el criterio ha sido: probabilidad de F para entrar, $\leq 0,050$, y probabilidad de F para salir, $> 0,100$).

El resumen del modelo ha sido el siguiente:

Género	R	R cuadrado	R cuadrado corregida	Error típico de la estimación
Hombre	0,941	0,886	0,882	1,6739
Mujer	0,955	0,912	0,907	2,6063

La fórmula desarrollada es la siguiente:

Fórmula predictora del %MG^{ECO}

Para hombres:

$$\%MG_{\text{♂}}^{\text{ECO}} = 2,23 + 0,482*\text{subescapular}^{\text{E}} + 0,337*\text{muslo}^{\text{E}} + 0,07*\text{abdominal}^{\text{E}} + 0,262*\text{ileocrestal}^{\text{E}} + 0,337*\text{bíceps}^{\text{E}}$$

Para mujeres:

$$\%MG_{\text{♀}}^{\text{ECO}} = 3,807 + 0,447*\text{bíceps}^{\text{E}} + 0,226*\text{abdominal}^{\text{E}} + 0,315*\text{pierna}^{\text{E}} + 0,284*\text{ileocrestal}^{\text{E}} + 0,353*\text{tríceps}^{\text{E}}$$

Supraíndice ^E = medición realizada mediante ecógrafo.

%MG^{ECO} = porcentaje de masa grasa obtenido a partir de mediciones realizadas con ecógrafo.

Medición de los kg de MG utilizando ecógrafo.

Para la obtención de la fórmula que permite valorar los kg de MG utilizando para ello un ecógrafo, se ha realizado una regresión por pasos (donde el criterio ha sido: probabilidad de F para entrar, $\leq 0,050$, y probabilidad de F para salir, $> 0,100$).

El resumen del modelo ha sido el siguiente:

Género	R	R cuadrado	R cuadrado corregida	Error típico de la estimación
Hombre	0,910	0,828	0,821	2,2954
Mujer	0,945	0,893	0,886	2,6497

La fórmula desarrollada es la siguiente:

Fórmula predictora de los kg de MG^{ECO}

Para hombres:

$$\text{Kg MG}_{\text{♂}}^{\text{ECO}} = -1,279 + 0,649 * \text{subescapular}^{\text{E}} + 0,429 * \text{bíceps}^{\text{E}} + 0,206 * \text{ileocrestal}^{\text{E}} + 0,268 * \text{muslo}^{\text{E}} + 0,075 * \text{abdominal}^{\text{E}}$$

Para mujeres:

$$\text{Kg MG}_{\text{♀}}^{\text{ECO}} = -4,048 + 0,362 * \text{ileocrestal}^{\text{E}} + 0,207 * \text{bíceps}^{\text{E}} + 0,262 * \text{pierna}^{\text{E}} + 0,124 * \text{abdominal}^{\text{E}} + 0,319 * \text{muslo}^{\text{E}} + 0,369 * \text{subescapular}^{\text{E}}$$

Supraíndice ^E = medición realizada mediante ecógrafo.

Kg MG^{ECO} = kilogramos de masa grasa obtenidos a partir de mediciones realizadas con ecógrafo.

Medición del %MM utilizando ecógrafo.

Para la obtención de la fórmula que permite valorar el % MM utilizando para ello un ecógrafo, se ha realizado una regresión por pasos (donde el criterio ha sido: probabilidad de F para entrar, < ó = 0,050, y probabilidad de F para salir, > ó = 0,100).

El resumen del modelo ha sido el siguiente:

Género	R	R cuadrado	R cuadrado corregida	Error típico de la estimación
Hombre	0,883	0,780	0,773	1,9128
Mujer	0,938	0,880	0,873	2,6526

La fórmula desarrollada es la siguiente:

Fórmula predictora del % MM^{ECO}

Para hombres:

$$\%MM_{\text{♂}}^{\text{ECO}} = 55,798 - 0,258* \text{subescapular}^{\text{E}} - 0,250* \text{ileocrestal}^{\text{E}} - 0,349* \text{bíceps}^{\text{E}} - 0,375* \text{muslo}^{\text{E}}$$

Para mujeres:

$$\%MM_{\text{♀}}^{\text{ECO}} = 57,314 - 0,386* \text{bíceps}^{\text{E}} - 0,199* \text{abdominal}^{\text{E}} - 0,349* \text{tríceps}^{\text{E}} - 0,289* \text{pierna}^{\text{E}} - 0,182* \text{ileocrestal}^{\text{E}}$$

Supraíndice^E = medición realizada mediante ecógrafo.

%MM^{ECO} = porcentaje de masa muscular obtenidos a partir de mediciones realizadas con ecógrafo.

Correlación de los diferentes métodos de medición utilizados en esta investigación.

Al observar las correlaciones obtenidas en la Tabla 40, que relacionan los valores del %MG obtenido, para hombres y mujeres, mediante mediciones antropométricas (Yuhasz), BIA, ecuaciones de regresión simple, múltiple y la ecuación ECO, se observa que existe una correspondencia entre todas. Sin embargo, el método de impedancia presenta unos valores inferiores en la correlación de Pearson en comparación con el resto de métodos utilizados para ambos género.

Tabla 40. Correlación entre los diferentes métodos de medición.

		♂	%MG ^{AS}	%MG Yuhasz	%MG ^{AM}	%MG ^{ECO}	BIA %MG	
Hombres	%MG ^{AS}	Correlación de Pearson	1	0,927**	0,984**	0,980**	0,797**	
		Sig. (bilateral)		0,000	0,000	0,000	0,000	
		N	132	132	132	132	132	
	%MG Yuhasz	Correlación de Pearson	0,927**	1	0,943**	0,943**	0,810**	
		Sig. (bilateral)	0,000		0,000	0,000	0,000	
		N	132	132	132	132	132	
	%MG ^{AM}	Correlación de Pearson	0,984**	0,943**	1	0,998**	0,815**	
		Sig. (bilateral)	0,000	0,000		0,000	0,000	
		N	132	132	132	132	132	
	%MG ^{ECO}	Correlación de Pearson	0,980**	0,943**	0,998**	1	0,813**	
		Sig. (bilateral)	0,000	0,000	0,000		0,000	
		N	132	132	132	132	132	
	BIA %MG	Correlación de Pearson	0,797**	0,810**	0,815**	0,813**	1	
		Sig. (bilateral)	0,000	0,000	0,000	0,000		
		N	132	132	132	132	132	
	<hr/>							
			♀	%MG ^{AS}	%MG Yuhasz	%MG ^{AM}	%MG ^{ECO}	BIA %MG
	Mujeres	%MG ^{AS}	Correlación de Pearson	1	0,944**	0,990**	0,983**	0,821**
			Sig. (bilateral)		0,000	0,000	0,000	0,000
			N	89	89	89	89	89
%MG Yuhasz		Correlación de Pearson	0,944**	1	0,954**	0,952**	0,802**	
		Sig. (bilateral)	0,000		0,000	0,000	0,000	
		N	89	89	89	89	89	
%MG ^{AM}		Correlación de Pearson	0,990**	0,954**	1	0,993**	0,810**	
		Sig. (bilateral)	0,000	0,000		0,000	0,000	
		N	89	89	89	89	89	
%MG ^{ECO}		Correlación de Pearson	0,983**	0,952**	0,993**	1	0,808**	
		Sig. (bilateral)	0,000	0,000	0,000		0,000	
		N	89	89	89	89	89	
BIA %MG		Correlación de Pearson	0,821**	0,802**	0,810**	0,808**	1	
		Sig. (bilateral)	0,000	0,000	0,000	0,000		
		N	89	89	89	89	89	

%MG^{AS} = porcentaje de masa grasa obtenido mediante ecuación simple.

%MG Yuhasz = porcentaje de masa grasa obtenido mediante antropometría (ecuación de Yuhasz).

%MG^{AM} = porcentaje de masa grasa obtenido mediante ecuación múltiple.

%MG^{ECO} = porcentaje de masa grasa obtenido a partir de mediciones realizadas con ecógrafo.

BIA %MG = porcentaje de masa grasa obtenido mediante impedancia bioeléctrica.

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

En la misma línea de resultados encontramos las correlaciones obtenidas en la Tabla 41, donde, tras relacionar los valores del %MG obtenido mediante mediciones antropométricas (Yuhasz), BIA, ecuaciones de regresión simple, múltiple y la ecuación ECO, observamos una correspondencia entre todas, siendo el método de impedancia el que presente unos valores inferiores en la correlación de Pearson en comparación con el resto de métodos utilizados para toda la muestra de estudio.

Tabla 41. Correlación de los diferentes métodos de medición utilizados para toda la muestra.

		%MG ^{AS}	%MG Yuhasz	%MG ^{AM}	%MG ^{ECO}	BIA %MG
%MG ^{AS}	Correlación de Pearson	1	0,964**	0,989**	0,988**	0,862**
	Sig. (bilateral)		0,000	0,000	0,000	0,000
	N	221	221	221	221	221
%MG Yuhasz	Correlación de Pearson	0,964**	1	0,973**	0,972**	0,863**
	Sig. (bilateral)	0,000		0,000	0,000	0,000
	N	221	221	221	221	221
%MG ^{AM}	Correlación de Pearson	0,989**	0,973**	1	0,997**	0,866**
	Sig. (bilateral)	0,000	0,000		0,000	0,000
	N	221	221	221	221	221
%MG ^{ECO}	Correlación de Pearson	0,988**	0,972**	0,997**	1	0,865**
	Sig. (bilateral)	0,000	0,000	0,000		0,000
	N	221	221	221	221	221
BIA %MG	Correlación de Pearson	0,862**	0,863**	0,866**	0,865**	1
	Sig. (bilateral)	0,000	0,000	0,000	0,000	
	N	221	221	221	221	221

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

%MG^{AS} = porcentaje de masa grasa obtenido mediante ecuación simple.

%MG Yuhasz = porcentaje de masa grasa obtenido mediante antropometría (ecuación de Yuhasz).

%MG^{AM} = porcentaje de masa grasa obtenido mediante ecuación múltiple.

%MG^{ECO} = porcentaje de masa grasa obtenido a partir de mediciones realizadas con ecógrafo.

BIA %MG = porcentaje de masa grasa obtenido mediante impedancia bioeléctrica.

Validación de las fórmulas antropométricas con ecógrafo.

La desviación absoluta entre las fórmulas es la siguiente:

- Para las fórmulas que valoran %MG.

$$D\%MG^{A-AS} = \frac{1}{n} \sum_{i \in S} \frac{|\%MG^A - \%MG^{AS}|}{\%MG^A} \cdot 100 = 8,45\% \text{ de error relativo}$$

$$D\%MG^{A-AM} = \frac{1}{n} \sum_{i \in S} \frac{|\%MG^A - \%MG^{AM}|}{\%MG^A} \cdot 100 = 7,69\% \text{ de error relativo}$$

$$D\%MG^{A-ECO} = \frac{1}{n} \sum_{i \in S} \frac{|\%MG^A - \%MG^{ECO}|}{\%MG^A} \cdot 100 = 7,84 \text{ de error relativo}$$

Supraíndice ^A = medida antropométrica obtenida mediante la ecuación de Yuhasz.

Supraíndice ^{AS} = medida antropométrica obtenida mediante ecuación simple.

Supraíndice ^{AM} = medida antropométrica obtenida mediante ecuación múltiple.

Supraíndice ^{ECO} = valor obtenido a partir de mediciones realizadas con ecógrafo.

Como se puede observar tras la validación de los métodos, la fórmula que utiliza ecuaciones de regresión múltiple ofrece un error relativo inferior al resto de fórmulas. Sin embargo, la fórmula ECO que ofrece un 0,15% más de error, mejora la facilidad de uso.

- Para las fórmulas que valoran kgMG.

$$D_{\text{kgMG}}^{\text{A-ECO}} = \frac{1}{n} \sum_{i \in S} \frac{|\text{kgMG}^{\text{A}} - \text{kgMG}^{\text{ECO}}|}{\text{kgMG}^{\text{A}}} \cdot 100 = 13,56\% \text{ de error relativo}$$

Supraíndice^A = medida antropométrica obtenida mediante la ecuación de Yuhasz.
 Supraíndice^{ECO} = valor obtenido a partir de mediciones realizadas con ecógrafo.

- Para las fórmulas que valoran %MM.

$$D_{\%MM}^{\text{A-ECO}} = \frac{1}{n} \sum_{i \in S} \frac{|\%MM^{\text{A}} - \%MM^{\text{ECO}}|}{\%MM^{\text{A}}} \cdot 100 = 4,44\% \text{ de error relativo}$$

Supraíndice^A = medida antropométrica obtenida mediante la ecuación de Yuhasz.
 Supraíndice^{ECO} = valor obtenido a partir de mediciones realizadas con ecógrafo.

Validación gráfica de la ecuación Eco desarrollada.

A continuación se muestran los diagramas de dispersión simple para cada una de las fórmulas utilizadas para hombres.

En la Figura 23 se puede observar la correlación establecida entre las ecuaciones que valoran $\%MG^{AM}$ y $\%MG^{ECO}$ para hombres, donde viene a ser de 0,998.

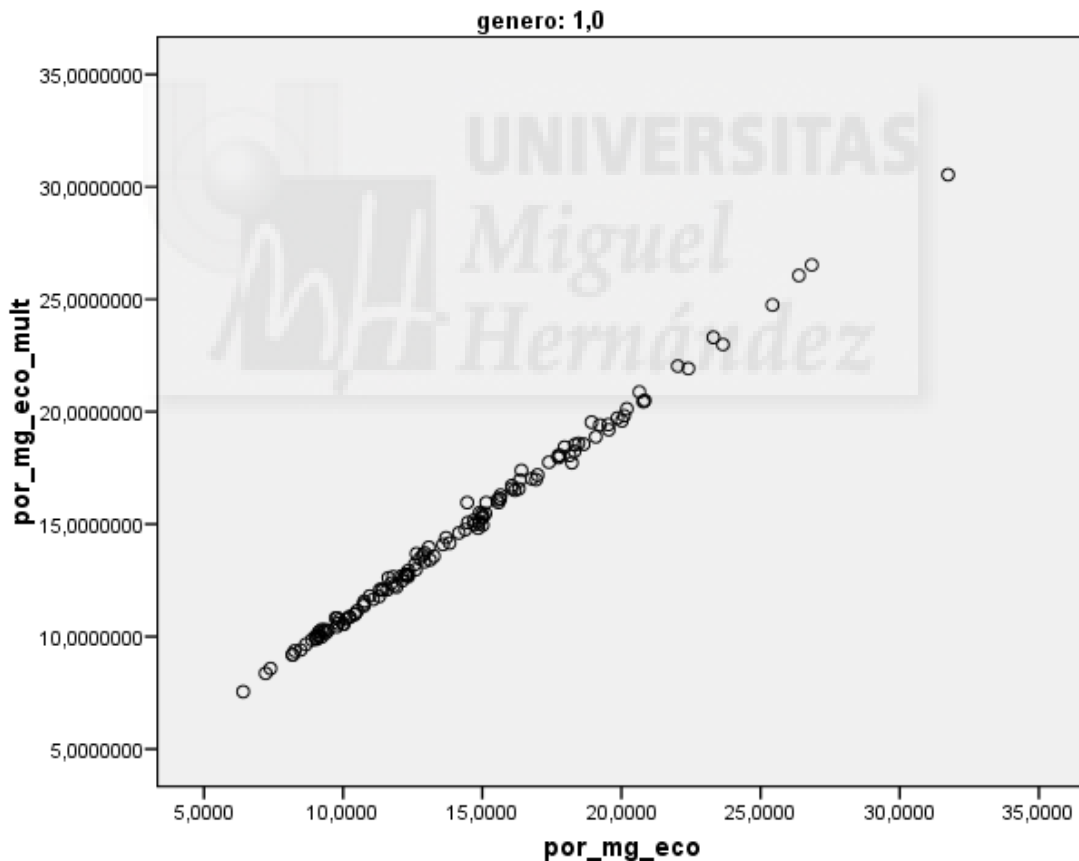


Figura 23. Correlación bivariada entre las ecuaciones que valoran $\%MG^{AM}$ y $\%MG^{ECO}$ para hombres.

$\%MG^{AM}$ = porcentaje de masa grasa obtenido mediante ecuación múltiple.

$\%MG^{ECO}$ = porcentaje de masa grasa obtenido a partir de mediciones realizadas con ecógrafo.

Cuando se observa en la Figura 24 la correlación establecida entre las ecuaciones que valoran $\%MG^{AS}$ y $\%MG^{AM}$ para hombres, dicha correlación de Pearson es igual a 0,984.

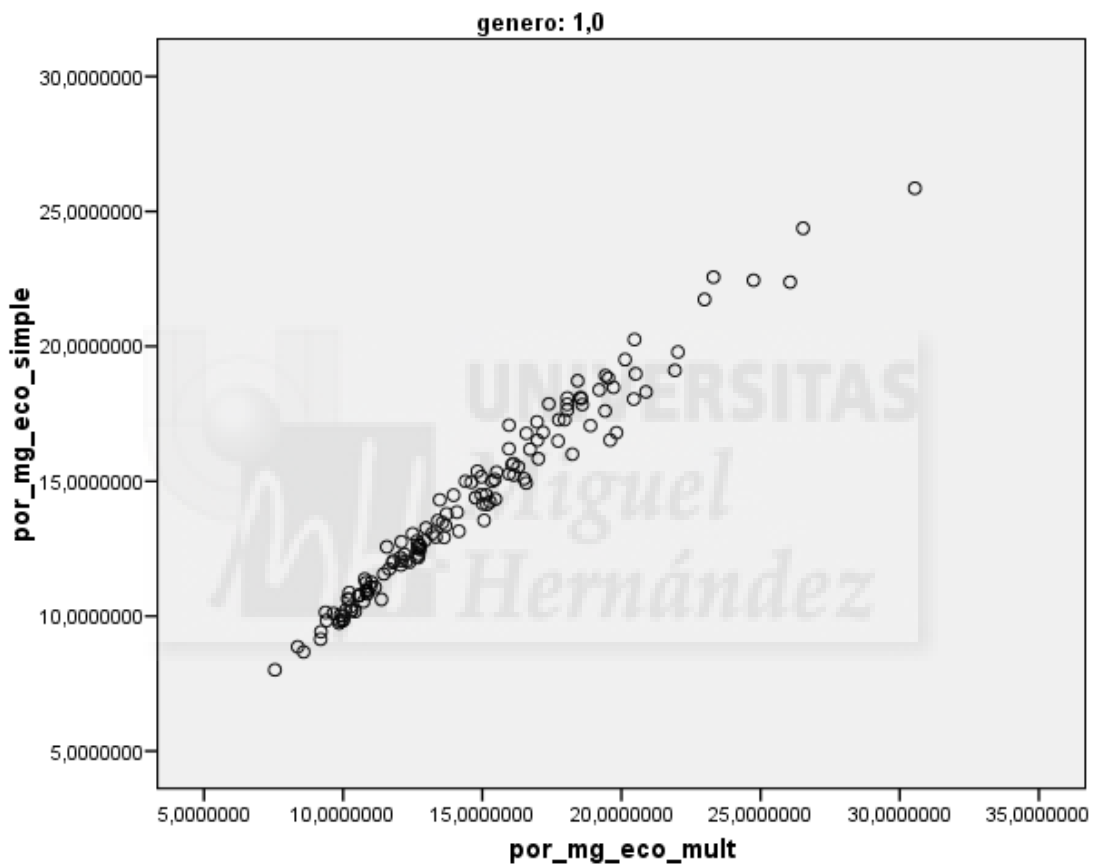


Figura 24. Correlación bivariada entre las ecuaciones que valoran $\%MG^{AS}$ y $\%MG^{AM}$ para hombres.

$\%MG^{AS}$ = porcentaje de masa grasa obtenido mediante ecuación simple.

$\%MG^{AM}$ = porcentaje de masa grasa obtenido mediante ecuación múltiple.

La dispersión mostrada en la Figura 25 ofrece una correlación de Pearson de 0,927 entre las ecuaciones que valoran %MG Yuhasz y %MG^{AS} para hombres.

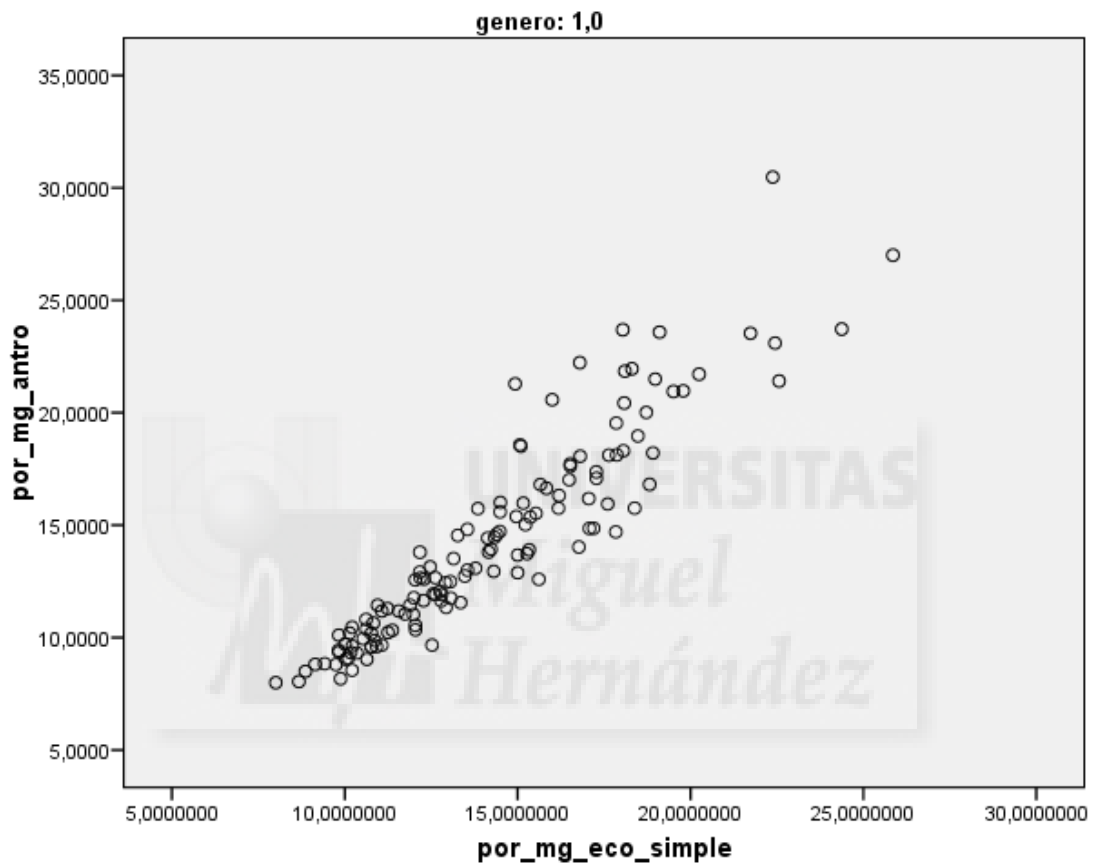


Figura 25. Correlación bivariada entre las ecuaciones que valoran %MG Yuhasz y %MG^{AS} para hombres.

%MG Yuhasz = porcentaje de masa grasa obtenido mediante antropometría (ecuación de Yuhasz).

%MG^{AS} = porcentaje de masa grasa obtenido mediante ecuación simple.

La correlación bivariada, de la Figura 26, entre las ecuaciones que valoran %MG Yuhasz y %MG^{AM} para hombres es igual a 0,943.

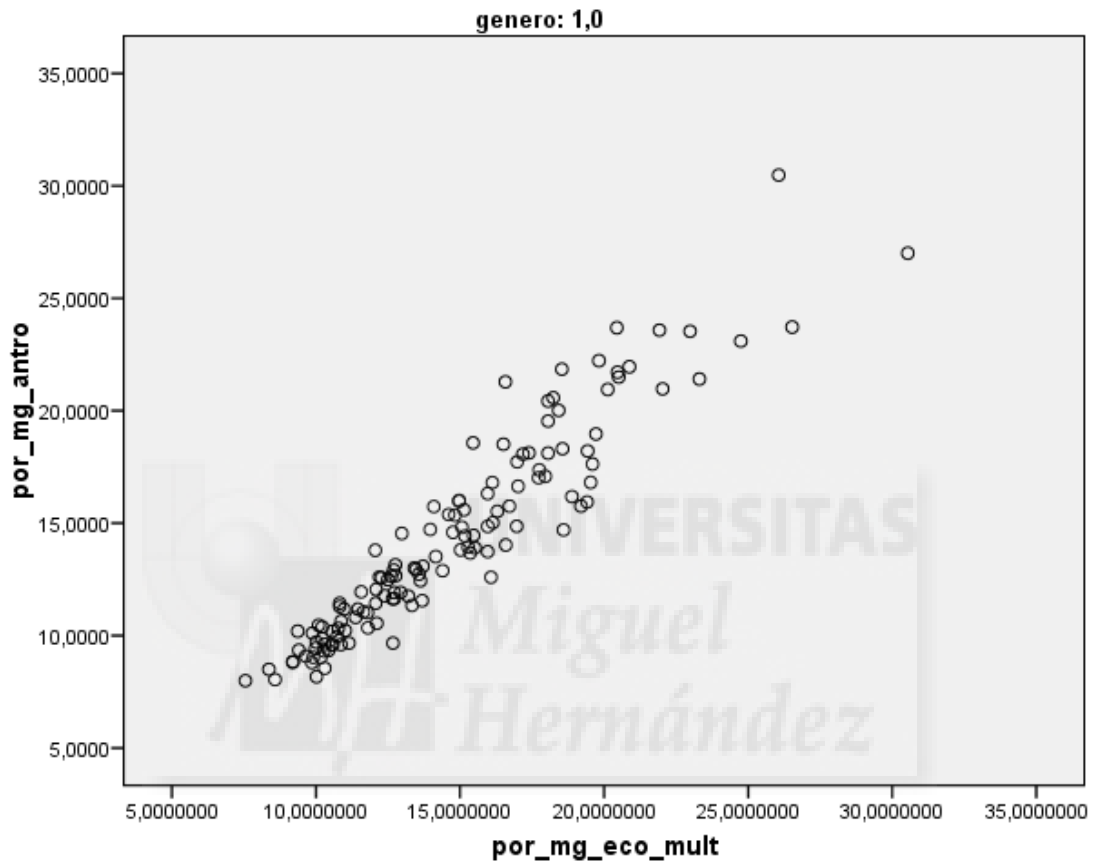


Figura 26. Correlación bivariada entre las ecuaciones que valoran %MG Yuhasz y %MG^{AM} para hombres.

%MG Yuhasz = porcentaje de masa grasa obtenido mediante antropometría (ecuación de Yuhasz).

%MG^{AM} = porcentaje de masa grasa obtenido mediante ecuación múltiple.

A continuación se muestran los diagramas de dispersión simple para cada una de las fórmulas utilizadas para mujeres.

En la Figura 27 se puede observar la correlación establecida entre las ecuaciones que valoran $\%MG^{AM}$ y $\%MG^{ECO}$ para mujeres, donde es de 0,993.

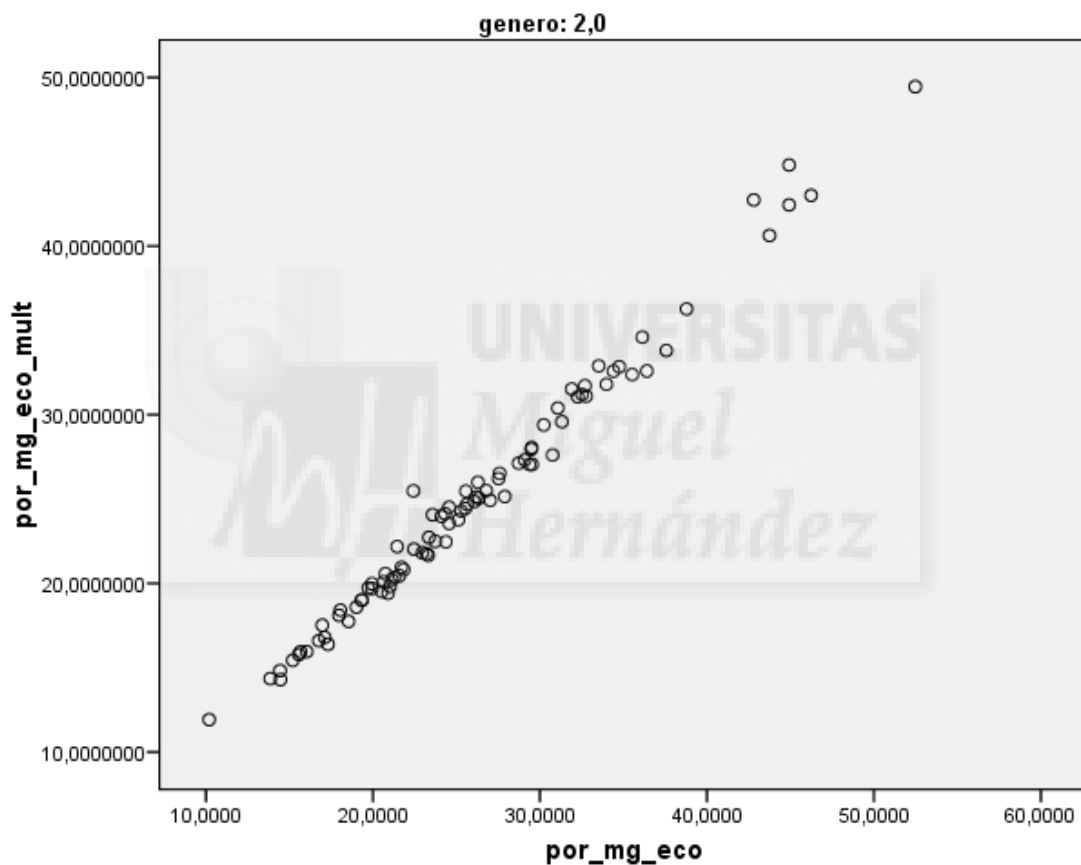


Figura 27. Correlación bivariada entre las ecuaciones que valoran $\%MG^{AM}$ y $\%MG^{ECO}$ para mujeres.

$\%MG^{AM}$ = porcentaje de masa grasa obtenido mediante ecuación múltiple.

$\%MG^{ECO}$ = porcentaje de masa grasa obtenido a partir de mediciones realizadas con ecógrafo.

Cuando se observa en la Figura 28 el diagrama de dispersión establecido entre las ecuaciones que valoran $\%MG^{AS}$ y $\%MG^{AM}$ para mujeres, la correlación de Pearson es igual a 0,990.

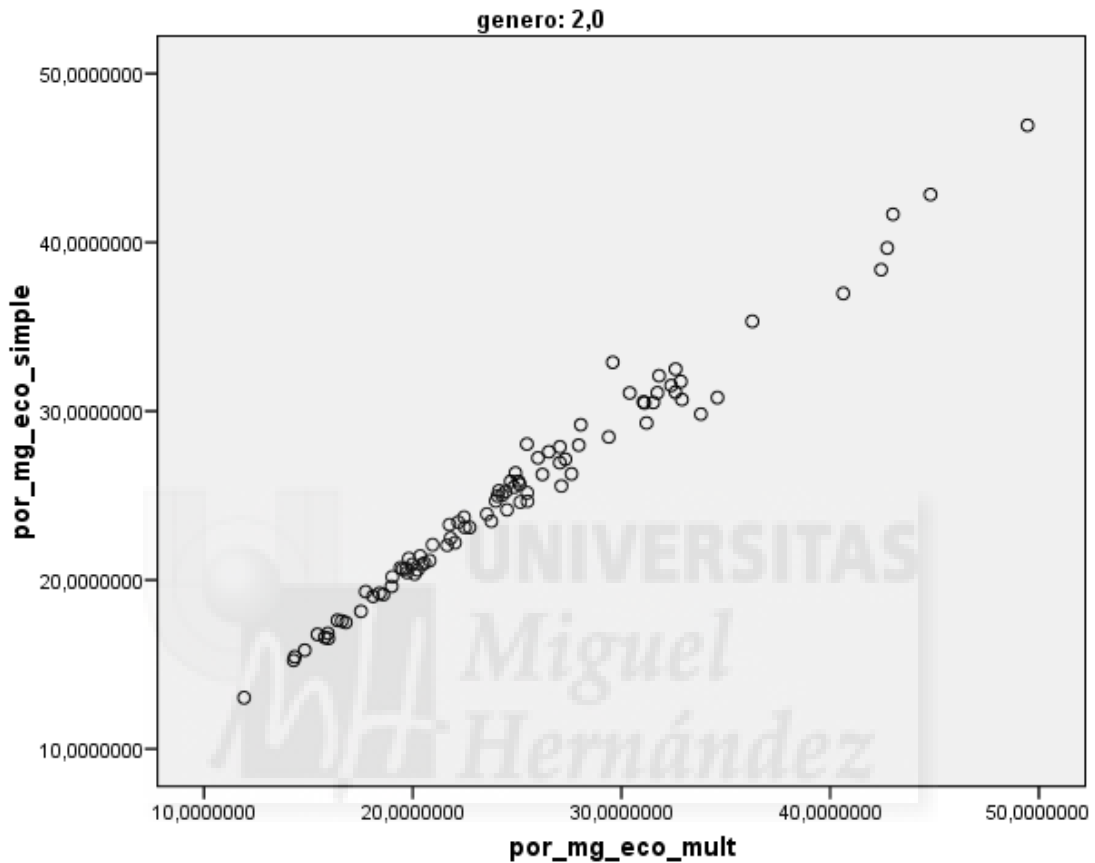


Figura 28. Correlación bivariada entre las ecuaciones que valoran $\%MG^{AS}$ y $\%MG^{AM}$ para mujeres.

$\%MG^{AS}$ = porcentaje de masa grasa obtenido mediante ecuación simple.

$\%MG^{AM}$ = porcentaje de masa grasa obtenido mediante ecuación múltiple.

La dispersión mostrada en la Figura 29 ofrece una correlación de Pearson de 0,944 entre las ecuaciones que valoran %MG Yuhasz y %MG^{AS} para mujeres.

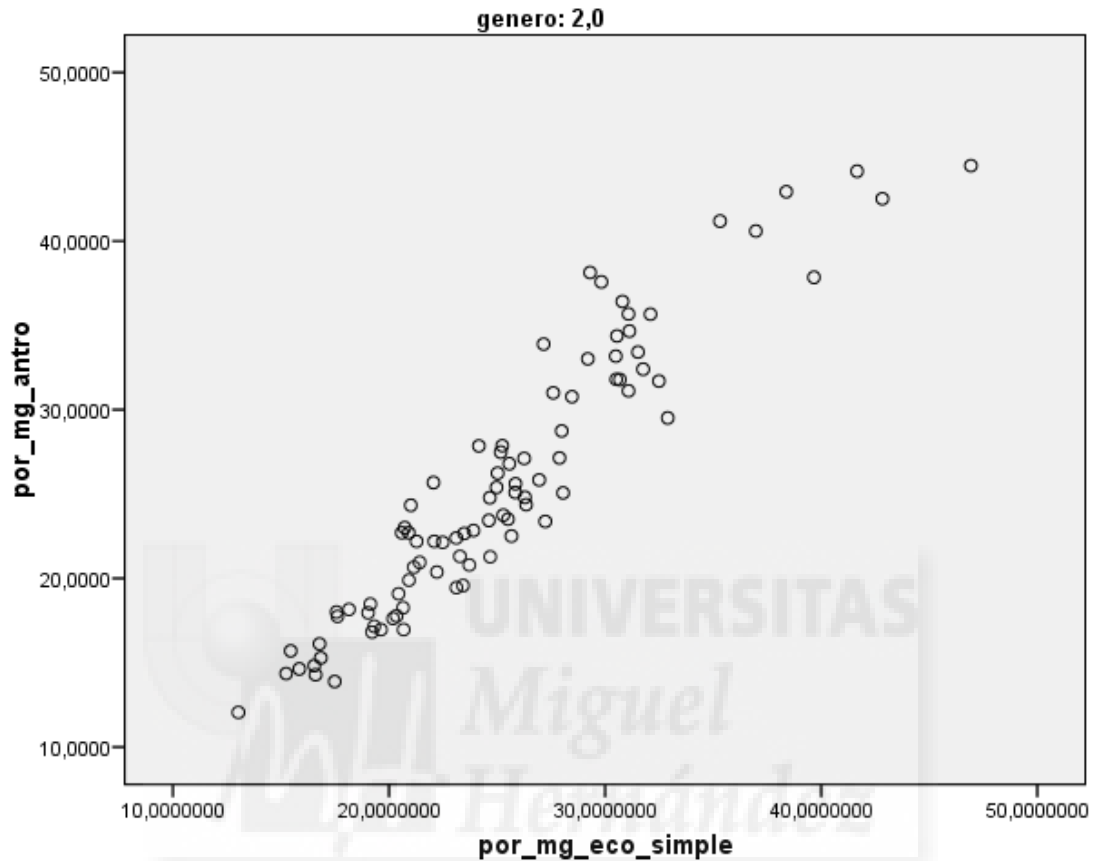


Figura 29. Correlación bivariada entre las ecuaciones que valoran %MG Yuhasz y %MG^{AS} para mujeres.

%MG Yuhasz = porcentaje de masa grasa obtenido mediante antropometría (ecuación de Yuhasz).

%MG^{AS} = porcentaje de masa grasa obtenido mediante ecuación simple.

La correlación bivariada que se muestra en el diagrama de dispersión de la Figura 30, entre las ecuaciones que valoran %MG Yuhasz y %MG^{AM} para mujeres viene a ser igual a 0,954.

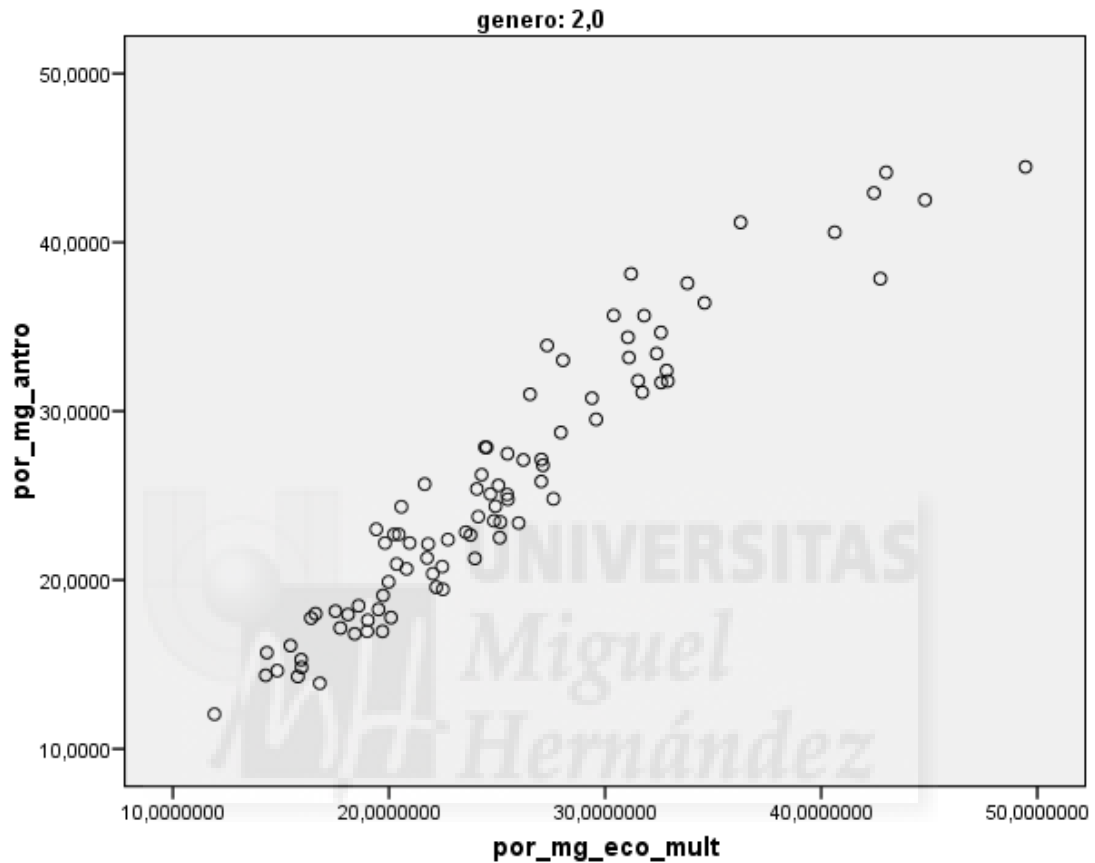


Figura 30. Correlación bivariada entre las ecuaciones que valoran %MG Yuhasz y %MG^{AM} para mujeres.

%MG Yuhasz = porcentaje de masa grasa obtenido mediante antropometría (ecuación de Yuhasz).

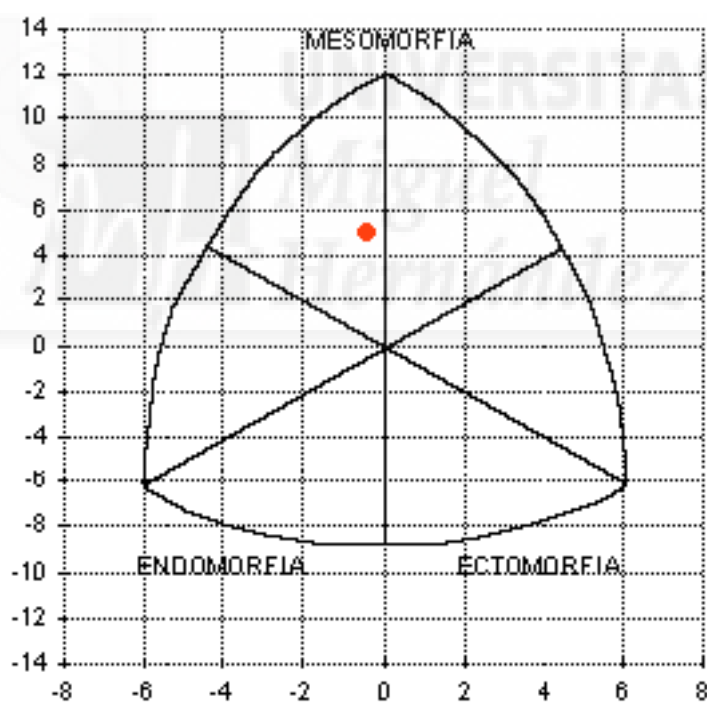
%MG^{AM} = porcentaje de masa grasa obtenido mediante ecuación múltiple.

Comparación de las somatocartas.

A continuación se han comparado las somatocartas obtenidas a partir de los valores hallados mediante antropometría, ecografía, ecografía modificada con ecuación simple y ecografía modificada con ecuación múltiple para un somatotipo ejemplo.

Se observa que la somatocarta que más se acerca a la obtenida a partir de la técnica de antropometría, es la obtenida mediante la fórmula predictora del $\% MM^{ECO}$.

SOMATOCARTA OBTENIDA MEDIANTE ANTROPOMETRÍA

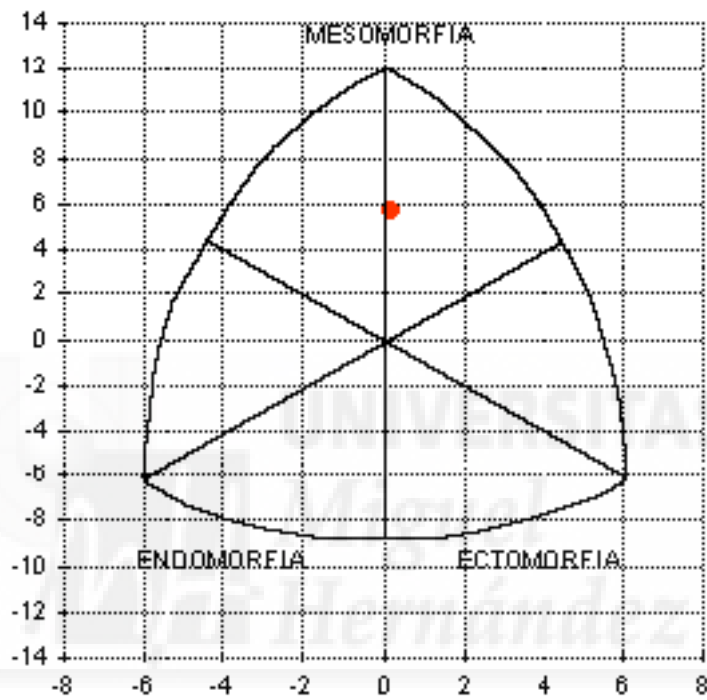


$$X = -0,43$$

$$Y = 5,107$$

SOMATOCARTA OBTENIDA MEDIANTE ECOGRAFÍA

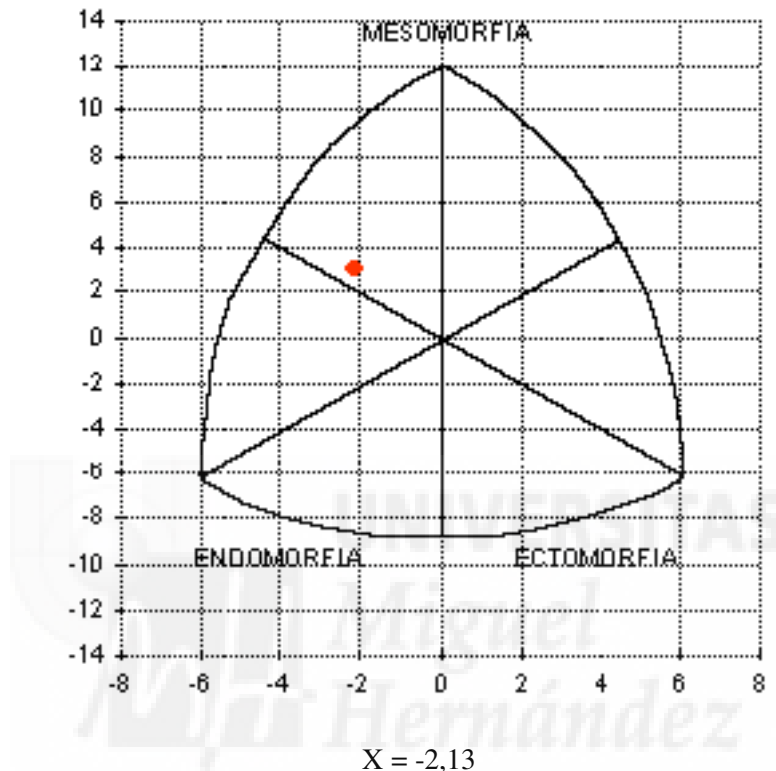
(Fórmula predictora del porcentaje de MM^{ECO}).



$$X = 0,133$$

$$Y = 5,721$$

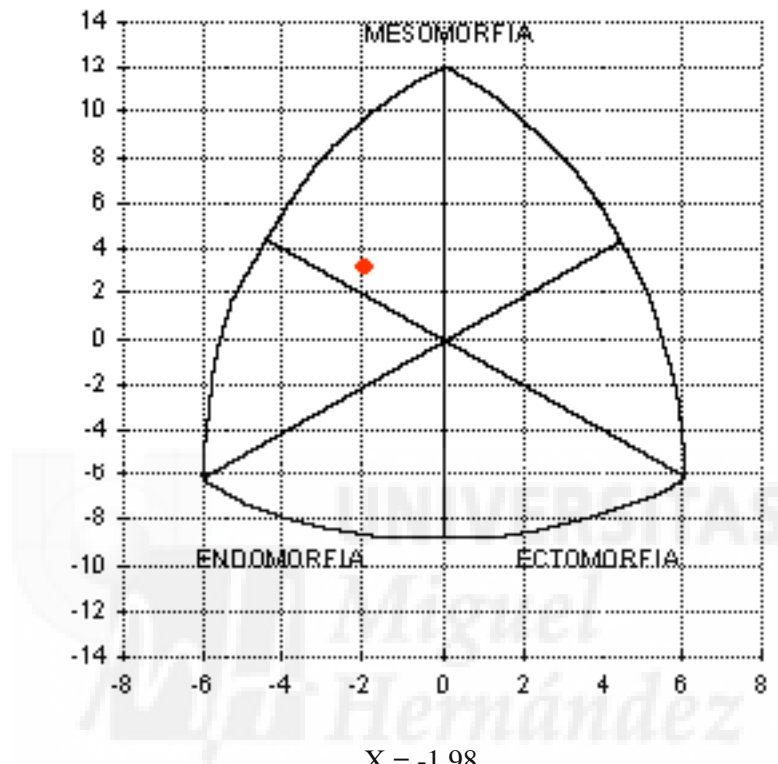
SOMATOCARTA OBTENIDA MEDIANTE ECOGRAFÍA MODIFICADA CON ECUACIÓN SIMPLE



X = -2,13

Y = 3,103

SOMATOCARTA OBTENIDA MEDIANTE ECOGRAFÍA MODIFICADA CON
ECUACIÓN MÚLTIPLE.



$$X = -1,98$$

$$Y = 3,232$$

6.4. RESUMEN DE RESULTADOS.

En este apartado aparecen resumidos los resultados atendiendo a las partes de la investigación. Por un lado, se detallan los resultados obtenidos en cadáveres, y por otro, los resultados a las que se llega tras el análisis de los datos de la muestra.

CONCLUSIONES OBTENIDAS EN CADÁVERES.

- Existe una correlación ($p < 0,05$; $p < 0,01$) entre la incisión y la ecografía efectuada en cada uno de los 8 puntos anatómicos medidos.
- Existe una correlación ($p < 0,05$) entre la incisión y el pliegue en las zonas del bíceps y la pierna.
- Existe una correlación ($p < 0,05$) entre la ecografía y el pliegue en las zonas bíceps, abdominal y la pierna.

CONCLUSIONES OBTENIDAS EN SUJETOS VIVOS.

DATOS ANTROPOMÉTRICOS

- Existen diferencias estadísticamente significativas entre géneros en lo que al ICT respecta.
- Los sujetos sedentarios presentan diferencias estadísticamente significativas en la talla con respecto a los de actividad física media y alta.
- Los sujetos que se encuentran en el grupo de AFL presentan estaturas inferiores a los sujetos que se encuentran en el grupo de AFA.
- Aparecen diferencias estadísticamente significativas entre el ICT de los sujetos sedentarios y los de AFA.

- El grupo de edad de 46-55 años presenta valores inferiores ($p < 0,05$) en la talla con respecto a los grupos de edad 15-25; 26-35 y 36-45 años.
- El grupo de edad 15-25 años presenta valores inferiores ($p < 0,05$) en la masa corporal que los de 36-45 y 56-65 años.
- El grupo de edad de 26-35 años presenta valores inferiores ($p < 0,05$) en el IMC con respecto a los grupos de edad 36-45; 46-55; 56-65 y >66 años.
- El grupo de edad de 15-25 años presenta valores inferiores ($p < 0,05$) en el ICC con respecto a los grupos de edad 36-45; 56-65 y >66 años.
- El grupo de edad de 26-35 años presenta valores inferiores ($p < 0,05$) en el ICC con respecto a los grupos de edad 56-65 años.
- El ICT en el grupo de edad 15-25 años presenta valores inferiores ($p < 0,05$) con respecto a los grupos 36-45; 46-55; 56-65 y >66 años.
- El ICT en el grupo de edad 26-35 años presenta valores inferiores ($p < 0,05$) con respecto a los grupos 36-45; 46-55; 56-65 y >66 años.
- Al comparar la talla entre grupos, existen diferencias estadísticamente significativas entre el grupo de sobrepeso y los grupos de bajo peso ($p < 0,035$) y obesidad grado 2 ($p < 0,022$).
- Existen diferencias estadísticamente significativas en los grupos de bajo peso, normopeso y sobrepeso, en la masa corporal con respecto a todos los grupos.
- El ICT ofrece diferencias estadísticamente significativas entre todos los grupos clasificados por su IMC.
- Se encuentran diferencias estadísticamente significativas ($p < 0,001$) entre los grupos con riesgo y sin riesgo cardiovascular en la masa corporal, IMC, cintura e ICC.
- Aparecen diferencias estadísticamente significativas ($p < 0,05$) entre los grupos fumador y no fumador en la talla, masa corporal, IMC, cintura, ICC e ICT.

Análisis correlacional.

CORRELACIÓN DEL ÍNDICE ANTROPOMÉTRICO IMC CON OTROS DATOS ANTROPOMÉTRICOS Y EL SOMATOTIPO

- Los datos antropométricos aumentan todos sus valores cuando aumenta el IMC, a excepción de la altura, que disminuye.
- Los datos obtenidos mediante antropometría y ecografía aumentan todos sus valores de las zonas medidas (pliegues, perímetros y diámetros) cuando aumenta el IMC.
- En la composición corporal aparece una disminución de la MO y MM a medida que aumenta el IMC.
- Existe una correspondencia positiva entre el IMC y el % MG y los kilogramos de MG, MO y MM. Dicha correlación es negativa con el % MO y % MM.
- El somatotipo presenta una correspondencia positiva para la endomorfia y la mesomorfia, y una correlación negativa para la ectomorfia cuando aumenta el IMC.
- Existe una correspondencia significativa en los pliegues valorados mediante antropometría y los puntos anatómicos valorados mediante ecografía.

COMPOSICIÓN CORPORAL

MASA GRASA (MG)

- Los sujetos que realizan AFM y AFA presentan diferencias estadísticamente significativas con respecto al resto de grupos.
- Los sujetos sedentarios presentan mayor % MG que los sujetos que realizan AFM y AFA.
- Los sujetos que realizan AFA presentan valores significativamente inferiores de MG (kg) que el resto de grupos.
- Los sujetos obesos de grado 2 presentan valores superiores en el % MG que los grupos de bajopeso, normopeso y sobrepeso.

- Los sujetos de bajo peso y normopeso presentan valores significativamente inferiores en la MG (kg) que el resto de grupos.
- Los sujetos de edades comprendidas entre 15 y 25 años presentan valores significativamente inferiores en su % MG que los sujetos del grupo de edad de 46-55, 56-65 y <66 años.
- Los sujetos de 46-55 años presentan valores significativamente mayores en su % MG que los sujetos de 15-25, 26-35 y 36-45 años.
- Los sujetos de 15-25 y 26 a 35 años presentan valores significativamente inferiores en la MG (kg) que el resto de grupos de edad.

MASA ÓSEA (MO)

- Aparece una MO (% y kg) inferior en los sujetos sedentarios en comparación con los que realizan AFM y AFA.
- La MO (%) en función del IMC presenta diferencias estadísticamente significativas entre los sujetos de bajo peso y los que se encuentran en sobrepeso, obesidad grado 1 y 2.
- La MO (%) en función del IMC presenta diferencias entre el normopeso y el sobrepeso, obesidad grado 1 y 2.
- Los sujetos con sobrepeso presentan diferencias estadísticamente significativas en la MO (%) con el resto de grupos.
- Los sujetos con bajo peso presentan una MO (kg) inferior que en el resto de grupos.
- Los sujetos de 15 a 25 años presentan valores significativamente mayores de MO (%) que el resto de grupos.

MASA MUSCULAR (MM)

- Los sujetos que realizan AFA presentan valores de MM (% y kg) significativamente mayores que el resto de grupos.
- Los sujetos de AFM presentan valores superiores de MM (%) que los grupos de sedentarios y de actividad física ligera.

- En función del IMC, los sujetos con bajo peso, normopeso y sobrepeso tienen mayor MM (%) que los sujetos con obesidad grado 1 y 2.
- En función del IMC, los sujetos con bajo peso presentan valores significativamente diferentes en la MM (kg) a los sujetos con sobrepeso y obesidad grado 1.
- En función de la edad, el % MM viene a ser significativamente inferior entre los sujetos de 45-55 años y los sujetos de 15-25, 26-35 y 36 y 45 años.
- En función de la edad, los sujetos mayores de 66 años muestran una MM (%) inferior con respecto a los sujetos de 15-25 y 26-35 años.
- En función de la edad, la MM (kg) es significativamente inferior entre los sujetos de 45-55 años y los sujetos de 26-35, 36-45 y 56-65 años.

MMAGRA (kg)

- En función de la actividad física, los sujetos AFA presentan valores significativamente mayores en su MMagra que los que realizan AFL o son sedentarios.
- En función del IMC, los sujetos con bajo peso presentan valores significativamente diferentes al resto de grupos.
- En función del IMC, los sujetos con sobrepeso y obesidad grado 1 presentan valores significativamente superiores a los sujetos con bajo peso y normopeso.
- En función de la edad, el grupo de 36-45 años presenta mayor MMagra (kg) que los sujetos que se encuentran en la franja de edad de 46-55 años.

BIA (%MG)

- En función de la actividad física, los sujetos AFA presentan diferencias estadísticamente significativas en el % MG cuando se valora mediante BIA con respecto al resto de grupos.
- En función del IMC, los sujetos con normopeso presentan valores significativamente inferiores en el % MG en relación a los de sobrepeso, obesidad grado 1 y 2.

- En función del IMC, los sujetos con obesidad grado 2, presentan valores mayores en el % MG que los sujetos con bajopeso, normopeso y sobrepeso.
- En función de la edad, los sujetos con en edades comprendidas entre los 15-25 y 26-35 años presentan valores significativos inferiores en el % MG que los grupos de edad 46-55, 56-65 y mayores de 66 años.
- Existen diferencias estadísticamente significativas ($p < 0,0001$) en cada una de las técnicas utilizadas entre los géneros masculino y femenino.
- Aparece una correspondencia positiva entre todas las técnicas utilizadas, hallando la mayor correlación $r = 0,997$ entre MG^{AM} y $\%MG^{ECO}$.

SOMATOTIPO

- Aparecen diferencias estadísticamente significativas ($p < 0,0001$) tanto en la endomorfia como en la mesomorfia entre los géneros masculino y femenino.
- En función de la actividad física, los sujetos de AFA presenta una endomorfia inferior que el resto de grupos.
- En función de la actividad física, el grupo de AFM muestra una menor endomorfia que el grupo de sedentarios y de AFL.
- En función de la edad, los sujetos de 15-25 años presenta diferencias estadísticamente significativas ($p < 0,05$) con el resto de grupos tanto en la endomorfia como en la mesomorfia y ectomorfia.
- En función de la edad, los sujetos de 26-35 años muestran diferencias estadísticamente significativas ($p < 0,05$) con los grupos 36-45; 46-55; 56-65 y >66 años para la endomorfia. Y, presenta diferencias estadísticamente significativas con respecto a los grupos 46-55; 56-65 y >66 años en lo que a mesomorfia y ectomorfia se refiere.
- En función del IMC, los sujetos con bajo peso tienen valores de endomorfia por debajo de los sujetos con sobrepeso, obesidad grado 1 y obesidad grado 2.
- En función del IMC, los sujeto con normopeso presentan diferencias estadísticamente significativas en la endomorfia con respecto a los sujetos con sobrepeso, obesidad grado 1 y obesidad grado 2.

- En función del IMC, los sujetos con sobrepeso, presentan valores mayores ($p < 0,05$) que los sujetos con bajo peso y normopeso, y ofrecen valores inferiores ($p < 0,05$) a aquellos sujetos que están en el grupo de obesidad grado 1 y obesidad grado 2.
- En función del somatotipo, los sujetos con bajo peso presentan valores inferiores en la mesomorfia que el resto de grupos.
- En función del somatotipo, los sujetos con bajo peso, normopeso y sobrepeso muestran diferencias estadísticamente significativas entre sí y con respecto al resto de grupos en la ectomorfia.
- Aparecen diferencias estadísticamente significativas ($p < 0,001$) entre los grupos con riesgo y sin riesgo cardiovascular tanto en la endomorfia como en la mesomorfia.
- Se encuentran diferencias estadísticamente significativas ($p < 0,05$) entre los grupos fumador y no fumador en la mesomorfia y la ectomorfia.
- En función del somatotipo, si aumenta la edad aumenta la endomorfia y la mesomorfia y la ectomorfia disminuye.
- En función del somatotipo, si aumentan los valores de masa corporal, IMC, perímetro de la cintura y cadera, diámetro antero-posterior del abdomen, índice cintura-talla, y los diámetros abdomen-talla y antero-posterior abdomen multiplicado por el número π , aumenta la endomorfia y la mesomorfia y disminuye la ectomorfia.
- En función del somatotipo, la endomorfia y mesomorfia disminuye y la ectomorfia aumenta si aumenta la talla.
- En función de las variables antropométricas, los 8 pliegues cutáneos y las 8 zonas cutáneas utilizadas para la antropometría y la ecografía, presentan correlaciones positivas con la endomorfia y la mesomorfia.
- En función de las variables antropométricas, si aumentan los valores de las zonas medidas para la antropometría y la ecografía, la ectomorfia disminuye.
- Si aumentan los valores de los pliegues, los diámetros obtenidos y los perímetros valorados, la ectomorfia disminuye.
- En función del somatotipo y la composición corporal, si aumentan los valores de MG, MR y la MG obtenida mediante BIA, aumenta la endomorfia y la mesomorfia.

- En función del somatotipo y la composición corporal, si la masa ósea aumenta, incrementa la ectomorfia.
- En función del somatotipo y la composición corporal, si aumenta MM (kg) aumenta la mesomorfia.
- En función del somatotipo y la composición corporal, si aumenta MM (%) aumenta la ectomorfia
- En función del somatotipo y la composición corporal, si aumenta la masa magra, aumenta la mesomorfia de los sujetos del estudio.
- La MG (%) valorada con BIA presenta correlaciones positivas con la endomorfia y mesomorfia y negativa con la ectomorfia.
- Si aumenta la MG (kg y %) obtenida con antropometría, aumenta la endomorfia y la mesomorfia.
- Si disminuye la MG (kg y %) obtenida con antropometría, aumenta la ectomorfia.

SOMATOCARTA

- En la somatocarta de la muestra de estudio, los hombres tienden hacia una endo-mesomorfia mientras las mujeres se acercan a una meso-endomorfia, encontrándose la totalidad de la muestra en un somatipo endomorfo-mesomorfo.
- En la somatocarta de la muestra de estudio atendiendo al IMC, los sujetos con sobrepeso y obesidad tipo 1 y 2 se encuentran fuera de la somatocarta.
- En la somatocarta atendiendo al IMC, las mujeres con bajo peso se encuentran en una zona endo-ectomorfia.
- En la somatocarta atendiendo al IMC, los hombres con normopeso se sitúan en la zona endo-mesomorfa, y las mujeres con normopeso en la zona meso-endomorfa.
- En la somatocarta atendiendo al IMC, la totalidad de la muestra con normopeso viene a ser endomorfa-mesomorfa.
- En la somatocarta atendiendo a la edad, los mayores de 66 años, de 56 a 65 años y 46-55 años se salen de la somatocarta por la zona mesomorfo-endomorfo.
- En la somatocarta atendiendo a la edad, hasta la edad de 45 años los sujetos de este estudio se encuentran dentro de la somatocarta.

- En la somatocarta atendiendo a sujetos fumadores y no fumadores, las mujeres fumadoras tienden a un valor central, mientras que las no fumadoras se sitúan en la zona meso-endomorfa.
- En la somatocarta atendiendo a la actividad física que realizan, los hombres sedentarios se encuentran en el borde de la somatocarta por la zona izquierda. Muy próximo a esa zona se encuentran los hombres que realizan AFL.
- En la somatocarta atendiendo a la actividad física que realizan, en la zona mesomorfo-endomorfo se hallan los hombres sedentarios, el total de los sujetos que realizan AFM y las mujeres que realizan AFA.
- En la somatocarta atendiendo a la actividad física que realizan, próximas a la zona central se sitúan las mujeres que realizan AFM y, en la zona endo-mesomorfia se encuentran los hombres que realizan AFM, AFA y el total de los sujetos de AFA.
- Los sujetos con riesgo cardiovascular se salen de la somatocarta por la zona correspondiente a la mesomorfia-endomorfia
- Los sujetos sin riesgo cardiovascular se encuentran en el interior de la somatocarta.

FÓRMULAS DERIVADAS DEL ESTUDIO.

- Se ha determinado la ecuación de regresión simple para estimar el %MG.
- Se ha determinado la ecuación de regresión múltiple para estimar el %MG.
- Se ha obtenido la fórmula que permite valorar el % de MG utilizando para ello un ecógrafo.
- Se ha obtenido la fórmula que permite valorar los kg de MG utilizando para ello un ecógrafo.
- Se ha obtenido la fórmula que permite valorar el % MM utilizando para ello un ecógrafo.
- Existe una correspondencia entre el % MG obtenido mediante mediciones antropométricas (Yuhasz), BIA, ecuaciones de regresión simple, múltiple y la ecuación ECO

- El método de impedancia presenta unos valores inferiores en la correlación de Pearson en comparación con el resto de métodos utilizados para ambos género y para toda la muestra de estudio.

VALIDACIÓN DE LAS FÓRMULAS ANTROPOMÉTRICAS CON ECÓGRAFO

- La fórmula que utiliza ecuaciones de regresión múltiple ofrece un error relativo inferior al resto de fórmulas.
- La fórmula ECO aunque ofrece un 0,15% más de error que la fórmula que utiliza ecuaciones de regresión múltiple, mejora la facilidad de uso.

COMPARACIÓN DE LAS SOMATOCARTAS

- La somatocarta obtenida a partir de los valores hallados mediante antropometría y ecografía presentan una representación gráfica próxima cuando se utilizan los valores obtenidos mediante la fórmula predictora del $\%MM^{ECO}$.



7. DISCUSIÓN

7. DISCUSIÓN.

Una vez se han mostrado los resultados, se va a proceder a la discusión de los mismos. La presente discusión se ha estructurado de la siguiente manera: Inicialmente, se justifica la investigación con cadáveres. A continuación se explica el tipo de materiales por los que se ha optado. De forma más amplia, se relacionan los resultados obtenidos en los sujetos vivos de la muestra con diferentes investigaciones de ámbito internacional afines con la temática.

La medida de la grasa subcutánea en humanos es útil para evaluar los riesgos de la salud que puede desencadenar la obesidad. A su vez, ayuda a monitorizar el estado de los atletas.

La mayoría de los métodos actualmente disponibles se basan en una serie de supuestos que son difíciles de validar *in vivo*. Sin embargo, las aportaciones del trabajo desarrollado por Clarys *et al.* (1984) en los estudios de análisis de cadáveres de Bruselas supusieron una enorme contribución.

Inicialmente, y antes de comenzar la fase experimental de esta tesis, se evaluó la correlación existente entre diferentes métodos de medición de la GC en cadáveres. Si bien, el estudio de Mitsiopoulos *et al.* (1998) utilizó para ello las imágenes de resonancia magnética y la tomografía computarizada con la intención de validar otros métodos para valorar la masa muscular esquelética, en este trabajo se han utilizado los métodos antropométricos, ecográficos y la incisión para valorar la composición corporal. El estudio de Martin *et al.* (2003) en el cual diseccionaron 31 cadáveres (15 hombres y 16 mujeres) llegó a la conclusión de que el uso de tales técnicas como la antropometría y los

ultrasonidos para evaluar la grasa corporal midiendo únicamente la capa subcutánea, permitía conocer la adiposidad visceral.

Se utilizó el ecógrafo portátil porque se consideró un aparato de ultrasonidos no invasivo que mide el grosor de grasa subcutánea y había sido validado en sujetos sedentarios (Pineau *et al.* 2009). Por otro lado, se optó por la antropometría ya que los métodos de campo son a menudo utilizados para monitorizar la composición corporal tanto en el área deportiva como en el campo de la salud (Ackland *et al.* 2012). La correlación existente entre la incisión y la ecografía efectuada en cada uno de los 8 puntos anatómicos medidos en cadáveres, confirmó que se debía continuar con el estudio para establecer un método válido y fiable basado en los ultrasonidos.

MUESTRA (SUJETOS VIVOS)

A la vista de los resultados obtenidos, puede considerarse que los grupos empleados en este estudio, han abarcado una muestra amplia para cada una de las variables valoradas.

Dentro de los datos biométricos se calculó la circunferencia de la cintura, como recomiendan van Dijk *et al.* (2012). Sin embargo, el interés fue mayor en el ICT ya que éste parámetro es un índice más estable que la medición de la cintura sólo, pues al corregir por la talla, se evita sobreestimar el riesgo en individuos altos y subestimarlos en los de baja estatura (Hsieh & Yoshinaga, 1999). Es muy útil para valorar el riesgo de cardiopatía, síndrome metabólico, hipertensión arterial, dislipemias y riesgo cardiovascular en general. La mayoría de estudios indican que los riesgos anteriormente descritos se encuentran aumentados cuando ICT es igual o superior a 0,5, tanto en hombres como en mujeres (Srinivasan *et al.* 2009; Stern *et al.* 1995), habiendo tomado como punto de corte dicho valor en el presente trabajo, aparecen diferencias

estadísticamente significativas entre el ICT de los sujetos sedentarios y los de AFA, siendo mayor en los sujetos que no realizaban actividad física. Al comparar los datos del ICT del presente estudio (varones = $0,486 \pm 0,601$; mujeres = $0,465 \pm 0,796$) con los valores obtenidos por Rodríguez *et al.* (2011) (varones = $0,53 \pm 0,7$; mujeres = $0,50 \pm 0,08$), encontramos que los de esta investigación son inferiores.

Cuando se compararon los valores del ICC obtenidos en esta investigación con los del estudio de Perissinotto *et al.* (2002) se observó que eran inferiores, tanto en hombres como en mujeres mayores de 65 años.

Los datos obtenidos con respecto al grupo de edad 15-25 años, han ofrecido valores inferiores ($p < 0,05$) tanto en la masa corporal como en el IMC, el ICC y el ICT que los sujetos de 36-45 y 56-65 años. Posiblemente, esto se deba a que existe un patrón diferente en la relación entre la distribución de grasa y la edad.

Al comparar la talla entre grupos, existen diferencias estadísticamente significativas entre el grupo de sobrepeso y los grupos de bajo peso ($p < 0,035$) y obesidad grado 2 ($p < 0,022$). La talla en combinación con la altura, se ha utilizado para demostrar los riesgos para la salud asociados con el sobrepeso y bajo peso y se utilizan ampliamente en la detección y monitorización de programas de seguimiento (Mattsson & Thomas, 2006).

El sobrepeso y la prevalencia de la obesidad en la población española es muy alta, y más de la mitad de la población está en riesgo de padecer enfermedad cardiovascular (Rodríguez *et al.* 2011). Muchos han sido los estudios realizados para asociar el IMC y la circunferencia de la cintura con el riesgo cardiovascular (Adarmouch *et al.* 2012; Berentzen *et al.* 2012; Bigaard *et al.* 2003; Bishnoi & Kaur, 2010; Dalton *et al.* 2003; Han *et al.* 1998; Huxley *et al.*, 2010; Pataky *et al.* 2009; Poirier, 2009; Ross *et al.* 2008). En este estudio se encontraron diferencias estadísticamente significativas ($p < 0,001$) entre

los grupos con riesgo y sin riesgo cardiovascular en la masa corporal, IMC, cintura e ICC. Estos datos confirman las conclusiones del estudio de Lawrence *et al.* (2007) donde se determina la asociación significativa entre la circunferencia de la cintura, el ICC y el riesgo de enfermedad cardiovascular.

El análisis correlacional ofreció datos interesantes con respecto a los valores antropométricos y al somatotipo obtenidos.

Las medidas antropométricas están asociadas con varias condiciones de salud (WHO, 1995), y el IMC ha sido ampliamente usado para reflejar la obesidad general. En dicho estudio los datos relativos a la edad, masa corporal, cintura, cadera, ICT y A-P abdom, aumentaron todos sus valores cuando aumentaba el IMC, a excepción de la altura, que disminuía. El IMC, sin embargo, no tiene en cuenta las proporciones del peso relacionado con el incremento de músculo o la distribución de un exceso de grasa en el cuerpo, los cuales pueden afectar en los riesgos de salud asociados a la obesidad (Dalton *et al.* 2003). A su vez, el IMC refleja pobremente la GC en atletas (Muralidhara, 2007). Lo mismo puede sucederle a las personas que hayan heredado genéticamente una buena musculatura (Katch & Katch, 1984).

Los datos obtenidos en el presente estudio mediante antropometría y ecografía aumentan todos sus valores de las zonas medidas (pliegues, perímetros y diámetros) cuando aumenta el IMC. A su vez, existe una correspondencia positiva entre el IMC y el % MG y los kg MG, coincidiendo con el estudio de Garrow & Webster (1985) que contrastaron que el aumento del IMC estaba asociado con el incremento del peso graso. Así mismo, el estudio de Otte *et al.* (2000) obtuvo una correlación alta del IMC de hombres y mujeres ($r = 0,81$ y $0,90$ respectivamente) con el peso graso.

DATOS ANTROPOMÉTRICOS

A partir de los datos antropométricos, se ha constatado que existe una correspondencia significativa en los pliegues valorados mediante antropometría y los puntos anatómicos valorados mediante ecografía. Así mismo, Weits *et al.* (1986) concluyen que la GC puede ser estimada con el mismo grado de exactitud utilizando la pinza de pliegues cutáneos o la técnica de ultrasonido en hombres jóvenes ($n = 26$; 18-32 años). Ulbricht *et al.* (2012) encontraron correlación ($r = 0,779$) en las mediciones de GC obtenidas a partir del plicómetro y los ultrasonidos en adultos jóvenes. El estudio de Lyon *et al.* (2006) encontró una correlación en las medidas mediante ultrasonidos y antropometría cuando se valoró el % MG en 39 atletas (15 hombres y 24 mujeres), siendo la correlación intraclase de 0,951 en las mujeres y de 0,945 en los hombres. En esta tesis, el % MG valorado mediante ecografía ($\%MG^{ECO}$) y antropometría, mostró una correlación aún mayor ($r = 0,989$). En la misma línea de resultados se encuentran los obtenidos por Fanelli *et al.* (1984) tras correlacionar las mediciones mediante ultrasonidos, plicometría y la densidad corporal determinada por peso hidrostático en 124 hombres no obesos, sugiriendo que la grasa corporal puede ser estimada con casi el mismo grado de exactitud utilizando tanto la medición de pliegues como la técnica de ultrasonidos.

El estudio de Selkow *et al.* (2011), parece mostrar una fuerte correlación entre estas dos herramientas de medida, sin embargo, la medición de los pliegues cutáneos del muslo sobreestimaba el espesor de grasa subcutánea en comparación con el método de ultrasonidos en individuos con altos valores de grasa. En esta tesis, las correlaciones entre los pliegues cutáneos antropométricos y los puntos anatómicos valorados mediante ecografía correlacionaron en 8 zonas: bíceps ($r = 0,86$), tríceps ($r = 0,89$), subescapular ($r = 0,85$), ileocrestal ($r = 0,78$), supraespinal ($r = 0,86$), abdominal ($r = 0,84$), muslo ($r = 0,90$) y pierna ($r = 0,94$). Similares resultados hallaron Volz & Ostrove (1984) al obtener correlaciones significativas ($p < 0,05$) entre los ultrasonidos y la medición de pliegues cutáneos en los siete sitios valorados (tríceps, bíceps, subescapular, suprailíaco, abdomen, muslo y pierna) en 66 mujeres (18-26 años). Bullen *et al.* (1965) mostraron la fiabilidad

de las medidas mediante ultrasonido en 3 lugares: tríceps ($r = 0,98$), subescapular ($r = 0,99$), y abdomen ($r = 0,99$). Haymes *et al.* (1976) hallaron correlación en 4 zonas: abdomen ($r = 0,98$), suprailiaco ($r = 0,87$), subescapular ($r = 0,91$) y tríceps ($r = 0,96$). A su vez, Booth *et al.* (1966) mostraron correlaciones de $r = 0,81$ entre las medidas de pliegues y ultrasonidos en las zonas umbilical y subescapular. En el estudio presente, dichas correlaciones fueron de $r = 0,84$ y $r = 0,85$ respectivamente.

COMPOSICIÓN CORPORAL

MASA GRASA (MG)

Haciendo alusión a la composición corporal, los sujetos sedentarios del estudio presentaban mayor % MG que los sujetos que realizaban actividad física media y alta. Esto lleva a sugerir que el sedentarismo es el principal determinante del incremento en la prevalencia de la obesidad (Ching *et al.* 1996; Varo *et al.* 2003). Por otro lado, los sujetos que realizaban AFA presentaban valores significativamente inferiores de MG (kg) que el resto de grupos. La reducción de peso debido a la actividad física por sí sola es beneficioso cualitativamente (casi todos los resultados de pérdida de peso son causa de la pérdida de grasa) (Garrow & Summerbell, 1995), y los efectos de la actividad física en la reducción de peso, sin una dieta de bajo consumo concomitante, han sido evaluados en un número considerable de estudios (Ballor & Keeseey, 1991; Garrow & Summerbell, 1995; Ross & Janssen, 2001; Wing, 1999). En estos estudios se llega a la conclusión de que: el ejercicio aeróbico produce una pérdida modesta de peso sin necesidad de hacer dieta (Garrow & Summerbell, 1995); la pérdida de peso después de la práctica de ejercicio de tipo aeróbico, aunque modesta, fue mayor en los varones (Ballor & Keeseey, 1991); los ensayos aleatorizados mostraban beneficios consistentes de la actividad física para bajar de peso (Wing, 1999); el aumento de la actividad física expresada como energía utilizada está positivamente relacionada con la reducción de la adiposidad total en una manera dosis-respuesta (Ross & Janssen, 2001).

Los sujetos obesos de grado 2 presentaban valores superiores en el % MG que los grupos de bajopeso, normopeso y sobrepeso. Existe una relación significativa inversa entre la actividad física y los índices de grasa (Davies, 1995; Schoeller & Schulz, 1994).

Al hacer alusión a la edad de los sujetos del estudio, los que se encontraban entre 15 y 25 años presentaban valores significativamente inferiores en su % MG que los sujetos del grupo de edad de 46-55, 56-65 y <66 años. Una posible explicación podría ser que, ante un IMC fijo, la MG corporal aumenta con la edad (1,9kg / década), al igual que el %MG (1,1 a 1,4% / década) (Meeuwsen *et al.* 2010). Parece ser que en hombres de edad avanzada, el % MG aumenta inicialmente y luego se estabiliza o disminuye. Tal cambio se ha atribuido a la disminución acelerada de la masa magra, junto con un aumento inicial y una disminución posterior en MG. Las mujeres muestran un patrón similar (Ding *et al.* 2007). Por otro lado, la grasa intramuscular y la grasa visceral tienden a aumentar con el envejecimiento, mientras que se produce una disminución de la grasa subcutánea en otras áreas de la cuerpo (Goodpaster *et al.* 2006; Hughes *et al.* 2004; Song *et al.* 2004).

MASA ÓSEA (MO)

Dada la evidencia de numerosos estudios, no hay duda de que la carga mecánica del peso aplicada de forma dinámica durante la actividad física tiene efectos positivos en el aumento óseo (Andreoli *et al.* 2001; Duncan *et al.* 2002; Heinonen *et al.* 1993; Heinonen *et al.* 1995; Martínez *et al.* 2005a; Martínez *et al.* 2005b; Taaffe *et al.* 1995; Taaffe *et al.* 1997). En el presente estudio, aparece una MO (% y kg) inferior en los sujetos sedentarios en comparación con los que realizan actividad física media y alta.

MASA MUSCULAR (MM)

Los sujetos que realizaban AFA presentaban valores de MM (% y kg) significativamente mayores que el resto de grupos. A su vez, los sujetos de AFM presentaban valores superiores de MM (%) que los grupos de sedentarios y de AFL. Se

conoce el efecto positivo del ejercicio físico cuando el objetivo es reducir la MG. Además, si el ejercicio es intermitente y de alta intensidad, se ha demostrado que la pérdida de grasa es mayor (Boutcher, 2011).

BIA (%MG)

La BIA es otro método accesible, seguro y rentable que evita la exposición a la radiación y ha sido ampliamente utilizado para medir la composición corporal en poblaciones clínicas (Kyle *et al.* 2004; Mourtzakis *et al.* 2008). Se basa en varias suposiciones subyacentes que pueden tener un mayor o menor grado de validez dependiendo del individuo que se está midiendo. Al basarse en las diferencias en la resistencia cuando una corriente eléctrica discurre a través de los componentes de MG y MMagra del cuerpo (Shuster *et al.* 2012), se debe tener precaución al interpretar estos resultados ya que se basan en mediciones de los tejidos que pueden estar influidas por el estado de hidratación. Como señaló Ryde *et al.* (1993), pone en duda la validez de los distintos supuestos en individuos cuya composición corporal se aleje de la norma (Ryde *et al.* 1993).

En el presente estudio, apareció una correspondencia positiva entre el % MG obtenido mediante mediciones antropométricas (ecuación Yuhasz), BIA, y las ecuaciones obtenidas a partir de los datos valorados con ultrasonidos. El estudio de Ostojic (2006) encontró, en atletas profesionales, que las estimaciones de GC fueron similares entre la medición de pliegues cutáneos (7 pliegues) y la BIA con una correlación significativa ($r = 0,96$) entre los métodos. En la misma línea de resultados se encuentra el estudio de Portal *et al.* (2010) que determinó que el %MG medido con antropometría y BIA estaba correlacionado positivamente ($r > 0,83$) en jóvenes jugadores de voleibol. Así mismo, Martín *et al.* (2001) encuentran una concordancia alta entre el % GC obtenido mediante medidas antropométricas (ecuación Siri-específica) y la BIA (monitor Omron BF 300®), con un CCI con límite inferior del intervalo de confianza al 95% por encima de 0,85 y un coeficiente de correlación de Spearman mayor de 0,88.

Cuando se correlaciona la BIA y los ultrasonidos para determinar el %GC del tronco, Johnson *et al.* (2012) encuentran una correlación ($r = 0,713$) significativa ($p = 0,01$) en 26 estudiantes universitarios (18 hombres; 8 mujeres; $22,9 \pm 1,35$ años). Pineau *et al.* (2009) encontraron una correlación entre la BIA y el ultrasonido ($r = 0,91$) consistente con la del presente estudio ($r = 0,865$) cuando se utilizó la fórmula del %MG^{ECO}.

SOMATOTIPO

Al comparar el somatotipo entre los géneros de la muestra, aparecieron diferencias estadísticamente significativas ($p < 0,0001$) tanto en la endomorfia como en la mesomorfia entre hombres y mujeres. En la investigación de Almeida *et al.* (2013) se observó un predominio significativo del endomorfismo en mujeres en comparación con los hombres.

En función de la edad, los sujetos de 15-25 años presentaron diferencias estadísticamente significativas ($p < 0,05$) con el resto de grupos tanto en la endomorfia como en la mesomorfia y ectomorfia. Resultados parecidos encontraron Almeida *et al.* (2013), donde el grupo de edad ≤ 29 años mostró valores inferiores en la endomorfia a los del resto de grupos de edad.

Cuando se observó el efecto que tenía la edad sobre el somatotipo de la muestra estudiada, se observó que al aumentar la edad aumentaba la endomorfia y disminuía la ectomorfia. El proceso de envejecimiento se caracteriza por una disminución en la capacidad fisiológica (Fulop *et al.* 2010), cambios en el IMC (Rexhepi *et al.* 2011), así como en la composición corporal, produciéndose una disminución de la MM y la densidad mineral ósea y aumentando el contenido de la MG corporal (Rolland *et al.* 2009).

Por otro lado, en este estudio se observó cómo al aumentar la MG (kg y %) obtenida mediante la medición antropométrica, aumentaba la endomorfia. En la misma línea que la presente investigación, aparecen otros estudios donde encontraron una buena (Wilmore, 1970) o moderada (Susanne, 1998) relación del endomorfismo y la GC en ambos sexos.

Al hacer referencia a la ectomorfia, en dicha investigación aumentaba ésta conforme disminuía la MG (kg y %). El estudio de Fett *et al.* (2006) reveló que la ectomorfia se relacionaba positivamente con el factor esquelético y negativamente con los factores musculares y la GC (Fett *et al.* 2006).

SOMATOCARTA

En la somatocarta de la muestra de estudio, los hombres tienden hacia una endomesomorfia mientras las mujeres se acercan a una meso-endomorfia, encontrándose la totalidad de la muestra en un somatipo endomorfo-mesomorfo. En la somatocarta de la muestra de estudio atendiendo al IMC, los sujetos con sobrepeso y obesidad tipo 1 y 2 se encuentran fuera de la somatocarta. Si relacionamos los datos del presente estudio con la zona de riesgo de padecer patologías crónicas (ver Figura 31) que plantea Sánchez (2011) en su Tesis Doctoral, encontramos que los sujetos de este estudio que presentan Obesidad Grado 2 (tanto hombres como mujeres), Obesidad Grado 1 (tanto hombres como el total), y sobrepeso, se encuentran en dicha área. A su vez, los sujetos, hombres y mujeres, que integran el grupo de riesgo cardiovascular, también muestran una somatocarta incluida en dicha zona. Finalmente, y atendiendo a la edad, los hombres con edades comprendidas entre 46-55 y 56-65 años, así como, las mujeres mayores de 66 años, se encuentran en la zona de riesgo de padecer alguna enfermedad crónica.

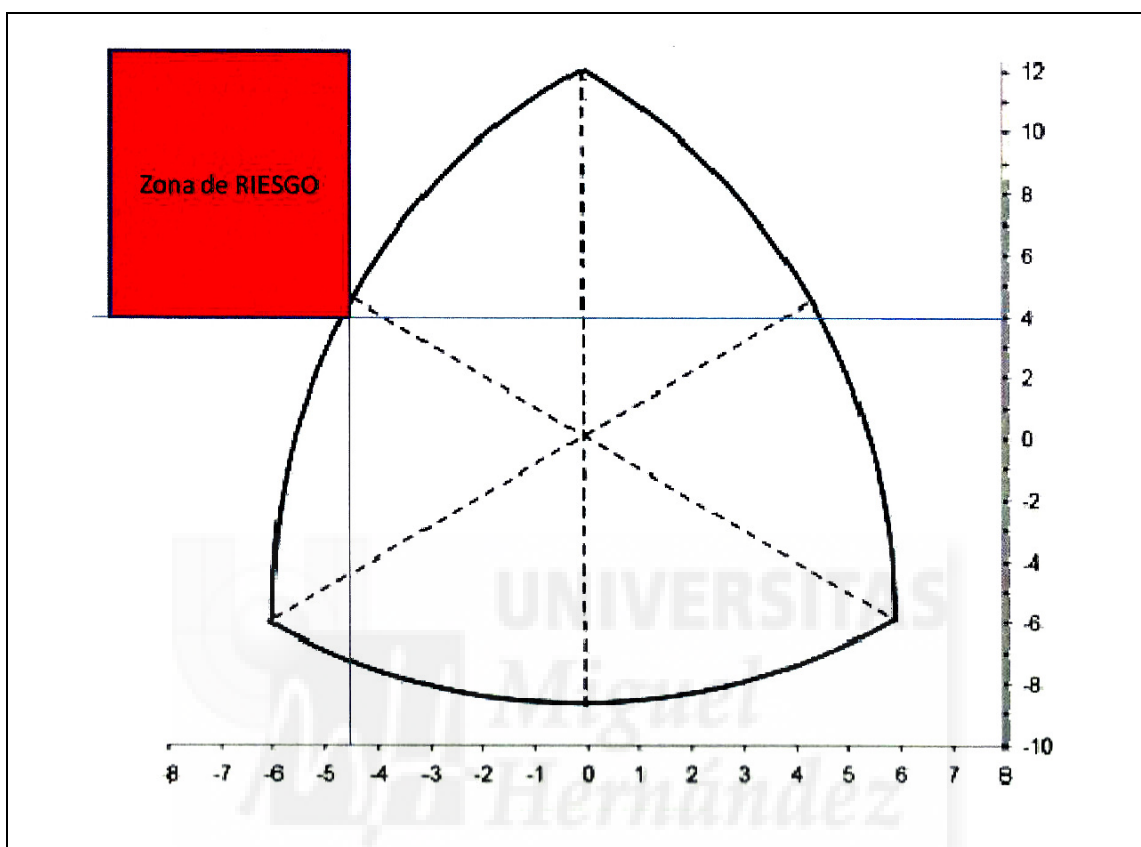


Figura 31. Zona de riesgo en la somatocarta para padecer enfermedades crónicas. (Adaptado de Sánchez, 2011).

FÓRMULAS DERIVADAS DEL ESTUDIO

En la presente investigación, se han determinado una serie de ecuaciones para estimar el % MG. A su vez, la mayor aportación se presenta con la fórmula que permite valorar la MG (kg y %) y el % MM de una forma rápida y sencilla utilizando para ello un ecógrafo que se aplica sobre 6 puntos anatómicos. Se ha demostrado la existencia de una correspondencia entre el % MG obtenido mediante mediciones antropométricas (Yuhasz), BIA, ecuaciones de regresión simple, múltiple y la ecuación ECO.

Cuando se han relacionado los métodos de ultrasonografía (ESAOTE Mylab50 XVision), bioimpedanciometría (Aker Bioreserch) y antropometría (ISAK 2001) en 60 deportistas varones (17-46 años), se ha encontrado que existe una correlación entre los valores del % MG medida en la región abdominal (Losa *et al.* 2012). En esta investigación la correlación se ha dado en cada uno de los métodos utilizados para una muestra de 221 sujetos con edades comprendidas entre los 15 y los 80 años.

El estudio de Duz *et al.* (2009) comparó los métodos de pliegues cutáneos (3 pliegues Jackson & Pollock), ecografía (General Electric LOGIQTM 100 Portable Ultrasound System, Wisconsin, USA) y BIA (Omron BF300) con DEXA (Lunar DPX-L scanner) con la finalidad de evaluar la GC en 208 estudiantes universitarios (18–26 años). Su principal hallazgo fue que los pliegues cutáneos, la BIA y el ultrasonido subestimaban el % GC en comparación con DEXA tanto en hombres como en mujeres. Por otro lado, desarrollaron ecuaciones de regresión para predecir el % MG mediante las mediciones antropométricas y con ultrasonidos realizadas en 3 sitios tomando el DEXA como método de referencia. Se concluyó que dichas ecuaciones eran válidas y fiables. Como limitación del estudio de Duz *et al.* (2009) encontramos que la población con la que fue realizado eran en su totalidad jóvenes normoactivos, con lo que sus conclusiones son específicas para una población de un rango de edad y actividad física limitada. Otra limitación, es el hecho de que la estimación del % MG a partir de pliegues cutáneos y de ultrasonidos se basó en pruebas anteriores de pesaje bajo el agua.

El presente estudio, si bien halló una correspondencia positiva entre todas las técnicas utilizadas para valorar el % MG, la mayor correlación ($r = 0,99$) la obtuvo entre el % MG^{AM} y el % MG^{ECO}.

El método de impedancia presentó unos valores inferiores en la correlación de Pearson en comparación con el resto de métodos utilizados para ambos género y para toda la muestra de estudio. Si a este resultado obtenido en esta investigación le añadimos las

conclusiones del estudio de Lukaski *et al.* (1990), que afirma que cuando existen alteraciones en el agua corporal no es adecuado el uso del método BIA, se puede pensar que el uso del método mediante ultrasonidos presenta grandes ventajas. Además, el ultrasonido ha demostrado ser una técnica superior a la antropometría para medir la grasa subcutánea en personas obesas (Kuczmarski *et al.* 1987).

La valoración de la composición corporal mediante el método por ultrasonidos puede ser utilizado con precisión en todo tipo de individuos sanos, tanto para hombres como para mujeres. La ecografía ha demostrado ser una herramienta no invasiva y fiable adecuada para la cuantificación de la grasa abdominal, y ha demostrado ser tan útil como la tomografía computerizada en la evaluación de la grasa abdominal (Armellini *et al.* 1990; Armellini *et al.* 1993; Hirooka *et al.* 2005; Ribeiro-Filho *et al.* 2003).





8. CONCLUSIONES

8. CONCLUSIONES.

1. Es posible utilizar un método cineantropométrico más rápido, igual de preciso y con una aplicación de menor dificultad que la medición de pliegues cutáneos para obtener el % MG, el % MM y los kg de MG.
2. El método de ultrasonidos permite obtener unos registros que correlacionan positivamente ($p < 0,05$; $p < 0,01$) con las medidas ofrecidas mediante incisión en cadáveres frescos fijados y conservados con el método de Walther Thiel.
3. Se verifica el grado de correlación existente ($p < 0,0001$) entre los tres métodos de estimación de la composición corporal (% MG) tras su aplicación en una muestra de individuos jóvenes y adultos, de ambos sexos.
4. Existe una correlación significativa ($p < 0,0001$) entre la cineantropometría y la impedancia bioeléctrica.
5. Se establece una correlación significativa ($p < 0,0001$) entre la cineantropometría y la medición de grasa corporal mediante ecografía.
6. Se valora positivamente el comportamiento de la ecografía como método para el cálculo del % MG, el % MM y los kg de MG, tras evaluar la composición corporal utilizando diferentes métodos indirectos.
7. Se han determinado tres índices ó fórmulas que permiten valorar la composición corporal (% MG, % MM y kg MG) de una forma sencilla y fiable en jóvenes y adultos sanos.
8. Quedan validadas las fórmulas para obtener el % MG, el % MM y los kg MG en sujetos vivos utilizando el ecógrafo como método de valoración de la composición corporal.



9. PERSPECTIVAS FUTURAS DE INVESTIGACIÓN

9. PERSPECTIVAS FUTURAS DE INVESTIGACIÓN

La comparación de los métodos revela que las tres técnicas tienen una correspondencia positiva entre ellas. Las ecuaciones de regresión desarrolladas a partir de este estudio utilizando los pliegues cutáneos y el ultrasonido, son apropiadas para una muestra cuyo rango de edad va desde los 15 hasta los 80 años. Por lo que, estos resultados muestran que las nuevas ecuaciones desarrolladas son correctas para la población española. Sin embargo, sería recomendable seguir otra línea de investigación donde se desarrollen las ecuaciones existentes para diferentes poblaciones teniendo en cuenta su etnia.

A partir de la nueva técnica desarrollada para valorar la composición corporal mediante ultrasonidos, se propone continuar con esta línea de investigación utilizando el ecógrafo 3D portátil.

La técnica de impedancia permite la determinación del % MG en sujetos sanos sin anomalías electrolíticas. Sin embargo, tras obtener en esta investigación unos valores inferiores en comparación con el resto de métodos utilizados para ambos género y para toda la muestra de estudio, son necesarias más investigaciones utilizando un modelo válido que garantice que los valores no se vean alterados.

Dicha investigación actual ha desarrollado un método manual, no invasivo el cual correlaciona con la medición de pliegues cutáneos. Con la intención de mejorar la precisión para valorar el grosor real de grasa, se propone utilizar otras técnicas de imagen como son la TAC y la RMN como herramientas complementarias.

Las funciones y características de la ecografía únicas lo convierten en una herramienta valiosa en la evaluación de la composición corporal de ciertas poblaciones clínicas donde otros métodos de composición corporal han fracasado o son muy limitados.





10. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

10. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.

1. Abate N, Burns D, Peshock RM, Garg A, Grundy SM. Estimation of adipose tissue mass by magnetic resonance imaging: validation against dissection in human cadavers. *J Lipid Res.* 1994; 35:1490-1496.
2. Ackland TR, Lohman TG, Sundgot-Borgen J, Maughan RJ, Meyer NL, Stewart AD, Müller W. Current status of body composition assessment in sport: review and position statement on behalf of the ad hoc research working group on body composition health and performance, under the auspices of the I.O.C. Medical Commission. *Sports Med.* 2012; 42(3):227-249.
3. ACSM. Guidelines for exercise testing and prescription. Seventh Edition. Printer RR Donnellet & Sons. Crawfordsville. United States of America, 2006.
4. Adarmouch L, Sebbani M, Amine M. Correlation between body mass index and waist circumference in individuals aged 15 years and over. *Nutr clín diet hosp.* 2012; 32(2):82-86.
5. Albuquerque, F. Estudio comparativo intermetodológico de la composición corporal (antropometría, BIA y DEXA). Tesis Doctoral. Departamento de Anatomía e Histología Humanas. Universidad de Salamanca; 2008.
6. Almeida AH, Santos SA, Castro PJ, Rizzo JA, Batista GR. Somatotype analysis of physically active individuals. *J Sports Med Phys Fitness.* 2013; 53(3):268-273.
7. Alvero JR, Cabañas MD, Herrero de Lucas A, Martínez L, Moreno C, Porta J, Sillero M, Sirvent JE. Protocolo de valoración de la composición corporal para el reconocimiento médico-deportivo. Documento de consenso del Grupo Español de Cineantropometría (GREC) de la Federación Española de Medicina del Deporte (FEMEDE). Versión 2010. *Archivos de Medicina del Deporte.* 2010; 25(139):330-344.

8. Andreoli A, Monteleone M, Van Loan M, Promenzio L, Tarantino U, De Lorenzo A. Effects of different sports on bone density and muscle mass in highly trained athletes. *Med Sci Sports Exerc.* 2001; 33:507-511.
9. Aréchiga J. Composición Corporal. Curso ISAK Nivel 1. Facultad de Medicina. Universidad Alcalá de Henares. Julio 2009.
10. Armellini F, Zamboni M, Rigo L, Todesco T, Bergamo-Andreis IA, Procacci C, Bosello O. The contribution of sonography to the measurement of intraabdominal fat. *J Clin Ultrasound.* 1990; 18:563–567.
11. Armellini F, Zamboni M, Robbi R, Todesco T, Rigo L, Bergamo-Andreis IA, Bosello O. Total and intra-abdominal fat measurements by ultrasound and computerized tomography. *Int J Obes Relat Metab Disord.* 1993; 17:209–214.
12. Ashwell M, Hsieh SD. Six reasons why the waist-to-height ratio is a rapid and effective global indicator for health risks of obesity and how its use could simplify the international public health message on obesity. *Int J Food Sci Nutr.* 2005; 56(5):303-307.
13. Ayvaz G, Çimen AR. Methods for Body Composition Analysis in Adults. *The Open Obesity Journal.* 2011; 3:62-69.
14. Bailey DA, McCulloch RG. Bone tissue and physical activity. *Can J Sport Sci.* 1990; 15:229- 239.
15. Ballor DL, Keeseey RE. A meta-analysis of the factors affecting exercise-induced changes in body mass, fat mass and fat-free mass in males and females. *Int J Obes.* 1991; 15: 717–726.
16. Barr SI, McCargar LJ, Crawford SM. Practical use of body composition analysis in sport. *Sports Med.* 1994; 17:277-282.
17. Baumgartner RN, Chumlea WC, Roche AF. Bioelectrical impedance, phase angle and body composition. *Am J Clin Nutr.* 1988; 48:6-23.
18. Behnke AR, Feen BG, Welham WC. The specific gravity of healthy men. *Journal of the American Medical Association.* 1942; 118:495- 498.

19. Berentzen TL, Ängquist L, Kotronen A, Borra R, Yki-Järvinen H, Iozzo P, Parkkola R, Nuutila P, Ross R, Allison DB, Heymsfield SB, Overvad K, Sørensen TIA, Jakobsen MU. Waist Circumference Adjusted for Body Mass Index and Intra-Abdominal Fat Mass. *Plos One*. 2012; 7(2):1-6.
20. Bigaard J, Tjønneland A, Thomsen BL, Overvad K, Heitmann BL, Sørensen TI. Waist circumference, BMI, smoking, and mortality in middle-aged men and women. *Obes Res*. 2003; 11:895–903.
21. Bishnoi D, Kaur T. Predictor of cardiovascular disease with respect to BMI, WHR and lipid profile in females of three population groups. *Biology and Medicine*. 2010; 2(2):32-41.
22. Booth RD, Goddard BA, Paton A. Measurement of fat thickness in man: a comparison of ultrasound, harpenden calipers and electrical conductivity. *Br. J. Nutr*. 1966; (20):719-725.
23. Boutcher SH. “High-intensity intermittent exercise and fat loss,” *Journal of Obesity*. 2011(2011):1-10.
24. Bracco D, Thiébaud D, Chioloro RL, Landry M, Burckhardt P, Schutz Y. Segmental body composition assessed by bioelectrical impedance analysis and DEXA in humans. *J Appl Physiol*. 1996; 81:2580-2587.
25. Briñas, L. Características antropométricas en el Síndrome de Marfan. Tesis Doctoral. Departamento de Física, ingeniería de sistemas y teoría de la señal. Universidad de Alicante; 2006.
26. Bullen BA, Quaade F, Olesen E, Lund SA. Ultrasonic reflection used for measuring subcutaneous fat in humans. *Human Biology*. 1965; 37:374–384.
27. Carlyon R, Gore CJ, Woolford S, Bryant R. Calibrating Harpenden Skinfold Calipers. In: Norton K. Olds, T. (Eds.), *Anthropometrica*. UNSW Press, Sydney; 1996.
28. Carr DB, Utzschneider KM, Hull RL, Kodama K, Retzlaff BM, Brunzell JD, Shofer JB, Fish BE, Knopp RH, Kahn SE. Intra-abdominal fat is a major determinant of the National Cholesterol Education Program Adult Treatment Panel III criteria for the metabolic syndrome. *Diabetes*. 2004; 53(8):2087-2094.

29. Carter JEL. Body composition of Montreal Olympic Athletes. En: Carter JEL (ed.) Physical Structure of the Olympic Athletes Part I: The Montreal Olympic Games Anthropological Project, vol. 16. Karger, Basel, 1982. p. 107-116.
30. Cascales, P. Medición de la impedancia eléctrica en la valoración del daño isquémico del hígado en el trasplante hepático experimental y clínico. Tesis Doctoral. Departamento de Patología y Cirugía. Facultad de Medicina. Universidad de Alicante; 1992.
31. Ching PL, Willett WC, Rimm EB, Colditz GA, Gortmaker SL, Stampfer MJ. Activity level and risk of overweight in male health professionals. *Am J Public Health*. 1996; 86(1):25-30.
32. Clarys JP, Martin AD, Drinkwater DT. Gross tissue weights in the human body by cadaver dissection, *Hum Biol*. 1984; 56:459-473.
33. Conway JM, Norris KH, Bodwell CE. A new approach for the estimation of body composition: infrared interactance. *Am J Clin Nutr*. 1984; 40:1123-1130.
34. Dalmau MR. Riesgo cardiovascular y composición corporal medida con impedancia bioeléctrica. Tesis Doctoral. Departament de Medicina i Cirurgia. Facultat de Medicina i Ciències de la Salut. Universitat Rovira i Virgili; 2007.
35. Dalton M, Cameron AJ, Zimmet PZ, Shaw JE, Jolley D, Dunstan DW, Welborn TA. Waist circumference, waist-hip ratio and body mass index and their correlation with cardiovascular disease risk factors in Australian adults. *J Intern Med*. 2003; 254(6):555-563.
36. Davies PSW, Gregory J, White A. Physical activity and body fatness in pre-school children. *Int J Obes*. 1995; 19:6-10.
37. de Koning L, Merchant AT, Pogue J, Anand SS. Waist circumference and waist-to-hip ratio as predictors of cardiovascular events: meta-regression analysis of prospective studies. *Eur Heart J*. 2007; 28(7):850-856.
38. Ding J, Kritchevsky SB, Newman AB, Taaffe DR, Nicklas BJ, Visser M, Lee JS, Nevitt M, Tylavsky FA, Rubin SM, Pahor M, Harris TB. Effects of birth cohort and age on body composition in a sample of community-based elderly. *Am J Clin Nutr*. 2007; 85(2):405-410.

39. Drinkwater D.Th. An anatomical derived method for the anthropometric estimation of human body composition. Tesis Doctoral. Departamento de Kinesiología. Simon Fraser University, British Columbia (Canadá); 1984.
40. Duncan CS, Blimkie CJ, Cowell CT, Burke ST, Briody JN, Howman-Giles R. Bone mineral density in adolescent female athletes: relationship to exercise type and muscle strength. *Med Sci Sports Exerc.* 2002; 34:286-294.
41. Duz S, Kocak M, Korkusuz F. Evaluation of body composition using three different methods compared to dual-energy X-ray absorptiometry. *European Journal of Sport Science.* 2009; 9(3):181-190.
42. Esparza F, Cabañas M^aD. Compendio de cineantropometría. CTO Editorial, Madrid; 2009.
43. Fanelli MT, Kuczmarski J. Ultrasound as an approach to assessing body composition. *The American Journal of Clinical Nutrition.* 1984; 39:703-709.
44. Fett CA, Fett WCR, Oyama SR, Marchini JS. Body composition and somatotype in overweight and obese women pre- and post-circuit training or jogging. *Rev Bras Med Esporte.* 2006; 12(1):45-50.
45. Forbes GB. Lean body mass-body fat interrelationships in humans. *Nutr Rev.* 1987; 45:225-231.
46. Fulop T, Larbi A, Witkowski JM, McElhaney J, Loeb M, Mitnitski A, Pawelec G. Aging, frailty and age-related diseases. *Biogerontology.* 2010; 11(5):547-563.
47. Garrido, RP. Correlación entre las variables antropométricas en deportistas de élite. Tesis Doctoral. Departamento de Medicina Clínica. Facultad de Medicina. Universidad Miguel Hernández; 2005.
48. Garrow JS, Summerbell CD. Meta-analysis: effect of exercise, with or without dieting, on the body composition of overweight subjects. *Eur J Clin Nutr* 1995; 49:1-10.
49. Garrow JS, Webster J. Quetelet's index (W/H²) as a measure of fatness. *International Journal of Obesity.* 1985; 9:147-153.
50. Gerardo J, Córdova A, González J, Garrido G, Villegas JA. Nutrición del deportista. Editorial Gymnos, Madrid; 2000.

51. Gibson AL, Heyward VH y Mermier CM. Predictive accuracy of Omron body logic analyzer in estimating relative body fat of adults. *Int J Sport Nutr Exerc Metab.* 2000; 10:216-227.
52. Goodpaster BH, Krishnaswami S, Resnick H, Kelley DE, Haggerty C, Harris TB, Schwartz AV, Kritchevsky S, Newman AB. Association between regional adipose tissue distribution and both type 2 diabetes and impaired glucose tolerance in elderly men and women. *Diabetes Care.* 2003; 26(2):372-379.
53. Goodpaster BH, Park SW, Harris TB, Kritchevsky SB, Nevitt M, Schwartz AV, Simonsick EM, Tylavsky FA, Visser M, Newman AB. The loss of skeletal muscle strength, mass, and quality in older adults: the health, aging and body composition study. *J Gerontol A Biol Sci Med Sci.* 2006; 61(10):1059-1064.
54. Gore CJ, Woolford SM, Carlyon RG. Calibrating skinfold calipers. *J Sports Sci.* 1995; 13(4):355-360.
55. Guyton AC, Hall JE. (2001). *Tratado de fisiología médica.* 10ª Edición. Madrid. McGraw-Hill, p. 1178.
56. Han TS, Bijnen FC, Lean ME, Seidell JC. Separate associations of waist and hip circumference with lifestyle factors. *Int J Epidemiol.* 1998; 27:422-430.
57. Hayashi T, Boyko EJ, Leonetti DL, McNeely MJ, Newell-Morris L, Kahn SE, Fujimoto WY. Visceral adiposity and the risk of impaired glucose tolerance: a prospective study among Japanese Americans. *Diabetes Care.* 2003; 26(3):650-655.
58. Haymes EM, Lundegren HM, Loomis JL, Buskirk ER. Validity of the ultrasonic technique as a method of measuring subcutaneous adipose tissue. *Ann Hum Biol.* 1976; 3(3):245-251.
59. Heinonen A, Oja P, Kannus P, Sievanen H, Haapasalo H, Manttari A, Vuori I. Bone mineral density in female athletes representing sports with different loading characteristics of the skeleton. *Bone.* 1995; 17:197-203.
60. Heinonen A, Oja P, Kannus P, Sievanen H, Manttari A, Vuori I. Bone mineral density of female athletes in different sports. *Bone Miner.* 1993; 23:1-14.

61. Herrero de Lucas, A. Cineantropometría: Composición corporal y somatotipo de futbolistas que desarrollan su actividad en la Comunidad de Madrid. Tesis Doctoral. Facultad de Medicina. Universidad Complutense de Madrid; 2004.
62. Heymsfield SB, Wang Z, Baumgartner RN, Ross R. Human body composition: advances in models and methods. *Annu Rev Nutr.* 1997; 17:527-558.
63. Heyward VH. ASEP Methods Recommendation: Body Composition Assessment. *JEPonline.* 2001; 4(4):1-12.
64. Hills AP, Byrne NM. Bioelectrical impedance and body composition assessment. *Mal J Nutr.* 1998; 4:107-112.
65. Hirooka M, Kumagi T, Kurose K, Nakanishi S, Michitaka K, Matsuura B, Horiike N, Onji M. A technique for the measurement of visceral fat by ultrasonography: comparison of measurements by ultrasonography and computed tomography. *Int Med.* 2005; 44:794-799.
66. Houtkooper LB, Lohman TG, Going SB, Howell WH. Why bioelectrical impedance analysis should be used for estimating adiposity. *American Journal of Clinical Nutrition.* 1996; 64:436-448.
67. Hsieh SD, Yoshinaga H. Do people with similar waist circumference share similar health risks irrespective of height? *Tohoku J Exp Med.* 1999; 188(1):55-60.
68. <http://www.sonosite.com/products/titan/specifications/>
69. Hughes VA, Roubenoff R, Wood M, Frontera WR, Evans WJ, Fiatarone Singh MA. Anthropometric assessment of 10-y changes in body composition in the elderly. *Am J Clin Nutr.* 2004; 80(2):475-482.
70. Huxley R, Mendis S, Zheleznyakov E, Reddy S, Chan J. Body mass index, waist circumference and waist: hip ratio as predictors of cardiovascular risk-a review of the literature. *Eur J Clin Nutr.* 2010; 64(1):16-22.
71. Hytten FE, Taylor K, Taggart N. Measurement of total body fat in man by absorption of ⁸⁵Kr. *Clin Sci.* 1966; 31(1):111-119.

72. ISAK: Sociedad Internacional para el Avance de la Kinantropometría. Manual: Estándares Internacionales para la Valoración Antropométrica. Curso ISAK Nivel 1. Facultad de Medicina. Universidad Alcalá de Henares. Julio 2009.
73. Johnson KE, Naccarato IA, Corder MA, Repovich WES. Validation of Three Body Composition Techniques with a Comparison of Ultrasound Abdominal Fat Depths against an Octopolar Bioelectrical Impedance Device. *International Journal of Exercise Science*. 2012; 5(3): 205-213.
74. Katch FI, Katch VL. The body composition profile. Techniques of measurement and applications. *Clin Sports Med*. 1984; 3(1):31-63.
75. Kissebah AH. Intra-abdominal fat: is it a major factor in developing diabetes and coronary artery disease? *Diabetes Res Clin Pract*. 1996; 30(Suppl):25-30.
76. Kissebah AH, Krakower GR. Regional adiposity and morbidity. *Physiol Rev*. 1994; 74:761- 811.
77. Kissebah AH, Vydelingum N, Murray R, Evans DJ, Hartz AJ, Kalkhoff RK, Adams PW. Relation of body fat distribution to metabolic complications of obesity. *J Clin Endocrinol Metab*. 1982; 54:254-260.
78. Koester RS, Hunter GR, Synder S, Khaled MA, Berland LL. Estimation of computerized tomography derived abdominal fat distribution. *Int J Obes*. 1992; 16:113-121.
79. Kuczmarski RJ, Fanelli MT, Koch GG. Ultrasonic assessment of body composition in obese adults: Overcoming the limitations of the skinfold caliper. *American Journal of Clinical Nutrition*. 1987; 45(4):717-724.
80. Kuriyan R, Thomas T, Kurpad AV. Total body muscle mass estimation from bioelectrical impedance analysis & simple anthropometric measurements in Indian men. *Indian J Med Res*. 2008; 127(5):441-446.
81. Kyle UG, Bosaeus I, De Lorenzo AD, Deurenberg P, Elia M, Manuel Gómez J, Lilienthal Heitmann B, Kent-Smith L, Melchior JC, Pirlich M, Scharfetter H, MWJ Schols A, Pichard C. Bioelectrical impedance analysis-part II: utilization in clinical practice. *Clin Nutr*. 2004; 23:1430–1453.

82. Lesser GT, Peil W, Steele JM. Determination of total body fat by absorption of an inert gas; measurements and results in normal human subjects. *J. Clin. Invest.* 1960; 39:1791-1806.
83. Lesser GT, Deutsch S, Markofsky J. Use of independent measurement of body fat to evaluate overweight and underweight. *Metabolism.* 1971; 20(8):792-804.
84. Lohman TG. *Advances in body composition assessment.* Human Kinetics, Champaign, Illinois; 1992.
85. López JA, Gorostiaga E. Evaluación del deportista de alto rendimiento. Módulo 4.5. En: *Máster universitario de alto rendimiento deportivo.* Madrid. Centro Olímpico de Estudios Superiores. COE. 2005, segundo curso.
86. López JA, Ortega F, Dorado C, Armengol O, Sarmiento L. Valoración antropométrica en ciclistas de alto nivel. Estudio de una temporada. *Archivos de Medicina del Deporte.* 1993; 10:127-132.
87. Losa J, Ruiz V, Sánchez A, Sánchez LF, Blasco J, Redondo R. Relación de la estimación de grasa subcutánea mediante ultrasonografía, bioimpedanciometría y antropometría. *Revista archivos de medicina del deporte.* 2012; 29(5):891.
88. Lukasky HC. Methods for the assessment of human body composition: traditional and new. *Am J Clin Nutr.* 1987; 46:537-556.
89. Lukaski HC, Bolonchuk WW, Siders WA, Hall CB. Body composition assessment of athletes using bioelectrical impedance measurements. *J Sports Med Phys Fitness.* 1990; 30(4):434-440.
90. Lyon J, Drew R, MacRae HSH. Comparison of skinfold thickness measures with ultrasound imaging to determine body composition. 26th Annual Meeting of the Southwest Chapter of the American College of Sports Medicine, San Diego CA, November 2006.
91. Ma R, Dilmanian FA, Rarback H, Stamatelatos IE, Meron M, Kamen Y, Yasumura S, Weber DA, Lidofsky LJ, Pierson RN. Recent Upgrade of the in Vivo Neutron Activation Facility at Brookhaven National Laboratory. *Human Body Composition. Basic Life Sciences.* 1993; 60:345-350.

92. Marrodán MD, Martínez Álvarez JL, González-Montero de Espinosa ML, López-Ejeda N, Cabañas MD; Pacheco JL, Mesa MS, Prado C, Carmenate MM. Estimación de la adiposidad a partir del índice cintura talla: ecuaciones de predicción aplicables en población infantil española. 2011; 31(3):45-51.
93. Martin AD, Drinkwater DT. Variability in the measures of body fat. Assumptions or technique? *Sports Medicine*. 1991; 11:277–288.
94. Martin AD, Janssens V, Caboor D, Clarys JP, Marfell-Jones MJ. Relationships between visceral, trunk and whole-body adipose tissue weights by cadaver dissection. *Ann Hum Biol*. 2003; 30(6):668-677.
95. Martín V, Gómez JB, Antoranz MJ. Medición de la grasa corporal mediante impedancia bioeléctrica, pliegues cutáneos y ecuaciones a partir de medidas antropométricas. Análisis comparativo. *Rev Esp Salud Pública*. 2001; 75: 221-236.
96. Martín V, Gómez JB, Antoranz MJ, Fernández S, Gómez de la Cámara A, De Oya M. Validación del monitor de medición de la grasa corporal por impedancia bioeléctrica OMRON BF 300. *Aten Primaria*. 2001; 28:174-181.
97. Martínez E, Carrasco L, Alacid F. Efectos de los impactos mecánicos implicados en la práctica de diferentes deportes sobre las características óseas en deportistas. Selección: *Revista española e iberoamericana de medicina de la educación física y el deporte*. 2005; 14(3):162-169.
98. Martínez E, Carrasco L, Zarco P, Menchón LA. Revisión: Efectos de la práctica deportiva sobre las características óseas de los miembros inferiores en deportistas. *Revista Internacional de Medicina y Ciencias de la Actividad Física y del Deporte*. 2005; 19.
99. Mason JB, Habicht JP, Tabatabai H, Valverde V. *Nutritional surveillance*. Geneva: WHO, 1984.
100. Matiegka J. The testing of physical efficiency. *Am J Phys Anthropol*. 1921; 4:223.

101. Mattsson S, Thomas BJ. Development of methods for body composition studies. *Phys Med Biol.* 2006, 7; 51(13):203-228.
102. Meeuwsen S, Horgan GW, Elia M. The relationship between BMI and percent body fat, measured by bioelectrical impedance, in a large adult sample is curvilinear and influenced by age and sex. *Clin Nutr.* 2010; 29(5):560-566.
103. Mettau JW. Doctoral Thesis: Measurement of total body fat in low birth weight infants. Erasmus MC: University Medical Center Rotterdam; 1978.
104. Mitsiopoulos N, Baumgartner RN, Heymsfield SB, Lyons W, Gallagher D y Ross R. Cadaver validation of skeletal muscle measurement by magnetic resonance imaging and computerized tomography. *Appl Physiol.* 1998; 85:115-122.
105. Mourtzakis M, Prado CM, Lieffers JR, Reiman T, McCargar LJ, Baracos VE. A practical and precise approach to quantification of body composition in cancer patients using computed tomography images acquired during routine care. *Appl Physiol Nutr Metab.* 2008; 33:997–1006.
106. Muralidhara DV. Body Mass Index and its Adequacy in Capturing Body Fat. *Thai Journal of Physiological Sciences.* 2007; 20(2):97-100.
107. Noriki N, Keiichi T, Tsutomu K, Mitsushiro N. A new gas dilution method for measuring body volume. *British Journal of Sports Medicine.* 1995; 29(2):134-138.
108. Norton K, Olds T. *Antropométrica.* Rosario, Argentina: Biosystem; 2000.
109. Ostojic SM. Estimation of body fat in athletes: skinfolds vs bioelectrical impedance. *J Sports Med Phys Fitness.* 2006; 46(3):442-446.
110. Otte A, Hassler J, Brogowski J, Bowen JC, Mayhew JL. Relationship Between Body Mass Index and Predicted %Fat in College Men and Women. *Mo J Health, Physical Education, Recreation & Dance.* 2000; 10:23-29.
111. Overend TJ, Cunningham DA, Paterson DH, Lefcoe MS. Thigh composition in young and elderly men determined by computed tomography. *Clin Phys.* 1992; 12:629-640.

112. Pascot A, Lemieux S, Lemieux I, Prud'homme D, Tremblay A, Bouchard C, Nadeau A, Couillard C, Tchernof A, Bergeron J, Després JP. Age-related increase in visceral adipose tissue and body fat and the metabolic risk profile of premenopausal women. *Diabetes Care*. 1999; 22(9):1471-1478.
113. Pataky Z, Bobbioni-Harsch E, Makoundou V, Golay A. Enlarged waist circumference and cardiovascular risk factors. *Rev Med Suisse*. 2009; 25(196):671-672.
114. Peiris AN, Sothmann MS, Hoffmann RG, Hennes MI, Wilson CR, Gustafson AB, Kissebah AH. Adiposity, fat distribution, and cardiovascular risk. *Ann Intern Med*. 1989; 110:867- 872.
115. Perissinotto E, Pisent C, Sergi G, Grigoletto F. Anthropometric measurements in the elderly: age and gender differences. *Br J Nutr*. 2002; 87(2):177-186.
116. Pineau JC, Filliard JR, Bocquet M. Ultrasound Techniques Applied to Body Fat Measurement in Male and Female Athletes. *J Athl Train*. 2009; 44(2):142–147.
117. Poirier P. Abdominal obesity: an important risk factor in clinical and interventional cardiology. *Official Journal of the International Chair on Cardiometabolic Risk*. 2009; 2(1):7-14.
118. Portal S, Rabinowitz J, Adler-Portal D, Burstein RP, Lahav Y, Meckel Y, Nemet D, Eliakim A. Body fat measurements in elite adolescent volleyball players: correlation between skinfold thickness, bioelectrical impedance analysis, air-displacement plethysmography, and body mass index percentiles. *J Pediatr Endocrinol Metab*. 2010; 23(4):395-400.
119. Reeves JT, McCullough RE, Moore LG, Cymerman A, Weil JV. Sea-level PCO₂ relates to ventilatory acclimatization at 4,300 m. *J.Appl.Physiol*. 1993; 75:1117-1122.
120. Rexhepi A, Brestovci B, Krasniqi A. Physical Characteristics at Different Ages. *Int. J. Morphol*. 2011; 29(1):105-111.

121. Ribeiro-Filho FF, Faria AN, Azjen S, Zanella MT, Ferreira SR. Methods of estimation of visceral fat: advantages of ultrasonography. *Obes Res.* 2003; 11:1488-1494.
122. Rodríguez-Rodríguez E, López-Plaza B, López-Sobaler AM, Ortega RM. Overweight and obesity among Spanish adults. *Nutr Hosp.* 2011; 26(2):355-363.
123. Roger WE, Baechle TR. *Manual National Strength and Conditioning Association (NSCA)*. Editorial Paidotribo, Barcelona; 2008.
124. Rolfe DLE, Sleigh A, Finucane FM, Brage S, Stolk RP, Cooper C, Sharp SJ, Wareham NJ, Ong KK. Ultrasound measurements of visceral and subcutaneous abdominal thickness to predict abdominal adiposity among older men and women. *Obesity.* 2010; 18:625-631.
125. Rolland Y, Lauwers-Cances V, Cristini C, Abellan van Kan G, Janssen I, Morley JE, Vellas B. Difficulties with physical function associated with obesity, sarcopenia, and sarcopenic-obesity in community-dwelling elderly women: the EPIDOS (EPIDemiologie de l'OSteoporose) Study. *Am. J. Clin. Nutr.* 2009; 89(6):1895-1900.
126. Ross R, Berentzen T, Bradshaw AJ, Janssen I, Kahn HS, Katzmarzyk PT, Kuk JL, Seidell JC, Snijder MB, Sørensen TI, Després JP. Does the relationship between waist circumference, morbidity and mortality depend on measurement protocol for waist circumference? *Obes Rev.* 2008; 9(4):312-325.
127. Ross R, Janssen I. Physical activity, total and regional obesity: dose-response considerations. *Med Sci Sports Exerc* 2001; 33: S521–S527.
128. Ryde SJS, Thomas DW, Birks JL, Ali PA, Saunders NH, Al-Zeibak S & Morgan WD. Assessment of body fat: a comparison of techniques. *Basic Life Sciences* 1993; 60:59-62.
129. Sánchez Ferrer M. Tesis doctoral: Estudio de la somatocarta en pacientes con patología crónica. Universidad Miguel Hernández. Alicante, 2011.
130. Sanz-de-Galdeano, A. "The Obesity Epidemic in Europe," IZA Discussion Papers 1814, Institute for the Study of Labor (IZA), 2005.

131. Schmidt PK, Carter JE. Static and dynamic differences among five types of skinfold calipers. *Hum Biol.* 1990; 62(3):369-88.
132. Schoeller DA, Schulz LO. A compilation of total daily energy expenditure and body weights in health adults. *Am J Clin Nutr* 1994; 60:676-81.
133. Scott B, Morrow J, Jackson A. y Dunn A. (2000). Variables related to meeting the CDC/ACSM physical activity guidelines. *Medicine and Science in Sports and Exercise.* 2000; 32(12):2087-2092.
134. Selkow NM, Pietrosimone BG, Saliba SA. Subcutaneous Thigh Fat Assessment: A Comparison of Skinfold Calipers and Ultrasound Imaging. *J Athl Train.* 2011; 46(1):50–54.
135. Shuster A, Patlas M, Pinthus JH, Mourtzakis M. The clinical importance of visceral adiposity: a critical review of methods for visceral adipose tissue analysis. *Br J Radiol.* 2012; 85(1009): 1–10.
136. Siri WE. Techniques for measuring body composition. In: Broiek J, Henschel A, eds. *Techniques for measuring body composition.* Washington, USA: National Academy of Sciences National Research Council. 1961; 108-117.
137. Sironi AM, Gastaldelli A, Mari A, Ciociaro D, Positano V, Buzzigoli E, Ghione S, Turchi S, Lombardi M, Ferrannini E. Visceral fat in hypertension: influence on insulin resistance and beta-cell function. *Hypertension.* 2004; 44(2):127-133.
138. Song MY, Ruts E, Kim J, Janumala I, Heymsfield S, Gallagher D. Sarcopenia and increased adipose tissue infiltration of muscle in elderly African American women. *Am J Clin Nutr.* 2004; 79(5):874-880.
139. Srinivasan SR, Wang R, Chen W, Wei CY, Xu J, Berenson GS. Utility of waist-to-height ratio in detecting central obesity and related adverse cardiovascular risk profile among normal weight younger adults (from the Bogalusa Heart Study). *Am J Cardiol* 2009; 104 (5): 721-724.
140. Stern JS, Hirsch J, Blair SN, Foreyt JP, Frank A, Kumanyika SK, Madans JH, Marlatt GA, St Jeor ST, Stunkard AJ. Weighing the options: criteria for evaluating weight-management programs. The Committee to Develop Criteria for Evaluating

- the Outcomes of Approaches to Prevent and Treat Obesity. *Obes Res* 1995; 3 (6): 591-604.
141. Stroud DB, Cornish BH, Thomas BJ, Ward LC. The use of Cole-Cole plots to compare two multifrequency bioimpedance instruments. *Clin Nutr*. 1995; 14:307-311.
142. Sun G, French CR, Martin GR, Younghusband B, Green RC, Xie Y, Mathews M, Barron JR, Fitzpatrick DG, Gulliver W, Zhang H. Comparison of multifrequency bioelectrical impedance analysis with dual-energy X-ray absorptiometry for assessment of percentage body fat in a large, healthy population. *American Journal of Clinical Nutrition*. 2005; 81(1):74-78.
143. Susanne C, Bodzsar EB, Castro S. Factor analysis and somatotyping, are these two physique classification methods comparable? *Ann Hum Biol*. 1998; 25:405-414.
144. Taaffe DR, Robinson TL, Snow CM, Marcus R. High-impact exercise promotes bone gain in well-trained female athletes. *J Bone Miner Res*. 1997; 12:255-260.
145. Taaffe DR, Snow-Harter C, Connolly DA, Robinson TL, Brown MD, Marcus R. Differential effects of swimming versus weight-bearing activity on bone mineral status of eumenorrheic athletes. *J Bone Miner Res*. 1995; 10:586-593.
146. Thiel W. Die Konservierung ganzer Leichen in natürlichen Farben. *Ann Anat*. 1992a; 174:185-195.
147. Thiel W. Eine Arterienmaschininjektion bei der Konvierung ganzer Leichen. *Ann. Anat*. 1992b; 174:197-200.
148. Thiel W. Ergänzung für die Konservierung ganzer Leichen nach. *Ann Anat*. 2002; 184:267-269.
149. Titan. Manual para el usuario del sistema de ecografía. Sonosite Inc, 2004.
150. Ulbricht L, Neves EB, Ripka WL, Romanelli EFR. Comparison between Body Fat Measurements Obtained by Portable Ultrasound and Caliper in Young Adults.

- 34th Annual International Conference of the IEEE EMBS San Diego, California USA, 28 August - 1 September, 2012.
151. Utter AC, Hager ME. Evaluation of ultrasound in assessing body composition of high school wrestlers. *Med Sci Sports Exerc.* 2008; 40(5):943-949.
152. van Dijk SB, Takken T, Prinsen EC, Wittink H. Different anthropometric adiposity measures and their association with cardiovascular disease risk factors: a meta-analysis. *Neth Heart J.* 2012; 20(5):208-218.
153. Varo JJ, Martínez-González MA, De Irala-Estévez J, Kearney J, Gibney M, Martínez JA. Distribution and determinants of sedentary lifestyles in the European Union. *International Journal of Epidemiology.* 2003; 32(1):138-146.
154. Volz PA, Ostrove SM. Evaluation of a portable ultrasonoscope in assessing the body composition of college-age women. *Med Sci Sports Exerc.* 1984; 16(1):97-102.
155. Wagenknecht LE, Langefeld CD, Scherzinger AL, Norris JM, Haffner SM, Saad MF, Bergman RN. Insulin sensitivity, insulin secretion, and abdominal fat: the Insulin Resistance Atherosclerosis Study (IRAS) Family Study. *Diabetes.* 2003; 52(10): 2490-2496.
156. Wang ZM, Pierson RN Jr, Heymsfield SB. The five-level model: a new approach to organizing body-composition research. *Am J Clin Nutr.* 1992; 56(1):19-28.
157. Weits T, van der Beek EJ, Wedel M. Comparison of ultrasound and skinfold caliper measurement of subcutaneous fat tissue. *Int J Obes.* 1986; 10(3):161-168.
158. Wen-Cheng L, I-Chuan Ch, Yu-Che Ch, Song-Seng L, Shih-Hao W, Kuang-Yu H. Waist-to-height ratio, waist circumference, and body mass index as indices of cardiometabolic risk among 36,642 Taiwanese adults. *Eur J Nutr.* 2013; 52(1):57-65.
159. WHO (1995): Physical status: the use and interpretation of anthropometry. Technical Report Series no. 854. Geneva.

160. Wilmore JH, Costill DL. Capítulo 1: Introducción a la fisiología del esfuerzo y del deporte. En: Fisiología del Esfuerzo y del Deporte. 6ª Edición. Barcelona: Editorial Paidotribo; 2007.
161. Wilmore JH. Validation of the first and second components of the Heath-Carter modified somatotype method. *Am J Phys Anthropol.* 1970; 32:369-372.
162. Wing RR. Physical activity in the treatment of the adulthood overweight and obesity: current evidence and research issues. *Med Sci Sports Exerc.* 1999; 31:S547–S552.





11. ANEXOS

11. ANEXOS

I. ANEXO 1

Nombre:	Edad:
Sexo (1. hombre; 2. mujer)	
Lugar de comida habitual 1. Cafetería/restaurante Facultad o Escuela; 2. Comedores Universitarios; 3. Comida en familia; 4. Comida en piso compartido; 5. En restaurante/cafetería públicos; 5. Otros:	
Realiza alguna dieta o régimen de comidas (1. si; 2. no)	
Esta tomando suplementos vitamínicos (1. si; 2. no)	
Esta tomando suplementos nutricionales (proteínas, creatina, glutamina..) (1. si; 2. no) ¿Cuál/es?	
Está tomando algún medicamento (antidepresivo,..) (1. si; 2. no)	
Está tomando algún fármaco (píldora anticonceptiva,..) (1. si; 2. no)	
Consumo de pan	
Tipo (Blanco, integral, molde, etc.)	
Compra diaria (1 barra, 2 barras..)	
Consumo de tabaco	
¿Fuma actualmente?	
Si fumo (al menos uno al día) (Se incluirán las personas que hayan dejado de fumar dos meses antes)	
No fumo actualmente, pero he fumado	
No he fumado nunca	
¿Cuál es el tipo de tabaco que fuma habitualmente?	
Rubio	
Negro	
Puros	
En pipa	
¿Cuántos cigarrillos fuma al día?	
¿Cuántos puros fuma al día?	
Si fuma en pipa, ¿Cuánto tabaco, en gramos fuma a la semana?	
Actividad física	
No realizo actividad física durante 30 minutos al día, al menos tres veces a la semana: _____ (1)	
Realizo entre 20-60 minutos continuos o intermitentes, con un mínimo de 3 veces a la semana y a una intensidad del 55-65% hasta el 90% de la frecuencia cardíaca: _____ (2)	
Realizo de 3 a 6 horas de actividad física a la semana: _____ (3)	
Realizo más de 6 horas de actividad física a la semana: _____ (4)	
En una semana habitual, ¿Qué tiempo dedico a cada una de las actividades siguientes?	
Caminar (incluye desplazamientos a clase, tiempo libre, etc.) _____	
Ir en bicicleta (incluye desplazamientos a clase, tiempo libre, etc.) _____	
Ejercicio físico (fútbol, aeróbic, natación, tenis, etc.) _____	
Trabajo en casa (limpiar, lavar, cocinar, cuidar niños, etc.) _____	
¿Cuántos pisos de escaleras sube cada día? _____	
Otras actividades (jardinería, bricolaje, etc.) _____	

II. ANEXO 2

CONSENTIMIENTO INFORMADO Y CONFIDENCIALIDAD DE DATOS

De acuerdo con la Ley de Protección de Datos de Carácter Personal, los datos personales que se le requieren (sexo, edad, peso, talla, etc.) son los necesarios para realizar el estudio correctamente.

Ninguno de estos datos será revelado a personas externas a la investigación. Su participación es anónima, sin embargo, sus nombres estarán registrados en una lista de control que será guardada por el investigador principal y que sólo recurrirá a ella en los momentos imprescindibles. De acuerdo con la ley vigente tiene usted derecho al acceso de sus datos personales; asimismo, y si está debidamente justificado, tiene derecho a su rectificación y cancelación. Si así lo desea, deberá solicitarlo al investigador que le atiende.

Los resultados del estudio podrán ser comunicados a las autoridades sanitarias y, eventualmente, a la comunidad científica a través de congresos y/o publicaciones.

He leído la hoja de información que me ha sido entregada, he podido realizar las preguntas necesarias sobre el estudio y he aceptado voluntariamente mi participación en este estudio.

Yo..... libre y voluntariamente

DECLARO:

Que he leído la información contenida en este documento sobre los objetivos, metodología, pruebas e intervenciones a realizar en el estudio de investigación. Que se me ha informado que todas las pruebas son sencillas de realizar y no producen ningún efecto perjudicial, y que se realizarán en las instalaciones apropiadas con la atención directa del profesional investigador, el cual, se encuentra debidamente calificado y especializado.

Que por tanto, presto mi conformidad e informadamente consiento y autorizo al responsable de la investigación, para que realice las pruebas necesarias en mi persona, para esta investigación.

FIRMA:

Alicante a,de.....de 2012.

III. ANEXO 3

The logo for the International Society for the Advancement of Kinanthropometry (ISAK). The letters 'ISAK' are in a stylized, blue, sans-serif font. The letter 'A' is unique, with a small circle above it and a pair of calipers integrated into its structure, symbolizing measurement and kinanthropometry.

International Society for the Advancement of Kinanthropometry

This is to certify that

Esmeraldo Martínez Pardo

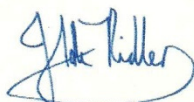
*has attended an ISAK training course at the
Alcala de Henares, University of Alcala
Madrid, SPAIN*

From 9 to 10 July 2009

and has met all requirements for accreditation as a

LEVEL ONE ANTHROPOMETRIST
(TECHNICIAN - RESTRICTED PROFILE)

*Accreditation valid until
10 January 2014*

A handwritten signature in blue ink, appearing to read 'H. de Ridder'.

Professor H. de Ridder

President ISAK

A handwritten signature in blue ink, appearing to read 'M. Marfell-Jones'.

Professor M. Marfell-Jones

Secretary-General ISAK

IV. ANEXO 4

PROFORMA MEDICIONES ANTROPOMÉTRICAS (ISAK)

Nom. _____ Sexo(M/F) _____
Nombre(s) apellido(s)

F.deN. _____ ID Evaluador _____ ID eval. _____
día mes año

Hora _____ Fecha eval. _____
día mes año

Comentarios _____
 Altura del banco _____

Básicos	Medición 1	Medición 2	Medición 3	Media/Mediana
1 Masa Corporal®				
2 Estatura®				
3 Talla sentado				
Paniculos				
4 Triceps®				
5 Subescapular®				
6 Bíceps®				
7 Cresta Iliaca®				
8 Supraespinal®				
9 Abdominal®				
10 Muslo Frontal® d/e-a/b/c				
11 Pantorrilla Medial®				
Circunferencias				
12 Cabeza				
13 Cuello				
14 Brazo (relajado)®				
15 Brazo (flex. & en tensión)®				
16 Antebrazo (máximo)				
17 Muñeca (estiloideo distal)				
18 Tórax (mesoesternal)				
19 Cintura (mínima)®				
20 Caderas (máximo)®				
21 Muslo (1 cm glúteo)				
22 Muslo (troch-tib-lat medio)				
23 Pantorrilla (máximo)®				
24 Tobillo (mínimo)				
Longitudes				
25 Acromiale-radiale				
26 Radiale-styilion				
27 Midstyilion-dactyilion				
28 Altura Iliospinale				
29 Altura Trochanteria				
30 Troch-tibiale laterale				
31 Altura Tibiale laterale				
32 Tib med-sphyrion tibiale				
Diámetros				
33 Biacromial				
34 Biliocrystal				
35 Longitud Pié				
36 Tórax transverso				
37 Tórax A-P				
38 Humeral®				
39 Femoral®				

® = incluido en el perfil Restringido Muslo Frontal® d/e - pierna derecha o extendida Y a/b/c – método utilizado



12. ÍNDICE DE FIGURAS

12. ÍNDICE DE FIGURAS

	Página
Figura 1. Clasificación de los métodos de estimación de la composición corporal	28
Figura 2. Anatomía de depósito de grasa abdominal.....	39
Figura 3. Uso de la técnica de pesaje debajo del agua en dos jugadores profesionales de fútbol americano del mismo peso pero de distinta composición corporal.....	43
Figura 4. Ubicación de los sitios de pliegues cutáneos objeto de estudio: vista anterior (panel izquierdo) y posterior (panel derecho).....	70
Figura 5. Marcaciones óseas. Puntos anatómicos de referencia.....	73
Figura 6. Gráfico explicativo de la impedancia.....	90
Figura 7. Correlación de los valores medidos de grasa (mm) obtenidos con cada método de valoración.	106
Figura 8. Correlación de los valores medidos de grasa (mm) obtenidos con cada método de valoración.....	106
Figura 9. Correlación de los valores medidos de grasa (mm) obtenidos con cada método de valoración.....	107
Figura 10. Correlación de los valores medidos de grasa (mm) obtenidos con cada método de valoración.....	107
Figura 11. Correlación de los valores medidos de grasa (mm) obtenidos con cada método de valoración.....	108
Figura 12. Correlación de los valores medidos de grasa (mm) obtenidos con cada método de valoración.	109
Figura 13. Correlación de los valores medidos de grasa (mm) obtenidos con cada método de valoración.....	109
Figura 14. Correlación de los valores medidos de grasa (mm) obtenidos con cada método de valoración.....	110
Figura 15. Distribución de la muestra por edades y género.....	114
Figura 16. Somatocarta de la muestra de estudio.....	160
Figura 17. Somatocarta atendiendo al IMC de la muestra.....	161

Figura 18. Somatocarta atendiendo a los grupos de edad.....	162
Figura 19. Somatocarta atendiendo a Fumador o No Fumador.....	163
Figura 20. Somatocarta atendiendo al nivel de actividad física de los sujetos de estudio.....	164
Figura 21. Somatocarta atendiendo al riesgo cardiovascular.....	165
Figura 22. Secuencia seguida en la obtención de las fórmulas.....	166
Figura 23. Correlación bivariada entre las ecuaciones que valoran $\%MG^{AM}$ y $\%MG^{ECO}$ para hombres.....	177
Figura 24. Correlación bivariada entre las ecuaciones que valoran $\%MG^{AS}$ y $\%MG^{AM}$ para hombres.....	178
Figura 25. Correlación bivariada entre las ecuaciones que valoran $\%MG$ Yuhasz y $\%MG^{AS}$ para hombres.....	179
Figura 26. Correlación bivariada entre las ecuaciones que valoran $\%MG$ Yuhasz y $\%MG^{AM}$ para hombres.....	180
Figura 27. Correlación bivariada entre las ecuaciones que valoran $\%MG^{AM}$ y $\%MG^{ECO}$ para mujeres.....	181
Figura 28. Correlación bivariada entre las ecuaciones que valoran $\%MG^{AS}$ y $\%MG^{AM}$ para mujeres.....	182
Figura 29. Correlación bivariada entre las ecuaciones que valoran $\%MG$ Yuhasz y $\%MG^{AS}$ para mujeres.....	183
Figura 30. Correlación bivariada entre las ecuaciones que valoran $\%MG$ Yuhasz y $\%MG^{AM}$ para mujeres.....	184
Figura 31. Zona de riesgo en la somatocarta para padecer enfermedades crónicas.....	210



13. ÍNDICE DE TABLAS

13. ÍNDICE DE TABLAS

	Página
Tabla 1. Valores de las variables antropométricas del peso, talla e IMC de los sujetos de estudio.....	102
Tabla 2. Valores de las medias y desviaciones típicas de las variables antropométricas correspondientes a los pliegues.....	103
Tabla 3. Correlación de Pearson entre la Incisión y la Ecografía en cada zona de medida.....	104
Tabla 4. Correlación de Pearson entre la Incisión y el Pliegue.....	104
Tabla 5. Correlación de Pearson entre la Ecografía y el Pliegue.....	105
Tabla 6. Datos biométricos de los participantes incluidos en el estudio.....	111
Tabla 7. Datos biométricos de los participantes incluidos en el estudio atendiendo a la actividad física que realizan y al género. Media \pm desviación estándar.....	113
Tabla 7a. Datos biométricos de los participantes atendiendo al grupo edad y al género.....	115
Tabla 7b. Datos biométricos de los participantes atendiendo al grupo edad y al género.....	116
Tabla 8. Datos biométricos de los participantes atendiendo a los parámetros obtenidos a partir del IMC.	118
Tabla 9. Datos biométricos de los participantes atendiendo al riesgo cardiovascular.....	119
Tabla 10. Datos biométricos de los participantes atendiendo al consumo de tabaco.....	120
Tabla 11. Correlación del IMC con los datos biométricos, antropométricos y el somatotipo.....	122
Tabla 12. Correlaciones entre los pliegues cutáneos antropométricos y los puntos anatómicos valorados mediante ecografía.....	123
Tabla 13. Comparación de la MG en función de la actividad física que realizan los sujetos del estudio.....	125
Tabla 14a. Comparación de la MG (%) en función del IMC.....	126
Tabla 14b. Comparación de la MG (Kg) en función del IMC.....	127

Tabla 15a. Comparación del %MG en función de la edad (años).....	128
Tabla 15b. Comparación de la MG (Kg) en función de la edad (años).....	129
Tabla 16. Comparación de la MO en función de la actividad física que realizan los sujetos del estudio.....	130
Tabla 17a. Comparación del %MO en función del IMC.....	131
Tabla 17b. Comparación de la MO (Kg) en función del IMC.....	132
Tabla 18a. Comparación del %MO en función de la edad (años).....	133
Tabla 18b. Comparación de MO (Kg) en función de la edad (años).....	134
Tabla 19. Comparación de la MM en función de la actividad física que realizan los sujetos del estudio.....	135
Tabla 20a. Comparación del %MM en función del IMC.....	136
Tabla 20b. Comparación de la MM (Kg) en función del IMC.....	137
Tabla 21a. Comparación del %MM en función de la edad (años).....	138
Tabla 21b. Comparación de la MM (Kg) en función de la edad (años).....	139
Tabla 22. Comparación de la MMagra en función de la actividad física que realizan los sujetos del estudio.....	140
Tabla 23. Comparación de la MMagra en función del IMC.....	141
Tabla 24. Comparación de la MMagra en función de la edad (años).....	142
Tabla 25. Comparación del porcentaje de grasa de la muestra a través de BIA y en función de la actividad física que realizan.....	143
Tabla 26. Comparación del porcentaje de grasa de la muestra a través del método de bioimpedancia y en función del IMC.....	144
Tabla 27. Comparación del porcentaje de grasa de la muestra a través del método de bioimpedancia y en función de la edad (años).....	145
Tabla 28a. %MG obtenido mediante las técnicas de antropometría, BIA y ecografía.....	146
Tabla 28b. Correlaciones del %MG obtenido en el género masculino mediante las técnicas de antropometría, BIA y ecografía.....	147
Tabla 28c. Correlaciones del %MG obtenido en el género femenino mediante las técnicas de antropometría, BIA y ecografía.....	148
Tabla 28d. Correlaciones del %MG obtenido en toda la muestra mediante las técnicas de antropometría, BIA y ecografía.....	149
Tabla 29. Somatotipo de los sujetos de estudio obtenido mediante antropometría...	150

Tabla 30. Somatotipo de los sujetos de estudio obtenido mediante antropometría atendiendo a la actividad física que realizan y al género.....	151
Tabla 31. Somatotipo de los sujetos de estudio obtenido mediante antropometría atendiendo al grupo edad y al género.....	152
Tabla 32. Somatotipo de los sujetos de estudio obtenido mediante antropometría atendiendo a los parámetros del IMC.....	154
Tabla 33. Somatotipo de los sujetos de estudio obtenido mediante antropometría atendiendo al riesgo cardiovascular.....	155
Tabla 34. Somatotipo de los sujetos de estudio obtenido mediante antropometría atendiendo al consumo de tabaco.....	156
Tabla 35. Correlación de Pearson entre el somatotipo de la muestra y las variables biométricas.....	157
Tabla 36. Correlación de Pearson entre el somatotipo y las variables antropométricas valoradas.....	158
Tabla 37. Correlación de Pearson entre el somatotipo y la composición corporal valorada.....	159
Tabla 38. Ecuaciones de regresión para cada uno de los puntos anatómicos medidos mediante ecografía.....	167
Tabla 39. Ecuaciones de regresión múltiple para cada uno de los puntos anatómicos medidos mediante ecografía.....	168
Tabla 40. Correlación entre los diferentes métodos de medición.....	173
Tabla 41. Correlación de los diferentes métodos de medición utilizados para toda la muestra.....	174



14. ÍNDICE DE FOTOGRAFÍAS

14. ÍNDICE DE FOTOGRAFÍAS

	Página
Fotografía 1. La pletismografía con sistema Bod Pod utiliza la técnica de desplazamiento del aire para calcular el volumen corporal total.....	32
Fotografía 2. Técnica de impedancia bioeléctrica para la valoración del porcentaje de grasa corporal.....	46
Fotografía 3. Análisis de la composición corporal por reactancia infrarroja.....	48
Fotografía 4. Báscula con tallímetro.....	62
Fotografía 5. Plicómetro Harpenden.....	63
Fotografía 6. Paquímetro.....	63
Fotografía 7. Calibre de Ramas Curvas.....	64
Fotografía 8. Dispositivo de impedancia bioeléctrica.....	65
Fotografía 9. Dispositivo de ultrasonidos.....	66

