



**VNiVERSiDAD
D SALAMANCA**

**DEPARTAMENTO DE ANATOMÍA
E
HISTOLOGÍA HUMANAS**

TESIS DOCTORAL

**ESTUDIO COMPARATIVO
INTERMETODOLÓGICO D LA COMPOSICIÓN
CORPORAL (ANTROPOMETRÍA, BIA Y DEXA)**

AVTOR D LA TESIS:

Francisco Albuquerque Sendín

DIRECTORES:

Miguel Santos del Rey

Francisco Javier Martín Vallejo

SALAMANCA

2008

AGRADECIMIENTOS

Al de siempre, al Dr. Miguel Santos del Rey, porque los momentos malos no eran tan malos y los buenos se volvieron mejores. Gracias por ocho (o nueve) años de composición corporal.

A uno más, pero no uno cualquiera. Al Dr. Francisco Javier Martín Vallejo, por descryptar el ambiguo lenguaje de los números para un neófito en la materia. “La estadística puede no ser fácil, pero sí comprensible...”, nada más cierto. Luz en un camino oscuro.

Al Dr. José Ramón García-Talavera, por poner a disposición de este doctorando instrumental, saber y paciencia, y a la Dra. Esther Martín y D^a. Paloma García-Talavera porque recoger datos a su lado se convierte en un verdadero placer.

A las Dras. Peláez y Arévalo, porque sin ellas, el Estudio Salmantino no sonreiría tan a menudo.

A mis alumnos, voz, aliento y elixir de juventud para las, en ocasiones, peregrinas ganas de seguir.

A los míos, por permitirme ser de los suyos.

Y a quien quiso estar y no pudo, pero nunca a quien pudo estar y, sin embargo,...

**“Lo que tú puedes hacer es sólo una gota en el océano,
pero es lo que da sentido a tu vida...”**

A. Schweitzer

ÍNDICE

**ESTUDIO COMPARATIVO INTERMETODOLÓGICO DE LA COMPOSICIÓN CORPORAL
(ANTROPOMETRÍA, BIA Y DEXA)**

	Pag.
Agradecimientos	2
Índice	5
Índice de Abreviaturas	9
Resumen	15
Prólogo	18
1.- Marco Teórico	23
1.1. Historia Pasada, Presente y Futuro de la Composición Corporal	24
1.2. Métodos de Exploración de la Composición Corporal	32
1.2.1. Generalidades Sobre la Metodología de Exploración de la Composición Corporal	32
1.2.2 La Densitometría de Rayos X de Doble Energía (DEXA)	43
1.2.2.1. Validez del Método	47
1.2.2.2. Dosis de Radiación	48
1.2.3. La Impedancia Bioeléctrica (BIA)	49
1.2.3.1. Principios Físicos de la BIA	50
1.2.3.2. Ventajas y Desventajas de la BIA: posibilidades de futuro	56
1.2.4. La Antropometría	59
1.2.4.1. Protocolos de Evaluación en Antropometría	68
1.2.4.2. Validez de la Antropometría	73
2. Justificación del Estudio	81
3. Hipótesis y Objetivos	85
3.1. Hipótesis del Estudio	86
3.2. Objetivos del Estudio	86
4. Material y Método	88
4.1. Diseño	89
4.2. Consideraciones Éticas	89
4.3. Material de Estudio	90
4.3.1. Descripción de la Muestra	90
4.3.2. Criterios de Inclusión	92

ESTUDIO COMPARATIVO INTERMETODOLÓGICO DE LA COMPOSICIÓN CORPORAL (ANTROPOMETRÍA, BIA Y DEXA)

4.3.3. Criterios de Exclusión	92
4.3.4. Pruebas Realizadas	93
4.4. Variables de estudio	96
4.4.1. Variables Demográficas	96
4.4.2. Variables Experimentales	97
4.5. Equipos de Medición	100
4.5.1. Densitómetro	100
4.5.2. Bioimpedanciómetro	101
4.5.3. Equipo Antropométrico	102
4.5.4. Equipo Informático	108
4.6. Protocolo de Actuación y Recogida de Datos	109
4.7. Análisis Estadístico	109
4.7.1. Niveles de Significación	113
5. Resultados	114
5.1. Estructura de los Resultados	115
5.2. Características de la Muestra	116
5.3. Análisis Específico de cada Método	125
5.3.1. Descripción de Variables DEXA	125
5.3.2. Descripción de Variables BIA	131
5.3.3. Descripción de Variables Antropometría	140
5.4. Análisis Comparativo Intermetodológico	154
6. Discusión	208
7. Limitaciones del Estudio	239
8. Líneas Futuras de Investigación	242
9. Conclusiones	244
ANEXOS	247
ANEXO 1: Hoja Informativa (Captación de la Muestra)	248
ANEXO 2: Consentimiento Informado	250
ANEXO 3: Declaración de Helsinki	253
ANEXO 4: Resolución del Comité de Bioética	265
ANEXO 5: Proformas de Antropometría, BIA y DEXA	267
Bibliografía	272

**ESTUDIO COMPARATIVO INTERMETODOLÓGICO DE LA COMPOSICIÓN CORPORAL
(ANTROPOMETRÍA, BIA Y DEXA)**

Índice de Figuras	289
Índice de Gráficos	290
Índice de Tablas	293

ÍNDICE DE ABREVIATURAS

ESTUDIO COMPARATIVO INTERMETODOLÓGICO DE LA COMPOSICIÓN CORPORAL (ANTROPOMETRÍA, BIA Y DEXA)

Las abreviaturas se han reseñado por orden alfabético.

A_Fase	Ángulo de fase a 50 kHz
Ab_Min	Perímetro de abdomen mínimo
Abdom	Pliegue abdominal
ACT	Agua Corporal Total
ActFis	Actividad física
AgExtra	Agua extracelular
AgIntra	Agua intracelular
AgTotal	Agua total
AgTotal/MLG	Agua total/Masa libre grasa
ANOVA	Análisis de la Varianza
BIA	BioImpedancia Eléctrica
Bíceps	Pliegue de bíceps
Bicon	Diámetro bicondíleo
Biesti	Diámetro biestiloideo
C	Carbono
Ca	Calcio
CC	Composición Corporal
Cint/Cad	Índice cintura/cadera
Cresta	Pliegue de cresta iliaca
D	En antropometría: Sumatorio de cuatro diámetros óseos (biacromial, intre- crestal, biestiloideo y bimaleolar)
DC	Densidad Corporal
DEXA	Densitometría de rayos X de doble energía
DPX y DPA	Serie de densitómetros Lunar

ESTUDIO COMPARATIVO INTERMETODOLÓGICO DE LA COMPOSICIÓN CORPORAL (ANTROPOMETRÍA, BIA Y DEXA)

EPOC	Enfermedad Pulmonar Obstructiva Crónica
ET	Erros Típico de predicción
EU	Escuela Universitaria
F	Estadístico del ANOVA
GL	Grados de Libertad
Glu_Max	Glúteo máximo
GREC	Grupo Español de Cineantropometría
H	En Antropometría: Estatura
HDL	Lipoproteína de alta densidad
IMC	Índice de Masa Corporal
IMCcat	Índice de Masa Corporal (categorizado)
In_Pond	Índice ponderal
ISAK	Sociedad Internacional para el Avance de la Cineantropometría ó International Working Group of Kinanthropometry
J.J.O.O.	Juegos Olímpicos
JMP	Paquete estadístico del grupo SAS
K	En antropometría: Media de cada una de las 11 medidas perimetrales de un grupo de población, dividido por el radio medio corporal
K ⁴⁰	Isótopo de Potasio empleado como marcador (Potasio 40)
K-S	Prueba de bondad de ajuste de Kolmogorov-Smirnov
L	Medidas lineales (en antropometría)
L ²	Medidas de superficie corporal
L ³	Medidas de masa
MEC	Masa extracelular
MEC/MIC	Ratio Masa extracelular - Masa intracelular
MetBas	Metabolismo basal
MG	Masa Grasa
MG_DurninEspecífica	Masa grasa Antropometría (Fórmula de Durnin y Womersley específica)
MG_BIA	Masa grasa BIA
MG_Carter	Masa grasa Antropometría (Fórmula de Carter)
MG_DEXA	Masa grasa DEXA
MG_DurninGeneral	Masa grasa Antropometría (Fórmula de Durnin y Womersley general)

ESTUDIO COMPARATIVO INTERMETODOLÓGICO DE LA COMPOSICIÓN CORPORAL (ANTROPOMETRÍA, BIA Y DEXA)

MIC	Masa intracelular
MLG	Masa Libre de Grasa
MLG_BIA	Masa libre de grasa BIA
MLG_Carter	Masa libre de grasa Antropometría (Fórmula de Carter)
MLG_DEXA	Masa libre de grasa DEXA
MLG_DurninEspecifica	Masa libre de grasa Antropometría (Fórmula de Durnin y Womersley específica)
MLG_DurninGeneral	Masa libre de grasa Antropometría (Fórmula de Durnin y Womersley general)
MM_DEXA	Masa magra DEXA
MMO_DEXA	Masa mineral ósea DEXA
MMus_DurninEspecífica	Masa muscular Antropometría (Fórmula de Durnin y Womersley específica)
MMus_DurninGeneral	Masa muscular Antropometría (Fórmula de Durnin y Womersley general)
MMus_Carter	Masa muscular Antropometría (Fórmula de Carter)
MO_Antropo	Masa ósea Antropometría
MOGAP	Montreal Olympic Games Anthropological Project
MR_Antropo	Masa residual Antropometría
Muslo	Pliegue de muslo anterior
N	Nitrógeno
NecEnerDía	Necesidades energéticas diarias
NHANES	National Health and Nutrition Examination Survey
NIR	Reactancia a la Luz Subinfrarroja
p	Índice de significación
Pierna	Pliegue de pierna medial
QDR	Serie de densitómetros Hologic
R	Resistencia
r	Estadístico de la correlación de Pearson
R1	Constante de atenuación al paso de rayos X de la masa magra no ósea
r ²	Coefficiente de determinación
R _{corp}	Radio medio corporal
RJL	Serie de bioimpedanciómetros
RM	Resonancia Magnética

ESTUDIO COMPARATIVO INTERMETODOLÓGICO DE LA COMPOSICIÓN CORPORAL (ANTROPOMETRÍA, BIA Y DEXA)

Rst	Razón de atenuación de la menor energía respecto a la mayor energía de rayos X
S	Desviación típica
SaCyL	Sanidad de Castilla y León
SPSS	Paquete Estadístico Statistical Package for the Social Sciences
Subesca	Pliegue subescapular
Sumatorio	Sumatorio de 6 pliegues cutáneos
Supraes	Supraespinal
T	Estadístico de la prueba de Student
TAC	Tomografía Axial Computada
TOBEC o EMSCAN	Conductividad Eléctrica Corporal Total
Tríceps	Pliegue de tríceps
VIH	Virus de la Inmunodeficiencia Humana
Xc	Reactancia
Z	Impedancia
α	Estadístico de la correlación de Cronbach
%MEC	Porcentaje masa extracelular
%MG_ DurninEspecífica	Porcentaje masa grasa Antropometría (Fórmula de Durnin y Womersley específica)
%MG_ DurninGeneral	Porcentaje masa grasa Antropometría (Fórmula de Durnin y Womersley general)
%MG_BIA	Porcentaje masa grasa BIA
%MG_Carter	Porcentaje masa grasa Antropometría (Fórmula de Carter)
%MG_DEXA	Porcentaje masa grasa DEXA
%MIC	Porcentaje masa intracelular
%MLG_BIA	Porcentaje masa libre de grasa BIA
%MLG_Carter	Porcentaje masa libre de grasa Antropometría (Fórmula de Carter)
%MLG_DEXA	Porcentaje masa libre de grasa DEXA
%MLG_DuninEspecifica	Porcentaje masa libre de grasa Antropometría (Fórmula de Durnin y Womersley específica)
%MLG_DurninGeneral	Porcentaje masa libre de grasa Antropometría (Fórmula de Durnin y Womersley general)
%MM_DEXA	Porcentaje masa magra DEXA
%MMO_DEXA	Porcentaje masa mineral ósea DEXA

ESTUDIO COMPARATIVO INTERMETODOLÓGICO DE LA COMPOSICIÓN CORPORAL (ANTROPOMETRÍA, BIA Y DEXA)

%MMus_DurninEspecífica	Porcentaje masa muscular Antropometría (Fórmula de Durnin y Womersley específica)
%MMus_DurninGeneral	Porcentaje masa muscular Antropometría (Fórmula de Durnin y Womersley general)
%MMus_Carter	Porcentaje masa muscular Antropometría (Fórmula de Carter)
%MO_Antropo	Porcentaje masa ósea Antropometría
%MR_Antropo	Porcentaje masa residual Antropometría

RESUMEN

Objetivos: Los objetivos más relevantes del presente trabajo fueron:

- 1) Verificar el grado de consistencia y acuerdo existente entre tres métodos de estimación de la composición corporal (masa grasa y masa libre de grasa) tras su aplicación en un grupo de individuos adultos jóvenes, de ambos sexos.
- 2) Comparar los métodos de exploración de la composición corporal que ofrecen una estabilidad y aplicabilidad en este segmento poblacional.
- 3) Valorar el comportamiento de diferentes fórmulas antropométricas de cálculo de la masa grasa, empleadas en la literatura para este segmento poblacional.

Material y métodos:

Diseño: estudio observacional transversal. Sujetos: 106 participantes no sintomáticos (81 en la muestra final): 22 hombres y 59 mujeres, de edades entre 18 y 28 años. Evaluaciones: cada sujeto se sometió a tres evaluaciones de la composición corporal (Antropometría – fórmulas de Carter, Dunin&Womersley General y Durnin&Womersley Específica-, DEXA y BIA) en un breve espacio de tiempo. Variables de estudio: se tomaron 70 variables, tanto demográficas como experimentales entre compartimentales y no compartimentales. Análisis estadístico: descripción de resultados para las variables tanto cuantitativas como cualitativas; contrastes de medias mediante t de student y ANOVA de factores independientes (post hoc: test de Tukey y Bonferroni); análisis de consistencia en términos de asociación con los test r de Pearson y α de Cronbach; análisis de grado de acuerdo por el método gráfico de Bland y Altman.

Resultados:

Los sujetos presentaron un IMC dentro de la normalidad, con diferencias en talla y peso por sexos (♀ 1,64±0,06m/56,41±6,77Kg ; ♂ 1,78±0,06m/73,05±8,47Kg). Asimismo, prac-

ticaban escasa actividad física. Cada método diferenció la composición corporal de la muestra en función de la actividad física de los sujetos. Aparecieron diferencias (masa grasa y masa libre de grasa) entre las 5 metodologías de evaluación [$F=289,419$; $GL_1=80$; $GL_2=4$; $p<0,01$], mostrándose la fórmula de Carter y la de Durnin&Womersley General sensiblemente más alejadas del resto, por lo que fueron desechadas en los siguientes análisis. La comparación entre las 3 metodologías restantes por sexos determinó la ausencia de diferencias en los hombres [$F=1,095$; $GL_1=21$; $GL_2=2$; $p=0,3439$], mientras se mantuvieron en las mujeres [$F=45,491$; $GL_1=58$; $GL_2=2$; $p<0,01$], a pesar de que la diferencia entre medias no resultara tan evidente en algunos casos. Por el contrario, la consistencia fue mejor en las mujeres en la masa grasa, con valores excelentes en muchos casos ($\alpha>0,9$), si bien la diferencia entre tamaños muestrales hace que tomemos estos datos con cautela. Asimismo, los hallazgos de masa grasa se mostraron menos consistentes que los de masa libre de grasa.

Respecto al nivel de acuerdo entre parejas de métodos, apareció un patrón de comportamiento homogéneo, con escaso valor de sesgo, aunque amplia desviación estándar, y límites de acuerdo al 95% amplios (en muchos casos por encima del 10% de masa grasa o masa libre de grasa). DEXA y Durnin&Womersley Específica fueron los métodos que mayor consistencia y nivel de acuerdo presentaron.

Conclusiones:

Los distintos métodos de evaluación de la composición corporal (Antropometría, BIA y DEXA) ofrecen estimaciones diferentes en una muestra de adultos jóvenes sanos. DEXA y Antropometría (fórmula de Durnin&Womersley Específica) muestran en una población homogénea niveles de consistencia elevados, con escasos márgenes de sesgo.

Siguen siendo necesarios estudios con protocolos uniformes y análisis de resultados en profundidad sobre validez y fiabilidad en la metodología indicada.

Palabras clave: Composición Corporal, Impedancia Bioeléctrica, densitometría por rayos X, antropometría.

PRÓLOGO

Tras 9 años dedicados al estudio del ser humano en su más básica perspectiva, la de su composición corporal, creo poder afirmar que si de grasas, músculos, huesos y vísceras no conozco demasiado, de las facetas más complejas de la especie humana he aprendido aún menos. Quizá lo que menos pueda entender no sea la locura, la necesidad y el odio, consecuencias más o menos directas de la sociedad que nos asiste, sino ese afán desmedido, en ocasiones puntual aunque casi siempre constante, de buscar respuesta a las preguntas, a pesar de que no nos vaya la vida en ello.

Y es que el saber no ocupa lugar, pero en tiempo y esfuerzo emplea un capital. La investigación, o al menos su reconocimiento público, vetada durante décadas a los fisioterapeutas, será en menos tiempo, su principal valedor. Los que creemos, los que hacemos alarde de una fe ciega en el camino que emprendimos a pesar de no conocer hacia dónde se dirigía, mantenemos la ilusión cada día, cada jornada, en pesquisar sin medios suficientes, sin palmadas en la espalda, sin descanso. Sabemos que tras un artículo censurado, un proyecto denegado, un tropezón con caída, esguince de tobillo y ojo morado, una vez más, y no me canso de repetirlo (necesito repetirlo mil veces más), solo quedará una posibilidad. Levantarse y seguir.

No es el objetivo de esta introducción hacer un alegato a favor de la rebeldía sin causa o en contra del poder establecido. No es esa la opción. La pretensión es dejar claro, que si se quiere, se puede y que este trabajo, que pretende convertirse en tesis doctoral, es el fruto de una mezcla extraña entre elevadas dosis de amor propio, una base de trabajo en grupo y no pocas trazas de ignorancia hacia el escepticismo.

La composición corporal, tratar de conocer de qué estamos hechos, ha sido un deseo desde tiempo inmemorial aún hoy no satisfecho. Sin embargo, esa necesidad comentada de buscar respuesta a cada cuestión tiene, como reverso a la insatisfacción, un desarrollo intenso, que alcanza en el momento actual su momento álgido.

La publicación internacional ha concedido el espacio que merece a los estudios de composición corporal, abriendo nuevos y fascinantes caminos en la investigación en diferentes grupos de edad, patologías, estados nutricionales, procedimientos metodológicos, análisis estadísticos,... En efecto, a pesar de que el interés existió siempre, las posibilidades tecnológicas y los avances estadísticos permiten una nueva dimensión a los estudios de composición corporal. Y es que muchas fueron, son y probablemente serán las razones por las que el ser humano se ha preocupado en conocer la forma, proporción y composición del cuerpo. Sin ir más lejos, a nadie se le escapa que, principalmente en la antigüedad, los mejores guerreros y trabajadores, fueran seleccionados entre los más fuertes y de mayor presencia física.

Por estas y otras justificaciones, no han sido pocos los científicos que han basado en esta área de conocimiento sus trabajos. Tres se presentan, en una clasificación rápida, como los motivos de las investigaciones que tratan sobre la composición corporal del hombre:

- El fin puramente lucrativo, muy en auge en los últimos tiempos. Establece unos cánones de belleza difíciles de conseguir, para que las personas traten de obtener dicho patrón (aunque en la empresa gasten sus pocos ahorros).
- La investigación como tal, por y para el hombre, destinada inexorablemente a su conocimiento. Identificar de qué está compuesto y en qué proporción, sin ir más allá. Resultarán éste tipo de trabajos, fundamentales para el abordaje del tercero, que sin duda debe ser el que más se desarrolle en un futuro cercano.
- Obtener información para, tras las deducciones y extrapolaciones oportunas, poder tomar medidas acerca de la patología que pueda sufrir cada paciente, o incluso modificar la actividad física o la nutrición que debe tener cada individuo, dependiendo

de las carencias o excesos que sufra. Realizar una prevención primaria sobre aquellos grupos de riesgo de determinadas patologías que se pueden evidenciar mediante estos estudios, medir la repercusión de una actividad física reglada en la composición del organismo... Intentaremos que sea éste el productivo fin del estudio que ahora nos ocupa, y podamos obtener nuevos datos e informes sobre alguno de estos temas.

Este último objetivo adquiere una importancia mucho mayor si la población de estudio se encuentra en el segmento etario adulto joven, frecuentemente olvidado, ya que la mayor parte de los estudios se realizan con un protocolo restrictivo, o a través de cálculos basados en población adulta, de dudosa validez a la hora de aplicarlos a estos sujetos. La población analizada tiene dos características que la diferencian del resto:

- a) Es, a priori, la población más activa en cuanto a práctica de ejercicio y, en general, la más preocupada respecto a su desarrollo físico.
- b) Sufre, en el final del crecimiento y maduración, importantes cambios en su composición corporal.

El estudio que a continuación se presenta, busca aportar conocimiento a estos aspectos. De esta forma, partiremos de una profusa revisión bibliográfica que contextualice el punto de partida del estudio de campo. Buscaremos en la metodología una descripción precisa de cuál es el sendero seguido en la investigación, tanto al pie del sujeto de estudio y los recursos técnicos empleados, como en el laboratorio de investigación, encontrando las herramientas más apropiadas para el análisis de la matriz de datos obtenida. Llegaremos así a una serie de resultados, concisos y claros, a partir de los cuáles argumentar una extensa discusión de los mismos, tanto interna al estudio como comparada con otros publicados previamente.

Si a través de las páginas siguientes, se consigue sumar luz a alguna pregunta pertinente, a un por qué, a un cómo, a un qué ocurre, será más que suficiente. Sentido y mérito, no se pide más.

1.~ MARCO TEÓRICO

1.1. HISTORIA PASADA, PRESENTE Y FUTURO DE LA COMPOSICIÓN CORPORAL

El Homo Sapiens, desde que hizo su aparición más o menos espectacular en la tierra (una especie animal con unas características físicas en cuanto a fuerza, rapidez y tamaño inferiores a las de muchas otras coetáneas, que se abrió paso en los ecosistemas y poco a poco se adueñó de ellos), ha sufrido numerosos cambios de todo tipo y en todos los ámbitos. En cuanto a los que se centran en su anatomía y composición corporal (CC), podemos afirmar que son el resultado de un *genotipo* establecido de manera regular, unido a una *influencia medioambiental* lo suficientemente agresiva como para obligar a la naturaleza humana a adaptarse continuamente a los cambios que le rodean. Entre estos cambios sufridos en el denominado *proceso de hominización*, podemos incluir: la tendencia progresiva al aumento del tamaño del encéfalo y a su mayor complejidad, aumento de longitud y altura del cráneo, mayor capacidad craneana, disminución del prognatismo, tendencia a la posición erecta y a la marcha bípeda, desaparición de la cola... (Heymsfield et al., 2005).

Pero la especie humana es la especie humana, no sólo porque la biología la defina tal y como hoy la concebimos, sino porque es el mismo hombre el que se ha preocupado, con mayor o menor acierto, de que así sea. La estética, hoy tratada en muchos ámbitos co-

mo una pseudociencia, ha ejercido gran influencia sobre el desarrollo del sujeto, tanto individual como socialmente, a lo largo de los tiempos. La tendencia hacia la búsqueda del hombre perfecto en todos los campos, y su no consecución, sigue siendo para algunos un proyecto demasiado ambicioso sin respuesta y un eterno dolor de cabeza para otros.

El interés de los seres humanos por su cuerpo data de las inscripciones en las cuevas del periodo Paleolítico (Martín, 1978) donde se representaban figuras humanas (con excelente simetría con respecto al eje vertical del cuerpo).

Ya en el Antiguo Testamento, en el Talmud Babilonio o en el Midrashim se hacen comentarios relacionados con la forma y proporciones humanas.

Los primeros conceptos de CC pueden encontrarse en los griegos. Heródoto, historiador griego, describe de manera detallada las características anatómicas superficiales de la población masculina egipcia. Existen para los egipcios proporciones antropométricas determinadas (Barrow y McGee, 1979). De igual forma, el binomio incuestionable entre forma física y rendimiento era conocido y aplicado por los compatriotas de Heródoto a través de sus juegos olímpicos, pudiendo afirmar, sin lugar a dudas, que son la base de los estudios antropométricos actuales.

Posteriormente y hasta el siglo V a. C., Empédocles, Sócrates e Hipócrates se preocuparon por la relación físico-bello-eficiencia corporal, argumentando parámetros centrados en un modelo ideal de hombre. Empédocles (490-430 a. C.) divide al hombre en ele-

mentos: la parte sólida la compara con la tierra, el líquido con el agua, y el alma con el fuego y el aire (Fraile, 1976; Schultz, 2002). Sócrates (470-399 a. C.) escribió: “Es una desgracia que una persona crezca ignorando la actividad física sin saber lo que podría llegar a ser con un cuerpo vigoroso y bien formado” (Touraglou, 1988). Finalmente Hipócrates (460-365 a. C.) realiza la primera clasificación biotipológica con una base morfológica relacionándola con distintas patologías (Souza y Oliveira, 1982; Ross et al., 1988).

El principio de Arquímedes sobre el fenómeno de flotación debe a sí mismo ser tenido en cuenta dentro de esta cronología, ya que constituye un pilar básico en las mediciones densimétricas: “todo cuerpo sumergido en un fluido experimenta un empuje hacia arriba igual al peso del fluido que desaloja”. También son resaltables los trabajos de Vitruvius analizados por Gras, o los de Galeno inspirándose en Hipócrates, que conceden una vital importancia a la CC en el desarrollo del hombre.

Después del imperio romano, y coincidiendo con la custodia de la ciencia por la Iglesia Cristiana, decae el interés en el conocimiento durante un periodo que incluirá prácticamente en su totalidad la Edad Media.

Es ya en el Renacimiento donde resurge el interés por la ciencia, el saber y la propia estética, pretendiendo establecer un tipo ideal de belleza. Contribuyen a este fin nombres tan importantes como el de Leonardo da Vinci (1452-1519) que describe las proporciones de la figura humana en el Hombre Vitruviano, donde constata que la forma humana acostada de espaldas, con las manos y piernas abiertas, podría ser circunscrita teniendo el

ombbligo como centro de un círculo e incluso de un cuadrado. Leonardo da Vinci realizó, por otra parte, numerosas descripciones anatómicas (Richard, 1993).

Miguel Ángel Buonarroti (1475-1564), o Leone Battista Alberti (1401-1471) con su definidor para cuantificar características de proporcionalidad, también aportaron novedades importantes a estos conocimientos (Ross et al., 1988).

Andreas Vesalius (1514-1564), anatomista y fisiólogo, discutió las teorías galénicas. Sus estudios anatómicos se consideran el inicio de lo que llegará a considerarse una ciencia, la Antropometría como una nueva especialización científica (De Rose et al., 1984).

Avanzando en el tiempo, no podemos olvidar la incuestionable relevancia de las Leyes de Newton (1642-1727) presentándose como un pilar básico de determinados parámetros y operaciones matemáticas.

Sin embargo, la investigación de la CC, tal y como hoy la concebimos, tiene su origen en los últimos 150 años. Intervinieron científicos como Justus von Lieby, si bien los métodos disponibles no eran suficientemente prácticos y precisos (Wang et al., 1999).

Lambert Adolphe Jacques Quetelet (1796-1874), astrónomo y matemático belga, incluye la estadística en el estudio de seres humanos. Aplicó la Teoría de Gauss en modelos estadísticos para el análisis de fenómenos biológicos, como el biotipo, excluyendo la subjetividad del análisis científico.

Según Velho (Velho et al., 1993), Beneche en 1878 utilizaba las vísceras de cadáveres para relacionar cuantitativamente peso, estatura y masa de los sujetos. Clasificó a los individuos en dos tipos:

- 1) Individuos delgados, débiles, anémicos, poco resistentes a la fatiga y a las infecciones, a los que les correspondía un tamaño pequeño de las principales vísceras.
- 2) Individuos de gran masa corporal, fuertes, macizos, con un buen estado nutricional, resistentes a las causas morbígenas y órganos internos voluminosos.

De Giovanni en 1891, relaciona las medidas antropométricas con el tamaño del corazón, lecho vascular, volumen muscular y adiposidad, definiendo además el criterio de hiper e hipo-evolucionismo. En 1894, Claude Sigaud analiza fundamentalmente la superficie corporal, y clasifica los individuos según los sistemas de la economía humana en cuatro grupos: Respiratorio, Digestivo, Muscular y Cerebral.

Ya en el siglo XX, encontramos la figura de Jacinto Viola, considerado el más relevante biotipologista italiano, que estableció en 1905 las bases de la doctrina científica constitucionalista. Clasificó los individuos en primer término en tres grupos: Normolíneo (normoplácnicos), Brevilíneo (microplácnicos), Longilíneo (macroplácnicos), según el predominio de tronco, vísceras y miembros, pero se hizo necesario un cuarto grupo, que clasificó como mixto (Velho et al., 1993).

Krestchmer, psiquiatra alemán, clasifica los individuos en: leptosomáticos (longilíneos), atléticos (musculosos) y pícnicos (predominio grasa) y acepta un grupo de displásicos considerados patológicos.

En 1921, Matiegka informó de un modelo antropométrico para estimar la masa muscular corporal total, definiendo la división tetracompartimental de la composición corporal, aún hoy utilizada en Antropometría (Matiegka, 1921).

Los estudios modernos de CC nacen de las investigaciones de Moulton en 1923, estudiando componente grasa y acuoso en animales (Ruiz, 1994).

En 1942, Albert Behnke propone el fraccionamiento del peso corporal en dos compartimentos: masa grasa (MG) y masa magra (masa libre de grasa –MLG–), además de realizar estudios sobre la difusión de nitrógeno (N_2) en el organismo humano. A través de estos trabajos se pudo comprobar que el exceso de peso en numerosas ocasiones (deportistas) se produce a expensas, no de un aumento de grasa, sino del incremento de masa muscular (Katch y McArdle, 1990).

Sheldon y Stevens, en 1940 psicólogos de la Universidad de Harvard, ofrecen una clasificación a partir del origen embrionario de los diversos tejidos (endomórficos, mesomórficos y ectomórficos), dando el empuje definitivo a las clasificaciones morfológicas tal y como hoy las conocemos (Sheldon y Stevens, 1940). De esta manera administraron los

individuos a partir de un estudio fotográfico en tres posiciones (frente, perfil izquierdo y espaldas), y de medidas antropométricas que completaban el método (Sheldon et al., 1954).

Brozek y Keys mejoran el trabajo de Behnke. Relacionan la densidad corporal con el porcentaje de grasa según una fórmula que obtuvieron basándose en el principio de Arquímedes. Fraccionan por tanto, la masa corporal total en: MG y MLG (Brozek y Keys, 1951). Este estudio fue simplificado por Heath y Carter (Heath y Carter, 1967), evolucionando estos estudios hasta métodos tetra y pentacompartimentales (Dobëln, 1964; Rocha, 1975; Kerr, 1988). El First body Composition Symposium de la New York Academy of Science fue uno de los puntos de inflexión y empuje de este periodo (Brozek et al., 1963).

Mitchell en 1945, Widdowson en 1951 y Forbes en 1956 estudiaron la composición química de seis cadáveres humanos, aportando datos todavía válidos (Ruiz, 1994).

La propuesta de Matiegka (1921) fue validada en disección de cadáveres en individuos entre 55 y 94 años llevadas a cabo en Bruselas por Clarys, Martin y Drinkwater entre 1979 y 1980 (Clarys et al., 1984).

Métodos como el potasio 40 (K_{40}), o el análisis de activación de neutrones se perfeccionaron en los años 60 y 70 por investigadores como Forbes y Satnaton Cohn. También en este periodo aparece la Densitometría de rayos X de doble energía (DEXA) y las técnicas de imagen, como la Tomografía Axial Computada (TAC) y la Resonancia Magné-

tica (RM) encontraron su mayor avance en los años 80 (Mazess et al., 1970; Hounsfield, 1973; Tokunaga et al., 1983; Foster et al., 1984).

Los estudios de cadáveres en el siglo XX realizados en fetos, niños y adultos no han aportado datos aplicables sobre individuos jóvenes. En 1985, Knight et al. desarrollaron un estudio en dos cadáveres adultos con la intención de determinar el nitrógeno corporal total, pero ninguna de las nuevas metodologías in vivo han sido verificadas directamente con estudios de cadáveres (Ellis, 2000).

Junto con los avances tecnológicos de medición se encuentran descubrimientos importantes paralelos. Una nueva fase está surgiendo, o por lo menos están apareciendo a un ritmo acelerado otros avances, construyendo una transición que transformará el campo. En primer lugar, los nombrados sistemas de medición, con el paso del tiempo más prácticos y sofisticados, ampliando el espectro de utilización tanto en ubicaciones físicas, como en campos de estudio. En segundo lugar, la investigación ya no sólo se centra en la cuantificación de los componentes corporales principales. Factores como el metabolismo in vivo, o el análisis de los mecanismos patológicos de enfermedades diversas, están dotando de nuevos intereses al campo de la CC (Shen et al., 2005).

1.2. MÉTODOS DE EXPLORACIÓN DE LA COMPOSICIÓN CORPORAL

1.2.1. Generalidades Sobre la Metodología de Exploración de la Composición Corporal

La medición de la CC aporta información utilizada por clínicos, fisiólogos y nutricionistas. Los niveles minerales del hueso y los tejidos blandos y cómo estos cambian durante la salud y la enfermedad, han sido estudiados para comprender procesos como el envejecimiento, la obesidad y patologías que cursan con cambios constitucionales como el cáncer o el SIDA (Laskey, 1996).

Podemos definir la CC como el fraccionamiento del peso corporal en compartimentos (Berral et al., 1991). En general, el análisis de la CC se basa en dos formas de dividir el cuerpo: por un lado, la de sus componentes químicos, que considera que los humanos nos componemos de agua, grasa, proteínas y minerales, y, por otro, la de los compartimentos, definidos por el método de obtención empleado, pudiendo no coincidir con la especificidad de las estructuras anatómicas (Ruiz, 1994). La CC posee una influencia directa sobre dis-

tintos parámetros en relación al individuo como pueden ser la capacidad de esfuerzo para una determinada actividad física o la mayor o menor tendencia a padecer ciertas enfermedades.

El conocimiento de la CC tiene su aplicación en tres ámbitos fundamentalmente: educativo, preventivo y obtención de un rendimiento humano óptimo (Porta et al., 1995). A partir de ellos, podemos inferir una serie de utilidades concretas de la medición de la CC, tales como:

- 1.- Conocer los parámetros morfológicos de la población estudiada y compararlos con otras poblaciones.
- 2.- Valorar el crecimiento y desarrollo en la adolescencia.
- 3.- Obtener una información importante sobre el estado de salud de la población estudiada, así como detectar precozmente algunas enfermedades que inciden sobre los parámetros estudiados.
- 4.- Seguimiento posterior del colectivo estudiado y de ese modo poder valorar el desarrollo del mismo.
- 5.- Análisis de las diferentes áreas de la condición física, que permiten mejorar las parcelas defectuosas y prevenir futuras lesiones.

6.- Detectar las posibles anomalías físicas que acontezcan en la infancia y edades juveniles, y que normalmente no se ponen de manifiesto a no ser mediante la realización de pruebas específicas.

7.- Aportar nuevos datos en la evaluación y posterior tratamiento de distintas enfermedades. Por ejemplo: la medición del agua corporal total (ACT) para estudios farmacocinéticos.

8.- Desarrollar una clasificación de las posibles aptitudes básicas favorables para la práctica de un determinado deporte. Es decir, detectar las futuras posibles “figuras” del deporte que normalmente pasan desapercibidas al no tener una contrastada muestra de sus capacidades innatas y de su posible desarrollo.

9.- En caso de población infantil, ayudar al niño a adoptar una actitud positiva hacia su cuerpo, así como aumentar el interés de los padres por la condición física de sus hijos.

10.- Orientar al individuo hacia una especialización en la práctica del deporte más idóneo para sus cualidades físicas, mejorando aquellos compartimentos que favorezcan un mayor rendimiento en la práctica de su deporte (Alburquerque, 2000).

En el momento actual, el estudio de la CC está organizado en tres áreas interconectadas. La primera incluye las reglas y los modelos de la CC, lo que comprende los componentes mismos, definiciones y asociaciones entre ellos. Existen alrededor de 30 a 40 componentes principales, que incluyen aquellos que representan combinaciones de componentes, en diferentes niveles; cuando los investigadores los combinan de forma matemática, se denominan modelos, como el modelo de cinco niveles, considerado modelo central en la investigación de la CC (Wang et al., 1992) -figura 1-.

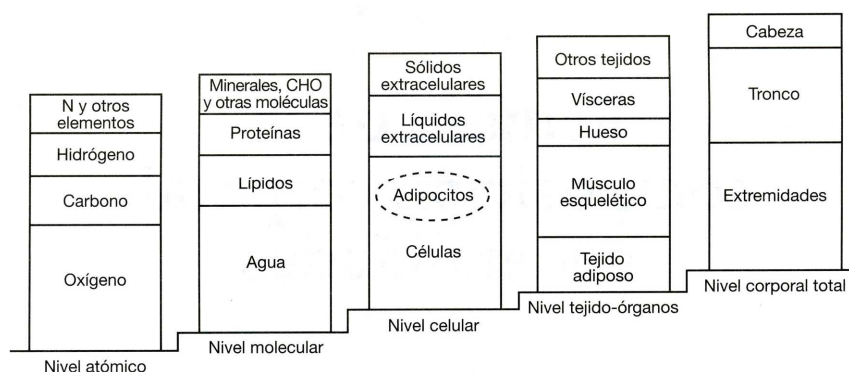


Figura 1: Los cinco niveles de la composición corporal (N=Nitrógeno; CHO=Carbohidratos) (Wang et al., 1992).

Como podemos ver la masa corporal puede estudiarse en cinco niveles distintos e independientes, pero integrados, que empiezan en el nivel atómico y avanzan hacia los niveles molecular, celular, tejido-órganos y corporal total (Wang et al., 1992; Ellis, 2000).

El primer nivel es el *atómico*, considerado el nivel compuesto por los “ladrillos” de construcción del cuerpo. El 96% de la CC está integrada por: oxígeno, carbono, nitrógeno e hidrógeno.

El segundo es el nivel *molecular*, donde los elementos del nivel atómico se agrupan para formar componentes químicos, que nuevamente agrupados con otras moléculas similares forman agua, lípidos, proteínas o glucógeno.

El tercer nivel corresponde al nivel *celular*, de forma que el nivel anterior se estructura en una máquina metabólica, separada a través de una barrera del medio externo y construyendo sistemas de reproducción y control metabólico. En este nivel, el cuerpo se considera compuesto por células, sólidos extracelulares y líquidos extracelulares (Aguado y Gómez-Pellico, 2005).

El cuarto nivel, el nivel *tisular*, se forma por la agrupación de células de similar fisiología. Por lo tanto, los diferentes espacios con química, anatomía y función individual determinan que la CC no se encuentre uniformemente distribuida (Ortiz, 1986). Los tejidos más importantes en la CC son el óseo, el adiposo y el muscular (Terán, 1999).

El quinto nivel es el nivel *corporal*. Este nivel diferencia al hombre de otras especies y confiere al cuerpo un tamaño, forma y proporciones: sus características constitucionales. Los cambios en los niveles inferiores se manifiestan en el nivel corporal total. En el adulto, donde debe existir un equilibrio dinámico de su composición, aceptando bajo cir-

**ESTUDIO COMPARATIVO INTERMETODOLÓGICO DE LA COMPOSICIÓN CORPORAL
(ANTROPOMETRÍA, BIA Y DEXA)**

cunstances normales una mínima variación del peso corporal (10%) en un tiempo determinado (20 años) (Aguado et al., 2005). El estado constante de la CC debe resultar una proporción estable entre los diferentes componentes de cada nivel (Terán, 1999).

La suma de todos los componentes de cada uno de los cinco niveles equivale a la masa corporal. Algunos de los modelos comunes de cada nivel se presentan en la Tabla 1.

Nivel	Modelo de composición corporal	Número de componentes
Atómico	$BM = H + O + N + C + Na + K + Cl + P + Ca + Mg + S$	11
Molecular	$BM = FM + TBW + TBPro + Mo + Ms + CHO$	6
	$BM = FM + TBW + TBPro + M$	4
	$BM = FM + TBW + \text{sólidos no grasos}$	3
	$BM = FM + Mo + \text{residual}$	3
	$BM = FM + FFM$	2
Celular	$BM = \text{células} + ECF + ECS$	3
	$BM = FM + BCM + ECF + ECS$	4
Tejido-órganos	$BM = AT + SM + \text{hueso} + \text{vísceras} + \text{otros tejidos}$	5
Corporal total	$BM = \text{cabeza} + \text{tronco} + \text{extremidades}$	3

Nota: AT=tejido adiposo; BCM=masa celular corporal; BM=masa corporal; CHO=carbohidratos; ECF=líquido extracelular; ECS=sólidos extracelulares; FFM=masa libre de grasa; FM=masa grasa; M=mineral; Mo=mineral óseo; Ms=mineral de tejidos blandos; SM=músculo esquelético; TBPro=proteína corporal total; TBW=agua corporal total.

Tabla 1: Modelos de componentes múltiples representativos en los cinco niveles de CC (Heymsfield et al., 2005).

La segunda área de la investigación comprende la metodología de la CC. La valoración de la CC puede realizarse de muy diversas formas, utilizando datos y variables sin

relación alguna entre ellos, y que además difieren en sus resultados (Porta et al., 1995). Por otro lado, la complejidad de dichos métodos se mueve en torno a una horquilla muy amplia. De igual forma, nos ofrecen la posibilidad de realizar una observación complementaria de dichas variaciones de composición dentro del binomio salud-enfermedad en aquellas patologías relacionadas con el exceso o el defecto de un determinado factor o componente -cardiopatías, hipertensión arterial, diabetes mellitus,...- (Albuquerque, 2000).

La tercera área de investigación es la variación de la CC y comprende los cambios relacionados con las condiciones fisiológicas y patológicas. Las áreas investigadas influyen en el crecimiento, desarrollo, envejecimiento, raza, nutrición, efectos hormonales y actividad física, así como algunas enfermedades y medicamentos que influyen en la CC de la persona (Albuquerque, 2000; Shen et al., 2005). Por ejemplo, la división bicompartimental (MG y MLG) acepta una relación importante entre el exceso de grasa y el riesgo de aparición de enfermedades cardiovasculares (Senti et al., 2000).

Entre las tres áreas de investigación de la CC ocurren interacciones, lo que permite formular y descubrir nuevas reglas y leyes de la CC.

Antes de analizar brevemente los diversos métodos de evaluación de la CC, se debe señalar que el método ideal no se ha desarrollado aún, ya que sus características serían muy exigentes: ser seguro, no invasivo, barato, fácil de realizar, aplicable a individuos de diferentes edades y situaciones clínicas, con resultados exactos y reproducibles. De hecho, alteraciones en la postura corporal de medida, como ocurre en la DEXA, el posicionamien-

to de electrodos en los métodos que así lo requieren, como la BIA, o la elección de una u otras ecuación de regresión para la obtención de variables resultado en antropometría, añaden a la variabilidad biológica la necesidad del conocimiento de los diferentes métodos, aportando así los datos relativos a validez y fiabilidad (BSI, 1987). Por ello, hoy en día se acepta como un buen método, el que consigue un correcto ajuste de coste, facilidad de manejo y exactitud de las variables obtenidas (León Sanz et al., 1996).

a) Métodos directos:

Comprenden exclusivamente la disección de cadáveres. Es el método más exacto y fiable, pero muy limitado en su aplicación debido a la escasez de trabajos donde los estudios antropométricos tengan una fiabilidad suficiente. Los más importantes fueron realizados por Clarys, Drinkwater, Martin y Ross entre 1979 y 1980 en Bélgica (Drinkwater et al., 1984), con una muestra de 25 cadáveres, con edades entre 55 y 94 años, que fueron disecados y medidos (figura 2).

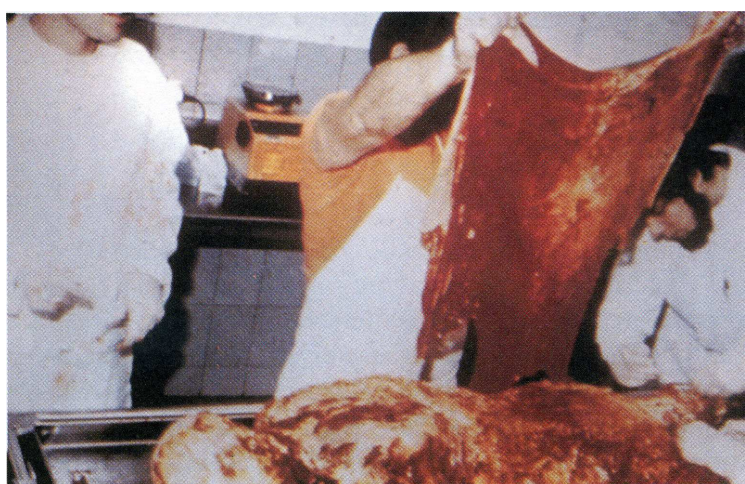


Figura 2: Estudio de cadáveres (Drinkwater et al., 1984).

b) Métodos indirectos o in vivo:

Calculan un parámetro (MG, porcentaje óseo,...) a partir de otros (densidad corporal total, diámetros óseos,...) según una relación cuantitativa, que se presupone constante entre las variables, establecida previamente (Fernandes, 2001). Existen tres tipos:

1.- Métodos químicos:

Los primeros estudios fueron realizados por Von Hevesy y Hofer y por Behnke, Feen Welham en 1939, con sus trabajos para la marina norteamericana sobre la capacidad de difusión de nitrógeno gaseoso (N^2) en la grasa y fluidos corporales. El más importante es la Densimetría. Algunos otros son la dilución isotópica, la espectrometría de rayos gamma, la activación de neutrones, la espectrometría fotónica, la excrección de creatinina ó 3-metilhistidina y la absorciometría con rayos X de doble energía (DEXA).

2. Métodos físicos:

Estos métodos pretenden determinar el Volumen Corporal Total utilizando una cámara presurizada. Según Preuss y Bolin pueden incluirse la pletismografía acústica, el desplazamiento del aire, la dilución de Helio y los gases solubles en grasa (Preuss y Bolin, 1988).

3.- Técnicas de exploración por la imagen:

En este grupo se incluyen la radiología convencional, los ultrasonidos, la Tomografía Axial Computada (TAC), la Resonancia Magnética (RM), etc.

4. Densimetría:

La densimetría constituye en sí misma un método químico, pero debe ser estudiada en particular por su significativa relevancia. Utiliza el modelo de dos componentes en sus determinaciones. Aún se la considera como el método en el que los demás deben buscar su validación científica, el *gold standard* o prueba de criterio, pero como vamos a ver esta afirmación no debe ser tomada como completamente cierta. De los compartimentos del organismo (óseo, magro y graso, además de agua), la MG es la más susceptible de errores de medida (Valtueña y Kehayias, 2001). La grasa representa el 80% del tejido adiposo aproximadamente, siendo el 20% restante espacio intersticial, tejido conectivo y vasos sanguíneos. Cada adipocito contiene, en promedio, 0,4-0,6 mg de grasa, pero puede llegar a 1,2 mg de lípidos, cuando se trata de adipocitos subcutáneos (Garrow, 1988).

La teoría del método es la siguiente: como la flotabilidad de un individuo es proporcional a su cantidad de MG en relación del peso total y a la MLG, se puede concluir que encontraremos una relación directa entre densidad del cuerpo humano y su contenido de MG. Para conseguir el valor de esa densidad, debemos saber el peso del individuo fuera y dentro del agua, ya que aquella es la relación existente entre el peso y el volumen. Una vez conocida la densidad corporal, se puede obtener el porcentaje de MG a través de alguna de las fórmulas descritas (Pace y Rathbun, 1945; Siri, 1961; Brozek et al., 1963; Behnke y Wilmore, 1984; Lohman, 1984), que apenas difieren cuando el individuo no es ni muy obeso ni muy delgado (variando su densidad entre 1,0-1,1 g/ml) (Martín-Peña, 1994). Sin embargo, estos supuestos no son exactos, ya que las densidades de la MG y la masa magra,

no son constantes, dependiendo de características individuales como la etnia (Durnin, 1995), o el estado de hidratación del sujeto (Cañete et al., 1994). La densidad de la MG es casi constante (0,9 g/ml), en tanto que la densidad de la MLG varía en dependencia de la cantidad de masa ósea y del estado de hidratación, situándose en niños en 1,08 g/ml y en adultos en 1,1 g/ml aproximadamente. La densidad del tejido muscular es relativamente constante, de 1,0643 g/ml (Martín-Peña, 1994).

c) Métodos doblemente indirectos:

Se denominan así porque resultan de ecuaciones o normogramas derivados de alguno de los métodos indirectos, como la densitometría o la DEXA (Porta et al., 1995).

Para que los resultados alcanzados puedan ser acertados, es necesario que la técnica escogida atienda algunos criterios que garanticen que, además de ser usados correctamente por el investigador, sea adecuada para el individuo o grupo que está siendo estudiado. Según Kiss, los criterios principales de selección de las pruebas son: validez, fiabilidad, objetividad y tener protocolos de instrucciones (Kiss, 1987).

Entre ellos se incluyen el TOBEC (Conductividad Eléctrica Corporal Total) o EMSCAN, la NIR (Reactancia a la Luz Subinfrarroja), la BIA (Impedancia Bioeléctrica) y la Antropometría. Estos dos últimos serán analizados más adelante.

1.2.2. La Densitometría de Rayos X de Doble Energía (DEXA)

La densitometría de rayos X de doble energía (DEXA) aparece en el mercado en 1987 (Genant et al., 1994), es la técnica más ampliamente utilizada para medir la densidad del hueso (Blake y Fogelman, 1997) y habitualmente estudia la columna vertebral y la cadera (Laskey, 1996), para la detección de la osteoporosis. La DEXA también es comúnmente empleada para analizar cambios de CC ya que permite cuantificar MG y MLG tanto en segmentos aislados como en el total corporal (Laskey, 1996; Blake et al., 1997; Lohman et al., 2000; Heymsfield et al., 2005). Recientes revisiones de la DEXA y la CC indican la validez teórica y empírica de este método en la estimación de la MG y la MLG (Van Loan y Mayclin, 1992; Lohman, 1996; Pietrobelli et al., 1996; Kohrt, 1998; Lohman et al., 2000; Genton et al., 2002). Los modelos de múltiples componentes han mostrado que los resultados de la DEXA están muy relacionados con la CC, tanto en su versión en punta de lápiz (Tattarani y Ravussin, 1995; Prior et al., 1997; Kohrt, 1998; Withers et al., 1998; Evans et al., 1999), como en haz de abanico (Visser et al., 1999; Salamone et al., 2000; Tylavsky et al., 2000; Schoeller et al., 2005). Sin embargo, la realidad muestra que no se han establecido los criterios en los estudios de validación con los investigadores, y hay variaciones en los métodos utilizados, sistemas de calibración y producción de los diferentes rayos, tipo

de equipo de DEXA e instrumentación de programas de computación y algoritmos seleccionados, así como en las características de la muestra (Genant et al., 1994; Van Loan et al., 1995; Kistorp y Svendsen, 1997; Ellis y Shypailo, 1998; Tylavsky et al., 2003; Aguado et al., 2005; Heymsfield et al., 2005).

El origen de la DEXA se encuentra en la absorciometría monofotónica -empleaba yodo 125 o ameridio 241 (Aguado et al., 2005)- y la absorciometría de fotón doble (empleaba como generador de las radiaciones gamma, gadolinio 153 en sus determinaciones (Laskey, 1996)). El generador de fotones (gadolinio 153) fue posteriormente reemplazado por un tubo de rayos X, que permite un flujo mayor de fotones (Mazess et al., 1981). Este cambio permitió mayor resolución de imágenes, mayor precisión y rapidez en el protocolo de medida y reproductibilidad de los resultados (Mazess et al., 1981; Mazess et al., 1990; Laskey, 1996; Aguado et al., 2005).

Como objetivo fundamental, la DEXA, tenía la determinación mineral ósea y su densidad, en lugares como la columna lumbar y el fémur. Las limitaciones de uso, llevaron al desarrollo del DEXA para la obtención de la CC mediante la medida de atenuación de los picos fotoeléctricos en el cuerpo (Laskey, 1996; Albuquerque, 2000; Fernandes, 2001; Valtueña et al., 2001). La atenuación de rayos X que ha pasado a través del sujeto es medida secuencialmente con un detector situado en un brazo que el densitómetro soporta sobre el individuo evaluado (Laskey, 1996; Valtueña et al., 2001). La atenuación de rayos X en un sujeto depende de la masa del sujeto y su composición (Gottfredsen et al., 1984; Heymsfield et al., 1989). Teóricamente, cuando son utilizadas dos energías de rayos X sólo se

pueden determinar dos componentes. Por lo tanto, en primer lugar el cuerpo humano debe ser considerado como un sistema de dos componentes (mineral óseo y tejido blando de composición homogénea). El tejido blando puede ser sólo determinado donde el hueso no está presente (Laskey, 1996). Las propiedades de atenuación de la grasa y el tejido magro se han establecido por calibración a través de una serie de *phantoms* de composición conocida (Heymsfield et al., 1989; Mazess et al., 1990).

Una vez realizada la exploración, el ordenador posee a través de su software la información sobre la atenuación en píxeles sobre el tejido blando aislado y sobre el tejido óseo.

Esta técnica permite una mayor precisión al medir y estimar la composición del tejido blando de modo que se corrige la variación por regiones en el contenido de grasa, y con ello se obtienen mejores estimaciones de la densidad mineral ósea y de la composición de tejidos blandos (Laskey, 1996).

La DEXA proporciona información tanto del cuerpo total como de distintos segmentos corporales medidos independientemente. Como principales inconvenientes, a priori, se encuentran el que diferentes aparatos pueden dar diferentes resultados en un mismo sujeto, el elevado coste y resultar estático, lo que limita su uso en estudios epidemiológicos de campo (León Sanz et al., 1996; Albuquerque, 2000; Aasen et al., 2006).

Pese a todo a la hora de obtener la CC mediante DEXA, es preciso tener en cuenta tanto la variación del ACT como la dimensión antero-posterior del individuo estudiado. La medida de la grasa por DEXA, presume que el compartimiento magro contiene una fracción fija de agua (73,2%) (Mazess et al., 1981; Heymsfield y Waki, 1991), aunque sabemos que esta oscila entre 67% y 85% (Moore, 1963; Wang et al., 1999; Wang et al., 1999), más aún en estados patológicos (Forbes, 1987). Podemos esperar, por tanto, errores sistemáticos en relación a determinados estados de salud-enfermedad, en las que el agua corporal varía (Herd et al., 1993), si bien cálculos teóricos indican que las medidas de DEXA no deberían ser sensibles a cambios pequeños de hidratación (Valtueña et al., 2001). En relación con el espesor corporal, algunos estudios han demostrado que, cuanto éste excede de 20-25 cm, tanto la MG como la masa mineral ósea son sobreestimadas, observándose errores e imprecisiones cuando son comparados con individuos con espesores corporales menores de 20 cm (Laskey et al., 1992; Jebb et al., 1993; Svendsen et al., 1993; Laskey, 1996; Lohman, 1996). Laskey et al. y Jebb et al. realizaron estudios in vitro para determinar esta influencia (Laskey et al., 1992; Jebb et al., 1993). Milliken et al. observaron mayores efectos en el abdomen que en el muslo como consecuencia del aumento del espesor graso (Milliken et al., 1996), circunstancia corroborada por Salamone et al. con el Hologic 4500A (Salamone et al., 2000).

Otro aspecto sobre el uso del DEXA está relacionado con el área del cuerpo analizada en el que se obtienen los datos de la composición y la cantidad de grasa existente en el área no analizada (Salamone et al., 2000; Tylavsky et al., 2003). Todos los aparatos asumen que la cantidad de grasa sobre el hueso es la misma que la que existe en los tejidos

adyacentes y a través de esta premisa calculan su masa. Sin embargo, se ha comprobado que la no uniformidad del tejido graso en el abdomen conduce a un mínimo pero impredecible error en la determinación de la densidad mineral ósea en la columna (Roubenoff et al., 1993; Laskey, 1996).

1.2.2.1. Validez del método

La DEXA es un método preciso, seguro, fácil de realizar (Cullum et al., 1989), pero ¿cómo son de válidos sus resultados? ¿Cuán cercanos se encuentran los resultados de la DEXA de los valores reales de CC?

Son numerosos los estudios que avalan el empleo de la DEXA en la estimación de la CC (Kelly et al., 1988; Cullum et al., 1989; Mazess et al., 1990; Johnson y Dawson-Hughes, 1991; Pietrobelli et al., 1996; Pietrobelli et al., 1998). La ratio de validez está entre 5-10% (Borrel y Peris, 2000). Incluso, muchos autores utilizan la DEXA como *gold standard* en la evaluación de la CC (Laskey, 1996; Bretón et al., 1997; Valtueña et al., 2001), aunque otros han cuestionado este empleo (Roubenoff et al., 1993; Fogli, 2005).

Se han encontrado marcadas diferencias de forma sistemática entre los tres mayores fabricantes de densitómetros debido a las diferencias en la calibración, la detección en el límite óseo y otros factores. Además la diferencia en los datos aportados por cada fabricante pueden llevar a una apariencia normal individual en una máquina y que ese mismo individuo presente riesgo de osteoporosis en otra (Laskey, 1996).

El factor que afecta de manera más determinante para que la DEXA estime los cambios en los tejidos blandos, como ya se ha comentado, es la dificultad en evaluar grasa y tejido magro encima y/o debajo del hueso (Tylavsky et al., 2003).

1.2.2.2. Dosis de radiación

La radiación que emite el DEXA es muy baja (Pons y Del Río, 1991; Boot et al., 1997; Njeh et al., 1999), por lo que su uso se ha extendido incluso a la pediatría (Pons et al., 1991; Venkatamarán y Ahluwalia, 1992; Laskey, 1996; Heymsfield et al., 2005). También, por esta razón, es segura para mediciones secuenciadas en voluntarios sanos (Kalender, 1992; Lewis et al., 1994; Laskey, 1996). La dosis varía según el modelo de densitómetro utilizado (Laskey, 1996). La exposición para un estudio de cuerpo completo varía desde 0,02 hasta 1,5 mRem según el instrumento y la velocidad de exploración, siempre menor a la que se recibe en una radiografía de muñeca (Fernandes, 2001), y menor a la radiación que se recibe diariamente en todo el cuerpo sin realizar actividades especiales (Laskey, 1996). No obstante, no se recomienda en embarazadas, y se antoja necesaria una prueba de embarazo antes de realizar las mediciones con DEXA en mujeres en edad reproductiva.

1.2.3. La Impedancia Bioeléctrica (BIA)

La BIA es un método preciso, simple y barato que puede aplicarse a pacientes estables y sujetos sanos (Segal et al., 1988; Kotler et al., 1996; Valtueña et al., 1996; Bretón et al., 2000; Casanova et al., 2004; Aguado et al., 2005) y posee una buena correlación con parámetros antropométricos (Casanova et al., 2004).

Los primeros en concretar su aplicación fueron Nyboer, Thomasset y Hoffer (Nyboer, 1959; Thomasset, 1962; Hoffer et al., 1969; Nyboer, 1970; Jenin et al., 1975), buscando la relación entre impedancia y ACT, función tiroidea, metabolismo basal, etc.

El análisis de la CC por Impedancia Bioeléctrica (BIA) tiene origen en la medida de la resistencia total del cuerpo al paso de una corriente eléctrica de 500 a 800 μA y 50 kHz (Fernandes, 2001), que no es suficiente para estimular a los tejidos eléctricamente excitables (Chumlea y Guo, 1994). Esa resistencia está en función de la CC con el contenido de agua del cuerpo. Los componentes corporales ofrecen una resistencia diferenciada al paso de la corriente eléctrica. Los huesos y la grasa, que contienen poca agua, constituyen un medio de baja conductividad, o sea, de alta resistencia al paso de la corriente. La masa

muscular y otros tejidos ricos en agua y electrolitos son buenos conductores, permitiendo más fácilmente el paso de la corriente (Bretón et al., 1997; Fernandes, 2001). Como otros métodos de evaluación de la CC, esta relación entre variables, depende de premisas estáticas y relaciones dinámicas con respecto a las propiedades eléctricas del cuerpo: composición, hidratación y densidad, edad, raza, sexo y condición física de las personas valoradas (Lohman, 1986; Baumgartner et al., 1990; Kushner, 1992; Aguado et al., 2005).

La sencillez de uso de la BIA está haciendo que se emplee incluso en estudios epidemiológicos. Sin embargo, los errores de determinación de grasa pueden ser importantes, dependiendo del equipo, el estado de hidratación y, sobre todo, de la distribución de la grasa (las extremidades superiores contribuyen casi a la mitad de la resistencia y el tronco sólo a la décima parte) (Chumlea et al., 1988; Martín y Galdós, 1993) y del contenido en glucógeno hidratado del músculo (Forbes et al., 1992), pues se asume habitualmente que el 73% del músculo es agua, lo que no es una verdad absoluta (Valtueña et al., 2001).

1.2.3.1. Principios físicos de la BIA

El fundamento físico del método consiste en la relación existente entre el ACT y la impedancia eléctrica del organismo (resistencia que los diversos componentes corporales ofrecen al paso de una corriente alterna de baja intensidad –menos de 1 mA-, y frecuencia elevada -50 kHz). La resistencia es la oposición pura del conductor a la corriente alterna, y la reactancia es el componente dieléctrico de la impedancia. Los valores de resistencia y reactancia dependen de la frecuencia de la corriente eléctrica (Porta et al., 1995; Albur-

querque, 2000). A bajas frecuencias, la corriente pasa por los líquidos extracelulares, mientras que a frecuencias más elevadas la corriente penetra en todos los compartimientos con contenido acuoso (Thomasset, 1962; Thomasset, 1963; Settle et al., 1980). La impedancia se determina por la relación vectorial entre la resistencia (R) y la reactancia (Xc) medida en una frecuencia de corriente de acuerdo con la ecuación $Z^2 = R^2 + Xc^2$ (Porta et al., 1995; Albuquerque, 2000; Heymsfield et al., 2005) -figura 3-.

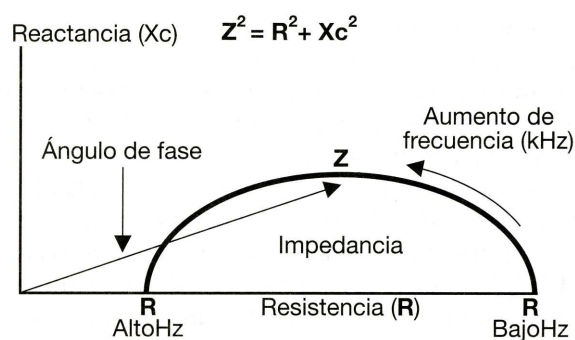


Figura 3: Impedancia de la resistencia y reactancia con frecuencia (Heymsfield et al., 2005).

A una frecuencia baja, la impedancia es igual a la resistencia y la reactancia es cero. A medida que aumenta la frecuencia de la corriente, ocurre reactancia si existen vías múltiples de corriente dentro del conductor y algunas de éstas retardan la corriente más que otras. El valor de la reactancia aumenta con la frecuencia, pero alcanza un máximo a una frecuencia específica que depende de la composición del conductor. Después, la reactancia cae conforme la frecuencia continúa aumentando, de manera que en una cierta frecuencia alta de impedancia para ese conductor vuelve a ser igual a la resistencia solamente. El vector de impedancia crea un ángulo con el vector de la resistencia a medida que cambia la

frecuencia de baja a alta. Éste es el ángulo de fase, y es el arcotangente del cociente de la reactancia y la resistencia, o X_c/R (Heymsfield et al., 2005).

El aparato utilizado, provoca el paso de dicha corriente por el cuerpo del paciente (en la dirección dorso mano-dorso pie o metatarso-talón), que se comporta como un circuito eléctrico compuesto por una resistencia (agua y MLG) en serie con un condensador (membranas celulares y grasa), mientras los fluidos extra e intracelulares se comportan como conductores. La resistencia a la corriente ofrece la impedancia corporal, a través de la cual se podrá determinar la cantidad de agua del organismo e indirectamente los componentes graso y magro, ya que este último contiene la práctica totalidad del agua corporal (73,2%) (Porta et al., 1995; Albuquerque, 2000), fracción no siempre constante entre personas o grupos (Moore, 1963; Lohman, 1986).

Según las leyes de Ohm, la resistencia de una sustancia es proporcional a la variación de voltaje de una corriente eléctrica a ella aplicada (Fernandes, 2001). Las relaciones geométricas entre la forma de un conductor y su resistencia de acuerdo con la ley de Ohm son importantes para comprender la aplicación de la BIA a la valoración de la CC. La resistencia es proporcional a la longitud de un conductor e inversamente proporcional a su área transversal. Esto significa que un conductor largo tendrá mayor resistencia que uno corto, y que un conductor con un área transversal pequeña tendrá una mayor resistencia que uno con un área más amplia. El volumen del conductor puede estimarse a partir del cociente de su longitud elevada al cuadrado y dividida entre su resistencia (Heymsfield et al., 2005).

Volumen del conductor (V) = longitud (L) x área (A)

$$A = V/L$$

Resistencia (R) = ρ (L/A)

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

$$V = \rho L^2/R$$

Esta relación volumétrica asume que el conductor tiene una forma uniforme y que la corriente se distribuye de igual manera en todo el conductor. La resistividad específica (ρ), en esta fórmula volumétrica es una cualidad eléctrica de un conductor homogéneo, independiente de su tamaño y forma, y tiene unidades de ohm x cm (Baker, 1989); es una propiedad física constante similar a la densidad relativa. Al sustituir la estatura de una persona (S) por la L en la ecuación anterior, entonces el índice de impedancia, S^2/R , es proporcional al volumen corporal (Hoffer et al., 1969).

De esta forma, por un sistema tetrapolar, en el cual dos electrodos pueden fijarse en la región dorsal de la mano derecha y dos en la región dorsal del pie derecho del sujeto evaluado, el aparato identificará los niveles de resistencia y reactancia del organismo a la corriente eléctrica, evaluando la cantidad total de agua en el organismo y prediciendo, por esta cantidad de agua, la cantidad de grasa del individuo (Fernandes, 2001). El conductor es el contenido de agua del cuerpo, y el analizador de BIA mide la impedancia de este con-

ductor líquido (Hoffer et al., 1969; Kushner y Schoeller, 1986). La resistencia en el cuerpo es la misma que en los conductores no biológicos (Kay et al., 1954; Nyboer, 1959). La reactancia es causada por el efecto de capacitancia de las membranas celulares, las interfases de los tejidos y los tejidos no iónicos que retardan una porción de la corriente eléctrica a través de estas vías de corriente múltiple (Barnett y Bagno, 1936; Schwan y Kay, 1956). La corriente eléctrica fluye de manera diferencial por el agua extracelular y el agua intracelular como una función de la frecuencia de la corriente (Hoffer et al., 1969; Kushner et al., 1986). A frecuencias de 5 kHz o menos, la corriente fluye a través del agua extracelular y la reactancia es mínima debido a que las capacitancias de los tejidos corporales son derivadas. Al aumentar la frecuencia, la corriente entra también al espacio intracelular, y los aspectos de capacitancia del cuerpo como las membranas celulares y las interfases de los tejidos retardan la corriente, lo que causa reactancia. Esta capacitancia tiene una reactancia máxima a una frecuencia alta específica, pero conforme la frecuencia continúa aumentando, los efectos se reducen y la reactancia cae. A frecuencias altas, por arriba de 100 kHz, la corriente penetra de igual forma a todos los tejidos corporales y la reactancia se vuelve a reducir al mínimo. Los diagramas de circuitos eléctricos pueden describir o modelar estas características eléctricas del cuerpo (Schwan y Li, 1953; Nyboer, 1959) –figura 4-.

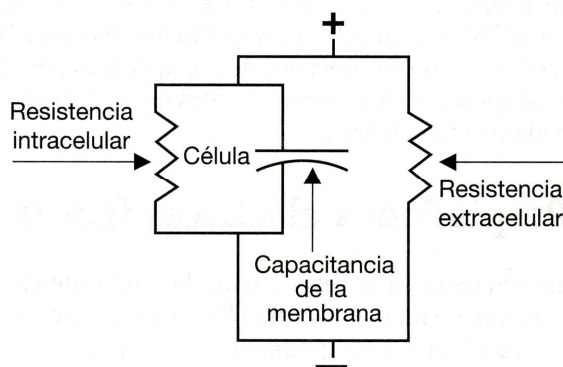


Figura 4: Diagrama de circuitos eléctricos extracelulares e intracelulares (Heymsfield et al., 2005).

La reactancia y el ángulo de fase describen también las relaciones entre BIA y el cuerpo (Lukaski y Bolonchuk, 1987; Baumgartner et al., 1988). Los estudios han demostrado la asociación de X_c y el ángulo de fase con las variables fisiológicas y nutricionales (Barnett et al., 1936; Barnett, 1937; Spence et al., 1979; Subramanyan et al., 1980; Kyle et al., 2001; VanderJagt et al., 2002). La resistividad específica (ρ) en la fórmula $\rho L^2/R$, se asume que es una constante para todo el cuerpo. Sin embargo, cada tejido tiene una resistividad específica observada para un segmento corporal o el cuerpo entero en la resistividad específica promedio de todos los tejidos conductivos (Schwan et al., 1953; Rush et al., 1963; Geddes y Baker, 1967). La variación en las resistividades específicas entre los tejidos y segmentos corporales, y entre los individuos, ocurre debido a las diferentes composiciones históricas entre una persona y otra, y en el mismo individuo. Esta variación, en parte, es la causante de algunas diferencias interindividuales y los errores predictivos en el uso de la BIA (Chumlea et al., 1988).

1.2.3.2. Ventajas y desventajas de la BIA: posibilidades de futuro

Un aspecto importante en la utilización de la BIA para el seguimiento de programas de adelgazamiento es que, entre las técnicas doblemente indirectas, es de las pocas que cuentan con ecuaciones específicas para sujetos obesos (Segal et al., 1988; Gray et al., 1989), si bien hay estudios que cuestionan este hecho (Tagliabue et al., 2001).

Algunos autores han referenciado buenas relaciones entre BIA y antropometría, y BIA y DEXA, por lo que en poblaciones homogéneas, con individuos de peso estables, puede ser una alternativa aceptable (Núñez et al., 1994; Casanova et al., 2004; Jürimäe et al., 2005). No obstante, comparando BIA y DEXA, la primera ofrece valores inferiores de compartimiento graso en niños obesos (Eisenkölbl et al., 2001). También existen estudios que avalan la BIA para clasificar individuos como obesos, con buena correlación con la DEXA (Deurenberg et al., 2001; Martín et al., 2002).

Uno de los errores que este método asume reside, al igual que en la densimetría y similares, en la presunción de que la densidad de la MG es constante (en un mismo o en diferentes sujetos), aspecto éste que es muy variable como se comprobó anteriormente. Por otro lado está el error que conlleva la obtención de las ecuaciones que determinan el ACT. Se trata de ecuaciones de regresión que pueden incluir distintas variables, tales como edad, sexo, peso y talla. Para establecer dichas ecuaciones, se toma una muestra de población, se calcula la impedancia y se realiza el análisis de CC mediante una técnica que se considera el estándar de referencia (Porta et al., 1995; Albuquerque, 2000). En la actualidad, las ecuaciones de predicción que combinan impedancia y antropometría (peso, talla,...) son

las habituales para el análisis de la CC (Kyle et al., 2001; Chumlea et al., 2002; Sun et al., 2003). Las ecuaciones describen, por tanto, las relaciones estadísticas observadas en una población particular, y cada ecuación es útil para sujetos que tienen características cercanas a la población de referencia usada en la formulación de cada ecuación (Mast et al., 2002; Sun et al., 2003). Otras fuentes de error, como ya se ha señalado son las variaciones en las resistividades específicas entre los tejidos y segmentos corporales, y entre los individuos ocurre debido a las diferentes composiciones hísticas entre una persona y otra, y en el mismo individuo (Chumlea et al., 1988).

Finalmente, recogeremos una tabla con el resumen de las ventajas y desventajas del uso de la BIA para obtener la MG y MLG (tabla 2).

Ventajas	Desventajas
No requiere grandes habilidades por parte del evaluador	Depende de la colaboración del sujeto evaluado
Es confortable y no invasivo	Presenta mayor coste que otras técnicas doblemente indirectas
Puede ser aplicada en obesos	Altamente influenciado por el estado de hidratación del individuo
Posee ecuaciones adecuadas para cada grupo poblacional	No siempre la ecuación usada se adecua a los individuos que pretendemos estudiar

Tabla 2: Ventajas y desventajas del empleo de la BIA.

El futuro de la BIA es indiscutiblemente prometedor por sus características no invasivas, rápidas, inocuas y fiables. Sin embargo, deberá someterse a los estándares de comprobación que toda metodología requiere y de la que en la actualidad carece. La investigación en estados patológicos y la mejora de las ecuaciones permitirá mayores avances en este sentido.

1.2.4. La Antropometría

La antropometría es utilizada para la investigación del crecimiento (Forriol y Pascual, 1990), la obesidad (Vitores et al., 1993), el estado de salud y la condición física de deportistas de diferentes deportes (González et al., 1998).

En razón al bajo coste operacional y a la relativa simplicidad de las evaluaciones, los métodos antropométricos son aplicables a grandes muestras y pueden proporcionar estimaciones poblacionales y datos para el análisis de cambios seculares (Roche et al., 1996), si bien su aplicación precisa de un entrenamiento adecuado y una calibración determinada de los aparatos que utiliza (Carlyon et al., 1998; Hewitt et al., 2002).

La estimación de la CC por medio de medidas antropométricas utiliza medidas relativamente simples como peso, talla, perímetros, diámetros óseos y pliegues cutáneos. Podemos subclasificar las estimaciones dependiendo de si poseen la capacidad o no de valorar, a través de sus ecuaciones, la MG:

1.- Índices indirectos de adiposidad:

Los primeramente utilizados y de ecuaciones más sencillas. Entre ellos, el Índice de Quetelet (1833) o Índice de Masa Corporal –IMC- (Keys y Brozek, 1953) que ha sido utilizado tradicionalmente en salud pública y en la clínica, como estimador de sobrepeso y obesidad y se considera la razón más famosa en biología humana (Ross, 1997; Fernandes, 2001), aunque según Ross, Quetelet jamás propuso índice alguno para evaluar adiposidad. No obstante, se ha mostrado como un índice que presenta resultados satisfactorios para evaluaciones poblacionales, más que individuales.

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

Este índice resulta de una manipulación estadístico-matemática del peso y la talla. Refleja más la estructura o constitución de una persona que la cantidad de grasa que posee (Martín et al., 1993). Por eso, uno de los mayores problemas resultantes de la aplicación del índice se encuentra en que, según su cálculo, refleja que todo el exceso de peso se deberá a MG (lo cual, como sabemos, no es totalmente cierto). Así pues, su utilización o interpretación como índice de adiposidad o grado de salud (morbilidad) no es mucho más válido que las conocidas tablas de “peso ideal” existentes (Martín et al., 1993).

Otro de los índices indirectos es el que resulta de la división del perímetro del abdomen mínimo por el del glúteo máximo, que se encuentra relacionado con la cantidad de grasa visceral (Ross y Marfell-Jones, 1991). Hoy en día su uso en epidemiología está muy extendido:

$$I_{\text{cintura-cadera}} = \text{perímetro abdomen/perímetro cadera}$$

También podemos incluir entre ellos el Índice Ponderal de Carter y Heath, que además determina el componente ectomórfico del sujeto. El índice es válido admitiendo que el peso del sujeto es proporcional a su volumen según una función cúbica de sus dimensiones lineales -actualmente se ha comprobado que la relación está en función del cuadrado de la talla- (Carter y Heath, 1980).

$$I.P. = \text{Peso/talla}^{1/3}$$

Sin embargo, la más objetiva y útil de este tipo de determinaciones es la que resulta de la suma de varios pliegues cutáneos, ya que mide directamente el aumento o disminución de la grasa subcutánea.

2.- Fórmulas derivadas de la utilización del peso, talla, pliegues cutáneos, perímetros musculares y diámetros óseos.

Hoy en día tienen una mayor difusión, ya que permiten, en teoría, determinar la cantidad de cada uno de los componentes del cuerpo humano de manera sencilla y económica. Matiegka (1921) desarrolló fórmulas para la predicción de los pesos de la piel y tejido celular subcutáneo, la masa muscular esquelética, los huesos y un determinado compo-

nente residual que comprendía los diferentes órganos, vísceras y líquidos (cuatro componentes). Si bien hasta mucho tiempo después sus ideas no fueron tenidas en cuenta por su escasa validación por método directo, su aportación es básica para la comprensión de los métodos que actualmente se manejan.

Entre 1932 y 1935 aparece el fraccionamiento bicompartimental. Brozek y Keys (Brozek et al., 1951), a través de la medida de pliegues cutáneos, publican las primeras ecuaciones de regresión. En 1956, Von Döbeln desarrolló una ecuación para el cálculo del peso óseo, publicada en 1964, que modificó Rocha (Rocha, 1975), dando lugar al modelo de tres componentes.

Behnke relaciona la CC con un modelo de referencia, y representa el cuerpo humano en un cilindro de longitud H (estatura del sujeto), y con un radio igual al radio medio derivado de una serie de medidas perimétricas corporales (Behnke et al., 1984). Behnke calcula la masa magra, mediante las siguientes ecuaciones antropométricas:

$$\text{LBW } (\text{♂}) = \text{D}^2 \times \text{H}^{0,7} \times 0,263$$

$$\text{LBW } (\text{♀}) = \text{D}^2 \times \text{H}^{0,7} \times 0,255$$

En este caso LBW (“Lean Body Weight”) equivale a la MLG junto con la grasa esencial, que conforma el 3% del peso total corporal, mientras el parámetro D es la suma de cuatro diámetros óseos (biacromial, intrecrestal, biestiloideo y bimaleolar) dividida por

la suma de su respectivo valor K ($D = 4d/K$). El valor K utilizado por Behnke es igual a la media de cada una de las 11 medidas perimetales de un grupo de población, dividido por el radio medio corporal (R_{corp}) de dicha muestra, el cual se extrae a su vez de:

$$R_{corp.} = [\text{Peso}/(3,1416 \times \text{Talla})]^{0,05}$$

Los errores de todas estas ecuaciones residen en que además de ser lineales y específicas, suponen como constantes, datos variables como compresibilidad del pliegue, grosor cutáneo despreciable, patrón fijo de distribución del tejido adiposo, proporción fija de la grasa interna y externa o densidad ósea constante independientemente de sexo, edad y raza.

No es difícil apreciar que estas cuestiones no son del todo correctas, más, si nos referimos a una población formada por individuos de características dispares, por lo que sólo en poblaciones similares los resultados serían significativos (Martin, 1984). De otra manera, los errores producidos resultan cuantiosos. En poblaciones heterogéneas, se deberán utilizar ecuaciones más generales (Porta et al., 1995).

A pesar de estas investigaciones, la revolución de la Antropometría surge con los microprocesadores, dando rapidez y fiabilidad a las determinaciones.

Parizkova toma pliegues grasos diferenciando sexos para obtener la densidad corporal (Parizkova, 1961), pero fueron Durnin y Womersley los primeros en desarrollar

ecuaciones regresión múltiple generalizadas (Durnin y Womersley, 1974), aunque sobreestiman el porcentaje graso (Sinning et al., 1985). Yuhasz en el “Physical Fitness and Sports Appraisal Laboratory Manual” de la Universidad de Western Ontario (Canadá, 1977) establece nuevas fórmulas para adultos entre 18-30 años de edad.

En los J.J.O.O. de Montreal (1976) se crea el MOGAP (Montreal Olympic Games Anthropological Project), a partir del cual, Carter desarrolló fórmulas para deportistas basadas en los estudios de Yuhasz. Además, apoyándose en la fórmula de Siri, determina el porcentaje graso (Carter, 1982):

$$\% \text{ M.G. } (\♂) = 2,585 + (0,1051 \times 6 \text{ pliegues}^*)$$

$$\% \text{ M.G. } (\♀) = 3,580 + (0,1548 \times 6 \text{ pliegues}^*)$$

*** Suma en mm de los pliegues cutáneos de tríceps, subescapular, suprailíaco anterior, abdominal, muslo anterior y pantorrilla.**

Jackson y Pollock (Jackson y Pollock, 1978) y Jackson et al. (Jackson et al., 1980) obtienen mejores resultados con otras fórmulas, aplicables a poblaciones más heterogéneas, que incluso pueden resultar adecuadas para jóvenes atletas, tanto masculinos como femeninos:

$$\text{D.C. } (\♂) = 1,0970 - 0,00046971(X_1) + 0,00000056(X_1)^2 - 0,00012828(X_2)$$

$$\text{D.C. } (\♀) = 1,1120 - 0,00043499(X_1) + 0,00000055(X_1)^2 - 0,00028826(X_2)$$

D.C. = Densidad corporal total en g/ml

X_1 = Suma en mm de 7 pliegues cutáneos: pectoral, axilar, tríceps, subescapular, suprailíaco, abdominal y muslo anterior

X_2 = Edad en años

Es en 1980 cuando aparecen estudios que tienen en cuenta la propuesta de Matiegka (cuatro componentes): De Rose y Guimaraes (De Rose y Guimaraes, 1980) y Drinkwater y Ross (Drinkwater y Ross, 1980). El primer estudio calcula cada compartimento según una fórmula (Faulkner basado en Yuhasz para el porcentaje graso, Rocha basado en Von Döbeln para la masa ósea, Würch para la masa residual y la masa muscular se deduce de la propuesta básica de Matiegka):

$$\% \text{ grasa} = 5,783 + (0,153 \times 4 \text{ pliegues}^*)$$

* suma en mm de los pliegues cutáneos tricipital, subescapular, suprailíaco y abdominal

$$\text{Peso óseo (kg)} = 3,02 \times (\text{talla}^2 \times \text{d. estiloideo} \times \text{d. bicondíleo fémur} \times 400)^{0,712}$$

$$\text{Peso muscular (kg)} = P_{\text{total}} - (\text{PG} + \text{PO} + \text{PR})$$

$$\text{Peso residual (kg)} (\♂) = P_{\text{total}} \times 24,1/100$$

$$\text{Peso residual (kg)} (\♀) = P_{\text{total}} \times 20,9/100$$

Sin embargo, debemos tener en cuenta que la fórmula de Yuhasz-Faulkner es específica para hombres jóvenes, por lo que su uso con otras poblaciones tiene una validez discutible.

El segundo estudio (que en una segunda versión añade un 5º componente: la piel) resuelve una única fórmula para todos los compartimentos:

$$M = (Z \times s + P)/(170,17/h)^3$$

M = Alguno de los componentes del modelo

Z = Valores medios proporcionales del “Phantom” en las variables asociadas con el componente analizado

P = Valor del componente analizado por el “Phantom”

s = Desviación estándar del “Phantom” para dicho componente

h = Altura real del sujeto (cm)

Otra particularidad del método es que utiliza medidas ajustadas al “Phantom” de Ross y Wilson (Ross y Wilson, 1974). Hay que decir, que la propuesta presenta dos problemas: la falta de sensibilidad para las diversas regiones corporales, lo que dificulta su aplicación en niños, y que dependerá de la consistencia interna del propio “Phantom”, ya que presupone unos valores constantes para las densidades de los tejidos a los que asocia otros valores correlacionados con las medidas antropométricas lineales (Shephard, 1991).

Un avance a esta estrategia, desde un punto de vista funcional, puede estar en la “0-Scale” (Ward et al., 1989). Utiliza una base de datos de 24.000 sujetos incluidos en el programa canadiense “YMCA-LIFE” (Bailey et al., 1982).

Martin et al. y Martin dan las únicas ecuaciones validadas con método directo (dissección de cadáveres en Bélgica) y obtienen la masa muscular y ósea a través de la masa total libre de tejido adiposo (Martin, 1984; Martin et al., 1990).

Kerr en 1988 propone un método con cinco componentes (Kerr, 1988), pero tiene los inconvenientes de añadir ese quinto compartimento (la piel), con escasa validez científica, y de sobrevalorar el peso calculado en relación al peso real. Berral et al. proponen una modificación del método de Kerr en atletas masculinos de alto nivel (Berral et al., 1992). Pretenden reducir la sobrevaloración del peso calculado, utilizando el perímetro del muslo 2 (medido a la mitad de la longitud trocanteriana-tibial lateral en la parte anterior).

Podemos concluir afirmando que todas las medidas antropométricas tienen dos obstáculos teóricos: asumir que el tejido graso subcutáneo es un fiel reflejo de la MG total y que la determinación del pliegue subcutáneo en una o varias localizaciones anatómicas representa el tejido subcutáneo global. Por eso, las determinaciones antropométricas tienen algunas limitaciones, tales como la variabilidad intrínseca de la medición por el investigador, o la distinta distribución de la grasa corporal según el estado fisiológico o patológico (León Sanz et al., 1996).

1.2.4.1. Protocolos de evaluación en Antropometría

Los protocolos de medición han sido establecidos por diversos autores y cuentan en la actualidad con la uniformidad adecuada, según acuerdo de la Sociedad Internacional para el avance de la Cineantropometría o Internacional Working Group of Kinanthropometry (ISAK) (Lohman, 1988; Hall et al., 1989; Esparza, 1993; Berral, 1996; Berral, 1996),. Todas las medidas se toman en el lado derecho del sujeto, aunque no sea éste el lado dominante.

El material empleado para las valoraciones consta de elementos de diversa condición, todos ellos de fácil manejo, poco costoso y duradero. Este material debe encontrarse dentro de las normas recomendadas por la ISAK y seguidas por el Grupo Español de Cineantropometría (GREC).

Las mediciones se realizan a partir de la denominada posición de atención antropométrica o posición estándar erecta. Desde esta posición se sitúan, con el lápiz dermatográfico una serie de puntos antropométricos. Martin definió la mayoría de estos puntos (Martin, 1928) y posteriormente fueron empleados para el Proyecto Antropológico de los Juegos Olímpicos de México 1968, y Montreal 1976 (MOGAP), aprobados y respaldados por la ISAK (Ross et al., 1988). Una vez localizados los puntos, tomaremos las medidas que anotaremos en la ficha proforma.

En conjunto, estas variables antropométricas pueden ser clasificadas en función del significado matemático (y por extensión científico) que ofrezcan. Así tenemos tres tipos de medidas antropométricas:

- a) **Medidas lineales (L):** Con ellas valoramos morfológicamente el sujeto. Corresponden a las siguientes mediciones tomadas en la proforma y se elevan a la unidad.
 - a. Medidas longitudinales: Incluyen longitudes y alturas. Sirven para estudios de proporcionalidad, excepto la altura sentado y la estatura con tracción que además se utilizan para el resto de los estudios cineantropométricos. Se toman con el antropómetro o el segmómetro y la medición se expresa en centímetros.
 - b. Transversales y anteroposteriores: Corresponden a las medidas de diámetros grandes, pequeños y de la envergadura. Contribuyen a obtener compartimentos corporales (masa residual y masa ósea), proporcionalidad y biotipología. Se toman con el antropómetro o con el compás para diámetros grandes, con el paquímetro para diámetros pequeños y con la tabla de envergadura. Su medición se expresa en centímetros.
 - c. Medidas circunferenciales: Corresponden a la toma de perímetros. Contribuyen a determinar proporcionalidad, biotipo, porcentaje de masa muscular e índice cintura-cadera de depósitos de grasa. Se toman con la cinta antropométrica y su medición se expresa en centímetros.
 - d. Medidas de pliegues cutáneos: Se corresponderían con la toma de pliegues cutáneos, mediante los cuales se obtiene, en parte, la CC, y constituiría la

medida de la grasa subcutánea y un ligero espesor de la piel. Se toman con el plicómetro y su medición se expresa en milímetros.

- b) **Medidas de superficie corporal (L^2):** Se elevan al cuadrado y se las define en m^2 . Expresan superficie corporal y se obtienen mediante la fórmula de Dubois y Dubois. Como consecuencia de ellas calculamos el compartimento de masa de piel (Dubois y Dubois, 1916).
- c) **Medidas de masa (L^3):** Peso del individuo. Corresponde a la Masa Corporal, y se eleva al cubo. Con ellas se estudia biotipo (somatotipo) y CC.

Si bien todas las medidas antropométricas son importantes, los pliegues cutáneos constituyen una de las más relevantes y controvertidas, por lo que han sido profusamente investigados. Se consideran el patrón oro (*gold standard*) entre las medidas antropométricas, estando presentes en la mayoría de estudios sobre CC, bien como técnica de comparación con el método analizado y el de referencia, bien incorporadas a las ecuaciones propuestas (Martín et al., 2001). La correlación de los resultados obtenidos mediante pliegues con los deducidos a través de densitometría es alta, lo que unido a su coste y accesibilidad justifica su amplio uso en estudios clínicos (Lohman, 1981; Deurenberg et al., 1991; Lean et al., 1996).

La lógica de la medida de los pliegues cutáneos se basa en el hecho de que aproximadamente la mitad del contenido corporal total de grasa está localizado en los depósitos adiposos existentes directamente debajo de la piel. Esa grasa localizada está directamente relacionada con la grasa total (McArdle et al., 1998). Lohman (Lohman, 1981) también

afirmó que uno de los medios más prácticos para la evaluación de la CC de poblaciones adultas entre 20 y 50 años es el uso de los pliegues cutáneos, porque de 50 a 70% de la grasa corporal está localizada subcutáneamente, y algunos pliegues muestran relación con la adiposidad corporal total.

La literatura especializada menciona la existencia de aproximadamente 93 posibles localizaciones anatómicas donde la medida de un pliegue se puede realizar (Guedes y Souza, 1987). Está claro que la utilización de tantas medidas demoraría el método extremadamente; por ello, la mayor parte de los protocolos, utilizan entre 2 y 9 localizaciones de medida.

Los pliegues cutáneos que aparecen con mayor frecuencia en la literatura que atienden las necesidades de la mayoría de las ecuaciones predictivas de grasa corporal son: tríceps (TR), subescapular (SB), bíceps (BI), axilar media (AM), torácica o pectoral (TX), supra-ilíaca (SI), supra-espinal (SS), muslo (MS) y pierna medial (PM) (Edwards et al., 1955) –figura 5-.

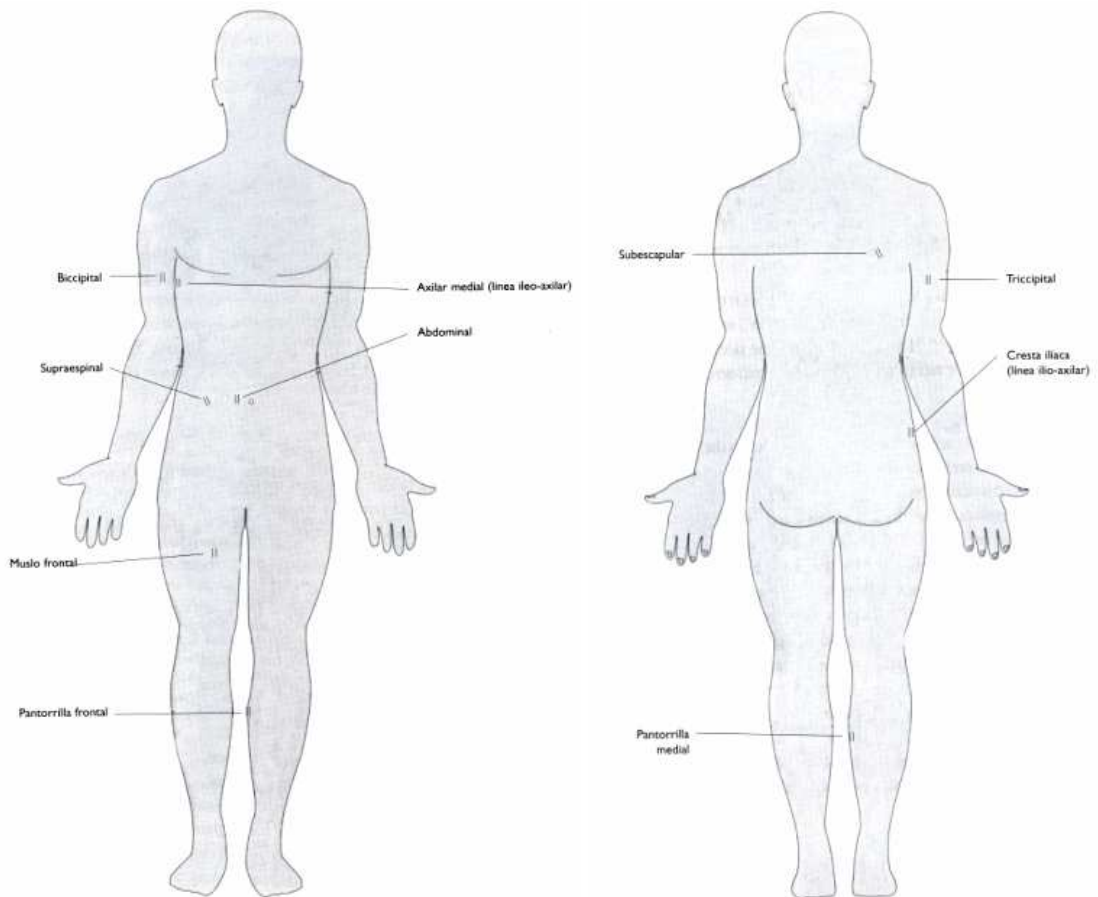


Figura 5: Localización de los pliegues cutáneos más frecuentes (Norton y Olds, 2000).

1.2.4.2. Validez de la Antropometría

La mayor o menor validez, en cuanto a las determinaciones de todos los métodos analizados, viene dada por los siguientes parámetros:

a.- Saber exactamente qué intentamos cuantificar o estimar: por ejemplo, en relación a la grasa, que suele utilizarse como sinónimo de tejido adiposo, lo cual no es del todo correcto. La grasa incluye lípidos de depósito, lípidos esenciales, lipoproteínas y ceras. Sin embargo, el tejido adiposo posee agua, tejido vascular y nervioso en diferentes proporciones. Por otro lado, la aplicación de la antropometría a la CC se basa en la independencia de la composición hística en función del tamaño del tejido, lo cual no es del todo exacto, ya que el contenido de grasa en el tejido adiposo está en relación positiva con el grosor del pliegue dentro de los grupos de edad (Pawan y Clode, 1960; Thomas, 1962), y el contenido de grasa se vuelve mayor conforme aumenta el grosor del pliegue durante el crecimiento (Baker, 1969; Kabir y Forsum, 1993). En la medición de los pliegues cutáneos se incluye la piel (1,8 mm), que varía con la edad, el lugar de medición y las personas (Edwards et al., 1955; Bliznak y Staple, 1975). Por otro lado, el grosor del pliegue cutáneo depende de la comprensibilidad del pliegue, que depende del lugar, la edad, el sexo, etc. (Kuczmarski et al., 1987; Weiss y Clark, 1987). La Antropometría mide tejido adiposo, mientras la Densimetría mide grasa.

Las longitudes y diámetros óseos incluyen el tejido blando circundante, por lo que suelen subestimar la dimensión real medida con radiografías, si bien se encuentran relacio-

nadas (Young y Tensuan, 1963). Algo similar ocurre con los perímetros, que en el caso de las extremidades, incluyen piel, tejido celular subcutáneo, músculo, hueso, vasos sanguíneos, nervios, y tejido adiposo profundo, y en el tronco además suman la existencia de órganos.

Las circunferencias de cadera y abdomen mínimo (cintura), encuentran dificultades en personas con sobrepeso, aunque la precisión acostumbra a ser alta (Bray et al., 1978). Además, aparecen diferencias en función de la posición en la que se toma la medida (Kvist et al., 1988), por lo que debe respetarse el protocolo de medición.

Casi todas las ecuaciones que se utilizan para calcular la grasa corporal fueron desarrolladas a partir de la validación de muestras mayores de 50, las ecuaciones se sometieron a validación cruzada, incluyendo el error de la raíz promedio cuadrada para el grupo de validación cruzada. Boileau et al. demostraron la necesidad de la validación cruzada (Boileau et al., 1981). El error aleatorio en los valores observados para el porcentaje de grasa en adultos jóvenes es de alrededor de 4% con el modelo de dos componentes y de alrededor de 2% con el de múltiples componentes (Bakker y Struikenkamp, 1977; Lohman, 1992). Los modelos de múltiples componentes, que incluyen medidas de los constituyentes de la MLG, son preferibles a los modelos de dos componentes a pesar del costo adicional de la recopilación de datos, ya que existen errores sistemáticos en niños y adolescentes (Guo et al., 1989).

b.- Conocer la validez intrínseca y extrínseca del método: La validez intrínseca viene determinada por las limitaciones de tipo conceptual (ej: aplicación de ecuaciones de regresión lineales a poblaciones heterogéneas) y la extrínseca por la correcta aplicación de los protocolos y procedimientos estadísticos (la aplicación del método por parte del investigador). En el caso de la Antropometría, la validez extrínseca está comprometida principalmente a la hora de determinar los pliegues grasos, por tomar como modelo de referencia la densimetría (no suficiencia validada) y por utilizar valores constantes independientes de la edad, el sexo y nivel de entrenamiento.

c.- Su precisión: el parámetro estadístico más importante para evaluar la precisión de un método es el error típico de precisión (ET):

$$E.T. = \sqrt{\frac{[\sum (Y - Y')^2]}{N}}$$

Y = Densidad corporal hallada por densimetría

Y' = Densidad corporal hallada por la ecuación de regresión

N = Número de observaciones

El ET debe mantenerse entre 0,007 y 0,008 g/ml, es decir, del 3.1 al 3,6% de error en la estimación de la MG.

Además, se produce otro error al calcular el porcentaje graso a partir del método densimétrico, que oscila entre 2,5% según Lohman y 3,5% según Siri (Jackson, 1984). Los dos errores se suman:

$$E.T. = \left[\begin{array}{l} \textit{Varianza del error de la predicción del \%} \\ \textit{de Grasa a partir de la densimetría} \\ + \\ \textit{Varianza del error de la predicción del \% de} \\ \textit{Grasa a partir de la ecuación de regresión} \end{array} \right]$$

E.T. alcanza un total de 4,6%

En resumen, después de haber analizado las ecuaciones matemáticas más empleadas en Antropometría, podemos deducir una serie de anotaciones que reflejen la verdadera relevancia del estudio antropométrico, así como su fiabilidad:

- 1.- La importancia del conocimiento de la CC del individuo en el deporte aumenta en relevancia, a causa de que su capacidad funcional depende de la cantidad y proporción de sus tejidos fundamentales.

2.- Hemos de aceptar que todos los métodos y fórmulas existentes sólo pueden ofrecernos una valoración relativa de la CC, nunca exacta.

3.- Aunque la grasa sea uno de los principales componentes del tejido adiposo, ambos términos no son sinónimos.

4.- El error típico de precisión (ET) en las ecuaciones generales, no incluye al error biológico asociado con la estimación del porcentaje graso (hasta un 3,6% según Siri) por el método densimétrico, utilizando las ecuaciones de Siri y Brozek (Lohman, 1984).

5.- No se debe considerar a la densimetría como método patrón y menos aún, como absolutamente válido.

6.- A la hora de elegir un método u otro debemos tener en cuenta diferentes cuestiones:

6.1.- Poseer suficientes validez intrínseca y extrínseca:

a) Elegir las ecuaciones más adecuadas para cada tipo de población.

b) Utilizar aquellas ecuaciones que contengan parámetros antropométricos significativos.

c) Controlar la reproductividad y fiabilidad de las medidas.

6.2.- Cuando utilizamos fórmulas de regresión antropométricas es más importante el ET obtenido que la correlación con el método de referencia densimétrico.

6.3.- Disponer de la funcionalidad adecuada, en relación a la infraestructura necesaria (coste económico del material) y al método.

7.- Para hallar el peso ideal no debemos basarnos en los índices de adiposidad y masa corporal, ni en las tablas “talla-peso”. La propuesta de De Rose et al. supone una valoración más racional (De Rose et al., 1984).

$$\mathbf{PESO\ IDEAL = M.M./1-(\%M.G.\ Ideal*/100)}$$

M.M. = Masa Magra (kg)

M.G. = Masa Grasa (kg)

*** = valor adjudicado según la siguiente tabla de Porcentajes de grasa ideal (tabla 3)**

CLASIFICACIÓN SEGÚN PORCENTAJE		
Clasificación	Hombres	Mujeres
Delgado	<8%	<15%
Óptimo	8-15%	13-20%
Ligero sobrepeso	16-20%	21-25%
Sobrepesado	21-24%	25-32%
Obeso	≥ 25%	≥ 32%
Corredores de larga distancia	4-9%	6-15%
Luchadores	4-10%	-----
Gimnastas	4-10%	10-17%
Culturistas (élite)	6-10%	10-17%
Nadadores	5-11%	14-24%
Jugadores de baloncesto	7-11%	18-27%
Remo	11-15%	18-24%
Tenistas	14-17%	19-22%

Tabla 3: Clasificación según el porcentaje de grasa ideal en diferentes grupos de población (Lohman, 1981; Wilmore, 1983)

**ESTUDIO COMPARATIVO INTERMETODOLÓGICO DE LA COMPOSICIÓN CORPORAL
(ANTROPOMETRÍA, BIA Y DEXA)**

Podemos sintetizar todo lo comentado en la tabla siguiente.

VALORACIÓN DE LA COMPOSICIÓN CORPORAL										
Métodos			Seguridad del sujeto	Adaptación del sujeto	Material necesario	Método	Coste económico	Funcionalidad	Validez	
Directo (disección anatómica)			-	-	2	5	1	0	5	
Indirectos	Físico-Químicos	- Pletismografía	4	1	1	3	1	1	3	
		- Dilución isotópica	2	3	2	2	2	2	3	
		- Espectrometría fotónica	2	3	2	3	2	2	3	
		- Activación Neutrones	3	2	1	2	1	1	3	
		- Excreción Creatinina	4	3	3	3	3	3	2	
	Imagen	- Radiología	1	3	2	2	2	1	2	
		- Ultrasonidos	4	4	2	3	2	3	2	
- TAC		1	3	1	2	1	2	4		
- RM		4	3	0	2	0	2	4		
Densitometría		4	2	2	2	2	2	4		
Doblemente indirectos	TOBEC		3	4	1	3	1	1	4	
	NIR		5	5	4	4	3	4	2	
	BIA		5	4	4	4	3	4	3	
	Antropometría	IMC ó Índice de Adiposidad		5	5	5	5	5	5	1
		Ecuación de regresión		5	4	4	3	4	4	4

Tabla 4: Características comparativas de los métodos para la predicción de la CC. El valor "5" representa la mejor opción para la característica apuntada (Lukaski, 1987; Preuss et al., 1988; Porta et al., 1995)

2.~ JUSTIFICACIÓN DEL ESTUDIO

La valoración del estado nutricional ha adquirido una enorme importancia en la actualidad. La obesidad por un lado, catalogada ya como la epidemia del siglo XXI y la anorexia y bulimia, por el otro, son los dos extremos de las patologías relacionadas con el peso y con la dieta que más preocupan desde el punto de vista sociosanitario.

1. De entre todos los métodos de análisis de la valoración del estado nutricional, existe un creciente interés por aquellos que se dedican al estudio de la CC. La posibilidad de poder fraccionar el organismo en una serie de compartimentos, unida a los avances tecnológicos que permiten realizar dicho cálculo en el sujeto vivo, hacen que estos métodos sean en la actualidad los más utilizados por todo tipo de profesionales relacionados con la salud.
2. El conocimiento de la CC del individuo tiene múltiples aplicaciones en diferentes aspectos sociosanitarios.

El conocimiento de las características de CC puede ser tomado como indicador del estado de salud/enfermedad de una población determinada, constituyéndose así los estudios de CC como índices muy válidos para la prevención y promoción de la salud, en espe-

cial en la valoración de estudios de las alteraciones provocadas por el estado nutricional que provocan cambios estructurales en el organismo. Además, el conocimiento de la CC de un individuo adquiere también importancia dentro de la vertiente psicosocial (insatisfacción con su peso corporal, insatisfacción con su estado de salud...), entrando a formar parte del psiquismo del individuo, puesto que existe una marcada influencia de esos parámetros con la interrelación social.

Existen múltiples métodos de evaluación de la CC *in vivo*, desde los indirectos a los doblemente indirectos. Hoy día, la DEXA se considera *gold standard*, si bien, la diversidad de equipos y software de análisis, así como sus dificultades de calibración y mantenimiento, hacen que tal consideración se ponga en duda. Por otro lado, la DEXA supone un coste elevado e imposibilita el trabajo fuera del ámbito hospitalario. Se demandan, por tanto, sistemas universales con un correcto ajuste de coste, facilidad de manejo y exactitud y consistencia de los datos obtenidos. En este sentido, y en función de la población estudiada, la antropometría y la BIA pueden crecer como alternativas válidas y fiables. Su coste es moderado y aplicando metodologías estrictas y análisis adecuados pueden aportar datos robustos. Precisamente, una de los inconvenientes más importantes es la diversidad de ecuaciones de obtención de parámetros, aplicables en determinados grupos poblacionales y sobre condiciones concretas.

En nuestro caso, hemos abordado un grupo de población homogéneo, perteneciente al segmento adulto joven, sin patología conocida que influya sobre los parámetros estudia-

dos, para aplicar las tres metodologías y valorar así su grado de correlación y acuerdo, tratando de aportar más luz sobre qué método puede ser más útil en este tipo de población.

3.~ HIPÓTESIS Y OBJETIVOS

3.1. HIPÓTESIS DEL ESTUDIO

Las metodologías de análisis de la CC, antropometría, BIA y DEXA, ofrecen un grado alto de consistencia y acuerdo en sus estimaciones de MG y MLG en individuos sanos adultos jóvenes.

3.2. OBJETIVOS DEL ESTUDIO

1. Verificar el grado de correlación existente entre tres métodos de estimación de la CC (MG y MLG) tras su aplicación en un grupo de individuos adultos jóvenes, de ambos sexos.
2. Comparar los métodos de exploración de la CC que ofrecen una estabilidad y aplicabilidad en este segmento poblacional.
3. Valorar el comportamiento de diferentes fórmulas antropométricas de cálculo de la MG, empleadas en la literatura para este segmento poblacional.

4. Evaluar el estado de CC de un grupo de adultos jóvenes representativos de la población.

5. Identificar parámetros de normalidad relacionados con la CC en este segmento poblacional de nuestro entorno.

4.~ MATERIAL Y MÉTODO

4.1. DISEÑO

Se ha diseñado un estudio observacional transversal, donde a cada individuo perteneciente a la muestra se le ha sometido, previa lectura de la hoja informativa y firma de consentimiento informado (ANEXOS 1 y 2), a tres valoraciones distintas de la CC en un corto espacio de tiempo. Los sujetos de estudio estaban cegados sobre el objetivo final de la investigación, mientras los datos se encontraban cegados para el analista de los mismos.

4.2. CONSIDERACIONES ÉTICAS

Los procedimientos utilizados para la realización del presente estudio han seguido los principios éticos para las investigaciones médicas en seres humanos según se recoge en la Declaración de Helsinki adoptada en la 18ª Asamblea de la Asociación Médica Mundial (AMM) (Helsinki, Finlandia, Junio 1964), en la última versión revisada en la 52ª Asamblea General (Edimburgo, Escocia, Octubre 2000), con nota de clarificación del párrafo 29 (Asamblea General de la AMM, Washington 2002) y nota de clarificación del párrafo 30 (Asamblea General de la AMM, Tokio 2004) –ANEXO 3-.

El estudio superó el Comité de Bioética de la Universidad de Salamanca (ANEXO 4).

4.3. MATERIAL DE ESTUDIO

4.3.1. Descripción de la Muestra

Los sujetos de estudio se obtuvieron de entre los alumnos de los distintos cursos de la E.U. de Enfermería y Fisioterapia de la Universidad de Salamanca. Todos ellos eran de raza caucásica, originarios de España en sus diferentes regiones. Para su reclutamiento se llevaron a cabo entrevistas informativas grupales, donde se informaba de la posibilidad de participar en un estudio de estimación de la CC por diferentes metodologías que se desarrollaría por investigadores de su centro, al final del cual se les entregaría, a todo el que se mostrase interesado, un estudio de los valores individuales obtenidos, así como una explicación detallada de los mismos por parte de los investigadores.

Tras la entrevista se dio un plazo de una semana para manifestar la intención de participar en el estudio. A todos los interesados se les incluyó en el mismo, entregándoles una hoja informativa (independiente del consentimiento informado) –ANEXO 1-, sometiéndoles a un cuestionario para identificar posibles criterios de exclusión y citándoles para un día concreto con objeto de realizar las pruebas. El total de inscritos fue de 106 (firma

del consentimiento informado, ANEXO 2), si bien sólo completaron el estudio 81 (22 Hombres; 59 Mujeres), con edades comprendidas entre 18 y 28 años. Las pérdidas sucedieron por no comparecer el día señalado para la realización de las pruebas, o la sola realización de alguna de ellas causada por la imposibilidad de completar el protocolo evaluador (toma de medicamentos, síndrome pre-menstrual, ingesta abundante de alimentos previa, actividad física, etc) –figura 6-.

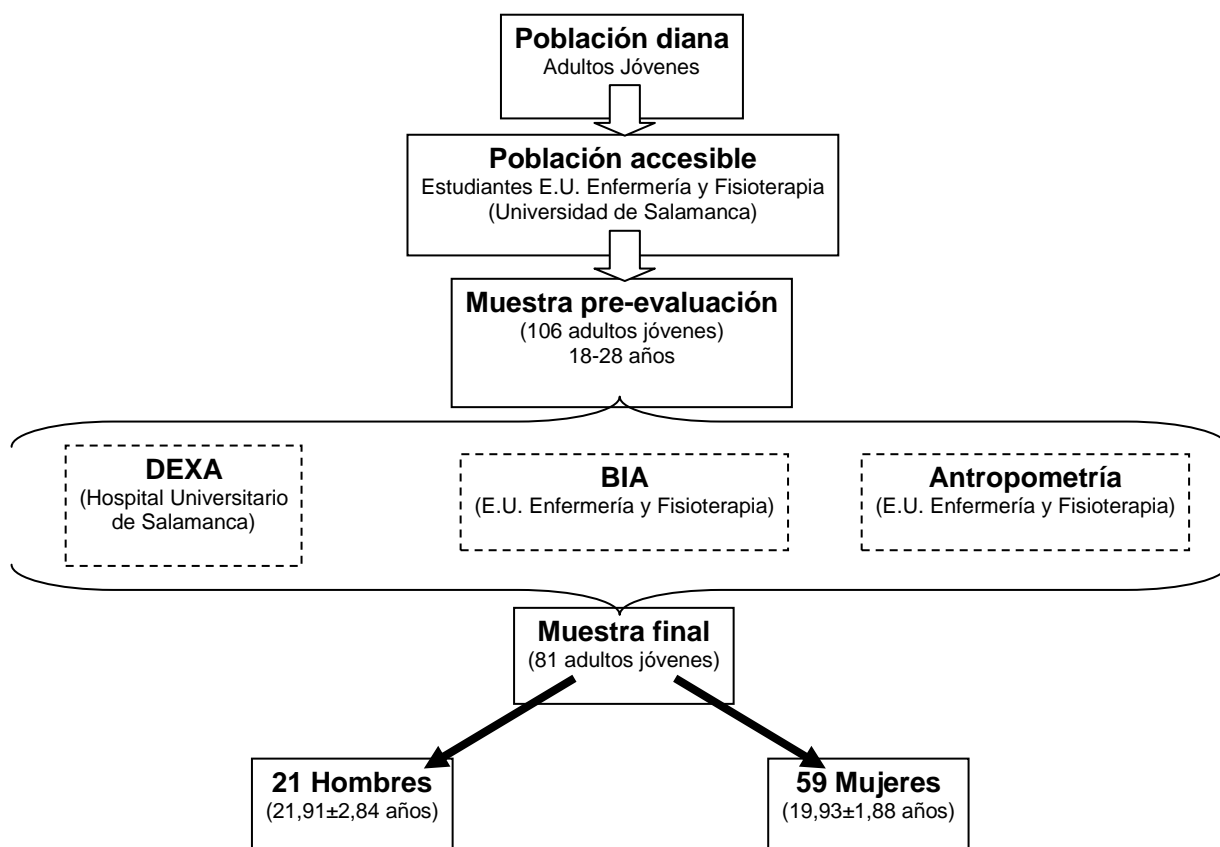


Figura 6: Diagrama de flujo de la muestra de estudio.

4.3.2. Criterios de Inclusión

- Sujetos de ambos sexos mayores de edad alumnos de la E.U. de Enfermería y Fisioterapia de la Universidad de Salamanca, que otorgan el consentimiento informado por escrito.

4.3.3. Criterios de Exclusión

- Sujetos que no pudieran adoptar una posición estática los 7 minutos de tiempo que dura la exploración de la DEXA.
- Presencia de prótesis y/o implantes metálicos.
- Radiación previa elevada.
- Ingesta abundante de agua, alcohol o alimentos previa al análisis (al menos 2 horas).
- Actividad física previa al análisis (4 horas).
- Síndrome pre-menstrual (por la posible retención de líquidos que alterara la BIA), posibilidad de embarazo y lactancia.
- Imposibilidad de vaciar la vejiga antes de someterse a la BIA.
- Empleo de marcapasos, estudio de medicina nuclear previo, etc.
- Ingesta de diuréticos, corticoides, etc, que puedan alterar la CC.

- Patologías que pudieran alterar o condicionar la estimación de CC (desórdenes alimentarios, metabólicos, endocrinos, enfermedades renales, insuficiencia cardiaca, etc).

4.3.4. Pruebas Realizadas

Todas las medidas se realizaron en similares condiciones de temperatura (20-22°), horario (9-12 h. mañana) e intimidad, tanto en el Servicio de Medicina Nuclear del Hospital Universitarios de Salamanca, como en la Unidad de Valoración y Reacondicionamiento del Cuerpo Humano, perteneciente al Departamento de Anatomía e Histología Humanas de la Universidad de Salamanca.

Los datos fueron tomados por un Facultativo Especialista de Área (Dra. Da. María Esther Martín) en el caso de la DEXA y por el firmante del trabajo en el caso de la BIA y la Antropometría (error de medición dentro de los márgenes aceptados internacionalmente –error técnico de medida intraclase menor al 5% para los pliegues y del 2% para el resto de medidas; error técnico de medida interclase menos al 10% para los pliegues y del 2% para el resto de medidas-), siguiendo los protocolos establecidos al efecto.

Las fechas de obtención de los datos comprendió el periodo Enero-Julio de 2007. Las mediciones fueron tomadas con el individuo en ropa interior y, por supuesto, a puerta cerrada en un clima de cordialidad y calma para no incomodar al sujeto.

La secuencia de exploración fue la siguiente:

1.- El sujeto de estudio acude a la cita en el Servicio de Medicina Nuclear del Hospital Universitario de Salamanca, donde se le pesa, talla y somete a un cuestionario, para identificar criterios de inclusión/exclusión.

2.- Se realiza la DEXA, en ropa interior (sin elementos metálicos), situándose el sujeto en decúbito supino sobre la superficie de exploración durante los 7 minutos que dura la misma (figura 7).



Figura 7: Exploración DEXA.

3.- Concluida la exploración con DEXA, el individuo es remitido junto con su informe a la Sala de Exploración que el Dpto. de Anatomía e Histología Humanas tiene en la E.U. de Enfermería y Fisioterapia (edificio Anexo al Hospital Universitario).

4.- Para la BIA, al individuo se le indica que debe acudir con la vejiga vacía. Posteriormente se sitúa en decúbito supino con los miembros superiores e inferiores descubiertos, sin elementos metálicos en ninguna región corporal. En esta posición se le colocan los dos canales (cuatro electrodos) en la región dorsal de la mano y del pie derechos (figuras 8 y 9). La exploración dura unos 10 segundos.

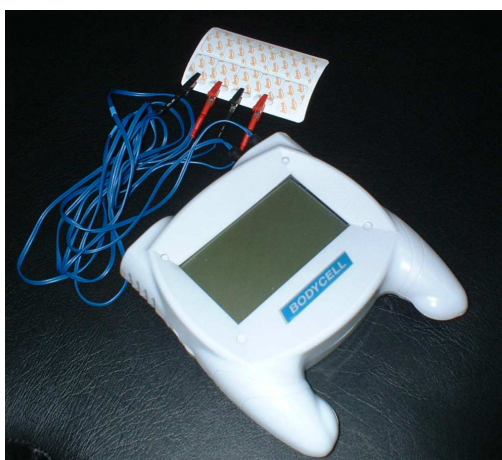


Figura 8: Bioimpedanciómetro tetrapolar.

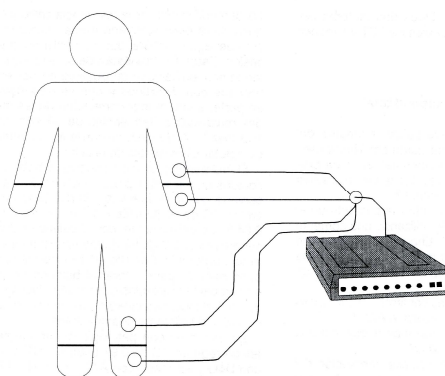


Figura 9: Situación de electrodos en el BIA tetrapolar mano-pie.

5.- Seguidamente, en ropa interior y de pie, se le toman las medidas antropométricas correspondientes, por este orden: pliegues cutáneos (bicipital, tricipital, subescapular, supraespinal, abdominal, cresta iliaca, muslo anterior y pierna medial), diámetros (biestiloideo y bicondíleo femoral) y perímetros (abdomen mínimo y glúteo máximo).

6.- En este punto se concluye la participación individual en la toma de datos del estudio y se le indica al sujeto la fecha para que recoja su estudio individual de CC.

4.4. VARIABLES DE ESTUDIO

4.4.1. Variables Demográficas

Nombre de variable	Abreviatura	Tipo de variable	Instrumento de medición	Valores que puede tomar (unidad de medida)	Cuándo obtener
Edad	Edad	Numerica	Anamnesis	0-120 (años)	Primera visita
Sexo	Sexo	Cualitativa no ord	Anamnesis	1= hombre 0= mujer	Primera visita
Peso	Peso	Numerica	Pesaje en báscula	0 – 120 (Kg)	Primera visita
Talla	Talla	Numerica	Tallímetro	0 – 2 (m)	Primera visita
Índice de masa corporal	IMC	Numerica	Cálculo matemático	15-30 (kg/m ²)	Primera visita
Índice de masa corporal (categorizado)	IMCcat	Cualitativa ordinal	Categorización del IMC	0 – Delgadez (≤ 20 Kgcm ²) 1 - Normal (20-24,9 Kgcm ²) 2 – Sobrepeso (25-29,9 Kgcm ²) 3 – Obesidad (≥ 30 Kgcm ²)	Primera visita
Actividad física	ActFis	Cualitativa (Codificación de una Numérica)	Anamnesis	0 – Inactivo (0 horas/semana) 1- Baja (1-4 horas/semana) 2 – Moderada (4-7 horas/semana) 3 – Alta (≥ 7 horas/semana)	Primera visita

Tabla 7: Variables demográficas.

**ESTUDIO COMPARATIVO INTERMETODOLÓGICO DE LA COMPOSICIÓN CORPORAL
(ANTROPOMETRÍA, BIA Y DEXA)**

4.4.2. Variables experimentales

Nombre de variable	Abreviatura	Tipo de variable	Instrumento de medición	Valores que puede tomar (unidad de medida)	Cuándo obtener
Masa grasa DEXA	MG_DEXA	Númerica	Densitómetro Hologic 4500	0-50 Kg	Exploración Hospital Universitario
Porcentaje masa grasa DEXA	%MG_DEXA	Númerica	Densitómetro Hologic 4500	0-100 %	Exploración Hospital Universitario
Masa magra DEXA	MM_DEXA	Númerica	Densitómetro Hologic 4500	0-50 Kg	Exploración Hospital Universitario
Porcentaje masa magra DEXA	%MM_DEXA	Númerica	Densitómetro Hologic 4500	0-100 %	Exploración Hospital Universitario
Masa mineral ósea DEXA	MMO_DEXA	Númerica	Densitómetro Hologic 4500A	0-50 Kg	Exploración Hospital Universitario
Porcentaje masa mineral ósea DEXA	%MMO_DEXA	Númerica	Densitómetro Hologic 4500	0-100 %	Exploración Hospital Universitario
Masa libre de grasa DEXA	MLG_DEXA	Númerica	Cálculo con variables DEXA	0-50 Kg	Exploración Hospital Universitario
Porcentaje masa libre de grasa DEXA	%MLG_DEXA	Númerica	Cálculo con variables DEXA	0-100 %	Exploración Hospital Universitario
Masa intracelular	MIC	Númerica	Bioimpedanciómetro BodyCell (Electromedicarín)	0-50 Kg	Exploración E.U. Enfermería y Fisioterapia
Porcentaje masa intracelular	%MIC	Númerica	Bioimpedanciómetro BodyCell (Electromedicarín)	0-100 %	Exploración E.U. Enfermería y Fisioterapia
Masa extracelular	MEC	Númerica	Bioimpedanciómetro BodyCell (Electromedicarín)	0-50 Kg	Exploración E.U. Enfermería y Fisioterapia
Porcentaje masa extracelular	%MEC	Númerica	Bioimpedanciómetro BodyCell (Electromedicarín)	0-100 %	Exploración E.U. Enfermería y Fisioterapia
Masa libre de grasa BIA	MLG_BIA	Númerica	Bioimpedanciómetro BodyCell (Electromedicarín)	0-50 Kg	Exploración E.U. Enfermería y Fisioterapia
Porcentaje masa libre de grasa BIA	%MLG_BIA	Númerica	Bioimpedanciómetro BodyCell (Electromedicarín)	0-100 %	Exploración E.U. Enfermería y Fisioterapia
Masa grasa BIA	MG_BIA	Númerica	Bioimpedanciómetro BodyCell (Electromedicarín)	0-50 Kg	Exploración E.U. Enfermería y Fisioterapia
Porcentaje masa grasa BIA	%MG_BIA	Númerica	Bioimpedanciómetro BodyCell (Electromedicarín)	0-100 %	Exploración E.U. Enfermería y Fisioterapia
Ratio masa extracelular-masa intracelular	MEC/MIC	Númerica	Bioimpedanciómetro BodyCell (Electromedicarín)	0-2 (sin unidades)	Exploración E.U. Enfermería y Fisioterapia
Metabolismo basal	MetBas	Númerica	Bioimpedanciómetro BodyCell (Electromedicarín)	1000-3000 Cal/día	Exploración E.U. Enfermería y Fisioterapia
Necesidades energéticas diarias	NecEnerDía	Númerica	Bioimpedanciómetro BodyCell (Electromedicarín)	1000-5000 Cal/día	Exploración E.U. Enfermería y Fisioterapia

**ESTUDIO COMPARATIVO INTERMETODOLÓGICO DE LA COMPOSICIÓN CORPORAL
(ANTROPOMETRÍA, BIA Y DEXA)**

Agua intracelular	AgIntra	Númerica	Bioimpedanciómetro BodyCell (Electromedicarín)	0-50 litros	Exploración E.U. Enfermería y Fisioterapia
Agua extracelular	AgExtra	Númerica	Bioimpedanciómetro BodyCell (Electromedicarín)	0-50 litros	Exploración E.U. Enfermería y Fisioterapia
Agua total	AgTotal	Númerica	Bioimpedanciómetro BodyCell (Electromedicarín)	0-100 litros	Exploración E.U. Enfermería y Fisioterapia
Agua total/Masa libre grasa	AgTotal/MLG	Númerica	Bioimpedanciómetro BodyCell (Electromedicarín)	0-1 Litros/Kg	Exploración E.U. Enfermería y Fisioterapia
Ángulo de fase a 50 kHz	A_Fase	Númerica	Bioimpedanciómetro BodyCell (Electromedicarín)	0-30 Grados	Exploración E.U. Enfermería y Fisioterapia
Tríceps	Tríceps	Númerica	Plicómetro Holtain Ltd. (Crymych U.K.)	0-50 mm	Exploración E.U. Enfermería y Fisioterapia
Subescapular	Subesca	Númerica	Plicómetro Holtain Ltd. (Crymych U.K.)	0-50 mm	Exploración E.U. Enfermería y Fisioterapia
Supraespalinal	Supraes	Númerica	Plicómetro Holtain Ltd. (Crymych U.K.)	0-50 mm	Exploración E.U. Enfermería y Fisioterapia
Abdominal	Abdom	Númerica	Plicómetro Holtain Ltd. (Crymych U.K.)	0-50 mm	Exploración E.U. Enfermería y Fisioterapia
Muslo	Muslo	Númerica	Plicómetro Holtain Ltd. (Crymych U.K.)	0-50 mm	Exploración E.U. Enfermería y Fisioterapia
Pierna	Pierna	Númerica	Plicómetro Holtain Ltd. (Crymych U.K.)	0-50 mm	Exploración E.U. Enfermería y Fisioterapia
Bíceps	Bíceps	Númerica	Plicómetro Holtain Ltd. (Crymych U.K.)	0-50 mm	Exploración E.U. Enfermería y Fisioterapia
Cresta iliaca	Cresta	Númerica	Plicómetro Holtain Ltd. (Crymych U.K.)	0-50 mm	Exploración E.U. Enfermería y Fisioterapia
Biestiloideo	Biesti	Númerica	Paquímetro Berfer	0-20 cm	Exploración E.U. Enfermería y Fisioterapia
Bicondíleo	Bicon	Númerica	Paquímetro Berfer	0-20 cm	Exploración E.U. Enfermería y Fisioterapia
Abdomen mínimo	Ab_Min	Númerica	Cinta métrica Holtain	0-150 cm	Exploración E.U. Enfermería y Fisioterapia
Glúteo máximo	Glu_Max	Númerica	Cinta métrica Holtain	0-150 cm	Exploración E.U. Enfermería y Fisioterapia
Índice cintura/cadera	Cint/Cad	Númerica	Cálculo variables perimétricas	0-1 (sin unidades)	Exploración E.U. Enfermería y Fisioterapia
Sumatorio de pliegues	Sumatorio	Númerica	Cálculo con los pliegues cutáneos	0-200 mm	Exploración E.U. Enfermería y Fisioterapia
Índice ponderal	In_Pond	Númerica	Cálculo con datos antropométricos	30-90 Kg/cm ^{1/3}	Exploración E.U. Enfermería y Fisioterapia
Masa grasa Antropometría Fórmula de Dumin y Womersley general	MG_DuminGeneral	Númerica	Cálculo con fórmula validada	0-50 Kg	Exploración E.U. Enfermería y Fisioterapia
Porcentaje masa grasa Antropometría Fórmula de Dumin y Womersley general	%MG_Dumin-General	Númerica	Cálculo con fórmula validada	0-100 %	Exploración E.U. Enfermería y Fisioterapia
Masa muscular Antropometría Fórmula de Dumin y	MMus_Dumin-General	Númerica	Cálculo con fórmula validada	0-50 Kg	Exploración E.U. Enfermería y

**ESTUDIO COMPARATIVO INTERMETODOLÓGICO DE LA COMPOSICIÓN CORPORAL
(ANTROPOMETRÍA, BIA Y DEXA)**

Womersley general					Fisioterapia
Porcentaje masa muscular Antropometría Fórmula de Dumin y Womersley general	%MMus_DurninGeneral	Númérica	Cálculo con fórmula validada	0-100 %	Exploración E.U. Enfermería y Fisioterapia
Masa grasa Antropometría Fórmula de Dumin y Womersley específica	MG_DuminEspecifica	Númérica	Cálculo con fórmula validada	0-50 Kg	Exploración E.U. Enfermería y Fisioterapia
Porcentaje masa grasa Antropometría Fórmula de Dumin y Womersley específica	%MG_DuminEspecifica	Númérica	Cálculo con fórmula validada	0-100 %	Exploración E.U. Enfermería y Fisioterapia
Masa muscular Antropometría Fórmula de Dumin y Womersley específica	MMus_DurninEspecifica	Númérica	Cálculo con fórmula validada	0-50 Kg	Exploración E.U. Enfermería y Fisioterapia
Porcentaje masa muscular Antropometría Fórmula de Dumin y Womersley específica	%MMus_DurninEspecifica	Númérica	Cálculo con fórmula validada	0-100 %	Exploración E.U. Enfermería y Fisioterapia
Masa libre de grasa Antropometría Fórmula de Dumin y Womersley general	MLG_DuminGeneral	Númérica	Cálculo con fórmula validada	0-50 Kg	Exploración E.U. Enfermería y Fisioterapia
Porcentaje masa libre de grasa Antropometría Fórmula de Dumin y Womersley general	%MLG_DuminGeneral	Númérica	Cálculo con fórmula validada	0-100 %	Exploración E.U. Enfermería y Fisioterapia
Masa libre de grasa Antropometría Fórmula de Dumin y Womersley específica	MLG_DuminEspecifica	Númérica	Cálculo con fórmula validada	0-50 Kg	Exploración E.U. Enfermería y Fisioterapia
Porcentaje masa libre de grasa Antropometría Fórmula de Dumin y Womersley específica	%MLG_DuminEspecifica	Númérica	Cálculo con fórmula validada	0-100 %	Exploración E.U. Enfermería y Fisioterapia
Masa grasa Antropometría Fórmula de Carter	MG_Carter	Númérica	Cálculo con fórmula validada	0-50 Kg	Exploración E.U. Enfermería y Fisioterapia
Porcentaje masa grasa Antropometría Fórmula de Carter	%MG_Carter	Númérica	Cálculo con fórmula validada	0-100 %	Exploración E.U. Enfermería y Fisioterapia
Masa muscular Antropometría Fórmula de Carter	MMus_Carter	Númérica	Cálculo con fórmula validada	0-50 Kg	Exploración E.U. Enfermería y Fisioterapia
Porcentaje masa muscular Antropometría Fórmula de Carter	%MMus_Carter	Númérica	Cálculo con fórmula validada	0-100 %	Exploración E.U. Enfermería y Fisioterapia
Masa libre de grasa Antropometría Fórmula de Carter	MLG_Carter	Númérica	Cálculo con porcentajes óseo, muscular y residual	0-50 Kg	Exploración E.U. Enfermería y Fisioterapia
Porcentaje masa libre de grasa Antropometría Fórmula de Carter	%MLG_Carter	Númérica	Cálculo con porcentajes óseo, muscular y residual	0-100 %	Exploración E.U. Enfermería y Fisioterapia
Masa ósea Antropometría	MO_Antropo	Númérica	Cálculo con fórmula validada	0-50 Kg	Exploración E.U. Enfermería y Fisioterapia
Porcentaje masa ósea Antropometría	%MO_Antropo	Númérica	Cálculo con fórmula validada	0-100 %	Exploración E.U. Enfermería y Fisioterapia
Masa residual Antropometría	MR_Antropo	Númérica	Cálculo con fórmula validada	0-50 Kg	Exploración E.U. Enfermería y Fisioterapia
Porcentaje masa residual Antropometría	%MR_Antropo	Númérica	Cálculo con fórmula validada	0-100 %	Exploración E.U. Enfermería y Fisioterapia

Tabla 8: Variables experimentales.

4.5. EQUIPOS DE MEDICIÓN

4.5.1. Densitómetro

El densitómetro empleado en el estudio fue el HOLOGIC, Waltham MA (marca) QDR 4500 (modelo), software 8.21 (correcciones para amplificación publicadas para estudios de investigación). Este equipo, ha sido empleado en numerosos estudios de CC tanto en sanos como en individuos con diferentes tipos de patología. Ha tomado como referencia el NHANES (National Health and Nutrition Examination Survey).

El densitómetro cuenta con una camilla y un emisor y receptor de rayos X móviles, conectados a un ordenador que realiza la exploración y traslado de los datos en tiempo real. Cada exploración dura 7 minutos en los que el sujeto debe moverse lo menos posible situado en la posición de exploración (decúbito supino, con miembros inferiores en separación de 20-30°, miembros superiores en separación 10-15°, supinación antebrazos).

El aparato empleado cuenta con estimaciones para cuerpo entero y por regiones, si bien, dados los objetivos del estudio, solo se tuvieron en cuenta las estimaciones de cuerpo entero para cada uno de los compartimentos.

4.5.2. Bioimpedanciómetro

El bioimpedanciómetro empleado fue el BodyCell (modelo) ElectromediCarin S.A. (marca), fabricado en Barcelona, de nueva construcción y que cuenta con el cumplimiento de todas las normas de seguridad y directivas (93/42/EEC y EN60601-1:1990+A1+A11+A12+A13). Dispone de un sistema tetrapolar (doble canal) de tarso-metatarso, carpo-metacarpo, multifrecuencia (1-5-10-50-100 KHz, 100-800 Ohms). Precisión de cada medida $\pm 2\%$, margen de medida de fase 0-20°, corriente de medida máxima 500 μ A rms). Este equipo permite el trabajo de campo y cuenta con baterías internas para realizar más de 80 exploraciones. Además de la consola de datos, deben sumarse los cables conectores y electrodos desechables individuales.

Para la exploración el sujeto debe estar en decúbito supino y totalmente relajado. La cara interna de los muslos no debe estar en contacto (si no fuera posible colocaremos un cojín en medio). Los brazos no deben tocar el tronco y ninguna región corporal puede tomar contacto con elemento metálico alguno. Se prepara la piel donde los electrodos serán colocados sin utilizar ningún tipo de solución alcohólica (con una toallita húmeda y dejando que se seque antes de la aplicación de los electrodos). Los electrodos inyectoros de corriente (color negro), se colocan uno en el dorso del pie y el del otro cable en el dorso de la mano, en ambos casos cerca de las articulaciones metatarsofalángicas y metacarpofalángicas. Los electrodos conectados a los terminales de medida (color rojo), se aplican al lado

de sus respectivos emisores pares, a una distancia de unos 3 ó 4 centímetros. La duración de la exploración una vez situado el sujeto y los electrodos es de unos 10 seg.

Se intentó conseguir la fórmula de estimación de la CC a través de la consulta y petición al fabricante, sin embargo, la solicitud fue denegada.

4.5.3. Equipo Antropométrico

El equipo antropométrico utilizado fue de muy diferente origen y condición:

- **Báscula:** marca Sohenle, digital, precisión 0,1 Kg (evaluada con discos de fitness).

- **Lápiz dermatográfico:** para marcar al sujeto los puntos de referencia.

- **Tallímetro:** marca ElectromediCarin, precisión 0,1 mm.

- **Plano de Broca:** Construido en aluminio. Es una sencilla escuadra con un plano en ángulo recto para colocarla sobre el vértex y tomar la estatura. Se encuentra incluido en el tallímetro.

- **Plicómetro:** marca Holtain Ltd. (Crymych U.K.), precisión 0,2 mm. Genera una presión constante de 10 gr/mm² en cualquier apertura. Se realizan 3 mediciones consecutivas secuenciales. El valor considerado fue la mediana o la moda.

- **Cinta antropométrica:** marca Holtain Ltd. (Crymych U.K.), precisión 1 mm. La cinta es metálica, no extensible y muy flexible, no sobrepasa los 7 mm de ancho y 2 metros

de longitud. Unos 10 cm al comienzo de la cinta estarán en blanco lo que facilita su manipulación.

- **Paquímetro:** marca Berfer, diseñado por el Prof. Berral de la Rosa, construido en bronce, precisión 0,1 mm. Posee 2 palas curvas que terminan en dos superficies planas, permitiendo una aplicación firme sobre los puntos óseos, además de presentar una lupa que mejora la lectura.

Las variables evaluadas con estos instrumentos fueron:

- Peso corporal: se emplea la báscula. En realidad mide la fuerza con que somos atraídos hacia el centro de la tierra y no la masa corporal propiamente dicha.

- Talla: con el tallímetro, situando al individuo en el plano de Frankfurt.

- Pliegues cutáneos: aplicando el plicómetro se toman los pliegues: bíceps, tríceps, subescapular, suprailíaco, supraespinal, abdominal, cresta iliaca, muslo y pierna.

- Diámetros: con el paquímetro Berfer se obtienen los diámetros bicondíleo de fémur y biestiloideo.

- Perímetros: tanto de abdomen mínimo como glúteo máximo a través de la cinta antropométrica.

La toma de medidas, por acuerdo tomado en Asamblea General de la Sociedad Internacional para el Avance de la Cineantropometría (ISAK) se realiza en el lado derecho del sujeto, con el individuo en ropa interior. Siempre en toda toma de medidas antropométricas participaron dos evaluadores: antropometrista (el firmante del trabajo) y ayudante (Dr. Santos del Rey). Durante la exploración el antropometrista anunciaba en voz alta y

clara los valores y su ayudante repetía los números mientras los anotaba en el espacio correspondiente de la proforma (ANEXO 5).

Con las variables antropométricas individuales, se obtuvieron los siguientes cálculos:

- Sumatorio de pliegues (Σ pliegues): suma de 6 pliegues cutáneos, expresada en mm.

$$\Sigma \text{pliegues} = \text{Pliegue tríceps} + \text{Pliegue subescapular} + \text{Pliegue abdominal} + \text{Pliegue supraespinoso} + \text{Pliegues cresta iliaca} + \text{Pliegue muslo anterior} + \text{Pliegue pierna medial}$$

- Índice de masa corporal (IMC): expresado en Kg/m^2 .

$$\text{IMC} = \text{peso}/\text{talla}^2$$

- Índice de Ponderal (In_Pond): expresado en $\text{Kg/cm}^{1/3}$.

$$\text{In_Pond} = \text{peso}/\text{talla}^{1/3}$$

- Índice Cintura/cadera (Cin/Cad): sin unidades.

$$\text{Cin/Cad} = \text{Perímetro Abdomen Mínimo}/\text{Perímetro Glúteo Máximo}$$

A través del modelo de 4 compartimentos introducido por De Rose y Guimaraes, avalada por el Grupo Español de Cineantropometría (GREC) se divide la masa total en: MG, masa ósea, masa muscular y masa residual (De Rose et al., 1980).

- Masa libre de grasa (MLG): suma de los componentes no grasos (en Kg).

$$MLG = \sum(MM^* + MO + MR)$$

*. Esta MM dependerá de la fórmula de MG empleada (Carter, DurninGeneral o DurninEspecífica).

- Masa grasa (MG): cantidad de grasa del organismo (en Kg).

$$MG = \%MG^* \times \text{Peso}/100$$

*. La MG dependerá de la fórmula de MG empleada (Carter, DurninGeneral o DurninEspecífica).

- Masa muscular (MM): cantidad de músculo del organismo (Matiegka, 1921) -en Kg-.

$$MM^* = \text{Peso total} - (\sum MG^* + MO + MR)$$

*. Esta MM dependerá de la fórmula de MG empleada (Carter, DurninGeneral o DurninEspecífica).

- Masa ósea (MO): cantidad de hueso del organismo (Rocha, 1975) -en Kg-.

$$MO = 3,02 \times (\text{talla}^2 \times \text{diámetro biestiloideo} \times \text{diámetro bicondíleo} \times 400)^{0,712}$$

- Masa residual (MR): cantidad de masa residual del organismo (en Kg).

$$MR (\text{♂}) = \text{Peso total} * 24,1/100$$

$$MR (\text{♀}) = \text{Peso total} * 20,9/100$$

- Porcentaje de masa libre de grasa (%MLG): suma de los porcentajes de los componentes no grasos (en Kg).

$$\%MLG^* = \%MO + \%MM^* + \%MR$$

*. Esta MLG depende de la MM, obtenida de la fórmula de MG empleada (Carter, DurninGeneral o DurninEspecífica).

- Porcentaje de masa grasa según Carter (Carter, 1982) -%MG_{Carter}-: porcentaje de MG del organismo.

$$\%MG_{\text{Carter}} (\text{♂}) = 2,585 + (0,1051 \times \sum \text{pliegues})$$

$$\%MG_{\text{Carter}} (\text{♀}) = 3,580 + (0,1548 \times \sum \text{pliegues})$$

- Porcentaje de masa grasa según Durnin y Womersley Específica para este rango de edad (Durnin et al., 1974) -%MG_{DurninEspecífica} -: porcentaje de MG del organismo, que se obtiene a partir de la fórmula de Siri.

$$\%MG_{DurninEspecífica} (\text{♂}) = ((4,95/ \text{Densidad}_{DurninEspecífica}) -4,5) \times 100$$

Donde $\text{Densidad}_{DurninWomersley} = 1,1631 - (0,0632 \times \text{Log}(\text{Pliegue tríceps} + \text{Pliegue bíceps} + \text{Pliegue cresta iliaca} + \text{Pliegue subescapular}))$

$$\%MG_{DurninEspecífica} (\text{♀}) = ((4,95/ \text{Densidad}_{DurninEspecífica}) -4,5) \times 100$$

Donde $\text{Densidad}_{DurninWomersley} = 1,1599 - (0,0717 \times \text{Log}(\text{Pliegue tríceps} + \text{Pliegue bíceps} + \text{Pliegue cresta iliaca} + \text{Pliegue subescapular}))$

- Porcentaje de masa grasa según Durnin y Womersley General (%MG_{DurninGeneral}) (Durnin et al., 1974): porcentaje de MG del organismo, que se obtiene a partir de la fórmula de Siri.

$$\%MG_{DurninGeneral} (\text{♂}) = ((4,95/ \text{Densidad}_{DurninGeneral}) -4,5) \times 100$$

Donde $\text{Densidad}_{DurninGeneral} = 1,1765 - (0,0744 \times \text{Log}(\text{Pliegue tríceps} + \text{Pliegue bíceps} + \text{Pliegue cresta iliaca} + \text{Pliegue subescapular}))$

$$\%MG_{DurninGeneral} (\text{♀}) = ((4,95/ \text{Densidad}_{DurninGeneral}) -4,5) \times 100$$

Donde $\text{Densidad}_{DurninGeneral} = 1,1567 - (0,0717 \times \text{Log}(\text{Pliegue tríceps} + \text{Pliegue bíceps} + \text{Pliegue cresta iliaca} + \text{Pliegue subescapular}))$

- Porcentaje de masa ósea (%MO): porcentaje de masa ósea del organismo.

$$\%MO = MO \times 100 / \text{Peso total}$$

- Porcentaje de masa muscular (%MM): porcentaje de masa muscular del organismo.

$$\%MM = MM \times 100 / \text{Peso total}$$

*. Esta MM depende de la fórmula de MG empleada (Carter, DurninGeneral o DurninEspecífica).

- Porcentaje de masa residual (%MR): porcentaje de masa residual del organismo.

$$\%MR = MR \times 100 / \text{Peso total}$$

4.5.4. Equipo Informático

Para la recogida de los datos DEXA se empleó el hardware y software del propio densitómetro, con sistema operativo Windows. Además, se empleó un equipo informático portátil DELL Core II, con 1 Giga de RAM, y los software: FileMaker 9 como base de datos, Excel XP como hoja de cálculo y los paquetes informáticos SPSS 15.0, JMP 7.0 y STATVIEW 5.1.

4.6. PROTOCOLO DE ACTUACIÓN Y RECOGIDA DE DATOS

Una vez obtenidos los datos de toda la muestra siguiendo el protocolo previamente descrito, estos se centralizaron en la E.U. de Enfermería y Fisioterapia, donde se construyó, partiendo de las proformas (ANEXO 5) y bases de datos del densitómetro el bioimpedanciómetro y la desarrollada para la antropometría, una matriz unificada para todas las variables. Esta matriz contó con 75 columnas y sirvió para una mejor revisión y análisis de calidad de los datos, así como para su correspondiente traslado a los paquetes informáticos empleados.

4.7. ANÁLISIS ESTADÍSTICO

La descripción de los resultados en el caso de variables cuantitativas se realiza mediante la media y desviación estándar, su máximo y mínimo. Para la visualización de las distribuciones de las observaciones se han utilizado, siguiendo la idea originaria de Tukey, diagramas de caja (Tukey, 1977). Las variables cualitativas han sido descritas mediante tablas de frecuencias y como medida de tendencia central la moda. Para contrastar la Normalidad de los datos se ha utilizado el test de Kolmogorov-Smirnov.

Los contrastes de medias de factores independientes se han realizado con el test t cuando se comparan dos grupos y el Análisis de la Varianza (ANOVA) cuando se compa-

ran más de dos grupos. Los test tras el ANOVA utilizados fueron el test de Tukey cuando los grupos son balanceados (mismo número de observaciones en los grupos) y el test de Bonferroni cuando los grupos son no balanceados (diferente número de observaciones en los grupos). Para contrastar el supuesto básico del Análisis de la Varianza sobre la homocedasticidad se utilizó el test de Levene.

El estudio de comparación de los métodos de valoración de la MG y la MLG se ha realizado desde dos puntos de vista. En el primero se pretende analizar la consistencia de los datos arrojados por los métodos de valoración de los parámetros de interés. Entendiendo como consistencia la asociación entre las medidas realizadas por los métodos y, por lo tanto, si los métodos están midiendo un mismo valor real. Es decir, consideramos que dos métodos son consistentes cuando la asociación es fuerte y además positiva. Para la valoración de este tipo de consistencia se utilizó el test de correlación para cada pareja de métodos. Además, para la valoración de la consistencia conjunta del total de métodos valorados se utilizó el α -Cronbach estandarizado (Cronbach, 1951). Si bien este índice se empleó, en principio, como una medida de fiabilidad de la escala de un test psicológico, es interesante su utilización cuando se quiere ver la consistencia conjunta de varios métodos que miden un mismo objeto, entidad o individuo. La expresión del α -Cronbach estandarizado viene dado por:

$$\alpha = \frac{k \times \bar{r}}{1 + (k - 1) \times \bar{r}}$$

Donde k es el número de métodos de valoración y \bar{r} la media de coeficientes de correlación entre los métodos de valoración. Su cuota máxima es uno, de manera que cuanto mayor es α mayor es la consistencia entre los métodos, lo que indica que la fiabilidad de la media obtenida de los distintos métodos es mayor que la obtenida por uno de ellos.

Las correlaciones se realizaron sobre los valores de MG y MLG sin transformar en porcentajes, debido a que este coeficiente es sensible al rango de las variables. La utilización de valores porcentuales, que están acotados entre 0 y 100, produce valores de correlación menores que si se utilizan los valores reales cuyo rango es mayor. Además, dadas las características de los datos, los porcentajes obtenidos varían en un rango pequeño de porcentajes.

El otro punto de vista que se pretende estudiar es el grado de acuerdo que presentan los métodos de valoración. Consideramos acuerdo o concordancia de las observaciones cuando los métodos pueden ser intercambiables, es decir, las valoraciones de uno de los métodos se puede considerar tan correctas como las del otro método con el que se compara (Mantha et al., 2000). En muchos estudios se ha utilizado el coeficiente de correlación como indicador del acuerdo. Sin embargo, este coeficiente no indica la concordancia de los valores obtenidos por varios métodos (Bland y Altman, 2003). Otra metodología que puede ser utilizada es la comparación de la recta de regresión entre pares de métodos, con la regresión de igualdad donde la ordenada en el origen es cero y la pendiente es uno. Sin embargo, el efecto de que ambas variables están medidas con error puede producir valores de

intercepto y pendientes estadísticamente diferentes de 0 y 1 respectivamente. El error en la variable X produce que la pendiente de la recta sea menor de 1 y por lo tanto el intercepto es mayor de cero. Aunque esta metodología teóricamente podría ser interesante para testar el acuerdo entre observaciones, no es aconsejable (Bland et al., 2003).

En este trabajo se han utilizado dos análisis para inspeccionar el acuerdo entre los métodos. En primer lugar, el ANOVA de medidas repetidas (diferentes métodos de valoración), donde se puede contrastar si los métodos son iguales en términos medios considerando que las diferencias se deben a errores aleatorios. Además este análisis nos permite incorporar factores que pueden explicar la variabilidad que se presenta. Sin embargo, sólo indica la igualdad en términos medios, resultando también importante cómo se comportan las diferencias individuales. Por ello, se ha empleado un segundo método, el de Bland y Altman (Bland y Altman, 1986), que proponen un método gráfico para inspeccionar el acuerdo entre observaciones. Este gráfico se construye indicando en el eje X la media de las valoraciones de los dos métodos que se están comparando y en el eje Y las diferencias entre esas mismas observaciones. La utilización de la media de las observaciones en lugar de cada una de las observaciones individuales es debido a dos razones: la primera porque el mejor estimador del valor real que es desconocido es la media de las dos observaciones realizadas por ambos métodos, bajo el supuesto que ambas observaciones son estimadores del real; la segunda razón es que el gráfico de las diferencias frente a los valores separados de cada método produce interpretaciones incorrectas debido a un artefacto estadístico denominado “Mathematical Coupling” (Tu et al., 2006). Este problema se produce cuando la

relación de dos variables es debida a una componente común, es decir, cuando una variable es parte de otra.

En el gráfico de Bland-Altman se señala la media de las diferencias entre los métodos (sesgo) \pm dos veces la desviación típica (S) de las diferencias. Cabe esperar que aproximadamente el 95% de las diferencias entre los métodos se encuentren entre estos dos límites. Si los límites provistos (sesgo \pm 2S) se pueden considerar que son clínicamente poco importantes, ambos métodos pueden utilizarse indistintamente.

4.7.1. Niveles de Significación

Los niveles de significación establecidos son los habituales en el ámbito biosanitario con una confiabilidad de $p=0,05$ y $p=0,01$. Se han reflejado el valor del estadístico empleado, sus grados de libertad (GL) y el valor de significación (p).

5.~ RESULTADOS

5.1. ESTRUCTURA DE LOS RESULTADOS

Los resultados serán expuestos, en el presente trabajo siguiendo la siguiente secuencia:

- **Descripción demográfica de la muestra:** donde se encuentran las distribuciones de edad, sexo, actividad física, IMC, etc.

- **Análisis específico de cada método:** Con el siguiente orden: 1º DEXA, 2º BIA y 3º Antropometría, que a su vez se subdivide en función de la fórmula empleada para el cálculo de la MG (fórmula de Carter, fórmula de Durnin-Womersley General y fórmula de Durnin-Womersley Específica para sexo y edad). En cada uno de los métodos se recogerán todas las variables estimadas, junto con el análisis de su Normalidad, tomando especial énfasis en las relacionadas con la división compartimental.

- **Análisis comparativo intermetodológico:** expresados como consistencia y nivel de acuerdo entre variables. En este apartado se han incluido las variables %MG y %MLG de cada método con el fin de permitir una comparabilidad adecuada, tanto en la muestra

total, como por sexos y actividad física. Debe tenerse en cuenta, que la transformación de las masas en porcentajes amplía las diferencias numéricas en las variables referidas a compartimentos corporales (ninguno de los sujetos pesó más de 100 Kg). Esta apreciación tiene su relevancia en la literatura ya que, las diferencias entre métodos se reducen (en el caso de la masa) y amplían (caso de emplear el porcentaje) con esta estrategia a pesar de que la valoración es única.

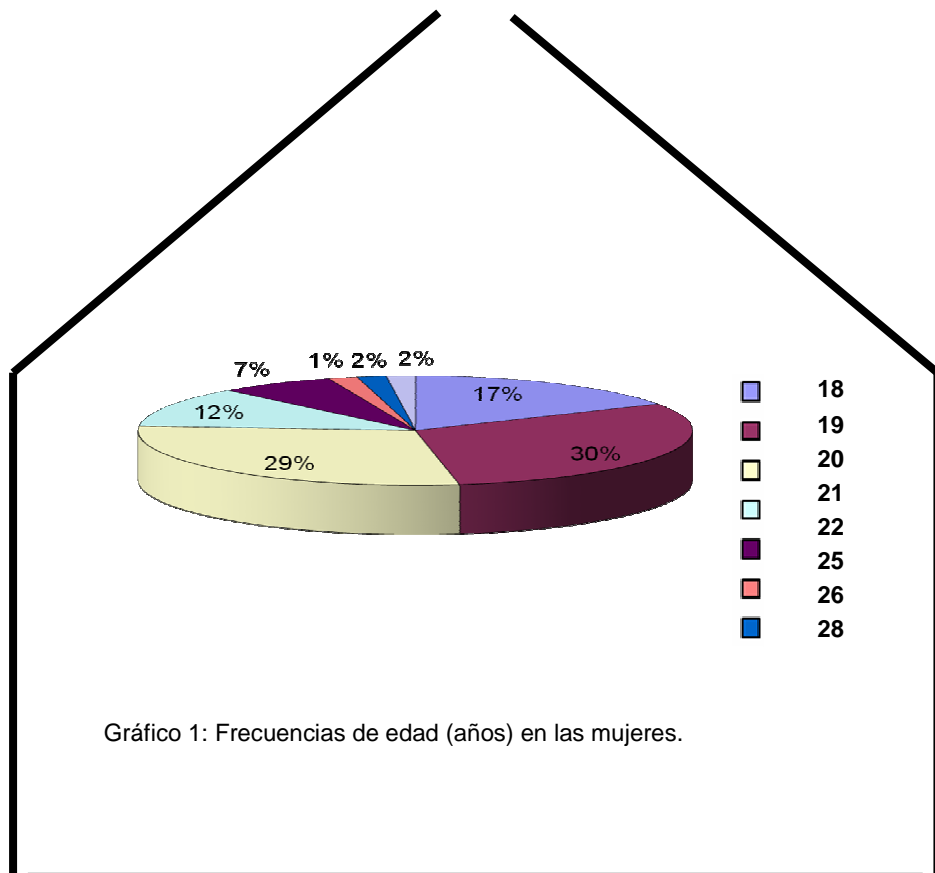
5.2. CARACTERÍSTICAS DE LA MUESTRA

La muestra total quedó conformada por 81 sujetos, de los cuales 59 fueron mujeres y 22 hombres. Sus edades oscilaron entre los 18 y 28 años, encontrándose el 77,8% entre los 18 y 21. La edad de las mujeres fue $19,93 \pm 1,88$ años, mientras en los hombres, se situó en $21,91 \pm 2,84$ años (tablas 9 y 10 ; gráficos 1 y 2).

ESTUDIO COMPARATIVO INTERMETODOLÓGICO DE LA COMPOSICIÓN CORPORAL
(ANTROPOMETRÍA, BIA Y DEXA)

Edad (años)	Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje acumulado
18	10	16,9	16,9
19	18	30,5	47,5
20	17	28,8	76,3
21	7	11,9	88,1
22	4	6,8	94,9
25	1	1,7	96,6
26	1	1,7	98,3
28	1	1,7	100,0
Total	59	100,0	

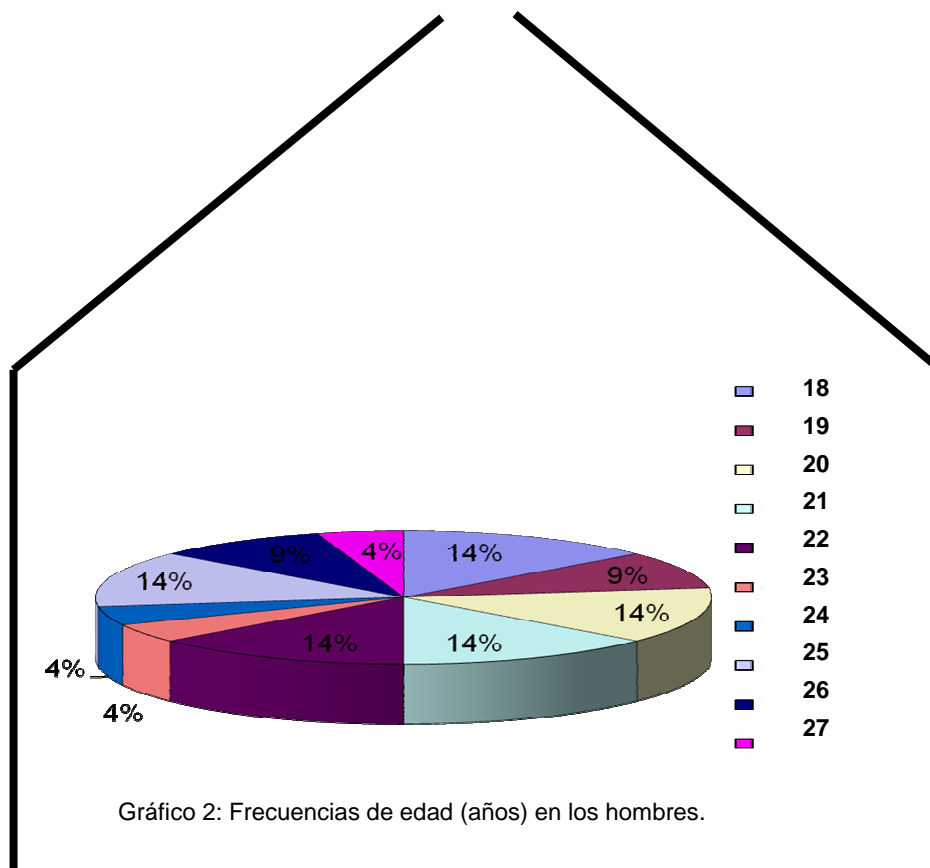
Tabla 9: Distribución de frecuencias de edad en las mujeres.



**ESTUDIO COMPARATIVO INTERMETODOLÓGICO DE LA COMPOSICIÓN CORPORAL
(ANTROPOMETRÍA, BIA Y DEXA)**

Edad (años)	Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje acumulado
18	3	13,6	13,6
19	2	9,1	22,7
20	3	13,6	36,4
21	3	13,6	50,0
22	3	13,6	63,6
23	1	4,5	68,2
24	1	4,5	72,7
25	3	13,6	86,4
26	2	9,1	95,5
27	1	4,5	100,0
Total	22	100,0	

Tabla 10: Distribución de frecuencias de edad en los hombres.

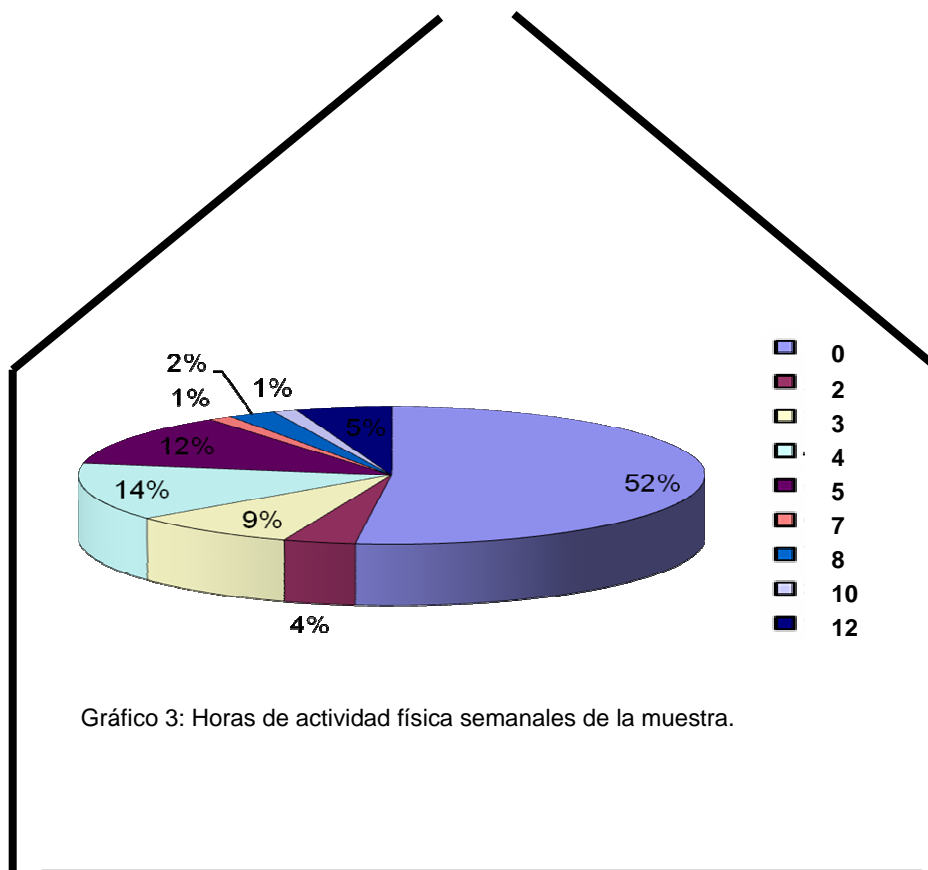


Las horas de actividad física resultaron escasas en la muestra, siendo más de la mitad (51,9%) los que no dedicaban ninguna hora semanal a esta práctica, a pesar de encontrarse en un rango de edad que permite un grado de actividad física alto. Este porcentaje resultó más acusado entre las mujeres (61%) que entre los hombres, donde tan sólo un 27,3% no practicaba actividad física alguna, lo que condicionará los resultados de este estudio. Se ha categorizado esta variable en 4 grupos en función del número de horas de actividad física practicada (tablas 11, 12 y 13 ; gráfico 3).

**ESTUDIO COMPARATIVO INTERMETODOLÓGICO DE LA COMPOSICIÓN CORPORAL
(ANTROPOMETRÍA, BIA Y DEXA)**

Actividad física (horas/semana)		Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje acumulado
INACTIVOS	0	42	51,9	51,9
	2	3	3,7	55,6
BAJA	3	7	8,6	64,2
	4	11	13,6	77,8
MODERADA	5	10	12,3	90,1
	7	1	1,2	91,4
	8	2	2,5	93,8
ALTA	10	1	1,2	95,1
	12	4	4,9	100,0
Total		81	100,0	

Tabla 11: Horas de actividad física semanales de la muestra.



**ESTUDIO COMPARATIVO INTERMETODOLÓGICO DE LA COMPOSICIÓN CORPORAL
(ANTROPOMETRÍA, BIA Y DEXA)**

Actividad física (horas/semana)		Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje acumulado
INACTIVOS	0	36	61,0	61,0
	2			
BAJA	3	2	3,4	64,4
	4	4	6,8	71,2
	5	9	15,3	86,4
MODERADA	8	5	8,5	94,9
	12	1	1,7	96,6
ALTA	12	2	3,4	100,0
Total		59	100,0	

Tabla 12: Horas de actividad física semanales de las mujeres.

Actividad física (horas/semana)		Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje acumulado
INACTIVOS	0	6	27,3	27,3
	2			
BAJA	3	1	4,5	31,8
	4	3	13,6	45,5
	5	2	9,1	54,5
MODERADA	7	5	22,7	77,3
	8	1	4,5	81,8
	10	1	4,5	86,4
ALTA	12	1	4,5	90,9
	12	2	9,1	100,0
Total		22	100,0	

Tabla 13: Horas de actividad física semanales de los hombres.

Los valores de talla, peso e IMC de la muestra se reflejan en las tabla 14. Los valores del IMC se encuentran dentro de la normalidad para este segmento de edad, si bien los casos más extremos, salieron del rango de normalidad (20-25 Kg/cm²), como podemos observar en la Tabla 15.

Por sexos, las mujeres fueron 14 cm menos altas que los hombres y pesaron 16,5 kg menos, situando su IMC por debajo del de los hombres en más de 2 Kg/m². Hombres y mujeres mostraron valores medios dentro de parámetros normales (20-25 Kg/m²) –tabla 16-. La amplitud del rango de pesos y tallas fue menor en las mujeres, donde tan sólo se encontraron Delgadas (aunque en número sensiblemente superior al de hombres) y Normales (tabla 17). En los hombres, donde la dispersión del peso en los sujetos resultó mayor, se encontró el único caso de obesidad según IMC de la muestra (tabla 18). Curiosamente el porcentaje total de individuos normales en ambos sexos, según su IMC fue similar (≈ 77%).

Tanto la talla, como el peso y el IMC se comportaron normalmente en la muestra total y en la distribución por sexos, como se puede apreciar en el diagrama de caja (gráficos 4 y 5). No obstante, se puede detectar cierta asimetría en la talla, en los hombres hacia tallas mayores y en mujeres hacia tallas menores. Respecto al peso, en cambio, la simetría en ambos sexos fue mayor.

**ESTUDIO COMPARATIVO INTERMETODOLÓGICO DE LA COMPOSICIÓN CORPORAL
(ANTROPOMETRÍA, BIA Y DEXA)**

Variable (n=81)	Mínimo	Máximo	Media	Desv. típ.	K-S (p)
Talla (m)	1,50	1,90	1,6741	,08934	0,547 (0,925)
Peso (Kg)	43,00	97,00	60,9309	10,36706	0,943 (0,337)
IMC (Kg/m ²)	17,44	31,67	21,6260	2,32261	0,522 (0,948)

Tabla 14: Estadísticos descriptivos de talla, peso e IMC de la muestra.

IMC categorizado	Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Delgadez	18	22,2	22,2	22,2
Normalidad	60	74,1	74,1	96,3
Sobrepeso	2	2,5	2,5	98,8
Obesidad	1	1,2	1,2	100,0
Total	81	100,0	100,0	

Tabla 15: IMC categorizado de la muestra.

Variable	MUJERES (n=59)					HOMBRES (n=22)				
	Mínimo	Máximo	Media	Desv. típ.	K-S (p)	Mínimo	Máximo	Media	Desv. típ.	K-S (p)
Talla (m)	1,50	1,78	1,6359	,06446	0,646 (0,798)	1,68	1,90	1,7764	,06230	0,634 (0,826)
Peso (Kg)	43,00	77,00	56,4136	6,76967	0,519 (0,951)	58,00	97,00	73,0455	8,47201	0,671 (0,759)
IMC (Kg/m ²)	17,44	24,86	21,0446	1,84540	0,477 (0,977)	17,51	31,67	23,1851	2,76558	0,718 (0,680)

Tabla 16: Estadísticos descriptivos de talla, peso e IMC de la muestra por sexos.

IMC categorizado	Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Delgadez	16	27,1	27,1	27,1
Normalidad	43	72,9	72,9	100,0
Total	59	100,0	100,0	

Tabla 17: IMC categorizado de las mujeres.

IMC categorizado	Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Delgadez	2	9,1	9,1	9,1
Normalidad	17	77,3	77,3	86,4
Sobrepeso	2	9,1	9,1	95,5
Obesidad	1	4,5	4,5	100,0
Total	22	100,0	100,0	

Tabla 18: IMC categorizado de los hombres.

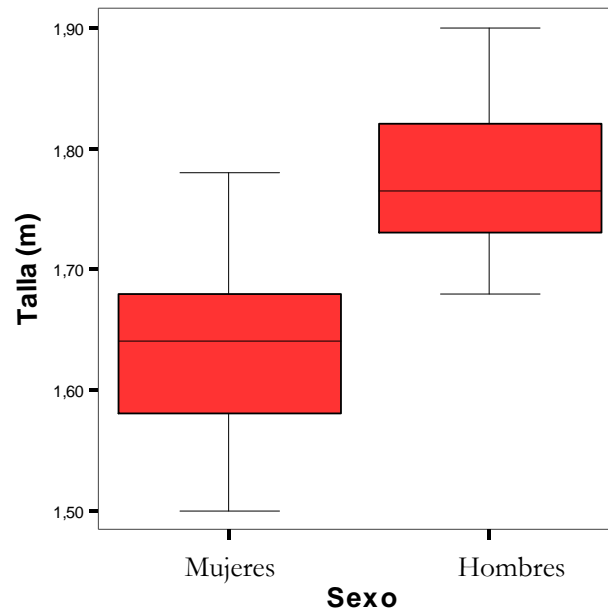


Gráfico 4: Diagramas de caja de la talla en función del sexo.

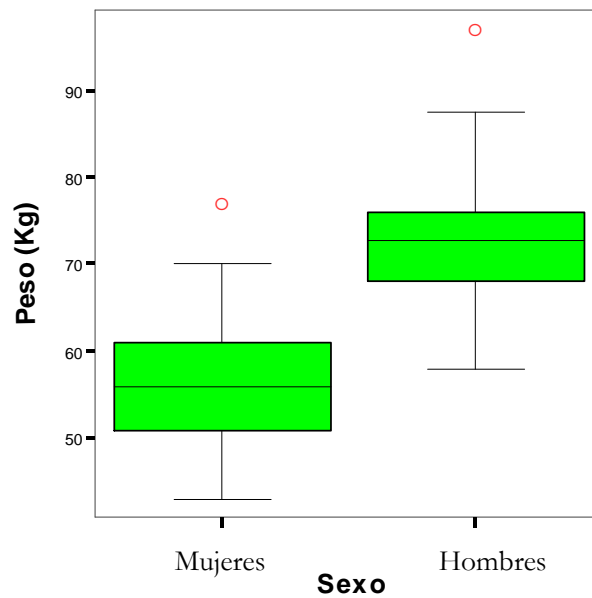


Gráfico 5: Diagramas de caja del peso en función del sexo.

5.3. ANÁLISIS ESPECÍFICO DE CADA MÉTODO

5.3.1. Descripción de Variables DEXA

La CC (estimación de cuerpo entero) obtenida en la muestra total a través de la DEXA puede observarse en la Tabla 19. El %MG fue superior al 25% del total del peso en la muestra total, mientras el %MO superó el 3,5%, situándose en valores aceptables para este segmento de población. Todas las variables mostraron una distribución Normal.

El comportamiento por sexos fue diferente. De esta forma, las mujeres presentaron un 11% más de componente graso que los hombres, siendo ligeramente menor el %MO_DEXA. También aparecieron diferencias en el %MM_DEXA, un 11% en las mujeres que en los hombres (similar al de la MLG, suma de la MG y la MMO). Por tanto, la cantidad proporcional de MMO_DEXA fue muy similar entre ambos sexos (tabla 20). Además, y como muestran los diagramas de caja (gráfico 6), a pesar de contar con distribuciones Normales, los datos de MG presentan cierta asimetría, en ambos sexos, hacia valores de grasa más altos, incluso con algún dato periférico en el caso de las mujeres. La MLG, por el contrario, mostró simetría en las mujeres, mientras en los hombres, la asimetría se reflejó hacia valores más bajos, contando con un periférico de valor elevado (gráfico 7).

**ESTUDIO COMPARATIVO INTERMETODOLÓGICO DE LA COMPOSICIÓN CORPORAL
(ANTROPOMETRÍA, BIA Y DEXA)**

Variable (n=81)	Mínimo	Máximo	Media	Desv. típ.	K-S (p)
MG_DEXA (Kg)	7,24	28,10	15,0717	4,16080	0,483 (0,974)
% MG_DEXA	10,24	37,29	25,1252	6,66830	0,810 (0,528)
MM_DEXA (Kg)	30,78	75,71	42,4731	9,74472	1,713 (0,006)
% MM_DEXA	58,50	83,34	69,3175	6,33036	0,646 (0,798)
MMO_DEXA (Kg)	1,00	4,10	2,1698	,44637	1,072 (0,200)
% MMO_DEXA	1,74	4,32	3,5660	,40999	0,423 (0,994)
MLG_DEXA (Kg)	32,55	79,81	44,6428	10,12819	1,619 (0,011)
% MLG_DEXA	61,48	87,45	72,8835	6,48926	0,708 (0,698)

Tabla 19: Composición corporal DEXA de la muestra.

Variable (n=59)	MUJERES (n=59)					HOMBRES (n=22)				
	Mínimo	Máximo	Media	Desv. típ.	K-S (p)	Mínimo	Máximo	Media	Desv. típ.	K-S (p)
MG_DEXA (Kg)	8,77	28,10	16,0320	4,01661	0,499 (0,964)	7,24	20,57	12,4964	3,44295	0,453 (0,986)
%MG_DEXA	17,43	37,29	28,1254	4,61411	0,472 (0,979)	10,24	26,37	17,0795	4,18206	0,695 (0,719)
MM_DEXA (Kg)	30,78	45,62	37,3114	3,79981	0,612 (0,848)	42,93	75,71	56,3159	6,80211	0,652 (0,789)
%MM_DEXA	58,50	76,33	66,3980	4,23195	0,380 (0,999)	68,62	83,34	77,1471	3,87667	0,608 (0,853)
MMO_DEXA (Kg)	1,00	2,49	1,9766	,25505	0,659 (0,778)	2,04	4,10	2,6877	,43986	0,565 (0,907)
%MMO_DEXA	1,74	4,20	3,5232	,40611	0,490 (0,970)	2,88	4,32	3,6807	,40733	0,397 (0,997)
MLG_DEXA (Kg)	32,55	47,94	39,2880	3,93626	0,643 (0,803)	45,22	79,81	59,0036	7,16751	0,690 (0,728)
%MLG_DEXA	61,48	80,21	69,9212	4,36831	0,422 (0,994)	72,08	87,45	80,8278	4,11665	0,650 (0,792)

Tabla 20: Composición corporal DEXA de la muestra pos sexos.

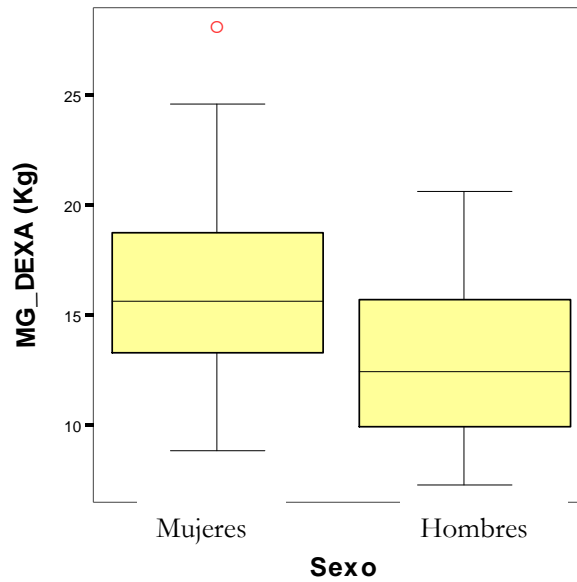


Gráfico 6: Diagramas de caja de la MG según DEXA en función del sexo.

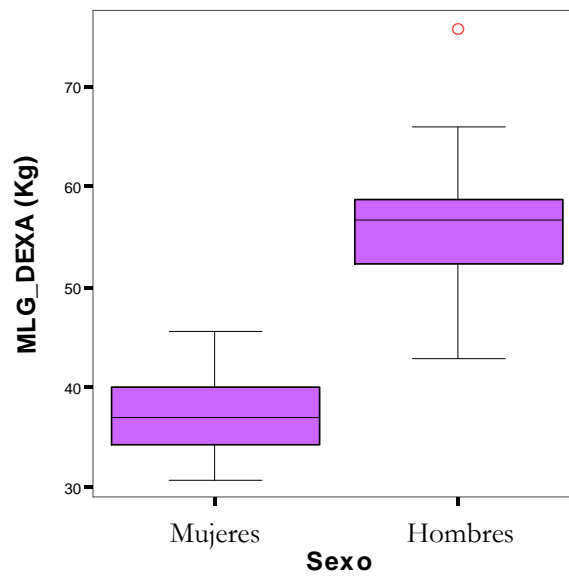


Gráfico 7: Diagramas de caja de la MLG según DEXA en función del sexo.

Comparando la CC (MG_DEXA, %MG_DEXA, MLG_DEXA, %MLG_DEXA) por niveles de actividad física (ANOVA factor independiente: Actividad_física) se han obtenido diferencias en cuanto a la CC, presentando en todo caso menor cantidad de grasa quienes practicaban más actividad física (tabla 21). De esta manera, el ANOVA resultó significativo [$F=9,7465$; $GL_1=3$, $GL_2=77$; $p<0,01$] tanto para el %MLG_DEXA como para el %MG_DEXA [$F=8,4098$; $GL_1=3$, $GL_2=77$; $p<0,01$] entre los distintos niveles de actividad física. Existe, por tanto, una dependencia del factor Actividad Física respecto a las variables de CC.

En el análisis *post hoc* utilizando el test de Bonferroni, se encontraron diferencias estadísticamente significativas tanto para %MG_DEXA como para %MLG_DEXA entre las parejas de niveles: Alta-Baja, Alta-Inactividad y Moderada-Inactividad (tablas 22 y 23). Como podemos observar, entre los grupos extremos de actividad física, la DEXA detecta diferencias en su composición bicompartimental.

**ESTUDIO COMPARATIVO INTERMETODOLÓGICO DE LA COMPOSICIÓN CORPORAL
(ANTROPOMETRÍA, BIA Y DEXA)**

Variable	N	Media	Desviación típica	Error típico	Intervalo de confianza para la media al 95%		Mínimo	Máximo	
					Límite inferior	Límite superior			
MG_DEXA	0	42	15,9983	4,59370	,70882	14,5668	17,4298	7,24	28,10
	1	21	15,5562	3,25403	,71009	14,0750	17,0374	8,67	21,49
	2	11	12,5085	3,07983	,85419	10,6473	14,3696	7,76	16,90
	3	7	11,9180	2,12496	,95031	9,2795	14,5565	10,02	14,79
	Total	42	15,9983	4,59370	,70882	14,5668	17,4298	7,24	28,10
%MG_DEXA	0	42	27,2998	6,09423	,94036	25,4007	29,1989	11,68	37,29
	1	21	25,8815	5,62552	1,22759	23,3208	28,4422	12,94	37,05
	2	11	19,8943	6,10360	1,69283	16,2059	23,5826	10,24	29,09
	3	7	17,2834	4,49414	2,00984	11,7032	22,8636	14,13	25,00
	Total	81	25,1252	6,66830	,74092	23,6508	26,5997	10,24	37,29
MLG_DEXA	0	42	41,0864	6,63773	1,02422	39,0180	43,1549	32,55	60,31
	1	21	44,5900	9,59936	2,09475	40,2204	48,9596	33,25	63,28
	2	11	51,1392	11,53947	3,20047	44,1660	58,1125	36,65	68,82
	3	7	57,8480	15,86913	7,09689	38,1439	77,5521	40,16	79,81
	Total	81	44,6428	10,12819	1,12535	42,4033	46,8824	32,55	79,81
%MLG_DEXA	0	42	70,4671	5,87296	,90622	68,6370	72,2973	61,48	86,09
	1	21	72,5185	5,08061	1,10868	70,2059	74,8312	62,48	84,99
	2	11	78,3279	6,04636	1,67696	74,6741	81,9817	68,95	87,45
	3	7	80,5580	4,23846	1,89550	75,2953	85,8208	74,37	84,14
	Total	81	72,8835	6,48926	,72103	71,4486	74,3184	61,48	87,45

Tabla 21: Composición corporal DEXA por niveles de actividad física.

Parejas de variables	Diferencias entre medias	p-valor
Inactividad – Bajo	-2,6109	0,3711
Inactividad – Moderado	-8,5981	0,0006*
Inactividad – Alta	-10,0164	0,0001*
Bajo – Moderado	-5,9872	0,0112
Bajo – Alto	-7,4055	0,0019*
Moderado – Alto	1,4183	0,3664

Tabla 22: Composición corporal %MG_DEXA por niveles de actividad física (análisis por parejas *post hoc*). Se estableció la significación estadística (*) a partir de $p < 0,0083$.

ESTUDIO COMPARATIVO INTERMETODOLÓGICO DE LA COMPOSICIÓN CORPORAL
(ANTROPOMETRÍA, BIA Y DEXA)

Parejas de variables	Diferencias entre medias	p-valor
Inactividad – Bajo	2,2301	0,1768
Inactividad – Moderado	8,0395	0,0001*
Inactividad – Alta	10,0909	<0,0001*
Bajo – Moderado	5,8094	0,0087
Bajo – Alto	7,8608	0,0026*
Moderado – Alto	-2,0514	0,4627

Tabla 23: Composición corporal %MLG_DEXA por niveles de actividad física (análisis por parejas *post hoc*). Se estableció la significación estadística (*) a partir de $p < 0,0083$.

5.3.2. Descripción de Variables BIA

Respecto a las variables de BIA todos los parámetros obtenidos se encuentran dentro de los rangos de normalidad encontrados en la bibliografía (tabla 24). El %MG se situó en un 23,18%, mientras el %MLG llegó al 76,83%.

Como podemos observar en la Tabla 24, diferentes variables no siguieron una distribución Normal. Esta circunstancia, se reduce considerablemente cuando se realiza el mismo análisis por sexos, como podremos observar a continuación.

**ESTUDIO COMPARATIVO INTERMETODOLÓGICO DE LA COMPOSICIÓN CORPORAL
(ANTROPOMETRÍA, BIA Y DEXA)**

Variable (n=81)	Mínimo	Máximo	Media	Desv. típ.	K-S (p)
MIC (kg)	14,60	38,50	22,0827	6,01959	1,772 (0,004)**
%MIC	26,29	56,94	35,9787	5,83854	1,431 (0,033)*
MEC (Kg)	10,80	34,40	24,7272	4,30871	0,908 (0,382)
%MEC	21,11	50,76	40,8530	5,54100	1,252 (0,088)
MLG_BIA (Kg)	32,40	72,90	46,8099	8,86359	1,797 (0,003)**
%MLG_BIA	63,51	88,55	76,8317	5,87095	0,775 (0,585)
MG_BIA (Kg)	5,30	28,00	14,1284	4,32167	0,565 (0,907)
%MG_BIA	11,45	36,36	23,1811	5,83478	0,770 (0,594)
MEC/MIC	,40	1,58	1,1701	,24407	1,248 (0,089)
MetBas (Cal/día)	1252,00	2099,00	1517,7160	202,07271	1,859 (0,002)**
NecEnerDía (Cal/día)	1502,00	3674,00	2037,1481	456,24259	1,533 (0,018)*
AgIntra (litros)	13,30	35,10	20,1074	5,51180	1,746 (0,04)*
AgExtra (litros)	2,70	19,70	13,8852	3,09512	1,405 (0,039)*
AgTotal (litros)	22,60	54,80	33,9938	6,78031	1,708 (0,006)**
AgTotal/MLG (litros/Kg)	,69	,75	,7251	,01252	0,492 (0,969)
A_Fase (grados)	4,3	24,4	7,176	3,2379	2,585 (<0,001)**

Tabla 24: Composición corporal BIA de la muestra.

* Diferencia estadísticamente significativa al 95%.

** Diferencia estadísticamente significativa al 99%.

Por sexos, la CC se mostró diferente entre ambos sexos, de manera que la MIC femenina estuvo 12% por debajo de la masculina, mientras la MEC fue superior en un 4% en las mujeres. La MG fue un 6,5% mayor en las mujeres (24,99%) que en los hombres (18,32%), todo lo contrario que la MLG, en la que las mujeres llegaron al 75%, mientras los hombres superaron el 81%. Estas diferencias entre sexos respecto a los compartimentos graso y libre de grasa, aun siendo notables, no llegan a ser tan importantes como las encontradas con la DEXA.

Respecto a las variables energéticas, las mujeres presentaron un menor gasto basal, con menos de 1.400 Cal/día, por más de 1.800 de los hombres. También las necesidades energéticas diarias de las mujeres se mostraron sensiblemente inferiores a los hombres (estas últimas estimadas a partir de la actividad física realizada), situándose en 800 Cal/día menos.

Las variables acuosas son menos comparables entre sexos, ya que se arrojan en términos absolutos y no porcentuales, aunque sí es pertinente apuntar que en ambos sexos se mantiene una proporción similar entre agua intracelular, mayor, y extracelular, menor en ambos casos. Sí es más comparable, sin embargo, el índice entre agua corporal total (ACT) y MLG, muy similar en ambos sexos y siempre dentro de la horquilla 0,72-0,73 litros/Kg.

Por último, los ángulos de fase a 50 kHz, aun siendo diferentes entre ambos sexos (menos el ángulo de las mujeres en 1,2°), mostraron valores próximos a la normalidad en cada uno de ellos (tabla 25).

Los diagramas de caja de las variables MG_BIA y MLG_BIA mostraron comportamientos diferentes. De esta forma, mientras la MG se mostró asimétrica en sentidos opuestos (las mujeres presentan una asimetría hacia valores más bajos con alta variabilidad, mientras los hombres la evidenciaron hacia valores más altos siendo más homogéneos, ambos sexos con un valor periférico próximo a los 25 Kg), la MLG presentó simetría y escasa variabilidad (gráficos 8 y 9).

**ESTUDIO COMPARATIVO INTERMETODOLÓGICO DE LA COMPOSICIÓN CORPORAL
(ANTROPOMETRÍA, BIA Y DEXA)**

Variable	MUJERES (n=59)					HOMBRES (n=22)				
	Mínimo	Máximo	Media	Desv. típ.	K-S (p)	Mínimo	Máximo	Media	Desv. típ.	K-S (p)
MIC (kg)	14,60	28,40	18,8542	2,45169	0,656 (0,783)	22,60	38,50	30,7409	3,69061	0,849 (0,467)
%MIC	26,29	52,59	33,6487	4,51627	1,475 (0,026)*	37,42	56,94	42,2274	4,16754	0,714 (0,689)
MEC (Kg)	10,80	28,90	23,2119	3,37726	1,205 (0,109)	15,30	34,40	28,7909	3,93324	0,928 (0,355)
%MEC	21,11	50,76	41,3459	5,78102	1,319 (0,062)	24,68	47,41	39,5311	4,70595	0,834 (0,489)
MLG_BIA (Kg)	32,40	50,40	42,0661	3,79126	0,652 (0,789)	50,10	72,90	59,5318	5,17792	0,689 (0,730)
%MLG_BIA	63,51	88,55	74,9946	5,65980	0,682 (0,742)	75,15	86,38	81,7585	2,81458	0,756 (0,617)
MG_BIA (Kg)	5,30	28,00	14,3339	4,53171	0,508 (0,959)	7,90	24,10	13,5773	3,74076	0,891 (0,405)
%MG_BIA	11,45	36,36	24,9938	5,60712	0,415 (0,995)	13,62	24,85	18,3197	2,97820	0,810 (0,527)
MEC/MIC	,40	1,58	1,2519	,21643	1,555 (0,016)*	,43	1,22	,9508	,16851	0,655 (0,784)
MetBas (Cal/día)	1252,00	1626,00	1407,389	75,6532	0,776 (0,584)	1639,00	2099,00	1813,5909	117,64542	0,822 (0,509)
Nec EnerDía (Cal/día)	1502,00	2521,00	1826,000	218,867	0,841 (0,479)	1966,00	3674,00	2603,4091	446,65249	0,655 (0,785)
AgIntra (litros)	13,30	25,80	17,1424	2,21805	0,602 (0,862)	20,70	35,10	28,0591	3,34745	0,847 (0,470)
AgExtra (litros)	2,70	17,30	13,2881	2,74139	1,458 (0,029)*	3,30	19,70	15,4864	3,47142	0,815 (0,521)
AgTotal (litros)	22,60	36,90	30,4322	2,97440	0,649 (0,795)	35,40	54,80	43,5455	4,41380	0,623 (0,832)
AgTotal/MLG (litros/Kg)	,69	,75	,7230	,01218	0,539 (0,934)	,70	,75	,7306	,01199	0,575 (0,895)
A_Fase (grados)	4,3	24,4	6,858	3,4295	2,713 ($<0,01$)**	5,2	16,9	8,031	2,5306	1,097 (0,018)*

Tabla 25: Composición corporal BIA de la muestra por sexos.

* Diferencia estadísticamente significativa al 95%.

** Diferencia estadísticamente significativa al 99%.

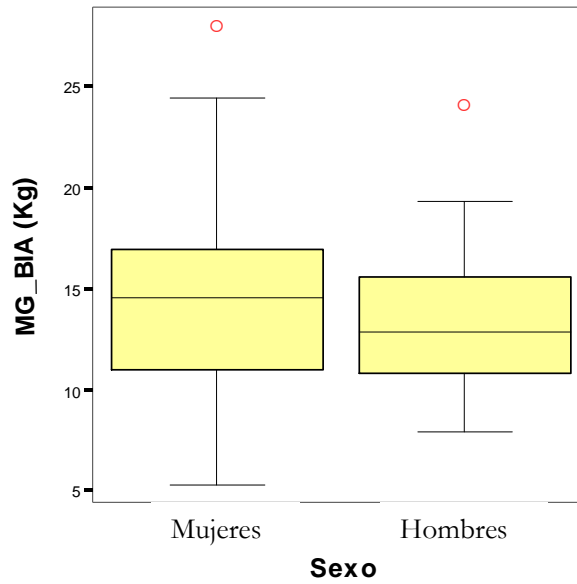


Gráfico 8: Diagramas de caja de la MG según BIA en función del sexo.

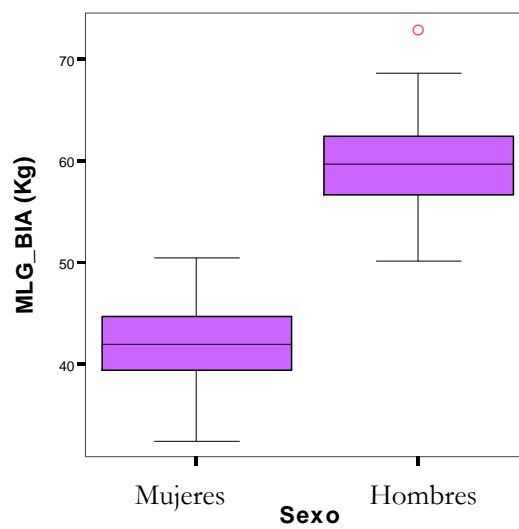


Gráfico 9: Diagramas de caja de la MLG según BIA en función del sexo.

A continuación se han incluido los resultados de CC (MG_BIA, %MG_BIA, MLG_BIA, %MLG_BIA) por niveles de actividad física. De la misma forma, se ha comparado (ANOVA factor inter-sujeto: Actividad_física) la CC entre estos subgrupos, obteniéndose en todos ellos diferencias en cuanto a la CC, presentando en todo caso menor cantidad de grasa quienes hacían más actividad física (tabla 26). El ANOVA resultó significativo tanto para el %MLG_BIA [$F=3,1608$; $GL_1=3$, $GL_2=77$; $p=0,03$] como para el %MG_BIA [$F=3,0179$; $GL_1=3$, $GL_2=77$; $p=0,03$] entre los distintos niveles de actividad física.

En el análisis *post hoc* realizado con el test de Bonferroni por parejas de niveles no mostró diferencias estadísticamente significativas para %MG_DEXA y %MLG_DEXA, debido al grado importante de penalización que infringe esta prueba (empleada por la diferencia entre tamaños muestrales de los subgrupos por niveles de actividad física). No obstante (tablas 27 y 28). Sin embargo, sí que existen diferencias importantes en algunas medias, como en las parejas de niveles Inactividad-Alto y Bajo-Alto. A la luz de los resultados, podemos afirmar que la BIA no distingue con la misma claridad que la DEXA individuos que practican un nivel diferente de actividad física.

**ESTUDIO COMPARATIVO INTERMETODOLÓGICO DE LA COMPOSICIÓN CORPORAL
(ANTROPOMETRÍA, BIA Y DEXA)**

Variable	N	Media	Desviación típica	Error típico	Intervalo de confianza para la media al 95%		Mínimo	Máximo	
					Límite inferior	Límite superior			
MLG_BIA	0	42	43,7595	6,27181	,96776	41,8051	45,7140	32,40	62,40
	1	21	47,3571	9,09157	1,98394	43,2187	51,4956	37,50	62,50
	2	11	51,9538	10,35331	2,87149	45,6974	58,2103	36,20	68,70
	3	7	56,7600	11,14419	4,98383	42,9227	70,5973	44,30	72,90
	Total	81	46,8099	8,86359	,98484	44,8500	48,7698	32,40	72,90
%MLG_BIA	0	42	75,2034	5,92326	,91398	73,3576	77,0492	63,51	86,38
	1	21	77,3716	5,62840	1,22822	74,8096	79,9337	64,66	88,55
	2	11	79,9100	5,28963	1,46708	76,7135	83,1065	68,30	85,95
	3	7	80,2380	3,56849	1,59588	75,8072	84,6689	75,15	84,17
	Total	81	76,8317	5,87095	,65233	75,5335	78,1299	63,51	88,55
MG_BIA	0	42	14,6095	4,66940	,72050	13,1544	16,0646	7,40	28,00
	1	21	13,7667	3,83319	,83647	12,0218	15,5115	5,30	20,50
	2	11	13,0385	3,18657	,88380	11,1128	14,9641	7,00	19,30
	3	7	14,4400	6,24684	2,79367	6,6835	22,1965	8,60	24,10
	Total	81	14,1284	4,32167	,48019	13,1728	15,0840	5,30	28,00
%MG_BIA	0	42	24,7837	5,81827	,89778	22,9706	26,5968	13,62	36,36
	1	21	22,5784	5,74582	1,25384	19,9629	25,1939	11,45	35,34
	2	11	20,3587	5,27054	1,46178	17,1737	23,5436	14,68	31,89
	3	7	19,5881	3,82055	1,70860	14,8442	24,3319	14,96	24,85
	Total	81	23,1811	5,83478	,64831	21,8909	24,4712	11,45	36,36

Tabla 26: Composición corporal BIA por niveles de actividad física.

Parejas de variables	Diferencias entre medias	p-valor
Inactividad – Bajo	-0,7706	0,1465
Inactividad – Moderado	-2,9903	0,0299
Inactividad – Alta	-5,1956	0,0236
Bajo – Moderado	-2,2197	0,3401
Bajo – Alto	-4,425	0,2106
Moderado – Alto	2,2053	0,6898

Tabla 27: Composición corporal %MG_BIA por niveles de actividad física (análisis por parejas *post hoc*). Se estableció la significación estadística (*) a partir de $p < 0,0083$.

ESTUDIO COMPARATIVO INTERMETODOLÓGICO DE LA COMPOSICIÓN CORPORAL
(ANTROPOMETRÍA, BIA Y DEXA)

Parejas de variables	Diferencias entre medias	p-valor
Inactividad – Bajo	0,328	0,1548
Inactividad – Moderado	2,8664	0,0235
Inactividad – Alto	5,0346	0,0219
Bajo – Moderado	2,5384	0,2874
Bajo – Alto	4,7066	0,1947
Moderado – Alto	-2,1682	0,7227

Tabla 28: Composición corporal %MLG_BIA por niveles de actividad física (análisis por parejas *post hoc*). Se estableció la significación estadística (*) a partir de $p < 0,0083$.

5.3.3. Descripción de Variables Antropometría

A pesar de que la talla, el peso y el IMC son variables antropométricas, hemos descrito las mismas al comienzo de este capítulo de Resultados dentro de las Características de la Muestra, por lo no duplicaremos esta información. Sí se incluyen en este apartado, no obstante, otros índices como el Ponderal o el Cintura/cadera. De igual forma, dado el número elevado de variables antropométricas, hemos secuenciado su exposición, analizando primero las que no dividen compartimentalmente el peso corporal y, posteriormente, las que sí lo hacen.

Respecto a las primeras variables en la muestra total, llama la atención el amplio rango de algunas de las variables a pesar de resultar una población relativamente uniforme. De esta forma, la totalidad de los pliegues presentaron importantes horquillas entre valores máximos y mínimos lo que se reflejó en su variabilidad y en la obtención del sumatorio de pliegues. Los diámetros óseos e incluso los perímetros, por el contrario, resultaron uniformes en la muestra. Los índices Cintura/cadera y Ponderal se situaron en valores normales para esta población, siendo a su vez poco dispersos sus valores (tabla 29).

Los resultados de las variables compartimentales se encuadran en la tabla 30. Como en los métodos precedentes, siguen un comportamiento diferente MG, %MG, MM, %MM,

MLG y %MLG en función de la fórmula antropométrica empleada, destacando los valores inferiores de MG y %MG arrojados por la fórmula de Carter. Debido a su complementariedad, ocurrió a la inversa con los valores de los compartimentos muscular y libre de grasa, donde fue la fórmula de Carter la que arrojó mayores valores en ambos casos. Las fórmulas de Durnin y Womersley tanto General como Específica estuvieron en cifras próximas en todos los compartimentos.

En todos los casos se ha incluido el estudio de Normalidad, encontrándose, nuevamente, numerosas variables con distribuciones no Normales al analizar la muestra completa, circunstancia ésta que se atenúa considerablemente cuando se estudian dichas distribuciones por sexos, donde solamente dos variables, una en cada sexo, se mostraron no Normales.

**ESTUDIO COMPARATIVO INTERMETODOLÓGICO DE LA COMPOSICIÓN CORPORAL
(ANTROPOMETRÍA, BIA Y DEXA)**

Variable (n=81)	Mínimo	Máximo	Media	Desv. típ.	K-S (p)
Tríceps (mm)	3,20	29,80	16,2185	5,45548	0,611 (0,850)
Subesca (mm)	6,00	30,00	12,1679	4,36262	1,416 (0,036)*
Supraes (mm)	3,20	19,20	7,2296	3,12908	1,632 (0,010)*
Abdom (mm)	8,20	34,00	19,4148	5,74306	1,042 (0,227)
Muslo (mm)	3,80	37,40	22,5716	7,57399	0,773 (0,588)
Pierna (mm)	3,60	29,20	16,5469	6,42419	0,561 (0,912)
Bíceps (mm)	2,40	15,00	6,3531	2,24193	0,731 (0,660)
Cresta (mm)	7,00	35,00	23,6049	6,87633	0,628 (0,825)
Biesti (cm)	4,40	6,10	5,0667	,40218	1,036 (0,236)
Bicon (cm)	8,10	11,00	9,7012	,59592	1,005 (0,264)
Ab_Min (cm)	59,50	90,50	71,1395	7,08336	1,075 (0,198)
Glu_Max (cm)	84,00	110,00	95,3210	5,52625	0,503 (0,962)
Cint/Cad	,63	,89	,7462	,05802	0,864 (0,444)
Sumatorio (mm)	36,00	248,70	95,9358	30,17894	1,198 (0,113)
In_Pond (Kg/cm ^{1/3})	37,00	80,49	51,2297	8,00229	0,796 (0,551)

Tabla 29: Variables de Antropometría sin valores de división compartimental de la muestra.

* Diferencia estadísticamente significativa al 95%.

** Diferencia estadísticamente significativa al 99%.

**ESTUDIO COMPARATIVO INTERMETODOLÓGICO DE LA COMPOSICIÓN CORPORAL
(ANTROPOMETRÍA, BIA Y DEXA)**

Variable (n=81)	Mínimo	Máximo	Media	Desv. típ.	K-S (p)
MG_DurninGeneral (Kg)	7,50	29,44	16,9312	3,93368	0,502 (0,963)
%MG_DurninGeneral	11,65	38,23	28,1427	6,04710	1,399 (0,040)*
MMus_DurninGeneral (Kg)	13,61	40,04	20,5067	5,66900	1,904 (0,001)**
%MMus_DurninGeneral	25,56	45,72	33,2964	4,75707	1,202 (0,111)
MG_DurninEspecífica (Kg)	6,84	28,25	15,8389	3,85522	0,408 (0,996)
%MG_DurninEspecífica	10,67	36,69	26,4090	6,23348	1,518 (0,02)*
MMus_DurninEspecífica (Kg)	14,25	42,37	21,5990	6,03667	1,931 (0,001)**
%MMus_DurninEspecífica	27,09	46,82	35,0301	4,91808	1,291 (0,071)
MLG_DurninGeneral (Kg)	30,63	76,95	44,1022	10,00940	1,831 (0,002)**
%MLG_DurninGeneral	61,77	88,35	71,8573	6,04710	1,399 (0,040)*
MLG_DurninEspecífica (Kg)	31,27	79,28	45,1945	10,41082	1,857 (0,001)**
%MLG_DuninEspecífica	63,31	89,33	73,5910	6,23348	1,518 (0,020)*
MG_Carter (Kg)	3,95	18,80	9,5900	2,87569	0,665 (0,769)
%MG_Carter	6,37	24,42	15,9554	4,49126	0,892 (0,403)
MMus_Carter (Kg)	19,87	49,25	27,8479	5,86080	0,558 (0,235)
%MMus_Carter	39,43	52,23	45,4837	3,24846	0,667 (0,765)
MLG_Carter (Kg)	36,88	86,16	51,3510	10,17237	1,603 (0,012)*
%MLG_Carter	75,58	93,63	84,0446	4,49126	0,892 (0,403)
MO_Antropo (Kg)	6,93	14,63	10,2315	1,68663	0,548 (0,264)
%MO_Antropo	13,22	20,33	16,8312	1,36290	0,622 (0,833)
MR_Antropo (Kg)	8,99	23,38	13,3639	3,05310	0,320 (0,253)
%MR_Antropo	20,90	24,10	21,7296	1,41107	4,162 (<0,01)**

Tabla 30: Composición corporal Antropometría de la muestra.

* Diferencia estadísticamente significativa al 95%.

** Diferencia estadísticamente significativa al 99%.

Si tenemos en cuenta la división por sexos la diferencia entre el Sumatorio de pliegues resulta importante, con aproximadamente un 40% más de tejido adiposo subcutáneo las mujeres respecto a los hombres (32 mm). Esta diferencia se hace patente en pliegues como el tríceps, muslo y pierna. Respecto a los diámetros óseos, las diferencias entre sexos también han resultado notables, situándose entre 0,6-0,7 cm en cada uno de los 2 diámetros. En los perímetros llama la atención que es el perímetro de Ab_Min el que diferencia realmente a ambos sexos, siendo menor el de las mujeres, mientras el de Glu_Max tan sólo dista 3 mm, lo que determina un Índice cintura/cadera que se diferencia en 0,1, estando las mujeres por debajo. Por último, los Índices ponderales se diferencian en prácticamente $12,5 \text{ Kg/cm}^{1/3}$, encontrándose más elevado el Índice ponderal de los hombres (tabla 31).

En las variables compartimentales, y teniendo en cuenta las tres fórmulas utilizadas, encontramos diferencias entre ellas, siendo más uniformes los datos arrojados por las dos fórmulas de Durnin-Womersley (ligeramente más alta la MG de la fórmula General que el de la Específica). Asimismo, se observa la diferencia entre los resultados por sexos de la fórmula de Carter respecto a las otras dos fórmulas tanto en MG como MLG. Respecto al componente graso, a pesar de la menor dispersión de sus datos, la fórmula de Carter infraestimó la MG en 7 Kg respecto a las fórmulas de Durnin-Womersley, con una asimetría hacia valores altos en la MG_Carter para los hombres. De igual forma, en ambos sexos, la MLG resultante de aplicar la fórmula de Carter se alejó de las otras dos, con valores sensiblemente superiores, aunque en este caso la dispersión de los datos fue elevada en todas las fórmulas y en ambos sexos (tabla 32 ; gráficos 10 y 11).

**ESTUDIO COMPARATIVO INTERMETODOLÓGICO DE LA COMPOSICIÓN CORPORAL
(ANTROPOMETRÍA, BIA Y DEXA)**

Variable	MUJERES (n=59)					HOMBRES (n=22)				
	Mínimo	Máximo	Media	Desv. tip.	K-S (p)	Mínimo	Máximo	Media	Desv. tip.	K-S (p)
Tríceps (mm)	11,00	29,80	18,2695	4,53303	0,711 (0,693)	3,20	18,00	10,7182	3,62145	0,549 (0,924)
Subesca (mm)	6,00	30,00	12,2102	4,59661	1,238 (0,093)	7,60	20,00	12,0545	3,75902	0,880 (0,421)
Supraes (mm)	3,80	19,20	7,7153	3,33636	1,603 (0,012)*	3,20	12,20	5,9273	2,02888	0,786 (0,568)
Abdom (mm)	8,20	29,40	19,2102	5,07236	0,708 (0,697)	10,60	34,00	19,9636	7,35899	1,246 (0,053)
Muslo (mm)	12,60	37,40	25,5322	6,10422	0,805 (0,535)	3,80	23,20	14,6318	4,99537	0,470 (0,980)
Pierna (mm)	9,40	29,20	19,1153	5,13893	0,497 (0,966)	3,60	18,00	9,6591	4,00603	0,753 (0,622)
Bíceps (mm)	3,20	15,00	6,9153	2,21662	0,731 (0,660)	2,40	7,40	4,8455	1,51931	0,777 (0,582)
Cresta (mm)	12,00	35,00	24,6983	6,24681	0,628 (0,825)	7,00	34,60	20,6727	7,74512	0,769 (0,595)
Biesti (cm)	4,40	5,50	4,8847	,26575	1,034 (0,235)	5,10	6,10	5,5545	,28069	0,851 (0,464)
Bicon (cm)	8,10	11,00	9,5373	,57322	0,732 (0,657)	9,50	11,00	10,1409	,40902	0,465 (0,982)
Ab_Min (cm)	59,50	83,00	68,0644	4,98583	0,858 (0,454)	71,50	90,50	79,3864	4,96639	0,465 (0,982)
Glu_Max (cm)	84,00	106,00	94,6356	5,50143	0,701 (0,709)	89,00	110,00	97,1591	5,28111	0,834 (0,490)
Cint/Cad	,63	,81	,7196	,03936	0,560 (0,912)	,76	,89	,8174	,03541	0,684 (0,738)
Sumatorio (mm)	57,20	248,70	104,5051	28,5417	1,242 (0,091)	36,00	116,20	72,9545	21,4490	0,576 (0,894)
In_Pond (Kg/cm ^{1/3})	37,00	63,78	47,8439	5,33097	0,457 (0,985)	47,50	80,49	60,3099	6,84641	0,732 (0,658)

Tabla 31: Variables de Antropometría sin valores de división compartimental de la muestra por sexos.

* Diferencia estadísticamente significativa al 95%.

** Diferencia estadísticamente significativa al 99%.

**ESTUDIO COMPARATIVO INTERMETODOLÓGICO DE LA COMPOSICIÓN CORPORAL
(ANTROPOMETRÍA, BIA Y DEXA)**

Variable	MUJERES (n=59)					HOMBRES (n=22)				
	Mínimo	Máximo	Media	Desv. típ.	K-S (p)	Mínimo	Máximo	Media	Desv. típ.	K-S (p)
MG_DurninGeneral (Kg)	12,07	29,44	17,6693	3,58938	0,570 (0,891)	7,50	22,80	14,8802	4,25619	0,488 (0,971)
%MG_DurninGeneral	23,55	38,23	31,1002	3,15600	0,641 (0,805)	11,65	27,54	20,2114	4,61732	0,371 (0,999)
MMus_DurninGeneral (Kg)	13,61	21,51	17,4769	1,82835	0,533 (0,939)	21,09	40,04	28,6323	4,27036	0,594 (0,872)
%MMus_DurninGeneral	25,56	39,11	31,1612	2,84466	0,902 (0,390)	33,12	45,72	39,0227	4,08625	0,643 (0,803)
MG_DurninEspecífica (Kg)	11,38	28,25	16,8259	3,48608	0,603 (0,861)	6,84	19,95	13,1919	3,60245	0,637 (0,812)
%MG_DurninEspecífica	22,11	36,69	29,6061	3,13620	0,645 (0,800)	10,67	24,03	17,8350	3,88934	0,393 (0,998)
MMus_DurninEspecífica (Kg)	14,25	22,30	18,3203	1,89817	0,457 (0,985)	22,35	42,37	30,3921	4,20369	0,650 (0,791)
%MMus_DurninEspecífica	27,09	40,55	32,6553	2,82883	0,917 (0,370)	36,38	46,82	41,3991	3,42058	0,663 (0,771)
MLG_DurninGeneral (Kg)	30,63	47,56	38,7358	3,84828	0,739 (0,646)	46,86	76,95	58,4938	6,54792	0,503 (0,962)
%MLG_DurninGeneral	61,77	76,45	68,8998	3,15600	0,641 (0,805)	72,46	88,35	79,7886	4,61732	0,371 (0,999)
MLG_DurninEspecífica (Kg)	31,27	48,75	39,5792	3,94580	0,714 (0,688)	48,12	79,28	60,2536	6,61289	0,642 (0,804)
%MLG_DurninEspecífica	63,31	77,89	70,3939	3,13620	0,645 (0,800)	75,97	89,33	82,1650	3,88934	0,393 (0,998)
MG_Carter (Kg)	5,99	18,80	10,3348	2,76530	0,847 (0,471)	3,95	11,02	7,5926	2,15526	0,870 (0,435)
%MG_Carter	11,69	24,42	18,0853	2,99629	0,648 (0,795)	6,37	14,80	10,2436	2,26392	0,576 (0,895)
MMus_Carter (Kg)	19,87	30,36	24,8114	2,37559	0,342 (0,632)	26,42	49,25	35,9913	4,45965	0,436 (0,316)
%MMus_Carter	39,43	50,72	44,1761	2,57548	0,570 (0,901)	45,55	52,23	48,9905	2,04779	0,548 (0,925)
MLG_Carter (Kg)	36,88	58,20	46,0798	4,54608	0,666 (0,767)	52,19	86,16	65,4874	7,04996	0,798 (0,458)
%MLG_Carter	75,58	88,31	81,9147	2,99629	0,648 (0,795)	85,20	93,63	89,7564	2,26392	0,576 (0,895)
MO_Antropo (Kg)	6,93	11,74	9,4702	1,12970	0,382 (0,554)	10,39	14,63	12,2732	1,14762	0,358 (0,667)
%MO_Antropo	13,22	19,66	16,8386	1,29319	0,669 (0,762)	13,95	20,33	16,8114	1,56740	0,426 (0,993)
MR_Antropo (Kg)	8,99	16,09	11,7887	1,43242	0,647 (0,538)	13,98	23,38	17,5884	2,04347	0,573 (0,326)
%MR_Antropo	20,90	20,90	20,9000	,00000	3,841 ($<0,01$)**	20,90	24,10	23,9545	,68224	2,528 ($<0,01$)**

Tabla 32: Composición corporal Antropometría de la muestra pos sexos.

* Diferencia estadísticamente significativa al 95%.

** Diferencia estadísticamente significativa al 99%.

ESTUDIO COMPARATIVO INTERMETODOLÓGICO DE LA COMPOSICIÓN CORPORAL (ANTROPOMETRÍA, BIA Y DEXA)

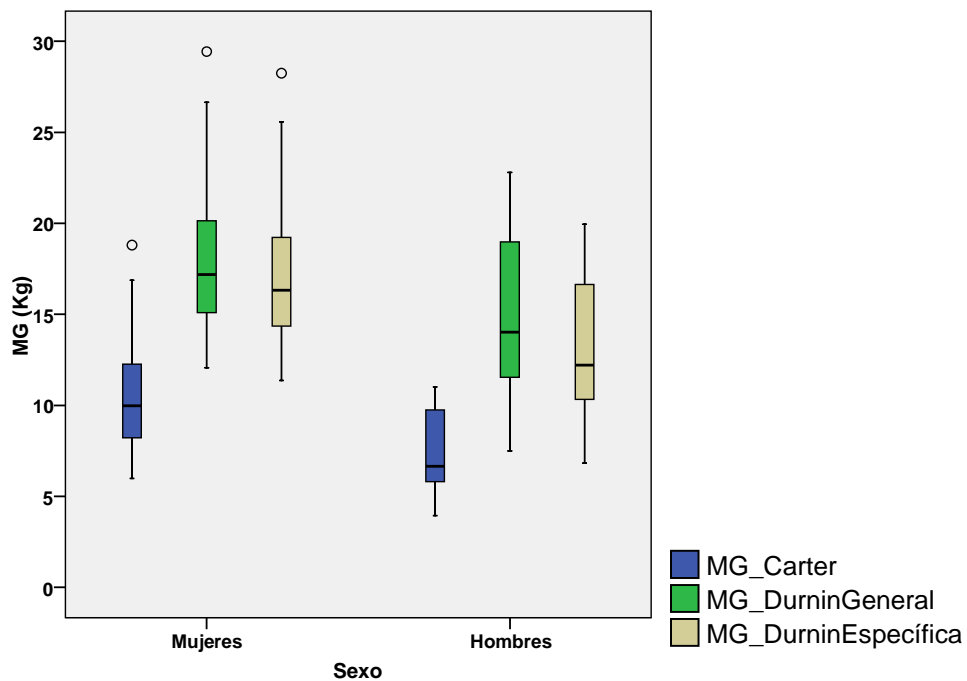


Gráfico 10: Diagramas de caja de la MG según la fórmula antropométrica utilizada y en función del sexo.

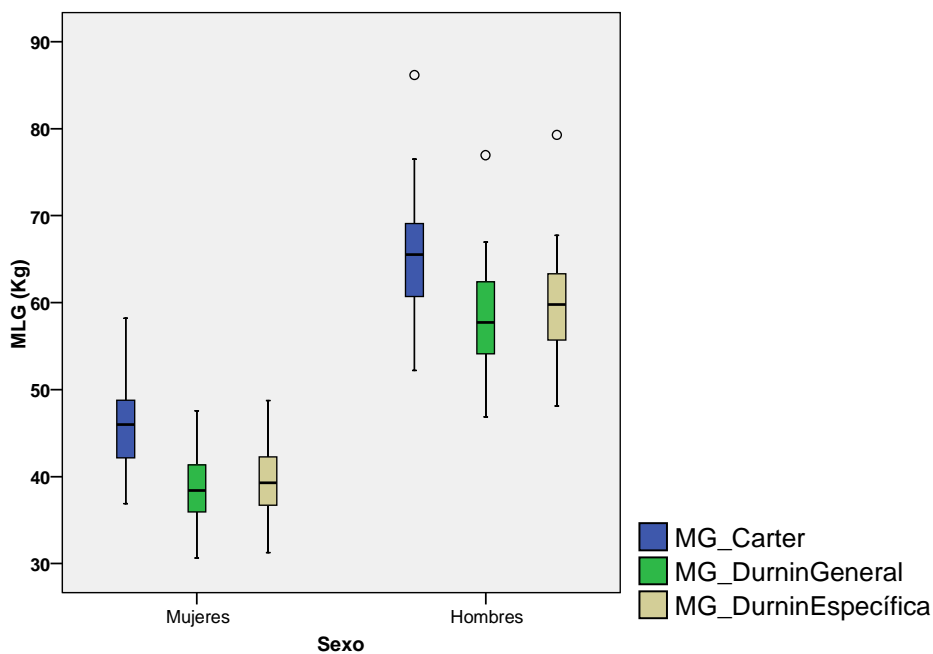


Gráfico 11: Diagramas de caja de la MLG según la fórmula antropométrica utilizada y en función del sexo.

A continuación se han incluido los resultados de CC (MG_Carter, %MG_Carter, MLG_Carter, %MLG_Carter, MG_DurninGeneral, %MG_DurninGeneral, MLG_DurninGeneral, %MLG_DurninGeneral, MG_DurninEspecífica, %MG_DurninEspecífica, MLG_DurninEspecífica, %MLG_DurninEspecífica) por niveles de actividad física. De la misma forma, se ha comparado (ANOVA factor inter-sujeto: Actividad_física) la CC entre estos subgrupos, obteniéndose en todos ellos diferencias en cuanto a la CC, presentando en todo caso menor cantidad de grasa quienes hacían más actividad física (tabla 33).

El ANOVA resultó significativo tanto para el %MLG_Carter como para el %MG_Carter [$F=5,7525$; $GL_1=3$, $GL_2=77$; $p<0,01$] entre los distintos niveles de actividad física [$F=5,7525$; $GL_1=3$, $GL_2=77$; $p<0,01$]. En el análisis por parejas de niveles de actividad física, tanto el %MG_Carter, como el %MLG_Carter, mostraron diferencias entre las siguientes parejas: Alta-Baja, Alta-Inactividad e Inactividad-Moderada (tablas 34 y 35). Nuevamente esta metodología diferencia sujetos en función de la actividad física realizada, como ocurría con la DEXA.

También para el %MLG_DurninGeneral y para el %MG_DurninGeneral el ANOVA resultó significativo [$F=5,2816$; $GL_1=3$, $GL_2=77$; $p<0,01$] entre los distintos niveles de actividad física [$F=5,2816$; $GL_1=3$, $GL_2=77$; $p<0,01$]. En el análisis por parejas de niveles de actividad física, tanto el %MG_DurninGeneral, como el %MLG_DurninGeneral, mostraron diferencias entre las siguientes parejas: Alta-Baja y Alta-Inactividad (tablas 36 y

37), por lo que esta metodología también diferencia sujetos en función de la actividad física realizada.

En el %MLG_DurninEspecífica [F=5,3498; GL₁=3, GL₂=77; p<0,01] y el %MG_DurninEspecífica el ANOVA volvió a ser significativo [F=5,3498; GL₁=3, GL₂=77; p<0,01] entre los distintos niveles de actividad física. Se ha mantenido, por tanto, la dependencia de la CC en la variable Actividad Física, como ocurrió con la DEXA. Si se analiza por parejas de niveles de actividad física, tanto el %MG_DurninEspecífica, como el %MLG_DurninEspecífica, solo mostraron diferencias la pareja Alta-Inactividad (tablas 38 y 39). Por ello, y a pesar de la diferencia entre medias, esta fórmula discriminó en menor medida (distanció menos) los sujetos por la actividad física practicada, debido a una mayor variabilidad respecto a otros métodos, como la fórmula de Carter.

**ESTUDIO COMPARATIVO INTERMETODOLÓGICO DE LA COMPOSICIÓN CORPORAL
(ANTROPOMETRÍA, BIA Y DEXA)**

Variable	N	Media	Desviación típica	Error típico	Intervalo de confianza para la media al 95%		Mínimo	Máximo	
					Límite inferior	Límite superior			
MG_Carter	0	42	10,1227	3,38092	,52169	9,0692	11,1763	3,95	18,80
	1	21	9,8068	1,90832	,41643	8,9381	10,6754	6,28	13,30
	2	11	8,1524	1,98620	,55087	6,9522	9,3527	5,62	11,55
	3	7	7,7774	2,01590	,90154	5,2744	10,2805	5,70	10,84
	Total	81	9,5798	2,87505	,31945	8,9441	10,2156	3,95	18,80
%MG_Carter	0	42	17,2219	4,47506	,69052	15,8274	18,6164	6,37	24,42
	1	21	16,3548	3,55174	,77505	14,7380	17,9715	9,14	22,93
	2	11	13,0308	4,14416	1,14938	10,5265	15,5351	7,65	19,03
	3	7	11,2440	3,21548	1,43800	7,2515	15,2365	7,92	14,88
	Total	81	15,9554	4,49126	,49903	14,9623	16,9485	6,37	24,42
MLG_Carter	0	42	48,2558	6,95466	1,07313	46,0886	50,4231	36,88	69,11
	1	21	51,3504	10,14611	2,21406	46,7319	55,9688	38,06	69,92
	2	11	56,6706	11,75924	3,26143	49,5646	63,7767	40,26	76,48
	3	7	63,5226	16,32415	7,30038	43,2534	83,7917	45,96	86,16
	Total	81	51,3510	10,17237	1,13026	49,1017	53,6003	36,88	86,16
%MLG_Carter	0	42	82,7781	4,47506	,69052	81,3836	84,1726	75,58	93,63
	1	21	83,6452	3,55174	,77505	82,0285	85,2620	77,07	90,86
	2	11	86,9692	4,14416	1,14938	84,4649	89,4735	80,97	92,35
	3	7	88,7560	3,21548	1,43800	84,7635	92,7485	85,12	92,08
	Total	81	84,0446	4,49126	,49903	83,0515	85,0377	75,58	93,63
MG_DurninGeneral	0	42	17,3694	4,41401	,68110	15,9939	18,7449	7,50	29,44
	1	21	17,3514	2,86408	,62499	16,0476	18,6551	12,65	22,17
	2	11	15,4829	3,71294	1,02978	13,2392	17,7266	8,83	22,80
	3	7	14,9624	3,85227	1,72279	10,1791	19,7456	9,59	20,05
	Total	81	16,9134	3,94663	,43851	16,0407	17,7860	7,50	29,44
%MG_DurninGeneral	0	42	29,7181	5,62297	,86764	27,9659	31,4703	12,09	38,23
	1	21	28,7690	4,59896	1,00358	26,6756	30,8625	17,81	34,69
	2	11	24,5031	6,65084	1,84461	20,4840	28,5221	11,65	33,37
	3	7	21,7420	6,81399	3,04731	13,2813	30,2027	13,32	29,48
	Total	81	28,1427	6,04710	,67190	26,8056	29,4798	11,65	38,23
MLG_DurninGeneral	0	42	41,0092	6,70530	1,03465	38,9197	43,0987	30,63	60,66
	1	21	43,8058	9,38873	2,04879	39,5321	48,0795	31,35	62,43
	2	11	49,3402	11,53764	3,19997	42,3681	56,3123	35,52	66,97
	3	7	56,3376	16,23235	7,25933	36,1825	76,4928	38,08	76,95
	Total	81	44,0175	9,85267	1,09474	41,8389	46,1961	30,63	76,95
%MLG_DurninGeneral	0	42	70,2819	5,62297	,86764	68,5297	72,0341	61,77	87,91
	1	21	71,2310	4,59896	1,00358	69,1375	73,3244	65,31	82,19
	2	11	75,4969	6,65084	1,84461	71,4779	79,5160	66,63	88,35
	3	7	78,2580	6,81399	3,04731	69,7973	86,7187	70,52	86,68
	Total	81	71,8573	6,04710	,67190	70,5202	73,1944	61,77	88,35
MG_DurninEspecífica	0	42	16,3983	4,35382	,67181	15,0415	17,7550	6,84	28,25
	1	21	16,2890	2,64831	,57791	15,0835	17,4945	11,26	21,20
	2	11	14,1269	3,47188	,96293	12,0288	16,2249	8,09	19,95
	3	7	13,7005	3,48379	1,55800	9,3748	18,0262	8,70	17,72
	Total	81	15,8389	3,85522	,42836	14,9864	16,6913	6,84	28,25
%MG_DurninEspecífica	0	42	28,1202	5,72250	,88300	26,3370	29,9035	11,03	36,69
	1	21	26,9110	4,98259	1,08729	24,6429	29,1790	15,86	33,17
	2	11	22,5177	6,79145	1,88361	18,4137	26,6217	10,67	31,87
	3	7	20,0440	6,85874	3,06732	11,5277	28,5603	12,08	28,00

**ESTUDIO COMPARATIVO INTERMETODOLÓGICO DE LA COMPOSICIÓN CORPORAL
(ANTROPOMETRÍA, BIA Y DEXA)**

MLG_DurninE específica	Total	81	26,4090	6,23348	,69261	25,0307	27,7873	10,67	36,69
	0	42	41,9561	6,96309	1,07443	39,7863	44,1260	31,27	62,65
	1	21	44,9925	9,93746	2,16853	40,4690	49,5160	32,04	64,59
	2	11	50,6717	11,97314	3,32075	43,4364	57,9070	36,21	67,71
	3	7	57,5995	16,78277	7,50548	36,7609	78,4380	38,88	79,28
	Total	81	45,1078	10,25303	1,13923	42,8406	47,3749	31,27	79,28
%MLG_DurninE específica	0	42	71,8798	5,72250	,88300	70,0965	73,6630	63,31	88,97
	1	21	73,0890	4,98259	1,08729	70,8210	75,3571	66,83	84,14
	2	11	77,4823	6,79145	1,88361	73,3783	81,5863	68,13	89,33
	3	7	79,9560	6,85874	3,06732	71,4397	88,4723	72,00	87,92
	Total	81	73,5910	6,23348	,69261	72,2127	74,9693	63,31	89,33

Tabla 33: Composición corporal Antropometría por niveles de actividad física.

Parejas de variables	Diferencias entre medias	p-valor
Inactividad – Bajo	-1,7868	0,4354
Inactividad – Moderado	-5,1108	0,0057*
Inactividad – Alta	-5,9779	0,0010*
Bajo – Moderado	-3,324	0,0466
Bajo – Alto	-4,1911	0,0079*
Moderado – Alto	0,8671	0,3673

Tabla 34: Composición corporal %MG_Carter por niveles de actividad física (análisis por parejas *post hoc*). Se estableció la significación estadística (*) a partir de $p < 0,0083$.

Parejas de variables	Diferencias entre medias	p-valor
Inactividad – Bajo	1,7868	0,4354
Inactividad – Moderado	5,1108	0,0057*
Inactividad – Alta	5,9779	0,0010*
Bajo – Moderado	3,324	0,0466
Bajo – Alto	4,1911	0,0079*
Moderado – Alto	-0,8671	0,3673

Tabla 35: Composición corporal %MLG_Carter por niveles de actividad física (análisis por parejas *post hoc*). Se estableció la significación estadística (*) a partir de $p < 0,0083$.

**ESTUDIO COMPARATIVO INTERMETODOLÓGICO DE LA COMPOSICIÓN CORPORAL
(ANTROPOMETRÍA, BIA Y DEXA)**

Parejas de variables	Diferencias entre medias	p-valor
Inactividad – Bajo	-2,7611	0,5289
Inactividad – Moderado	-7,027	0,0130
Inactividad – Alta	-7,9761	0,0011*
Bajo – Moderado	-4,2659	0,0667
Bajo – Alto	-5,215	0,0066*
Moderado – Alto	0,9491	0,2803

Tabla 36: Composición corporal %MG_DurninGeneral por niveles de actividad física (análisis por parejas *post hoc*).

Se estableció la significación estadística (*) a partir de $p < 0,0083$.

Parejas de variables	Diferencias entre medias	p-valor
Inactividad – Bajo	2,7611	0,5289
Inactividad – Moderado	7,027	0,0130
Inactividad – Alta	7,9761	0,0011*
Bajo – Moderado	4,2659	0,0667
Bajo – Alto	5,215	0,0066*
Moderado – Alto	-0,9491	0,2803

Tabla 37: Composición corporal %MLG_DurninGeneral por niveles de actividad física (análisis por parejas *post hoc*).

Se estableció la significación estadística (*) a partir de $p < 0,0083$.

**ESTUDIO COMPARATIVO INTERMETODOLÓGICO DE LA COMPOSICIÓN CORPORAL
(ANTROPOMETRÍA, BIA Y DEXA)**

Parejas de variables	Diferencias entre medias	p-valor
Inactividad – Bajo	-2,4737	0,4361
Inactividad – Moderado	-6,867	0,0090
Inactividad – Alta	-8,0762	0,0012*
Bajo – Moderado	-4,3933	0,0641
Bajo – Alto	-5,6025	0,0095
Moderado – Alto	1,2092	0,3418

Tabla 38: Composición corporal %MG_DurninEspecífica por niveles de actividad física (análisis por parejas *post hoc*).
Se estableció la significación estadística (*) a partir de $p < 0,0083$.

Parejas de variables	Diferencias entre medias	p-valor
Inactividad – Bajo	2,7611	0,4361
Inactividad – Moderado	7,027	0,0090
Inactividad – Alta	7,9761	0,0012*
Bajo – Moderado	4,2659	0,0641
Bajo – Alto	5,215	0,0095
Moderado – Alto	-0,9491	0,3418

Tabla 39: Composición corporal %MLG_DurninEspecífica por niveles de actividad física (análisis por parejas *post hoc*).
Se estableció la significación estadística (*) a partir de $p < 0,0083$.

5.4. ANÁLISIS COMPARATIVO INTERMETODOLÓGICO

Una vez descrito el comportamiento de los métodos de forma individualizada, se ha desarrollado un estudio comparativo entre los mismos para intentar determinar su comportamiento.

Como podemos observar en el Gráfico 12, existen diferencias importantes en la MG en función del método que se emplee en su cálculo. De esta forma, la metodología de DurninGeneral es la que mayor MG obtiene, seguida de la DurninEspecífica, DEXA y BIA, estos tres últimos con valores medios próximos entre sí. Sin duda, como se ha apuntado previamente, la metodología antropométrica siguiendo la fórmula de Carter, se aleja ostensiblemente de cualquier estimación del resto de posibilidades. Asimismo, todos los métodos presentaron una variabilidad importante ya comentada, si bien la MG_Carter resultó más uniforme en este parámetro.

Si tenemos en cuenta el factor sexo, la situación intermetodológica no varía en exceso respecto a lo comentado para la muestra total, siendo la metodología DurninGeneral la que mostró valores más altos y la de Carter la que más se alejó del resto. Sí es destacable que, en todos los métodos, los hombres presentaron una MG menor que las mujeres (gráfico 13). De igual forma, también llama la atención la asimetría encontrada en los hombres

hacia niveles más altos de componente graso, hallazgo este sensiblemente más leve, e incluso inexistente, en algunos métodos para las mujeres.

Por último, reseñar que al igual que en otras variables intramétodo, tanto de BIA, DEXA, como por cualquier fórmula antropométrica, las estimaciones de CC presentan, en todos los casos, una alta variabilidad, a pesar de la fase etaria concreta y estado de salud en la que se encontraba la muestra.

Tratando de detectar la posible dependencia de esta variabilidad, se realizó un análisis similar, incluyendo exclusivamente los sujetos que presentaban un IMC normal (20-25 Kg/cm²). Sin embargo, la situación no varió de forma relevante, por lo que no se mostró el IMC como un factor capaz de discriminar estos sujetos. Ante esta situación, hemos mantenido en el análisis la muestra con los 81 sujetos, sin depurar los datos a través de este factor.

Los datos de %MG entre métodos, aun recibiendo el ajuste necesario para su obtención (en función del peso total del paciente) se han comportado igual que la MG. La metodología de DurninGeneral es la que mayor MG obtiene, seguida de la DurninEspecífica, DEXA y BIA, encontrando más alejada la de Carter, ésta con una asimetría marcada hacia valores más bajos. Sí es cierto que los datos se alejan entre ellos más que en los datos de masa, por lo que a pesar de estimar los mismos parámetros presentan diferencias más importantes (gráfico 14).

Por sexo (gráfico 15), la situación intermetodológica es idéntica a la de la muestra total, aumentando considerablemente la diferencia entre los valores, donde las mujeres presentaron (como cabría esperar dados sus mayores valores de grasa con menor peso), en el mismo método más de un 10% de MG que los hombres. Los resultados de las fórmulas antropométricas fueron los que presentaron una menor variabilidad, respecto a BIA y DEXA.

En este caso, además de hacer notar que la variabilidad es alta, lo fue de manera más relevante en las estimaciones de BIA y DEXA de las mujeres.

ESTUDIO COMPARATIVO INTERMETODOLÓGICO DE LA COMPOSICIÓN CORPORAL (ANTROPOMETRÍA, BIA Y DEXA)

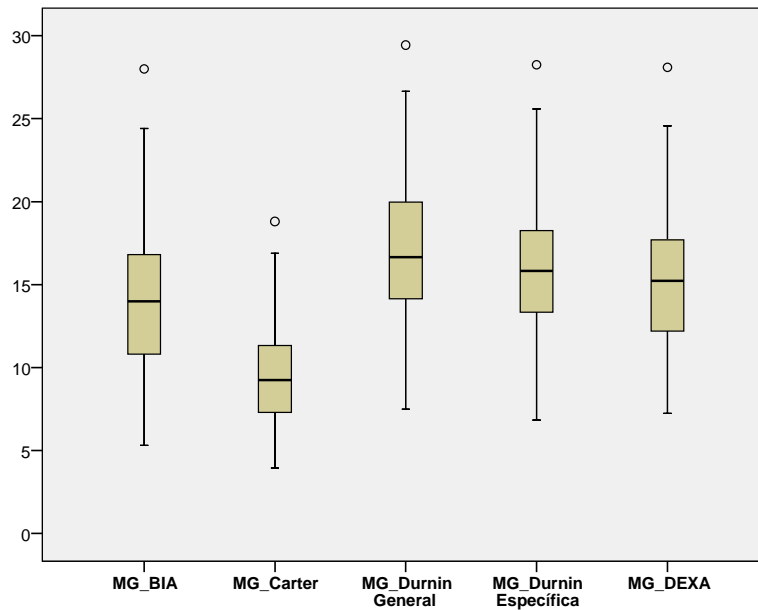


Gráfico 12: Diagramas de caja de la MG entre los métodos.

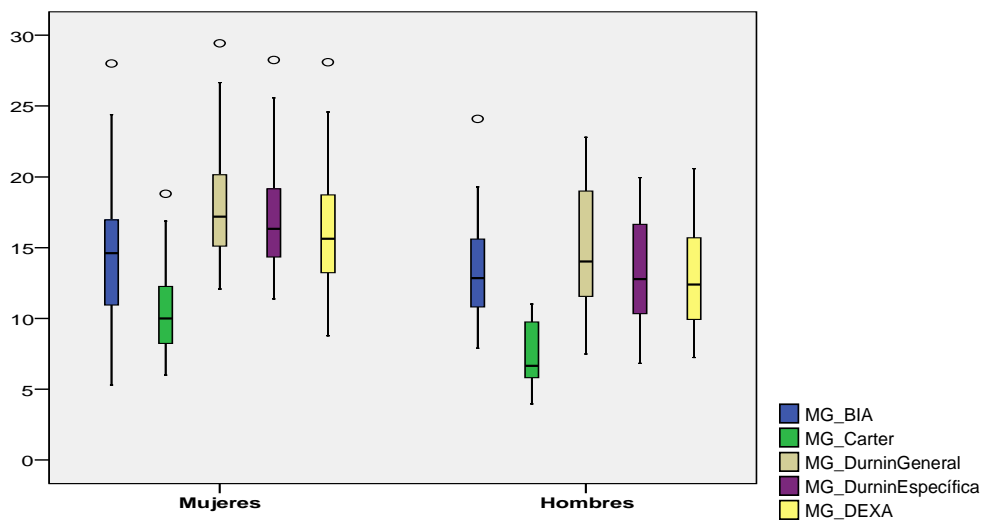


Gráfico 13: Diagramas de caja de la MG entre los métodos por sexo.

ESTUDIO COMPARATIVO INTERMETODOLÓGICO DE LA COMPOSICIÓN CORPORAL (ANTROPOMETRÍA, BIA Y DEXA)

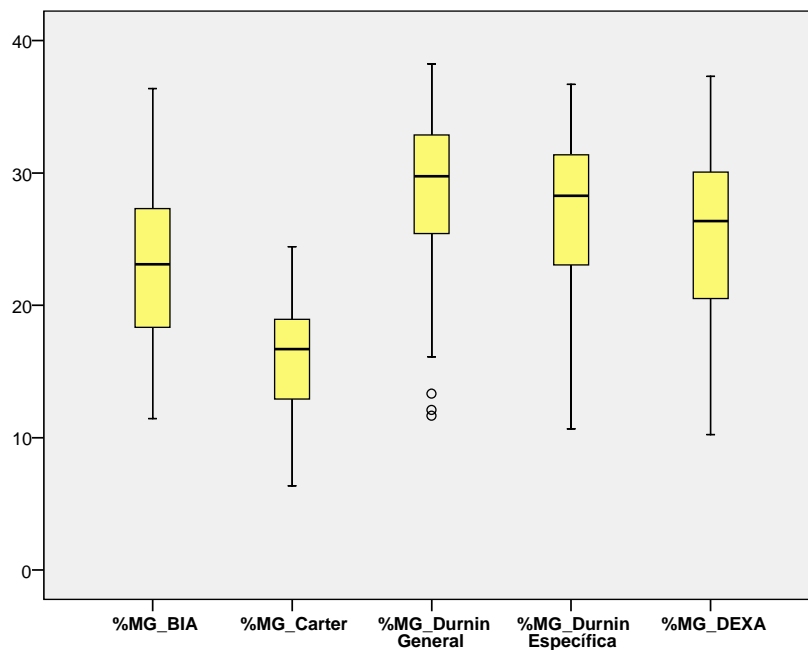


Gráfico 14: Diagramas de caja del %MG entre los métodos.

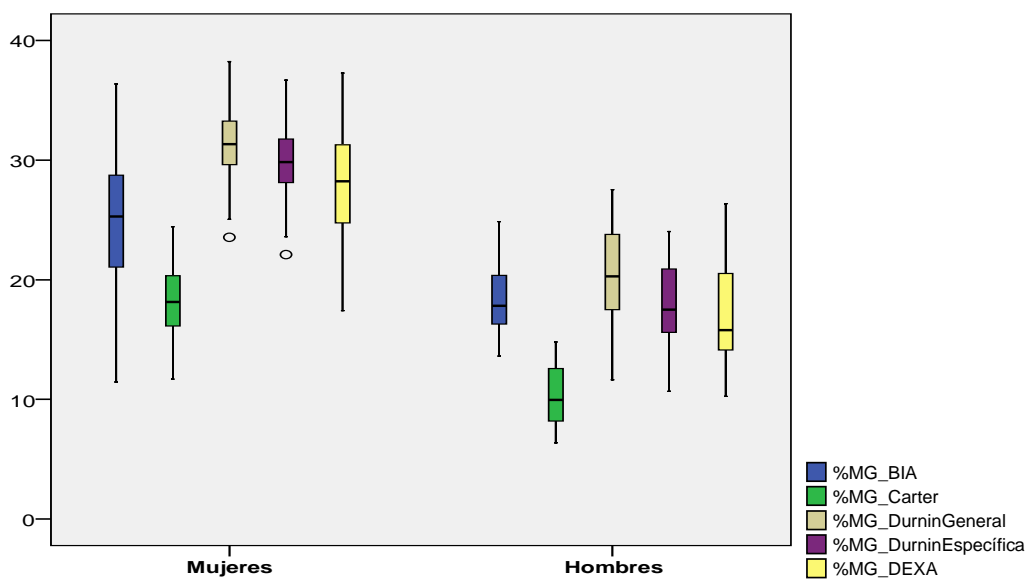


Gráfico 15: Diagramas de caja del %MG entre los métodos por sexo.

Como podemos ver en el Gráfico 16, la dependencia del factor sexo en la MLG es importante. A pesar de ello, ambos subgrupos presentan una tendencia similar en los métodos de evaluación, y similar a la de la muestra total, si bien la asimetría hacia valores más elevados de MLG que se encuentra en la muestra, no es tan evidente al dividirla por sexos (gráfico 17). De esta forma, mientras BIA, DurninEspecífica y DEXA presentan medias y desviaciones similares, la MLG por la fórmula de Carter se dispara de la tendencia general, con valores sensiblemente más altos y la de DurninGeneral con valores más bajos. Teniendo en cuenta la precisión, podemos afirmar que las mujeres presentan más diferencias entre métodos que los hombres, aunque sus valores aparecen más próximos entre sí en cada método (menor variabilidad).

Respecto al %MLG las tendencias son muy similares a la MLG, tanto entre los sexos, como entre los métodos. Si cabe una interpretación más profunda, las diferencias entre métodos se agudizan, dado que el valor numérico individual asciende debido a su transformación porcentual como se ha comentado previamente. La asimetría de los datos en la muestra total es más atenuada que en la MLG y también se disipa en el análisis por sexos. Además de constatarse el mayor componente no graso de los hombres, llama la atención la dispersión de los datos en las mujeres con algunos métodos de evaluación, como la BIA y la DEXA, mostrándose la antropometría como el método más uniforme en sus valoraciones (gráficos 18 y 19).

ESTUDIO COMPARATIVO INTERMETODOLÓGICO DE LA COMPOSICIÓN CORPORAL (ANTROPOMETRÍA, BIA Y DEXA)

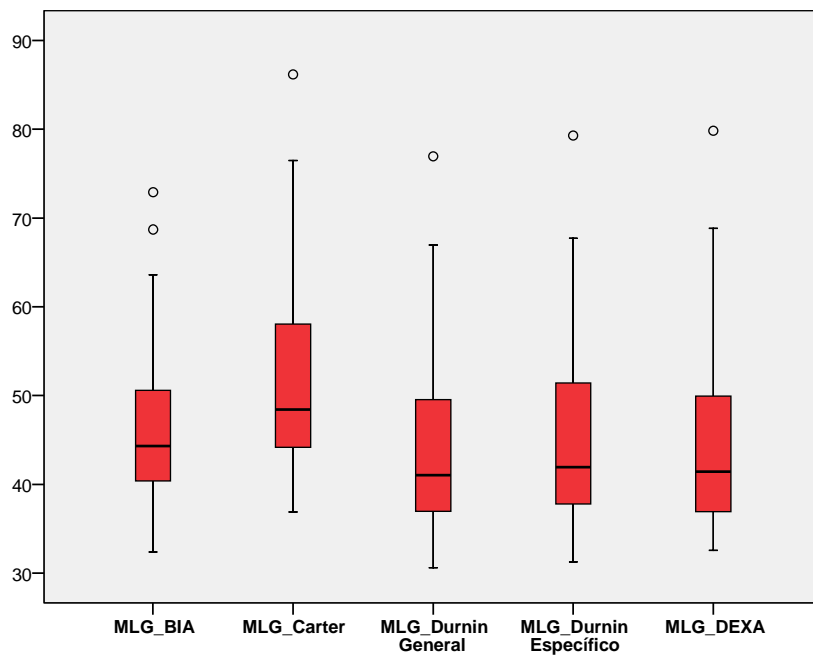


Gráfico 16: Diagramas de caja de la MLG entre los métodos.

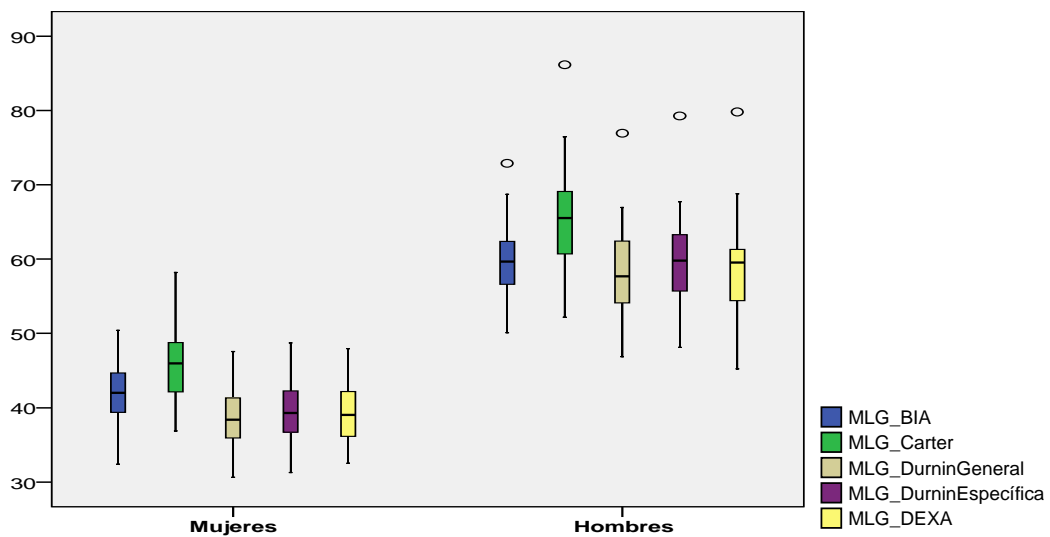


Gráfico 17: Diagramas de caja de la MLG entre los métodos por sexo.

ESTUDIO COMPARATIVO INTERMETODOLÓGICO DE LA COMPOSICIÓN CORPORAL (ANTROPOMETRÍA, BIA Y DEXA)

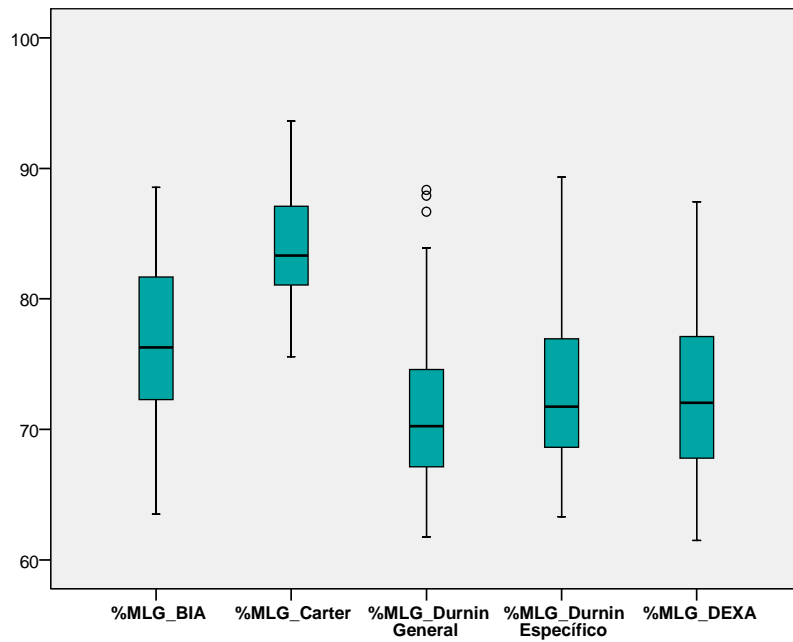


Gráfico 18: Diagramas de caja del %MLG entre los métodos.

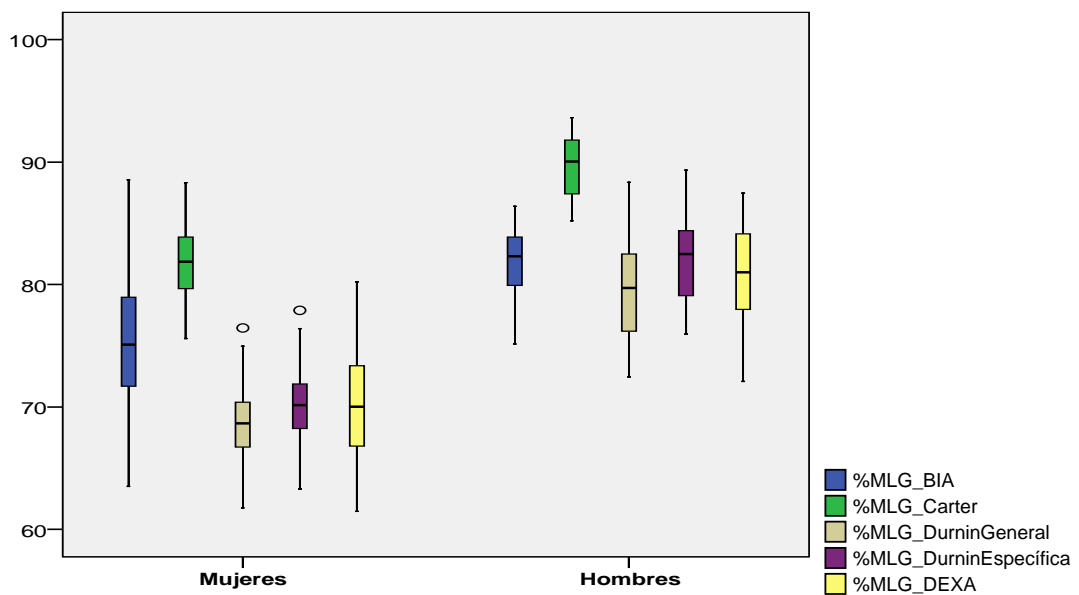


Gráfico 19: Diagramas de caja del %MLG entre los métodos por sexo.

Si en lugar de hacer una distribución por sexo, incluimos una por IMC por las categorías descritas, la tendencia se divide principalmente en dos grupos, por un lado, los de IMC (delgadez y normal) con menor %MG y, por otro, obesidad y sobrepeso, con mayor %MG, si bien tan sólo existe un caso de obesidad (n=1) que se comporta de manera diferente en función del método de exploración. La BIA se presenta como el método que arroja unos valores más próximos entre los distintos niveles de este factor.

De la misma forma que ocurría en análisis previos, los valores de BIA, DEXA y DurninEspecífica se asemejan entre sí a pesar de la elevada variabilidad. Mientras la fórmula de Carter se aleja del resto de valores, infraestimando el componente graso, y la de DurninGeneral lo sobreestima. Asimismo, llama la atención la distinta variabilidad de los métodos, donde la DEXA presentó una horquilla baja, mientras DurninGeneral resultó la más elevada (gráfico 20).

ESTUDIO COMPARATIVO INTERMETODOLÓGICO DE LA COMPOSICIÓN CORPORAL (ANTROPOMETRÍA, BIA Y DEXA)

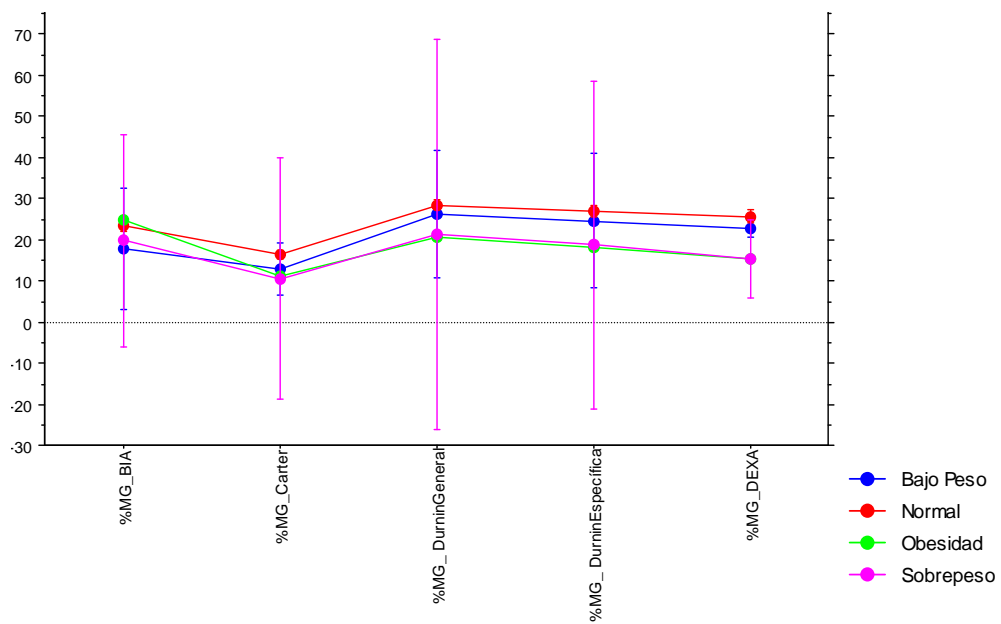


Gráfico 20: Diagramas de %MG entre los tres métodos (incluyendo las tres fórmulas de Antropometría) por categorías de IMC.

Respecto a los gráficos de dispersión, donde podemos observar el comportamiento de cada individuo por parejas de métodos, haremos especial relevancia en las tendencias y en los casos concretos que merezcan una atención específica por su característico comportamiento. Con el fin de no implementar datos y gráficos innecesarios o poco relevantes, se han recogido solamente los datos porcentuales de las masas, dado que son los más empleados en valoración de CC y además facilitan el análisis al independizarse de otros parámetros corporales, como el peso. Debemos asumir, para facilitar la interpretación y la comparabilidad, que la dispersión encontrada será mayor que en las masas.

La tendencia general entre métodos es que las rectas de tendencia se aproximen a una inclinación de unos 45° con una ordenada en el origen de valor 0 (donde la dependencia es lineal [$y=ax + b$, donde $a=1$ y $b=0$, por lo $x=y$] situación ideal si entendemos que los métodos miden las mismas variables). Sin embargo, los datos individualmente no se encuentran necesariamente próximos a dicha recta, por lo que para un mismo individuo, dos métodos diferentes pueden haber realizado estimaciones distantes de un mismo parámetro.

El %MG resultó sensiblemente disperso entre métodos. Curiosamente, la dispersión es mayor entre métodos como BIA y DEXA que, como quedó reflejado en el apartado introductorio del estudio, se ofrecen como los más fiables de los utilizados. En sentido contrario, los métodos que más se aproximaron en los cálculos intraindividuo fueron los antropométricos (Carter, DurninGeneral y DurninEspecífica), en los cuales los valores de cada individuo se acercaron de forma determinante a la recta de tendencia. Este hecho alcanza su mayor exponente en la representación de los valores de DurninGeneral y DurninEspecí-

fica. No podemos olvidar que la estimación por la fórmula de Carter siempre arrojó datos inferiores al resto de los métodos, incluso con un rango de valores inferior a ellos, por lo que las estimaciones intraindividuales se aproximaron más que en el resto de métodos, aumentando (eje de ordenadas) o disminuyendo (eje de abscisas) en la recta de tendencia.

Es destacable, que en algunos casos los valores más altos (en otros los más bajos) en los dos métodos representados en cada gráfico se aproximaran más a la línea de tendencia, mostrando un aspecto de “embudo”, con líneas convergentes. Este hecho que encontramos en los gráficos que incluyen datos de la BIA con otro método, sostiene que para valores altos de %MG y bajos de %MLG, los datos estimados con BIA son menos distantes que en el resto de los individuos. Igualmente en otros gráficos, los valores más altos y más bajos han encontrado menor lejanía, ampliándose las diferencias en los valores intermedios y mostrando un aspecto de “elipse”. Para su más correcta identificación se han representado líneas de tendencia accesorias y elipses en los gráficos que mostraban el comportamiento descrito (gráficos 21 a 30).

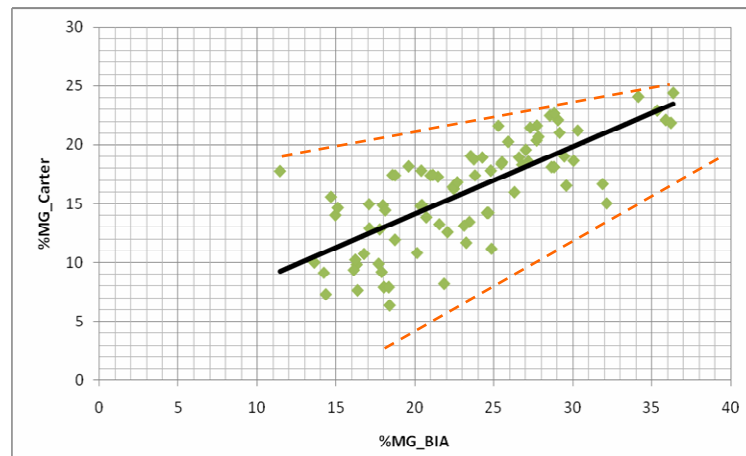


Gráfico 21: Gráfico de dispersión: %MG_BIA frente a %MG_Carter.

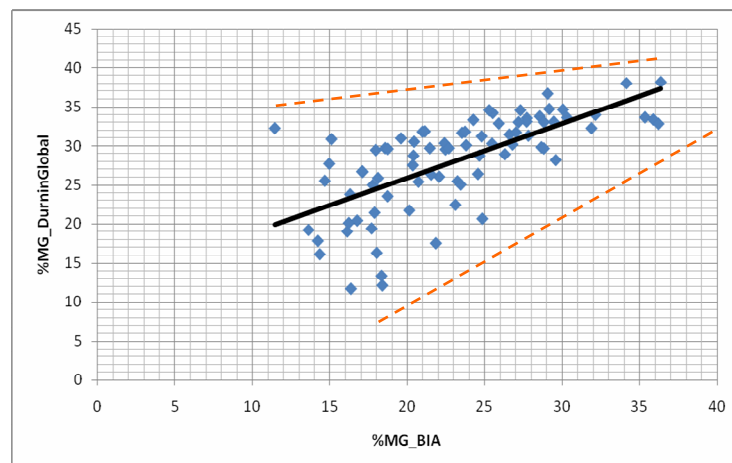


Gráfico 22: Gráfico de dispersión: %MG_BIA frente a %MG_DurninGeneral.

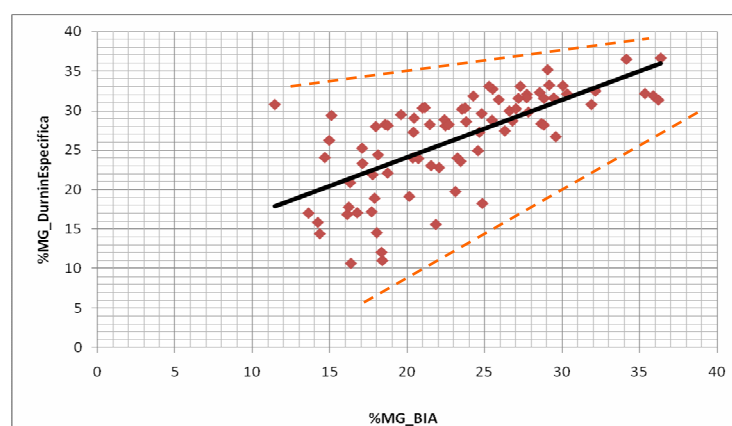


Gráfico 23: Gráfico de dispersión: %MG_BIA frente a %MG_DurninEspecific.

ESTUDIO COMPARATIVO INTERMETODOLÓGICO DE LA COMPOSICIÓN CORPORAL (ANTROPOMETRÍA, BIA Y DEXA)

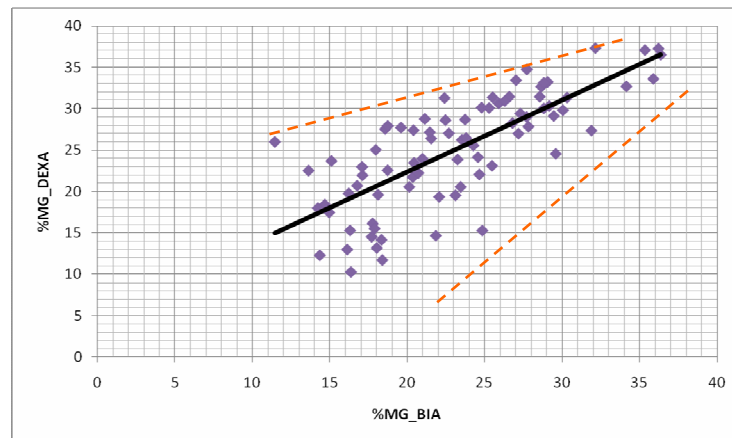


Gráfico 24: Gráfico de dispersión: %MG_BIA frente a %MG_DEXA.

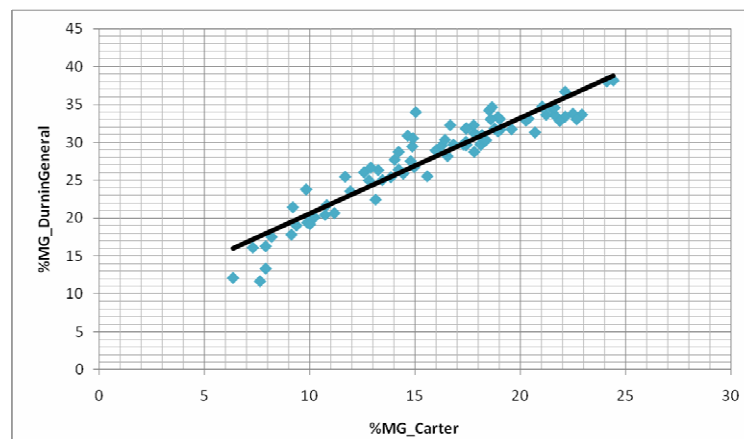


Gráfico 25: Gráfico de dispersión: %MG_Carter frente a %MG_DurninGeneral.

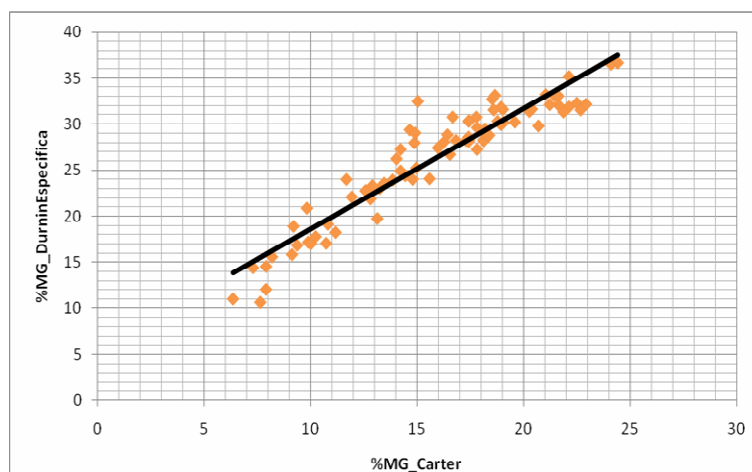


Gráfico 26: Gráfico de dispersión: %MG_Carter frente a %MG_DurninEspecífica.

ESTUDIO COMPARATIVO INTERMETODOLÓGICO DE LA COMPOSICIÓN CORPORAL (ANTROPOMETRÍA, BIA Y DEXA)

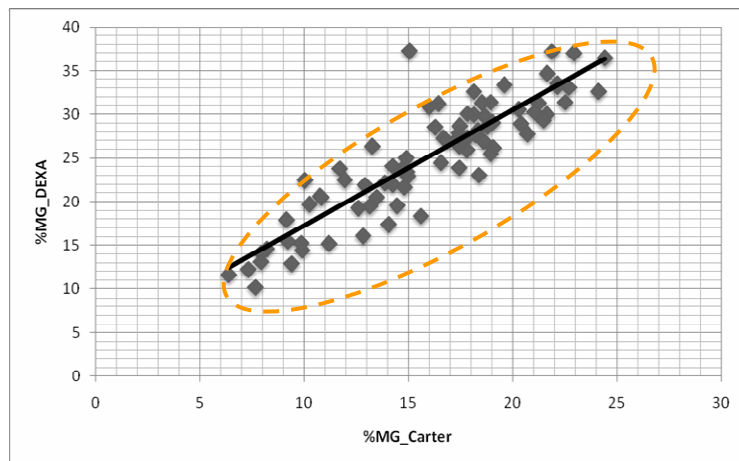


Gráfico 27: Gráfico de dispersión: %MG_Carter frente a %MG_DEXA.

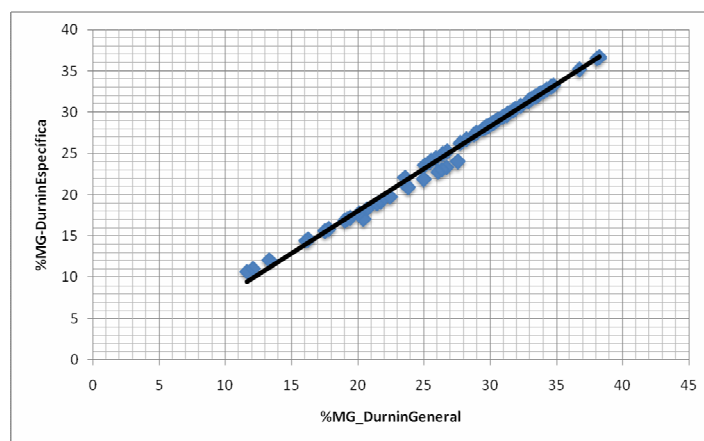


Gráfico 28: Gráfico de dispersión: %MG_DurninGeneral frente a %MG_DurninEspecífica.

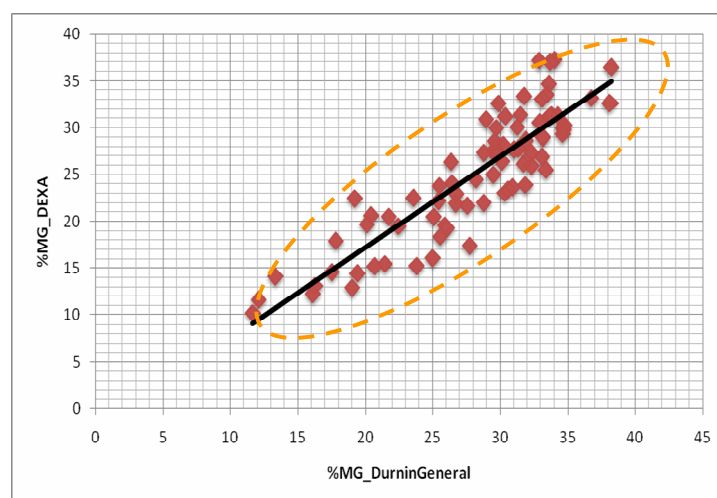


Gráfico 29: Gráfico de dispersión: %MG_DurninGeneral frente a %MG_DEXA.

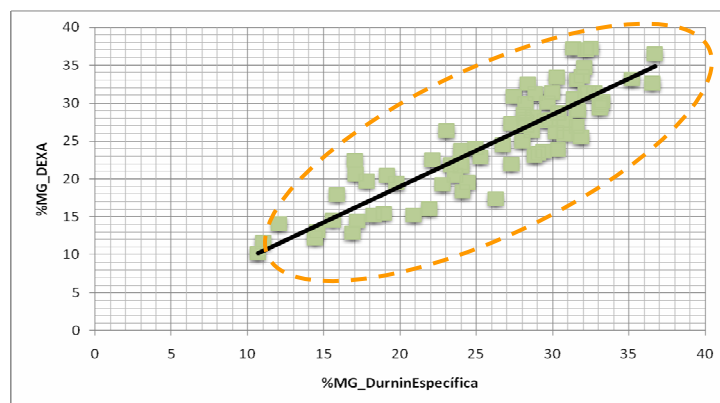


Gráfico 30: Gráfico de dispersión: %MG_DurninEspecífica frente a %MG_DEXA.

Debido a que son datos complementarios, el comportamiento de la variable %MLG fue similar al de %MG en la representación de individuos por parejas de métodos. De esta forma, se ha mantenido la importante dispersión, más acusada en BIA y DEXA, el comportamiento uniforme y de mayor proximidad individual a la línea de tendencia de los métodos antropométricos (especialmente entre DurninGeneral y DurninEspecífica) y la concentración de datos que produce la fórmula de Carter respecto al resto de métodos (gráficos 31 a 40).

ESTUDIO COMPARATIVO INTERMETODOLÓGICO DE LA COMPOSICIÓN CORPORAL (ANTROPOMETRÍA, BIA Y DEXA)

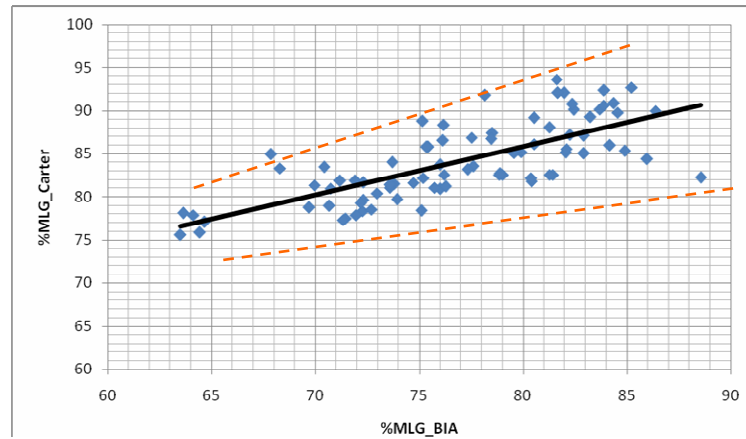


Gráfico 31: Gráfico de dispersión: %MLG_BIA frente a %MLG_Carter.

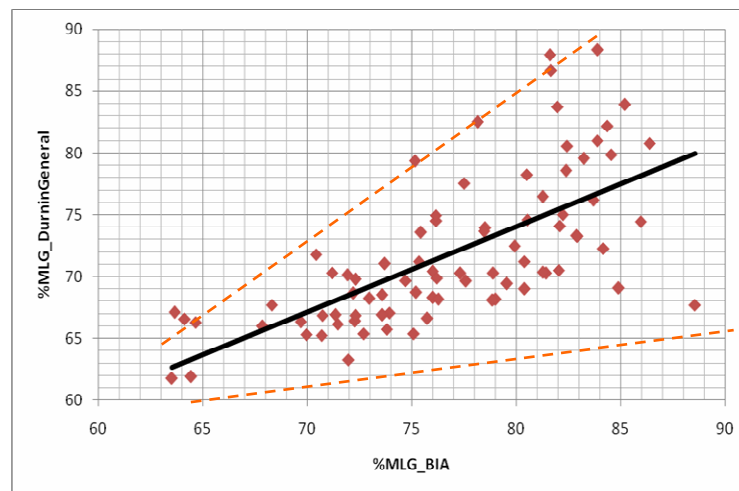


Gráfico 32: Gráfico de dispersión: %MLG_BIA frente a %MLG_DurninGeneral.

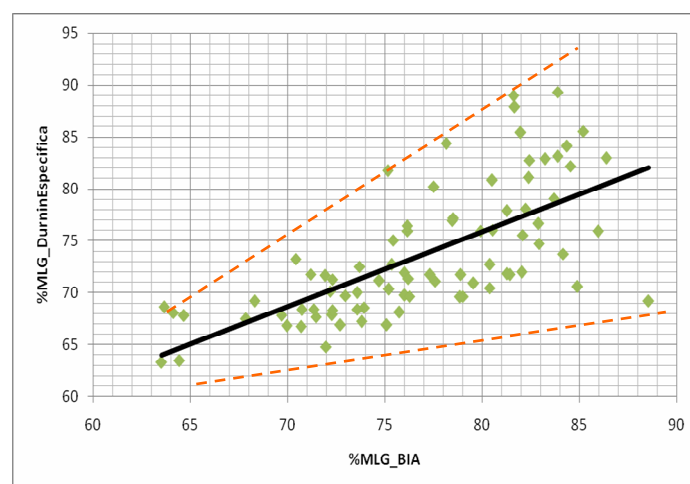


Gráfico 33: Gráfico de dispersión: %MLG_BIA frente a %MLG_DurninEspecifica.

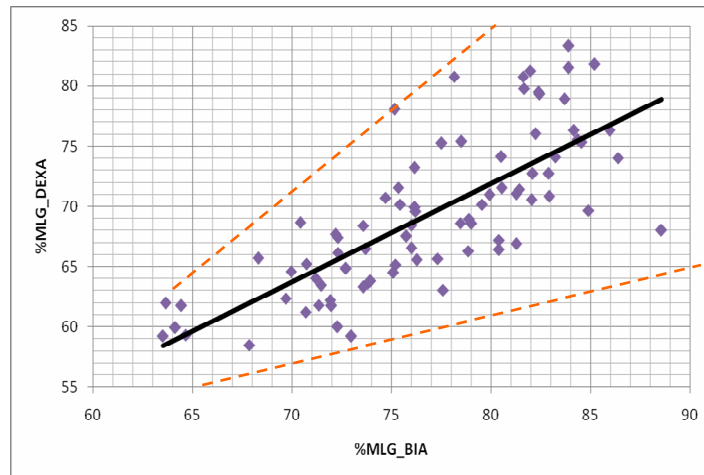


Gráfico 34: Gráfico de dispersión: %MLG_BIA frente a %MLG_DEXA.

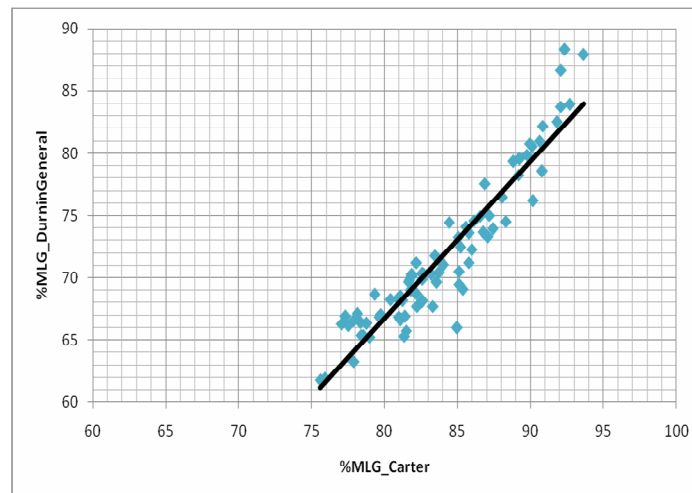


Gráfico 35: Gráfico de dispersión: %MLG_Carter frente a %MLG_DurninGeneral.

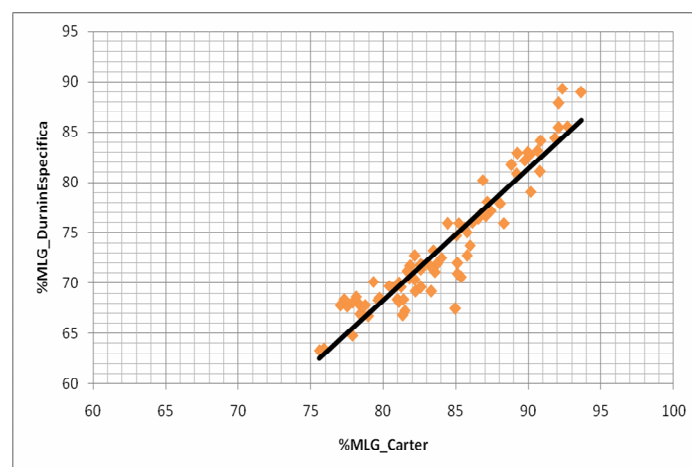


Gráfico 36: Gráfico de dispersión: %MLG_Carter frente a %MLG_DurninEspecificica.

ESTUDIO COMPARATIVO INTERMETODOLÓGICO DE LA COMPOSICIÓN CORPORAL (ANTROPOMETRÍA, BIA Y DEXA)

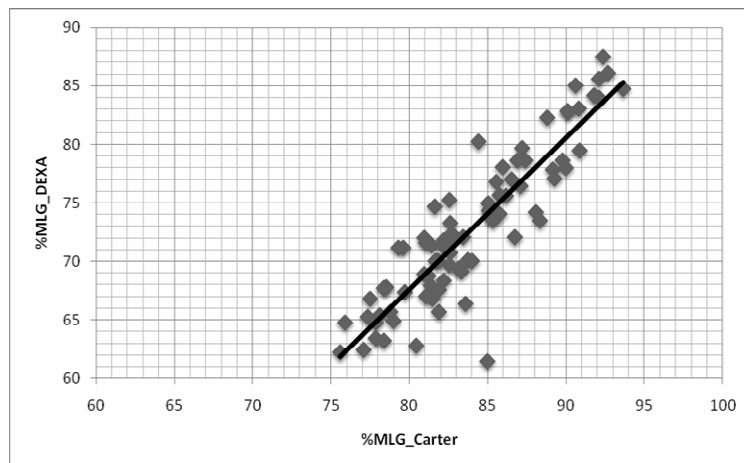


Gráfico 37: Gráfico de dispersión: %MLG_Carter frente a %MLG_DEXA.

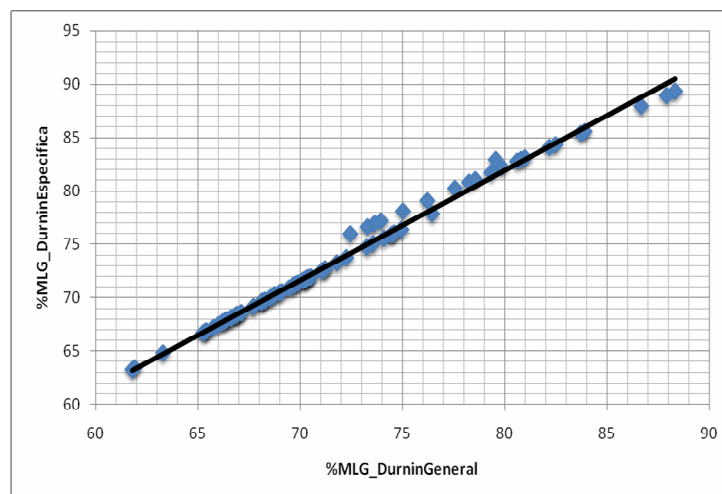


Gráfico 38: Gráfico de dispersión: %MLG_DurninGeneral frente a %MLG_DurninEspecificica.

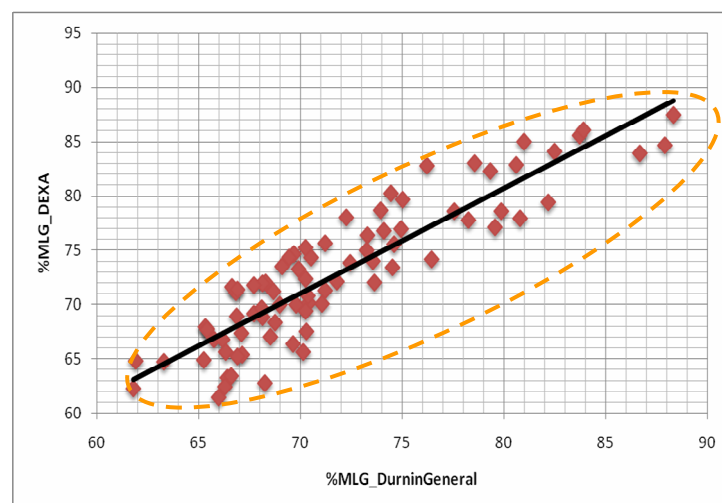


Gráfico 39: Gráfico de dispersión: %MLG_DurninGeneral frente a %MLG_DEXA.

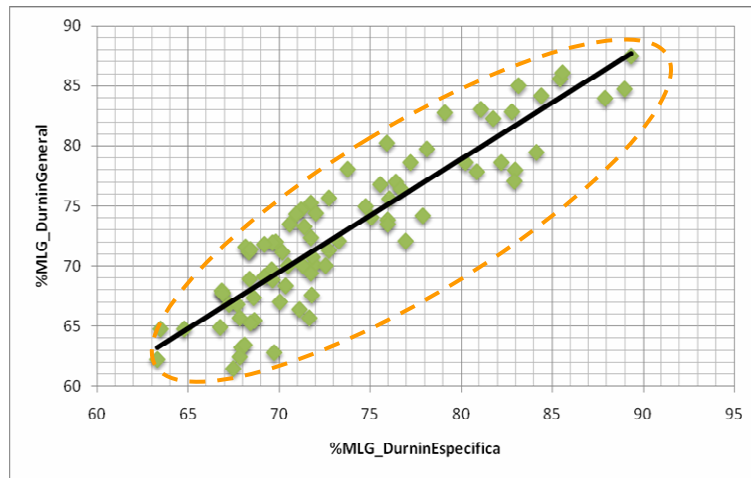


Gráfico 40: Gráfico de dispersión: %MLG_DurninEspecífica frente a %MLG_DEXA.

Uno de los objetivos que se marcaron al inicio de este estudio fue el identificar el comportamiento de las diferentes fórmulas antropométricas para estimar el componente graso del individuo, tanto entre sí, como con la BIA y la DEXA. Por ello, se ha realizado un ANOVA entre el %MG, con factor intra-sujeto *fórmula antropométrica empleada*. Como podemos comprobar, no sólo existen diferencias estadísticamente significativas en el %MG entre las tres fórmulas [$F=1709,692$; $GL_1=80$; $GL_2=2$; $p<0,01$], sino que en el análisis por parejas de fórmulas con análisis *post hoc* de Tukey, existen diferencias significativas entre todas las fórmulas ($p<0,01$), a pesar de que las medias de las fórmulas de Durnin-Womersley se encuentran cercanas.

De igual forma y con el mismo análisis, incluyendo en este caso tanto BIA como DEXA, aparecen diferencias estadísticamente significativas entre todos los métodos [$F=289,419$; $GL_1=80$; $GL_2=4$; $p<0,01$] y en todos los análisis por parejas de métodos ($p<0,01$ menos el análisis %MG_DurninEspecífica - %MG_DEXA, con $p=0,012$). Estos resultados, a pesar de que hay métodos con valores medios muy próximos, adquieren una doble lectura. Por un lado, el hecho de que cinco métodos de valoración corporal destinados a estimar las mismas variables no son capaces de mantener sus medias sin diferencias estadísticamente significativas, por lo que bien alguno, bien todos, en mayor o menor medida, equivocan sus valoraciones (recordemos aquí, que incluso la DEXA, el más fiable de los empleados, tiene sus críticas y depende del software empleado y del fabricante para que sus valoraciones sean o no similares en un mismo individuo). Por otro lado, debemos tener en cuenta el comportamiento de las herramientas estadística empleadas, ya que el elevado tamaño muestral ($n=81$), facilita la aparición de diferencias estadísticamente significativas

(incluso teniendo sus medias valores próximos). De hecho si atendemos a las diferencias entre medias, su relevancia clínica, puede ser discutible como podemos ver en las Tablas 40, 41 y 42, donde aparecen valores realmente próximos en algunos casos, como en la muestra total y en las mujeres ocurre con los resultados entre las fórmulas de Durnin-Womersley y la de DurninEspecífica y DEXA, y en los hombres con la fórmula de DurninEspecífica y DEXA, todos ellos con valores por debajo de 2% de diferencia entre medias.

Más determinante es la dispersión de datos individuales entre métodos, como se aprecia en los gráficos correspondientes, y que serán motivo de comentario en el apartado de Discusión.

**ESTUDIO COMPARATIVO INTERMETODOLÓGICO DE LA COMPOSICIÓN CORPORAL
(ANTROPOMETRÍA, BIA Y DEXA)**

Métodos (n=81)	%MG	%MLG
BIA – Carter	7,23	-7,23
BIA- DurninGeneral	-4,96	4,96
BIA –DurninEspecífica	-3,23	3,23
BIA- DEXA	-1,95	1,95
Carter – DurninGeneral	-12,19	12,19
Carter – DurninEspecífica	-10,46	10,45
Carter – DEXA	-9,28	9,28
DurninGeneral – DurniEspecífica	1,73	-1,73
DurninGeneral – DEXA	3,02	-3,02
DurninEspecífica – DEXA	1,28	-1,28

Tabla 40: Diferencias entre las medias por parejas de métodos para el total de la muestra.

Métodos (n=59)	%MG	%MLG
BIA – Carter	6,90	-6,90
BIA- DurninGeneral	-6,11	6,11
BIA –DurninEspecífica	-4,62	4,62
BIA- DEXA	-3,13	3,13
Carter – DurninGeneral	-13,01	13,01
Carter – DurninEspecífica	-11,52	11,52
Carter – DEXA	-10,04	10,04
DurninGeneral – DurniEspecífica	1,49	-1,49
DurninGeneral – DEXA	2,98	-2,98
DurninEspecífica – DEXA	1,49	-1,49

Tabla 41: Diferencias entre las medias por parejas de métodos para las mujeres.

Métodos (n=22)	%MG	%MLG
BIA – Carter	8,08	-8,08
BIA- DurninGeneral	-1,89	1,89
BIA –DurninEspecífica	0,48	-0,49
BIA- DEXA	1,24	-1,24
Carter – DurninGeneral	-9,97	9,97
Carter – DurninEspecífica	-7,59	7,59
Carter – DEXA	-6,84	6,84
DurninGeneral – DurniEspecífica	2,38	-2,38
DurninGeneral – DEXA	3,13	-3,13
DurninEspecífica – DEXA	0,75	-0,75

Tabla 42: Diferencias entre las medias por parejas de métodos para los hombres.

Si introducimos como factor independiente la *actividad física* en el ANOVA entre métodos de exploración, los resultados no varían en exceso, apareciendo no sólo diferencias significativas tanto en el análisis global como entre todos los análisis por parejas de métodos, sino también interacción. Las diferencias que se producen entre los métodos son diferentes en función del nivel de actividad, aunque, como hemos comentado previamente, esta significación en la representación gráfica no es tan evidente. Se puede observar cómo, en la BIA y en la fórmula de Carter, las diferencias entre los grupos son menores en los individuos en función de la actividad física, mientras el resto de métodos sí discriminan entre niveles de actividad física, diferenciando claramente los Inactivos junto con los de Bajos, de los Altos y Moderados, pudiendo afirmar que se comportan como dos grupos de individuos (gráfico 41).

ESTUDIO COMPARATIVO INTERMETODOLÓGICO DE LA COMPOSICIÓN CORPORAL (ANTROPOMETRÍA, BIA Y DEXA)

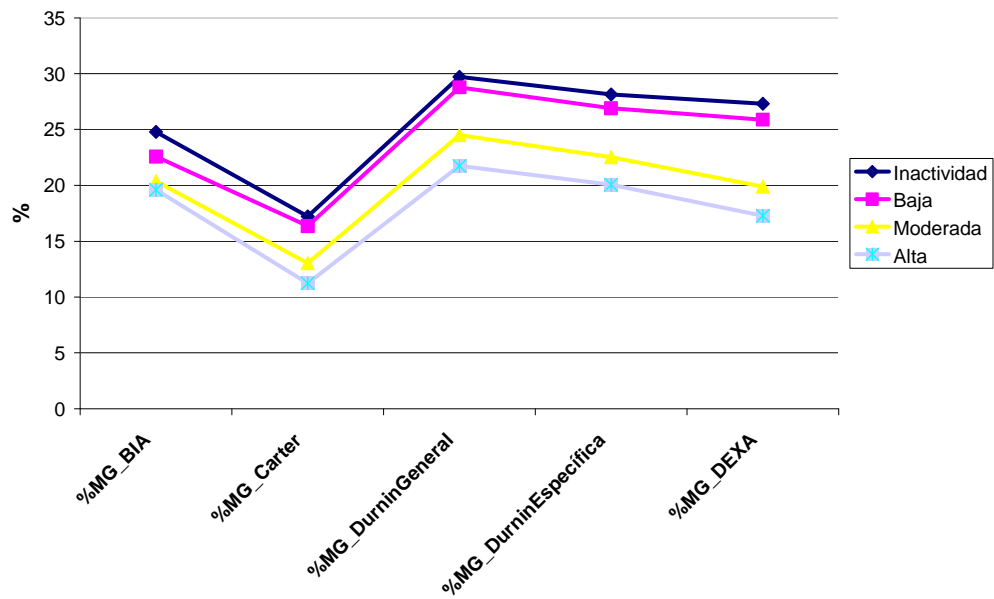


Gráfico 41: Diagramas de %MG entre los tres métodos (incluyendo las tres fórmulas de Antropometría) por nivel de actividad física.

Llegados a este punto, estudiaremos con mayor detenimiento nuevos parámetros, incluyendo concordancia y niveles de acuerdo entre métodos. Para ello, analizaremos la situación actual, tratando de acotar los análisis.

La fórmula de Carter, diseñada para una población adulta joven mucho más activa que la nuestra, se ha alejado del resto de valoraciones considerablemente en todos los casos (muestra, por sexos y por nivel de actividad física), por lo que prescindiremos de ella, no recomendándola en ningún caso, como método de exploración en este tipo de individuos.

La situación se repite, aunque con diferencias menos importantes en el caso de la fórmula de Durnin-Womersley General, que presentó valores por encima del resto de valoraciones con mayores diferencias respecto a las mostradas por su homónima Específica, tanto al analizar la muestra total como por sexos, incluyendo variabilidades más altas que el resto. De hecho, en las diferencias (ANOVA) para las mujeres se mantiene una destacada relevancia del método DurninGeneral, con valores más altos que en el resto de métodos. En los hombres, el análisis refleja diferencias estadísticamente significativas de manera casi exclusiva en los análisis donde aparece la metodología DurninGeneral, mostrando poca *fineza* a la hora de evaluar la CC de la muestra.

Estas circunstancias determinan que para los análisis venideros no tengamos en cuenta el método DurninGeneral, ya que condiciona negativamente su empleo en este tipo de población por sobreestimar, respecto a otros métodos, el %MG, restringiendo el resto de análisis a tres métodos: BIA, DEXA y DurninEspecífica.

El ANOVA para los valores de grasa entre DEXA, BIA y Antropometría (DurninEspecífica) fue significativa en el análisis general [$F=24,319$; $GL_1=80$; $GL_2=2$; $p<0,01$] y por parejas, si bien los valores entre DEXA y DurninEspecífica se situaron cercanos a la ausencia de significación. Si tenemos en cuenta la diferencia entre medias (tabla 40), éstas llegan a estar por debajo del 2% entre las fórmulas antropométricas y entre la de DurninEspecífica y DEXA, mientras las diferencias más relevantes se encontraron entre %MG_BIA y %MG_DurninEspecífica (3,23%).

Teniendo en cuenta el sexo, desaparecen las diferencias entre los tres métodos para los hombres [$F=1,095$; $GL_1=21$; $GL_2=2$; $p=0,3439$] y en el análisis por parejas de métodos, abriéndose una diferencia entre medias máxima (BIA-DurninEspecífica) de 1,241%, situándose el resto de diferencias por debajo del 1%. Por contra, las mujeres se mantienen con diferencias estadísticas entre métodos [$F=45,491$; $GL_1=58$; $GL_2=2$; $p<0,01$], siendo la BIA la que más se aleja de los otros dos métodos (4,62%). En este caso, sólo la diferencia entre medias de los métodos DurninEspecífica-DEXA quedó por debajo del 2%, por lo que estos métodos volvieron a comportarse de forma más distante con las mujeres que con los hombres, independientemente de la influencia del tamaño muestral en las diferencias estadísticas (tablas 41 y 42 ; gráfico 42).

Por niveles de actividad física, podemos comprobar que existen diferencias significativas para el factor *método* y el factor *actividad física*, apareciendo además interacción ($p=0,0417$), lo que nos indica que, a pesar de encontrarse en el límite de la significación,

las diferencias entre las actividades son distintas en función del método. Para poder observar cómo actúa la interacción, analizaremos los tres métodos por cada nivel de actividad física. Las diferencias se localizan principalmente entre los niveles Bajo e Inactividad, respecto a Moderada y Alta, acentuándose en la DEXA respecto a la fórmula de DurninEspecífica y la BIA, no mostrando, esta última, ese patrón asociativo.

Teniendo en cuenta cada nivel de actividad física podemos apreciar qué métodos ofrecen diferencias en cada nivel, si bien los tamaños muestrales determinan que se atienda igualmente a las diferencias entre los valores de las medias (gráfico 43). Como hemos hecho tanto en la muestra total como por sexos. En este sentido, el subgrupo de actividad Alta no presentó diferencias entre los métodos [$F=0,733$; $GL_1=6$; $GL_2=2$; $p=0,5$] ni en el análisis por parejas de métodos, con diferencias entre medias que no superaron el 2,612%.

El nivel Moderado tampoco presentó diferencias significativas [$F=2,571$; $GL_1=10$; $GL_2=2$; $p=0,1015$] manteniéndose en el análisis por parejas de métodos, con diferencias máximas entre métodos de 2,693%.

El nivel Bajo sí mostró diferencias entre métodos [$F=13,552$; $GL_1=20$; $GL_2=2$; $p<0,01$], localizándose en el análisis por parejas de métodos entre %MG_DurninEspecífica y %MG_BIA (4,333% de diferencia entre medias) y %MG_BIA y %MG_DEXA (3,303% de diferencia entre medias).

Finalmente, el nivel Inactividad volvió a presentar diferencias entre métodos [$F=17,737$; $GL_1=41$; $GL_2=2$; $p<0,01$], con significación en los mismos análisis que el nivel Bajo: pareja %MG_DurninEspecífica y %MG_BIA (3,337% de diferencia entre medias) y %MG_BIA y %MG_DEXA (2,516% de diferencia entre medias).

ESTUDIO COMPARATIVO INTERMETODOLÓGICO DE LA COMPOSICIÓN CORPORAL (ANTROPOMETRÍA, BIA Y DEXA)

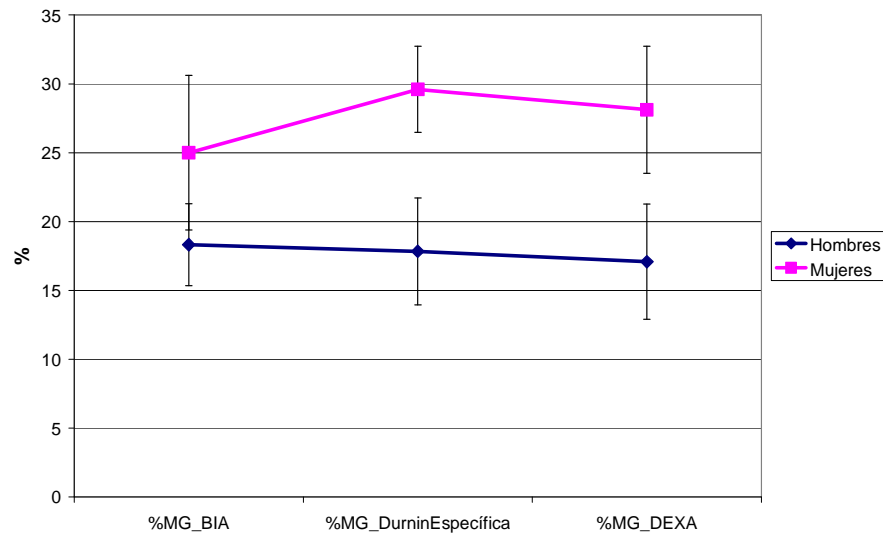


Gráfico 42: Diagramas de %MG entre los tres métodos por sexos.

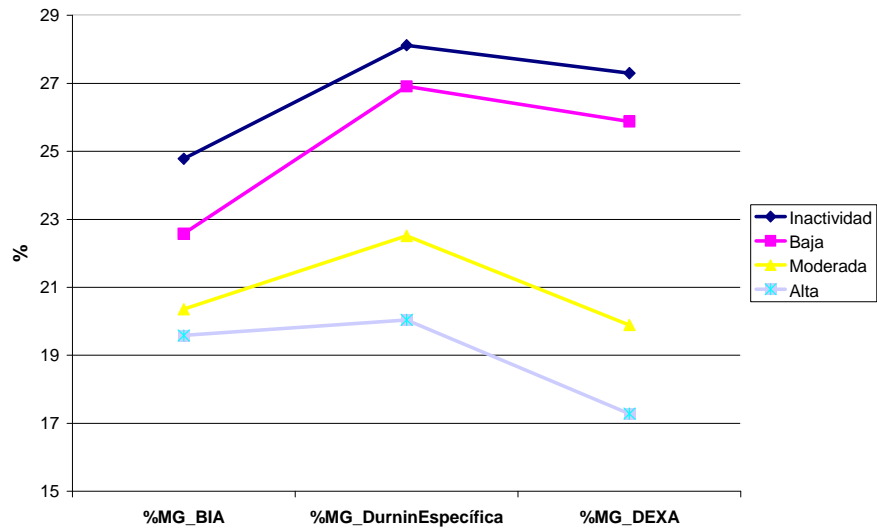


Gráfico 43: Diagramas de %MG entre los tres métodos por niveles de actividad física.

Como podemos apreciar, respecto al %MG los tres métodos son sensibles ante la actividad física que realiza el sujeto, o lo que es lo mismo, todos los sujetos que practicaban algún tipo de actividad física presentaron valores menores de compartimento graso y esos valores fueron menores cuantas más horas de actividad física realizaban. Este hecho fue detectado por todos los métodos de exploración en mayor o menor medida tal y como se aprecia en los valores medios por categorías.

Asimismo, la DEXA fue el método que más estable se mantuvo entre los otros dos, mientras la BIA se alejó tanto en el valor de sus medias, como en el sus desviaciones, con amplios rangos de valores en todos los casos, aunque más profundamente en la distribución por actividad física, donde hubo menores distancias numéricas entre categorías. Este hecho determinó un distanciamiento de cada categoría si ésta era analizada por cualquiera de los otros dos métodos.

La consistencia de los métodos se ha evaluado con el coeficiente de correlación r de Pearson y el α de Cronbach. En este caso aparecen correlaciones menores para la MG entre métodos si tenemos en cuenta el sexo masculino, donde los datos de BIA respecto a los otros métodos se correlacionaron solamente de forma moderada. El sexo femenino, por contra, presentó correlaciones aceptables, incluso entre DEXA y los otros dos métodos, excelentes (por encima de 0,9) –tablas 43, 45 y 47-. Sin embargo, el diferente tamaño muestral de cada sexo, donde las mujeres eran más del doble que los hombres, provoca que esta afirmación sea tenida en cuenta con la debida cautela, ya que a mayor número de observaciones, la consistencia entre métodos tiende a aumentar.

Por otro lado, tanto para la muestra global, como para cada uno de los sexos, el grado de consistencia alcanzó cotas de *excelente* para la muestra total ($\alpha=0,9326$) y el sexo femenino ($\alpha=0,9627$), y siempre presentó valores más altos si la DEXA estaba presente, dado que, al excluirla, esta consistencia entre BIA y DurninEspecífica descendía considerablemente. La consistencia para los hombres nunca fue excelente ($\alpha=0,8553$) y al retirar la DEXA acusó el mayor descenso, mientras cuando la excluida era la BIA, el valor de α aumentaba de forma importante (tablas 44, 46 y 48).

	MG_BIA	MG_DurninEspecífica	MG_DEXA
MG_BIA	1,0000	0,7746	0,7935
MG_DurninEspecífica	0,7746	1,0000	0,8975
MG_DEXA	0,7935	0,8975	1,0000

Tabla 43: Correlaciones entre métodos de evaluación para MG para la muestra.

Método Excluido	α de Cronbach
MG_BIA	0,9460
MG_DurninEspecífica	0,8848
MG_DEXA	0,8730

Tabla 44: Consistencia entre parejas de métodos de evaluación para MG para la muestra.

	MG_BIA	MG_DurninEspecífica	MG_DEXA
MG_BIA	1,0000	0,6614	0,5311
MG_DurninEspecífica	0,6614	1,0000	0,7978
MG_DEXA	0,5311	0,7978	1,0000

Tabla 45: Correlaciones entre métodos de evaluación para MG los hombres.

Método Excluido	α de Cronbach
MG_BIA	0,8875
MG_DurninEspecífica	0,6938
MG_DEXA	0,7962

Tabla 46: Consistencia entre parejas de métodos de evaluación para MG para los hombres.

	MG_BIA	MG_DurninEspecífica	MG_DEXA
MG_BIA	1,0000	0,8744	0,9045
MG_DurninEspecífica	0,8744	1,0000	0,9087
MG_DEXA	0,9045	0,9087	1,0000

Tabla 47: Correlaciones entre métodos de evaluación para MG para las mujeres.

Método Excluido	α de Cronbach
MG_BIA	0,9522
MG_DurninEspecífica	0,9499
MG_DEXA	0,9330

Tabla 48: Consistencia entre parejas de métodos de evaluación para MG para las mujeres.

A modo de resumen, el escenario general mantiene diferencias en las valoraciones de MG entre métodos, de forma más aguda en las mujeres, si bien la consistencia fue mucho mayor en las féminas que en los hombres, manteniendo la premisa descrita de las diferencias entre tamaños muestrales. La DEXA se mostró como el método más estable en sus valoraciones, situándose entre la determinación por la fórmula de DurninEspecífica y la BIA, esta última con valores más dispares y menos influenciados por la actividad física.

A continuación plantearemos el mismo tipo de análisis (ANOVAs y consistencia) para MLG y %MLG, que como podremos observar siguió patrones similares a los del MG y %MG, más aún en las diferencias entre medias, donde los valores de %MLG son complementarios a los de %MG, pudiendo extraer el mismo tipo de conclusiones.

El ANOVA entre métodos para %MLG fue significativo [$F=42,929$; $GL_1=80$; $GL_2=2$; $p<0,01$]. Por parejas, DEXA y DurninEspecífica no mostraron significación, siendo sus valores cercanos (1,28% de diferencia). Las diferencias más importantes entre medias se encontraron entre %MLG_BIA y %MLG_DurninEspecífica (3,23% de diferencia) y %MLG_BIA y %MLG_DEXA (1,95% de diferencia).

Por sexos, no hay diferencias entre los tres métodos para los hombres [$F=1,433$; $GL_1=21$; $GL_2=2$; $p=0,25$] ni en el análisis por parejas de métodos, abriéndose una diferencia entre medias máxima (DEXA-BIA) de 1,24%. Al igual que sucedía con el %MG, las mujeres muestran diferencias estadísticamente significativas [$F=66,750$; $GL_1=58$; $GL_2=2$;

$p < 0,01$]. En el análisis por parejas de métodos, es la BIA la que presenta diferencias significativas con los otros dos métodos (4,62% entre BIA y DurninEspecífica; 3,13% entre BIA y DEXA), mientras DEXA y DurninEspecífica se diferenciaron en 1,49% (gráfico 44).

Por niveles de actividad física, podemos comprobar que existen diferencias significativas para el factor *método* ($p < 0,01$) y el factor *actividad* ($p < 0,01$), apareciendo también interacción ($p = 0,036$), lo que nos indica que las diferencias entre las actividades son distintas en función del método de evaluación que usemos. Las diferencias se localizan nuevamente, como tendencia general, entre los niveles Bajo e Inactividad, respecto a Moderada y Alta, acentuándose en la DEXA respecto a la fórmula de DurninEspecífica y la BIA, que tampoco mostró ese patrón asociativo, presentando una escasa sensibilidad de la influencia de la actividad física en la división bicompartimental de la masa corporal (gráfico 45).

Si repetimos el análisis por niveles de actividad física, estudiando las diferencias entre métodos obtenemos los siguientes resultados, que siguen el patrón del %MG en líneas generales.

El nivel de actividad Alta no presentó diferencias entre los métodos [$F = 0,066$; $GL_1 = 6$; $GL_2 = 2$; $p = 0,9362$] ni en el análisis por parejas de métodos, con diferencias muy escasas (0,792% BIA-DurninEspecífica; 0,38% BIA-DEXA; 0,273% DurninEspecífica-DEXA).

El nivel Moderado tampoco presentó diferencias significativas [$F=2,163$; $GL_1=10$; $GL_2=2$; $p=1,411$] manteniéndose en el análisis por parejas de métodos, con diferencias máximas entre métodos de 2,493%.

El nivel Bajo sí mostró diferencias entre métodos [$F=18,280$; $GL_1=20$; $GL_2=2$; $p<0,01$], localizándose en el análisis por parejas de métodos entre %MLG_DurninEspecífica y %MLG_BIA (4,283% de diferencia entre medias) y %MLG_BIA y %MLG_DEXA (4,853% de diferencia entre medias).

Por último, el nivel Inactividad volvió a presentar diferencias entre métodos [$F=36,254$; $GL_1=41$; $GL_2=2$; $p<0,01$], con significación en los mismos análisis que el nivel Bajo: pareja %MLG_DurninEspecífica y %MLG_BIA (3,323% de diferencia entre medias) y %MLG_BIA y %MLG_DEXA (4,736% de diferencia entre medias).

ESTUDIO COMPARATIVO INTERMETODOLÓGICO DE LA COMPOSICIÓN CORPORAL (ANTROPOMETRÍA, BIA Y DEXA)

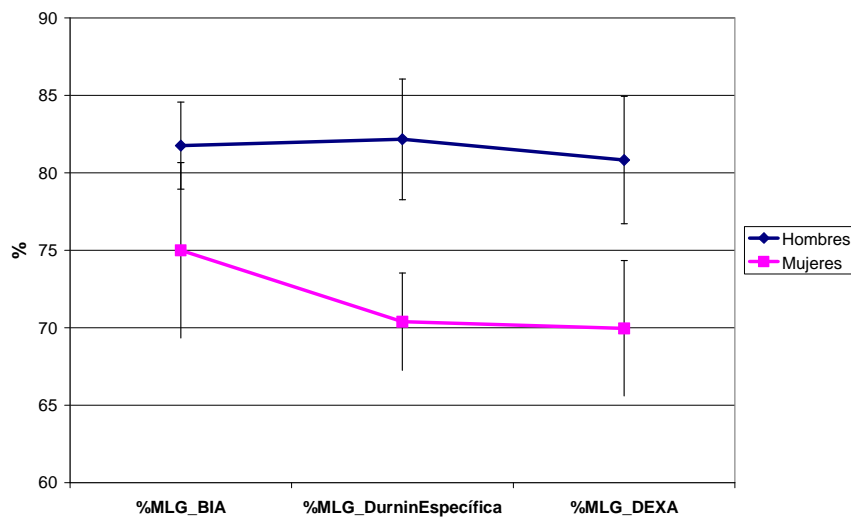


Gráfico 44: Diagramas de %MLG entre los tres métodos por sexos.

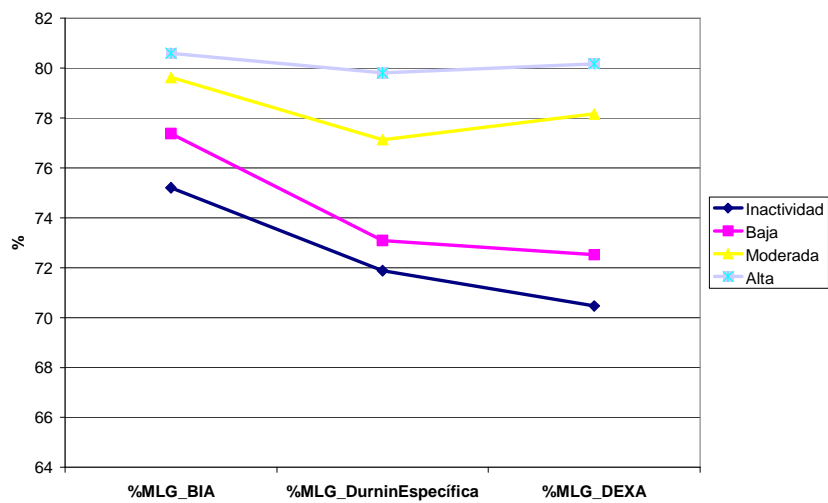


Gráfico 45: Diagramas de %MLG entre los tres métodos por niveles de actividad física.

A la inversa que ocurrió con el %MG, todos los métodos mostraron menor %MLG para los que menos actividad física realizaban, por lo que se se siguió apreciando una influencia directa en la CC bicompartimental en función de las horas de actividad física realizadas por los sujetos.

Asimismo, la DEXA fue el método que más estable se mantuvo, mientras la BIA se alejó tanto en el valor de sus medias, como en el de sus desviaciones, con amplios rangos de valores en todos los casos, aunque más profundamente en la distribución por actividad física, donde hubo menores distancias numéricas entre categorías. En la mayor parte de los casos, fue la fórmula de DurninEspecífica la que se situó en valores intermedios entre los otros dos métodos.

Analizando la consistencia, los datos presentan una correlación alta. Si se tiene en cuenta el sexo hay menos diferencias entre ambos que la grasa, apareciendo correlaciones menores para la MLG entre métodos para el sexo femenino (al contrario que en la MG), donde entre BIA y los otros dos métodos se quedaron por debajo de 0,9, respecto al masculino, que mostró correlaciones excelentes en todas las comparaciones (tablas 49, 51 y 53). Además, tanto para la muestra global, como para cada uno de los sexos, la consistencia alcanzó cotas de *excelente* para la muestra total ($\alpha=0,9917$), hombres ($\alpha=0,9733$) y mujeres ($\alpha=0,9529$). Los valores más altos se encontraron si la DEXA no estaba incluida tanto en la muestra global como por sexos. La BIA fue la que más se alejó en consistencia, mientras DurninEspecífica quedó próxima a la DEXA (tablas 50, 52 y 54).

**ESTUDIO COMPARATIVO INTERMETODOLÓGICO DE LA COMPOSICIÓN CORPORAL
(ANTROPOMETRÍA, BIA Y DEXA)**

	MLG_BIA	MLG_DurninEspecífica	MLG_DEXA
MLG_BIA	1,0000	0,9672	0,9727
MLG_DurninEspecífica	0,9672	1,0000	0,9863
MLG_DEXA	0,9727	0,9863	1,0000

Tabla 49: Correlaciones entre métodos de evaluación para MLG para la muestra.

Método Excluido	α de Cronbach
MLG_BIA	0,9931
MLG_DurninEspecífica	0,9862
MLG_DEXA	0,9833

Tabla 50: Consistencia entre parejas de métodos de evaluación para MLG para la muestra.

	MLG_BIA	MLG_DurninEspecífica	MLG_DEXA
MLG_BIA	1,0000	0,8994	0,9074
MLG_DurninEspecífica	0,8994	1,0000	0,9650
MLG_DEXA	0,9074	0,9650	1,0000

Tabla 51: Correlaciones entre métodos de evaluación para MLG los hombres.

Método Excluido	α de Cronbach
MLG_BIA	0,9822
MLG_DurninEspecífica	0,9515
MLG_DEXA	0,9470

Tabla 52: Consistencia entre parejas de métodos de evaluación para MLG para los hombres.

**ESTUDIO COMPARATIVO INTERMETODOLÓGICO DE LA COMPOSICIÓN CORPORAL
(ANTROPOMETRÍA, BIA Y DEXA)**

	MLG_BIA	MLG_DurninEspecífica	MLG_DEXA
MLG_BIA	1,0000	0,8168	0,8786
MLG_DurninEspecífica	0,8168	1,0000	0,9170
MLG_DEXA	0,8786	0,9170	1,0000

Tabla 53: Correlaciones entre métodos de evaluación para MLG para las mujeres.

Método Excluido	α de Cronbach
MLG_BIA	0,9567
MLG_DurninEspecífica	0,9354
MLG_DEXA	0,8992

Tabla 54: Consistencia entre parejas de métodos de evaluación para MLG para las mujeres.

De la misma manera que ocurrió con el %MG, el %MLG mantiene diferencias en las valoraciones entre métodos, de forma relevante en las mujeres, si bien la consistencia entre métodos, fue mayor en las féminas que en los hombres. No obstante, es reseñable que la consistencia del %MLG resultó en todo momento superior al del %MG, con valores mayores, no bajando en ningún caso del 0,8 de correlación y el α de Cronbach por encima del 0,95 tanto en la muestra global, como por sexos.

Por otro lado, la DEXA se mostró nuevamente como el método más estable en sus estimaciones, siempre entre los valores obtenidos por la fórmula de DurninEspecífica y la BIA. La BIA fue, en todo momento el método con valores más dispares y menos influenciados por la actividad física.

A continuación, se analizará el acuerdo de %MLG y %MG entre métodos a través del análisis de Bland-Altman, incluyendo los gráficos correspondientes, el sesgo y los límites de acuerdo al 95%, por sexos y en los casos más representativos, por nivel de actividad física.

En el %MLG de los hombres presenta un patrón de menor sesgo en las comparaciones en las que participa la BIA aunque con mayor rango entre límites de acuerdo (BIA frente a DurninEspecífica: sesgo $-0,41 \pm 4$ con rango entre límites de acuerdo de 15,7% ; BIA frente a DEXA: sesgo $0,93 \pm 4,44$ con rango entre límites de acuerdo de 17,4%), mien-

tras entre DEXA y DurninEspecífica, siendo el sesgo mayor ($1,34\pm 2,74$), el límite de acuerdo se quedó en un 10,7% (gráfico 46).

Respecto al %MG de los hombres, en general los niveles de acuerdo fueron ligeramente menores que en al %MLG. Aun así, el comportamiento entre métodos fue similar, con ciertas excepciones y matices. De esta forma la BIA siguió mostrando el mayor rango entre límites de acuerdo (BIA frente a DurninEspecífica: 15,7% ; BIA frente a DEXA: 17,4%), si bien el sesgo entre BIA frente DEXA fue el mayor de las tres comparaciones ($1,24\pm 4,67$) y el de BIA frente a DurninEspecífica el menor ($0,48\pm 4,02$). Así, entre DEXA y DurninEspecífica se encontró el límite de acuerdo más cerrado (11,8%) con un sesgo de $0,75\pm 3,02$ (gráfico 47).

Para las mujeres, en general, los resultados presentaron mayores sesgos y mayores rangos entre límites de acuerdo al 95%, por lo que los métodos se comportaron con un menor acuerdo entre ellos en el sexo femenino que en el masculino.

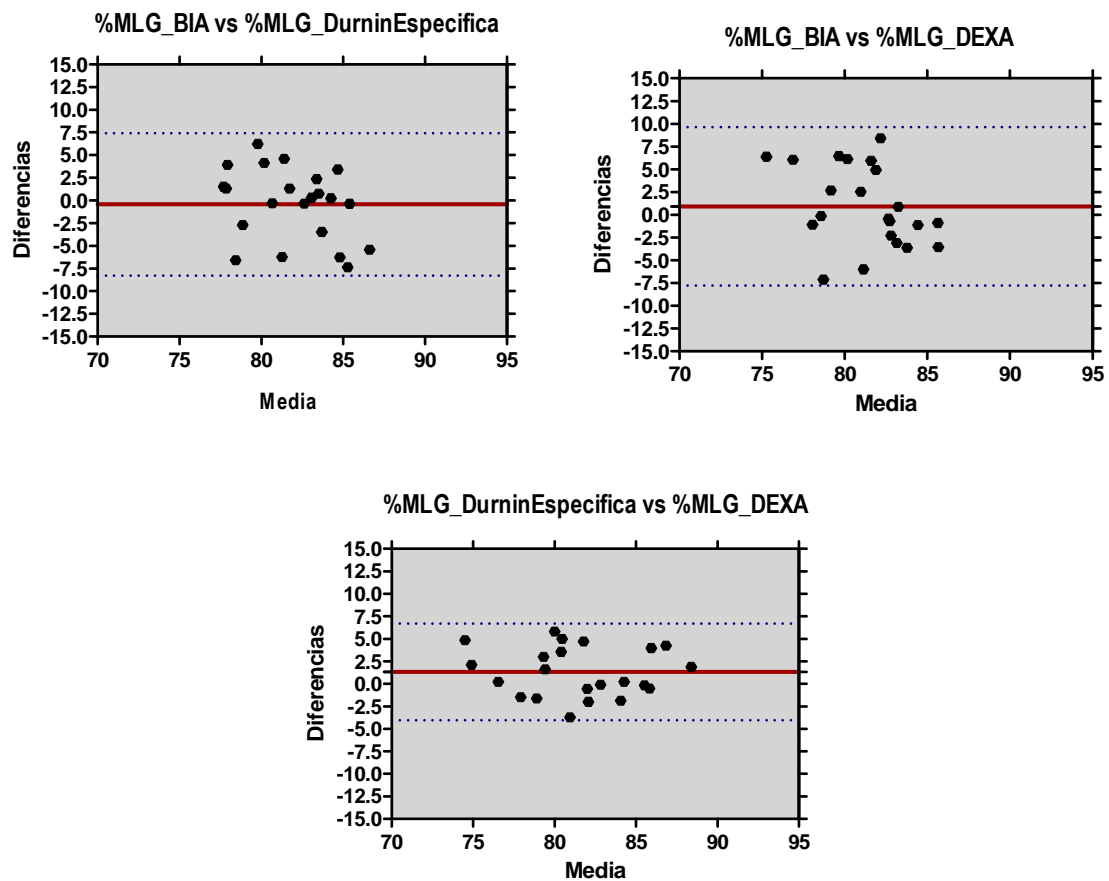


Gráfico 46: Gráficos de Bland-Altman para %MLG de los hombres.

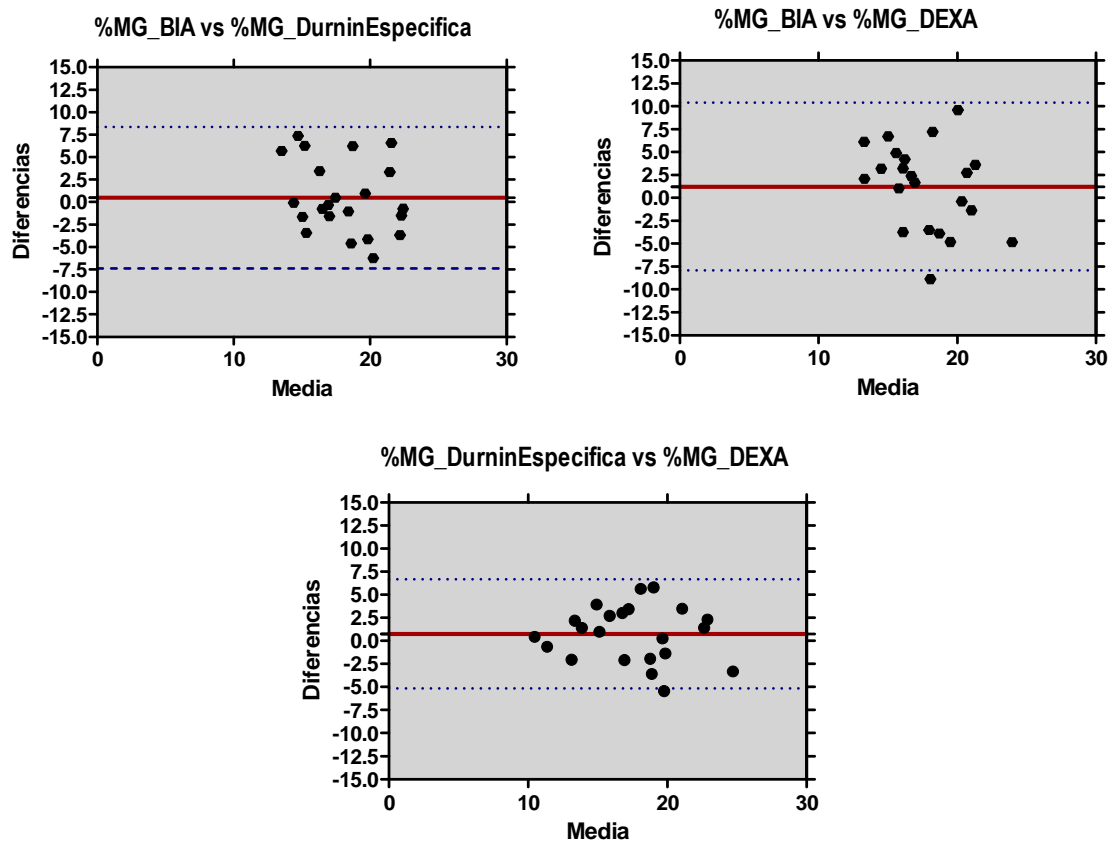


Gráfico 47: Gráficos de Bland-Altman para %MG de los hombres.

En el %MLG de las mujeres el menor sesgo existió entre DEXA y DurninEspecífica ($0,47\pm 2,82$), con un 4% de diferencia respecto a las otras dos comparaciones (BIA-DurninEspecífica $4,60\pm 4,45$; BIA-DEXA $5,07\pm 3,72$). Igual ocurrió con los límites de acuerdo, donde, a pesar de aparecer una distancia entre límites amplia en todos los casos, en la pareja BIA-DurninEspecífica fue menor (11,05%) que en el resto (BIA-DurninEspecífica 17,46 ; BIA-DEXA 14,59). Como podemos observar, una vez más, la BIA se alejó de los otros dos métodos de valoración de manera más cuantiosa (gráfico 48).

En la %MG de las mujeres, los niveles de acuerdo fueron, al igual que ocurrió en los hombres, ligeramente menores que en el %MLG. Siguiendo el patrón acontecido hasta ahora, la BIA mostró el mayor rango entre límites de acuerdo (BIA-DurninEspecífica: 17,31% ; BIA-DEXA: 14,61%), mientras DurninEspecífica-DEXA resultó más bajo, con 12,22%. Aun así, los rangos, como hemos observado, son importantes. Los sesgos se comportaron de la misma forma, siendo las comparaciones en las que intervenía la BIA, las que más se diferenciaron (BIA-DurninEspecífica: $-4,61\pm 4,42$; BIA-DEXA: $-3,13\pm 3,73$), mientras DurninEspecífica y DEXA obtuvieron un sesgo bajo ($1,48\pm 3,11$), asumible en estas exploraciones a pesar de la dispersión (gráfico 49).

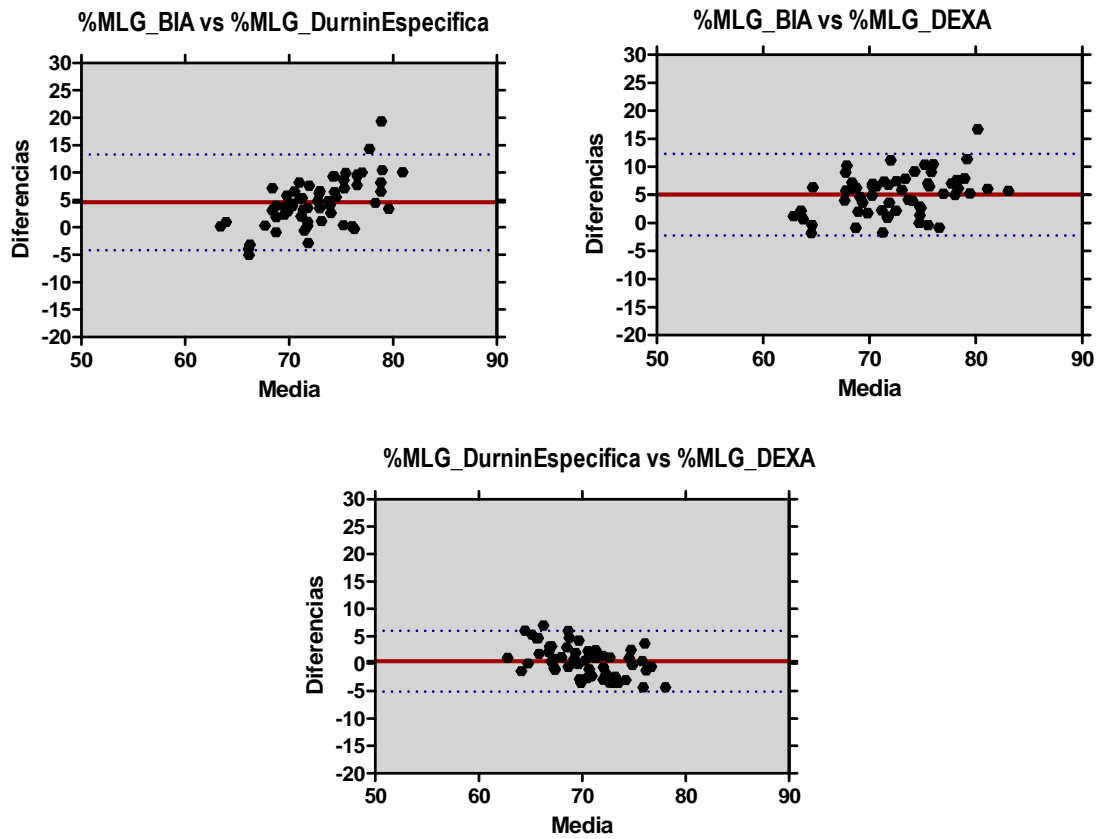


Gráfico 48: Gráficos de Bland-Altman para %MLG de las mujeres.

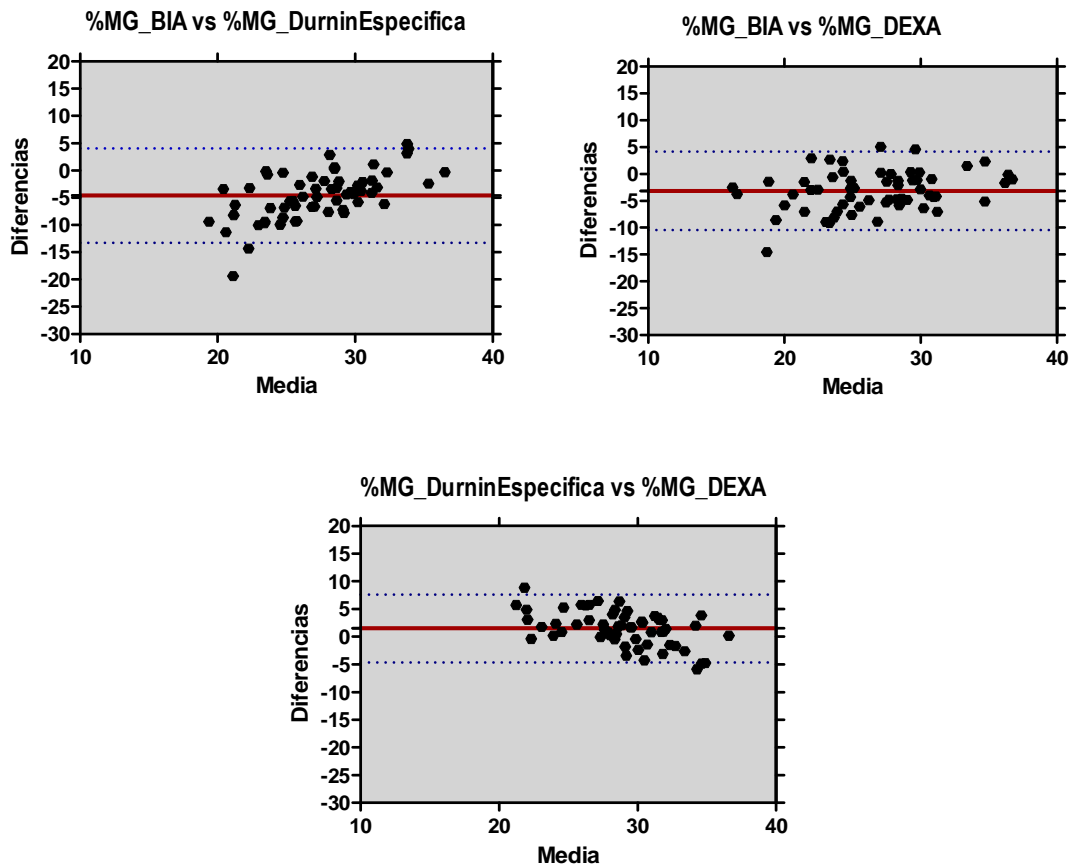


Gráfico 49: Gráficos de Bland-Altman para %MG de las mujeres.

Como hemos podido observar, los niveles de acuerdo son mayores para hombres que para mujeres y también mayores para %MLG que para %MG, como tendencia general. Asimismo, la BIA al comparar con los otros dos métodos, encontró rangos entre límites de acuerdo mayores (más dispersos), con sesgos de diferente calado en función del sexo (en los hombres la BIA tuvo menos sesgo que en las mujeres). Los métodos que mostraron límites de acuerdo más estrechos fueron, en todos los casos, DEXA frente a DurninEspecífica.

Por último, respecto a los análisis de nivel de acuerdo, trataremos de evaluar la influencia de la actividad física realizada por el sujeto respecto a dicho nivel de acuerdo. Con objeto de aportar claridad a los resultados, se recogen por niveles aquellos métodos que presentaron un comportamiento más uniforme.

Como tendencia general, y atendiendo a que el tamaño muestral de algunos subgrupos resultó reducido (actividad física alta, $n=7$), los niveles de actividad alta y moderada resultaron, como hemos podido comprobar previamente, los que presentaron unas medias más cercanas entre los tres métodos, tanto para %MG, como para %MLG. Por el contrario, los niveles de actividad física baja e inactividad determinaron que la BIA infraestimaba el %MG (sobreestimando el %MLG) respecto a los otros dos (Antropometría – DurninEspecífica- y DEXA), los cuales mantuvieron unos valores medios próximos entre sí.

Atendiendo a algunos análisis específicos, podemos comprobar que, aunque los %MG de BIA y de DurninEspecífica en el nivel de actividad física Alta, resultaron realmente próximos, lo cual se mantuvo en el análisis de Bland-Altman (sesgo $-0,72 \pm 7,71$), el rango entre límites de acuerdo superó el 30%. Estos datos determinan que las estimaciones individuales en ambos métodos, lejos de ser intercambiables, aportaron valores dispares (gráfico 50).

Los valores de %MLG resultaron también próximos respecto a las medias en los tres métodos de exploración. Una vez más, la BIA determinó una distancia importante entre límites de acuerdo, de manera que, aunque los sesgos fueron pequeños (BIA-DurninEspecífica $-0,79 \pm 7,6$; BIA-DEXA $0,42 \pm 5,94$), los rangos llegaron al 29,79% entre BIA y DurninEspecífica y 23,28% entre BIA y DEXA. Sin embargo, entre DurninEspecífica y DEXA este rango se redujo hasta el 10,7%, con escaso sesgo y desviación estándar ($-0,37 \pm 2,57$), por lo que el nivel de acuerdo entre estos dos métodos, aun siendo bajo, resulta superior al de la BIA con cualquiera de los otros (gráfico 51).

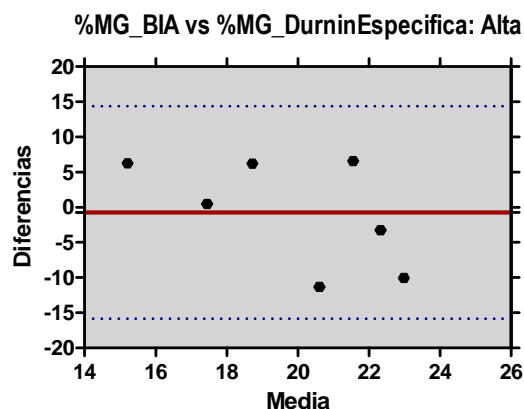


Gráfico 50: Gráfico de Bland-Altman para nivel de actividad física Alta (%MG_BIA - %MG_DurninEspecifica).

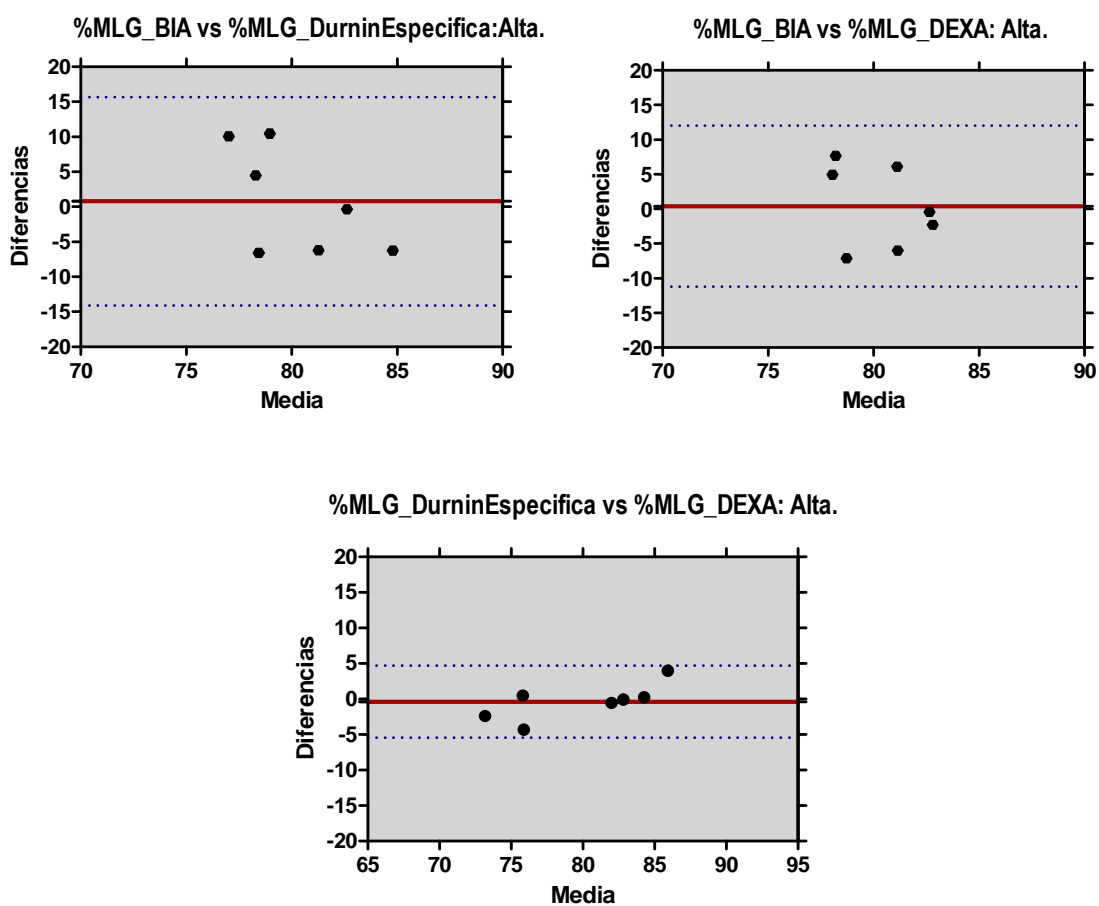


Gráfico 51: Gráficos de Bland-Altman para %MLG en el nivel de actividad física Alta.

Si tenemos en cuenta la valoración del nivel de actividad Moderada ($n=41$), la comparación entre %MG_BIA y %MG_DEXA, a pesar de que los valores entre medias resultaron próximos, siguió la tendencia general de comportamiento del resto de análisis. Así, aunque el sesgo llegó a $-2,52\pm 3,84\%$, el rango entre límites de acuerdo (95%) fue de 15,05%. Sin embargo, y sin perder de vista la cercanía entre medias de los tres métodos, cuando se realiza el análisis para la pareja DurninEspecífica-DEXA, el sesgo desciende a $1,41\pm 2,73$, así como el rango entre límites de acuerdo (10,71%), lo cual indica, que a pesar de que los márgenes siguen siendo amplios, estos dos métodos se encuentran más próximos en sus valoraciones individuales para este segmento poblacional (gráfico 52).

Por último, respecto a este apartado de apreciación de niveles de acuerdo por actividad física, podemos decir que en niveles de Inactividad y Baja, el comportamiento de los tres métodos es muy similar. La BIA se aleja considerablemente de los valores medios de los otros dos métodos, con lo que no existe acuerdo entre los resultados. En cuanto a DurninEspecífica y DEXA se encuentran próximos en sus valoraciones, principalmente en %MG. Así, como ejemplo representativo de las analogías entre estos métodos, en el gráfico de Bland-Altman de Inactividad entre DurninEspecífica y DEXA, el sesgo fue de $0,82\pm 3,15$, con intervalo entre límites de acuerdo de 12,34%, lo que nos sigue indicando lejanía entre valoraciones, ausencia de intercambiabilidad entre métodos, y buen compromiso, al menos en cuanto a las medias, de las estimaciones poblacionales entre ambos métodos (gráfico 53).

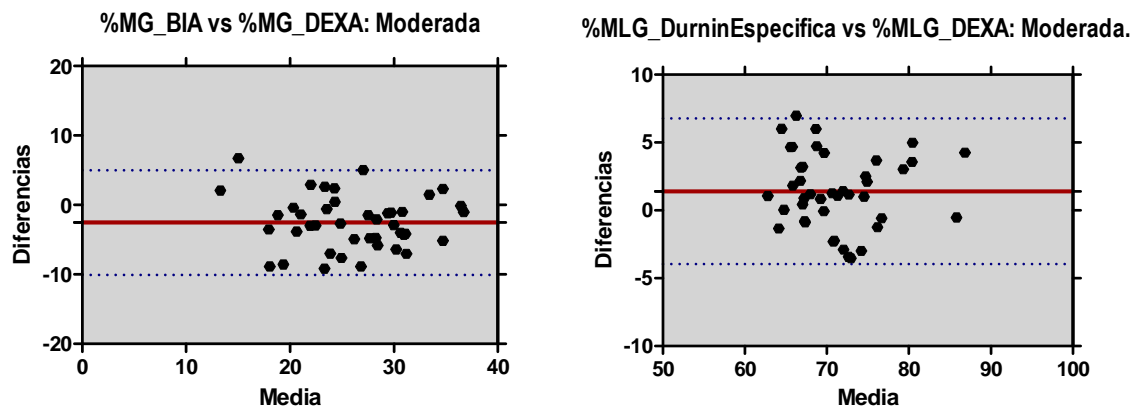


Gráfico 52: Gráficos de Bland-Altman para nivel de actividad física Moderada (%MG_BIA - %MG_DEXA; %MLG_DurninEspecifica - %MLG_DEXA).

%MG_DurninEspecifica vs %MG_DEXA: Inactividad.

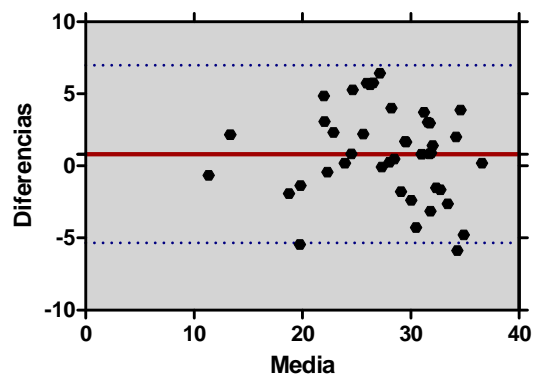


Gráfico 53: Gráficos de Bland-Altman para nivel de actividad física Inactividad (%MG_DurninEspecifica - %MG_DEXA).

6.~ DISCVSIÓN

A pesar de que el segmento de población al que pertenece la muestra se encuentra en pleno uso de sus facultades físicas, y de que su IMC se sitúa dentro del intervalo de normalidad en la mayor parte de los casos, su escasa actividad física es, cuando menos, preocupante, de manera más relevante en las mujeres. De hecho, esta circunstancia determina un alto %MG en las mujeres que, si bien hasta cierto punto puede considerarse fisiológico, alcanza cotas elevadas (por encima del 30%). Este exceso de grasa supone un detrimento del %MLG, fundamentalmente, como indica la Antropometría, a expensas del componente Muscular, principal beneficiario, en lo que a CC se refiere, de la práctica regular de actividad física.

Debemos constatar en este punto, que no es nuestra intención dar a entender que cualquier tipo de presencia grasa es negativa, ya que su existencia, como bien conocemos, es necesaria para mantener un adecuado nivel de salud, conformándose, entre otros aspectos el tejido adiposo como el principal reservorio y fuente energética (mayor que el de los glúcidos) de nuestro organismo. No obstante, respecto a la distribución de masas, el componente grasa es el más influenciado del organismo a través de los hábitos de vida (en todo momento entendiendo que el individuo se encuentre en un aceptable estado de salud), por lo que la referencia a su magnitud y proporciones resultan constantes en este apartado

de comentario y discusión. Por tanto, los niveles de componente graso sólo serán considerados como negativos cuando se encuentren en exceso o defecto.

Además de la división compartimental de la masa corporal, BIA y Antropometría aportan otros datos relevantes. En este sentido, el empleo de la BIA para la determinación de la masa celular, es un importante indicador del estado nutricional, y puede ser estimado a través de la evaluación del AgIntra. Asimismo, la determinación del AgExtra puede fluctuar, pues múltiples poblaciones de enfermos (dializados, pérdidas importantes de peso, obesos,...) soportan estados de alteración en su distribución de líquidos (Earthman et al., 2007). No obstante, la variabilidad entre instrumentos de medida, mayores en poblaciones no homogéneas, hace que las conclusiones sean tomadas con cautela (Kyle et al., 2004), siendo necesarias validaciones más profundas y con poblaciones en diferentes condiciones de salud, en situación de enfermedad aguda (pérdida y acúmulo de fluidos), alteraciones entre la proporción de MG y MLG, altura extrema o malformaciones corporales (Kyle et al., 2004; Kraemer, 2006).

El AgTotal de nuestra muestra se situó próxima a 34 l, el AgIntra en 20 y el AgExtra en 14, por debajo, de forma más importante el AgTotal y el AgExtra a lo encontrado en otros estudios de poblaciones sanas adultas (De Lorenzo et al., 1997). No obstante no existen valores fijos de referencia. La dependencia del sexo (los hombres acostumbran a tener un componente acuoso superior), provoca que, si aislamos los valores de los hombres, éstos se asemejen más a los valores de otras poblaciones, evaluados con métodos mono y multi-frecuencia -AgTotal \approx 43 l- (De Lorenzo et al., 1997; Simpson et al., 2001; Shan-

holtzer y Patterson, 2003). El agua de las mujeres de nuestro estudio es inferior, no sólo a la de otras poblaciones similares, sino que también lo es a las de mujeres embarazadas, incluso en las primeras semanas de gestación, con valores por debajo de entre 8 a 10 l de AgIntra y AgTotal (pesos ponderales similares), lo que nos condiciona a pensar en un estado hídrico preocupantemente bajo en nuestras mujeres (Larciprete et al., 2003). Sin embargo, no para todos los autores, nuestras mujeres se encontrarían tan lejanas de la normalidad, por lo que las afirmaciones deben ser tomadas con cautela (Lof y Forsum, 2004).

El ángulo de fase a 50 kHz (A_Fase), se situó en todo momento por encima de valores obtenidos en poblaciones similares (1,3° en el caso de los hombres y 1,1° en las mujeres), acentuándose este hecho si la comparación se realiza con adultos de mayor edad, encontrados en otros estudios (Dittmar, 2003). Las circunstancias descritas nos hacen reflexionar sobre una mayor actividad celular de nuestra población, fundamentalmente en los hombres.

Respecto a la metodología antropométrica, en primer lugar, debemos constatar que sigue defendiéndose hoy día como un método atractivo de valoración de la CC por su coste, disponibilidad y portabilidad, aceptando el compromiso de sesgo (3-11 en %MG) y la dependencia del examinador en cuanto a la fiabilidad de mediciones como los perímetros o los pliegues cutáneos (Wang et al., 2000; Goodpaster, 2002). Nuestro estudio, con las premisas y consideraciones ya comentadas, no ha escapado a esta situación, mostrándose la

Antropometría, en sus diferentes aspectos, como un buen método de valoración del grupo poblacional.

Existen numerosas publicaciones sobre valores antropométricos de referencia en múltiples estados de patología, etnias diversas, etc. En este caso, y con el objetivo de no perder proximidad a los objetivos principales del estudio, comentaremos los resultados obtenidos, comparándolos con algunas referencias actuales del ámbito más próximo a la muestra de nuestro estudio, teniendo en cuenta la edad y la división por sexos.

La talla, peso e IMC de nuestra población se situó en todo momento en valores normales (tan solo 6 sujetos salieron del rango de IMC normal: 20-25 Kg/cm²). No obstante, los hombres resultaron más altos y pesados, con un IMC más de 2 unidades superior a las mujeres. El índice Cint/Cad en nuestro estudio se mostró bajo en ambos sexos, aunque dentro de límites normales.

Uno de los trabajos de investigación con el podemos comparar de manera más fidedigna la muestra de estudio es el de Albuquerque, donde se evaluó una población masculina similar y del mismo origen que la del estudio actual y en el que gran parte del equipo investigador es compartido en ambos trabajos (Albuquerque, 2000). En este caso, los hombres actuales fueron más altos (3 cm) y pesados (3 Kg), con un IMC similar. Los pliegues grasos se comportaron de forma similar en ambos casos, si bien se situaron ligeramente inferiores en la muestra actual. El diámetro Biesti resultó similar entre los sujetos,

mientras el Bicon fue mayor en nuestra muestra (0,6 cm). El perímetro de Ab_Min, único evaluado en el estudio de Albuquerque, fue similar en ambos grupos. En este mismo estudio se analizaron otras dos poblaciones de deportistas masculinos (fútbol y atletismo) de similar edad a la de nuestra muestra de estudio, mostrando un perfil antropométrico muy similar en términos de IMC, pliegues cutáneos, diámetros y perímetros, a la de nuestra muestra de hombres, lo que da a entender, en cierto modo, que los individuos evaluados en el presente estudio presentaban características compatibles con un grado elevado de preparación física.

En una amplia muestra de población española joven y adulta (16-62 años; ♂=38,6±12,6; ♀=37,5±11,1), Martín et al. presentaron datos de peso sensiblemente mayores y talla inferior que los de nuestra muestra (6,6 Kg y 6 cm menos más que nuestra muestra en los hombres; 4 cm más bajos y 7,5 Kg más pesados que nuestras mujeres), lo que derivó en un IMC superior, principalmente en mujeres, situado en ambos sexos por encima de la normalidad (♂=26,7±3,8 Kg/cm²; ♀=25,3±5,3 Kg/cm²). El perímetro de cintura (Ab_Min), fue en los hombres similar a nuestra muestra, mientras en las mujeres se alejó considerablemente (13 cm más en el estudio de Martín et al.). Sin embargo, los pliegues de Bíceps, Tríceps, Subesca y Cresta se situaron en valores similares a los de nuestra población en ambos sexos (Martín et al., 2001).

Talla, peso e IMC de nuestro estudio son sensiblemente menores a los publicados por Te Velde et al. en población holandesa de similar edad. Nuestra muestra resulta 6 cm

en hombres y 7 en mujeres, más baja que la holandesa, manteniéndose este patrón en el peso, por debajo 3,5 Kg en hombres y 8 Kg en mujeres. Curiosamente, estos datos determinaron que los holandeses tuvieran un IMC inferior al de nuestra muestra, mientras las holandesas se situaron por encima. El índice Cin/Cad de nuestra muestra, también resultó inferior a los datos del estudio en holandeses, con valores, en ambos sexos, un 10% inferiores en nuestra población. Además, estas diferencias se produjeron a expensas, únicamente del perímetro de glúteo máximo (Glu_Max), dado que el perímetro de cintura (Ab_Min) fue similar entre ambas poblaciones (Te Velde et al., 2003).

Respecto a una población universitaria femenina de EE.UU., pareja en edad a la del actual estudio, nuestras mujeres presentaron, además de una actividad física sensiblemente menor, un IMC 0,9 Kg/cm² por debajo, a expensas de un peso 3 kg menor. Sin embargo, en este caso, el índice Cin/Cad fue similar entre ambas muestras (Malinauskas et al., 2006). Por el contrario, una población de Dayton, de edad similar a la de nuestro estudio, mostró datos de estatura similares por sexo, pero con 5-7 Kg más de peso, por tanto con mayor IMC (en hombres 25,2 Kg/cm² y en mujeres 24,9 Kg/cm²), aunque el dato que más se distancia de nuestra muestra fue el índice Cin/cad, donde nuestra población se quedó en torno al 0,75, mientras en la muestra americana, llegó a 0,9 en hombres y 0,85 en mujeres (Chumlea et al., 1996). Los pliegues evaluados en la población de Dayton, tríceps y subescapular, resultaron entre 4 y 7 mm mayores en ambos sexos que en nuestra muestra.

Pongchaiyakul et al. estudiaron población rural tailandesa de edad adulta (48 años de media), encontrando valores de peso en las mujeres de similar magnitud a las nuestras, y en los hombres 22 Kg inferior a nuestra muestra. En la talla, los tailandeses se mostraron más bajos, 11 cm las mujeres y 16 cm los hombres, lo que situó su IMC próximo al sobrepeso en el caso de los hombres ($1,2 \text{ Kg/cm}^2$ por encima de nuestra muestra). El índice Cin/Cad fue más alto en los tailandeses (0,06 en los hombres, 0,16 en las mujeres), a expensas de valores de Glu_Max en los hombres y de Ab_Min en las mujeres, sensiblemente mayores en la población tailandesa. Respecto a los pliegues cutáneos, todos los pliegues de los tailandeses fueron superiores a los de nuestra población, duplicándose y triplicándose algunos valores (Bíceps, Tríceps, Subescapular). En las mujeres, se mantuvieron las diferencias a favor del componente adiposo subcutáneo de las tailandesas, si bien los valores no se distanciaron de manera tan notable como lo hicieron los pliegues de los hombres (Pongchaiyakul et al., 2005). Como podemos observar, la antropometría de ambas poblaciones es sensiblemente diferente, de forma más significativa en la población masculina, como reflejan otros autores que analizaron población asiática (Vasudev et al., 2004), aconteciendo lo mismo en la población americana previamente analizada.

Antes de iniciar los análisis de datos compartimentales, resulta interesante destacar la diferencia que se ha apreciado entre el peso corporal obtenido con báscula calibrada y la estimación que realiza la DEXA. En nuestro caso, la DEXA determinó un peso corporal $1,21 \pm 0,82$ Kg menor que la báscula. Esta diferencia, aunque llamativa (más aun si se transforma en valores de porcentaje) ya ha sido descrita por otros autores, sin existir acuerdo entre la infra o sobreestimación que realiza la DEXA respecto al peso real (Heymsfield et

al., 1989; Wang et al., 1999) y no determina cambios importantes en los resultados del estudio ni en la interpretación de los mismos.

Abordando las variables compartimentales, todos los %MG de los métodos mostraron diferencias estadísticamente significativas, tanto en el análisis global, como por parejas de métodos, por lo que podemos afirmar que las valoraciones de cada método son diferentes a las de los demás, a pesar de estimar las mismas variables (mismos compartimentos). Este comportamiento se mantiene si tenemos en cuenta la actividad física, con una característica más a reseñar, y es que los resultados son más o menos distantes dependiendo del nivel de actividad física de los sujetos, por lo que los métodos tampoco serían estables para niveles de actividad física diferentes. En este sentido, la BIA fue el método en el que menos se distanciaron los valores de los individuos con diferentes niveles de actividad física. El resto de los métodos, se mostraron más consistentes ante el factor actividad física (más activos, menos componente grasa; menos activos, más componente grasa).

Las correlaciones entre métodos fueron altas (muchas de ellas llegaron a niveles excelentes –por encima de 0,9–), tanto teniendo en cuenta los tres métodos con los que finalmente se analizaron correlaciones y acuerdo, como dos a dos. En este sentido, el método de mejor comportamiento fue la DEXA, seguido de la Antropometría (fórmula de DurinEspecífica) y finalmente la BIA. Por componentes, la MLG encontró correlaciones más elevadas que la MG, compartimento corporal éste que resultó más variable, por lo que, en casi todos los análisis, independientemente del tamaño muestral, mostró peores correlaciones que la MLG, tanto en masa como en porcentaje, escenario habitual en la literatura

(Batterham et al., 1999; De Lorenzo et al., 1999; Corcoran et al., 2000; Pietrobelli et al., 2003; Liu et al., 2005).

El acuerdo entre parejas de métodos para cada individuo, como se aprecia visualmente en los gráficos de dispersión y de Bland-Altman, no ha sido satisfactorio. A pesar de que la tendencia general es presentar valores de sesgo relativamente bajos, las desviaciones estándar de ese sesgo pueden superar el 7%. Esta situación se une a la aparición de rangos entre límites de acuerdo de cuantía variable. Aquellos que se sitúan en torno al 10% siguen la tendencia habitual de la bibliografía, como veremos a continuación. No obstante, este intervalo, donde se incluye el 95% de las valoraciones (2 desviaciones estándar por encima y por debajo de la media) condiciona la intercambiabilidad de métodos, por lo que un 10% de diferencia entre %MG ó %MLG sigue siendo difícilmente aceptable. En otros casos, como ocurre con algunos niveles de actividad física (Alta), el intervalo llega a superar el 30%, por lo que los resultados han de ser interpretados con cautela, al mostrar un nivel de acuerdo sensiblemente bajo.

Por lo tanto, entre métodos de evaluación de la CC existen errores, en mayor o menor medida, importantes. La variabilidad presenta orígenes diversos que pueden sumarse en las evaluaciones. Entre los más importantes se encuentran: diferentes métodos de exploración y/o empleo de ecuaciones no específicas; características de la población de estudio determinadas por su situación geo-socio-demográfica; estado de salud-enfermedad del individuo que determina fluctuaciones y anormalidades importantes de su estructura y componentes corporales, etc. En términos técnicos y de concepto, los errores no sólo son capa-

ces de producir fallos en la interpretación de determinado cuerpo teórico, sino que además pueden dificultar el ejercicio investigador y todo lo que de él puede surgir (Sáez, 2004). El efecto de los errores de fiabilidad y validez de estos métodos en epidemiología incluye: asociación espuria entre riesgo cardiovascular y CC en estudios transversales y longitudinales; cambios equívocos en estudios longitudinales tras intervención; interpretación de resultados de comparaciones inadecuados entre niveles de CC por subgrupos en estudios transversales y tras intervenciones (Guo et al., 2000). Estas circunstancias hacen que los métodos no sean intercambiables ni en población adulta (De Lorenzo et al., 2000), ni en niños (Gutin et al., 1996).

A pesar de que como apuntamos, no existe un método lo suficiente válido y estable en sus exploraciones que pueda ser considerado como único *gold standard*, la mayor parte de los estudios, desde 2003, toman la DEXA como prueba de criterio en la exploración básica y clínica y en la validación de otros métodos. En la presente discusión trataremos de no caer en la interpretación de la DEXA como prueba de criterio, pues a pesar de que la DEXA se ha mostrado como un método fiable y próximo a valores obtenidos en cadáveres de animales, diferentes aparatos y software de análisis emite resultados distintos, haciendo inestable dicho criterio (Van Loan et al., 1995; Laskey, 1996; Bairos et al., 2003; Litaker et al., 2003; Huffman et al., 2005; Johnson et al., 2005). No obstante, algunos autores apuntan que estas diferencias pueden tener una repercusión clínica, cuando menos, discutible en función de los casos (Aasen et al., 2006).

Además, para las valoraciones clínicas de la DEXA respecto al compartimento graso, es esencial una estimación válida de la hidratación del componente no graso, que no siempre se produce (Pietrobelli et al., 1998; Pietrobelli et al., 1998; Wang et al., 1999) y tener presente que la estimación grasa que lleva a cabo la DEXA incluye los elementos grasos de los tejidos blandos, no sólo el tejido adiposo, lo que limita su aplicación a modelos de dos o tres componentes (Pichard y Kyle, 1998; Goodpaster, 2002). Por todo ello, en la mayor parte de los casos (aquellos en los que al autor lo indicó expresamente), detallaremos no sólo el/los método/s empleado/s, sino que haremos notar la manufactura de cada instrumento de estudio, en cuanto al fabricante y modelo (DEXA y/o BIA multi- ó uni-frecuencia) y fórmula de Antropometría empleada (aunque la más extendida fue la de Durnin-Womersley específica por edad y sexo).

En el estudio de Martín et al. previamente comentado, se utilizaron varias fórmulas antropométricas para estimar el %MG (Durnin-Womersley Específica, Durnin-Womersley General, Brozeck Específica, Brozeck General, Brozeck Específica, Deurenberg, Lean para cintura y Lean para tríceps y cintura). Todos los resultados, analizados por parejas, difirieron ostensiblemente (a excepción del %MG obtenido por la fórmula de Durnin-Womersley Específica y su homónima General, como ocurrió en nuestro estudio), con significación estadística en todos los casos, correlaciones por encima de 0,88, sesgos relativamente pequeños (no mayores de 3,7%) e intervalos entre límites de acuerdo (95%) entre 10 y 15% (a excepción de la pareja de fórmulas de Durnin y Womersley, donde quedó en un 2,56% de intervalo). Respecto a nuestros datos, teniendo en cuenta las fórmulas de DurninEspecífica, nuestras mujeres presentaron un 2% menos de grasa, mientras los hombres se situaron

en un 3,6% menos que los de la muestra de Martín et al., siendo sus datos preocupantemente elevados. El mismo análisis, referido en este caso a la fórmula de DurninGeneral aproximó mucho más el %MG en ambas muestras, situándose las mujeres en los mismos valores (31,1 %MG). Respecto a la BIA, emplearon el monitor Omron BF 300, que determinó un %MG tanto en las mujeres (5%), como en los hombres (3,4%) muy superior al nuestro. Estos %MG comparados con los resultados de la fórmula de DurninEspecífica se correlacionaron para toda la muestra en un 0,88, con un sesgo de 1,17 y un rango entre límites de acuerdo de 14,76, con lo que los resultados presentan peores niveles de acuerdo que en nuestro estudio entre BIA y DurninEspecífica (Martín et al., 2001). Estos autores concluyen que la mejor fórmula antropométrica para estimar el %MG es la de DurninEspecífica, por su mayor fiabilidad, y que los resultados de este método pueden ser intercambiables con los obtenidos por BIA (al menos respecto al Omron BF 300), afirmación atrevida según nuestra apreciación, a pesar de ser corroborada por otros autores (Núñez et al., 1994; Valero et al., 1994).

Los valores medios más próximos entre métodos se han detectado en población sana. En concreto, el estudio de Lintsi et al., mostró en reclutas estonios (individuos jóvenes ejercitados físicamente) valores medios próximos entre BIA (Omron BF 306 body fat monitor) y DEXA ($0,2 \pm 3$ %MG; $r=0,88-0,89$) y entre la fórmula antropométrica de Deurenberg y DEXA ($0,6 \pm 3,8$ %MG) con una correlación elevada ($r=0,93$). No obstante, los datos dependen tanto del aparataje empleado como de los autores y población estudiada, por lo que a pesar de encontrarse en valores similares a los de nuestro estudio, la interpretación de importantes acuerdos y correlaciones debe ser tomada con cautela (Lintsi et al.,

2004). De esta forma, unos autores afirman que tanto la MG como la MLG evaluada por BIA dependen del aparataje utilizado, aportando datos de menor calidad (en cuanto a validez y fiabilidad) los BIA tetrapolares bipodales (Tanita) que los tetrapolares mano-pie (Xitron 4000 y BIA-101 RJL System), cuando se comparan con la DEXA -DPX Lunar (Andreoli et al., 2002), mientras en otros casos se atienden las bondades de la BIA bipodal, con límites de acuerdo aceptables (-3,3 a -0,5 Kg MG; -3,9 a 0,6 %MG) comparados con DEXA en niños y adolescentes (Sung et al., 2001). La BIA empleada en nuestro estudio, de nueva fabricación, resultó escasamente consistente en sus valoraciones frente a la Antropometría (DurninEspecífica) y DEXA, con amplios rangos entre límites de acuerdo, por lo que su empleabilidad puede cuestionarse.

Quizá la aproximación más acertada en este sentido la ofrezcan Deurenberg et al. quienes afirman en un estudio multicéntrico en población de 18-70 años y 17-41,9 kg/cm² de ambos sexos, empleando BIA tetrapolar de miembros superiores y DEXA, que aunque las ecuaciones de predicción de componente graso aportan generalmente buenas estimaciones, la generalización en el empleo de las fórmulas es compleja (Deurenberg et al., 2001). Por ello, los estudios individuales deben ser interpretados con mucha precaución, apreciación que avalan otros autores que han estudiado el comportamiento de BIA (Barrera et al., 1997; Xie et al., 1999).

En estudiantes universitarias japonesas, se encontró el mismo patrón, donde el %MG arrojó correlaciones entre 0,7 y 0,8 para parejas de método (BIA, DEXA y Antro-

pometría -basado en pliegues cutáneos-), siendo ligeramente más altos para MG, en ambos casos con diferencias estadísticamente significativas entre métodos, concluyendo que aunque las correlaciones parecen fuertes, se hace necesario definir puntos de corte en función de la población (obesos y delgados) para poder dilucidar qué método es más apropiado en cada caso (Kitano et al., 2001). Curiosamente, algunos expertos han afirmado que la Antropometría con pliegues cutáneos y la BIA serían preferibles para monitorizar el análisis de la CC en sujetos no obesos, mientras que la DEXA se considera como el método de elección en obesos, donde la reproductibilidad de los datos gana especial importancia (Erselcan et al., 2000). Desde nuestra opinión, y a la luz de los procedimientos desarrollados en nuestro estudio, el análisis de obesos depende de manera directa de los instrumentos de DEXA empleados, ya que el área de exploración se encuentra limitada en los Hologic, y si en el decúbito esa área es excedida por el individuo, la medición no es posible.

En otra población sana, nuevamente de estonios (18-60 años; ♂=34,6±16,3; ♀=34,7±8,8), la BIA (Bodystat Multiscan 5000) a través de diferentes fórmulas (Lukaski, Chumlea, Segal -hombres- y Van Loan y Mayclin -mujeres-) obtuvo resultados de MG sensiblemente diferentes a la DEXA (Lunar DPX-IQ), aunque difirieron en sus valoraciones (Segal y Van Loan y Mayclin no presentaron diferencias entre medias con niveles de correlación por encima de 0,8, aunque sí en niveles de acuerdo). Los sesgos medios entre fórmulas de BIA y DEXA no resultaron demasiado elevados (alrededor de 2% MG). Sin embargo, la distancia entre límites de acuerdo (95%) fue importante (nunca menor del 10% y llegando en algunos casos en mujeres por encima del 20% -fórmula de Van Loan y Mayclin-). Los pliegues cutáneos evaluados (un total de 15: cuello, tríceps, bíceps, superior

de espalda, anterior de pecho, lateral de pecho, superior de abdomen, inferior de abdomen, inferior de espalda, cadera, muslo anterior, muslo lateral, posterior de muslo, interno de muslo y pierna medial), fueron capaces de explicar alrededor del 85% de la MG de los sujetos (Jürimäe et al., 2005). Los autores concluyen que BIA y pliegues cutáneos estiman el %MG de forma similar a la DEXA, si bien los pliegues determinan un comportamiento superior a la BIA. Los bajos niveles de acuerdo hacen que los métodos no sean intercambiables. Como podemos comprobar, estas apreciaciones coinciden, en gran medida, con las encontradas en nuestra población, a pesar de que ni la BIA, la DEXA o las estimaciones antropométricas se realizaron con idéntico aparataje o fórmulas de predicción que en el estudio de Jürimäe et al.

Ward et al. utilizaron el BioImp 2.4.0 (ImpediMed Ltd.) y DEXA QDR (software 12.4) para evaluar población adulta joven sana y obesa. Encontraron, para la MLG en los sanos (hombres y mujeres) altas correlaciones entre ambos métodos ($r=0,953$), con una mínima diferencia de peso (0,24 Kg) a favor de la DEXA, no existiendo diferencias significativas entre las medias (Ward et al., 2007). Sin embargo, cuando observamos su gráfico de Bland-Altman para DEXA y BIA (MLG), los límites de acuerdo (95%) ofrecen datos entre +5 y -12 Kg de peso, por lo que la valoración individual no es tan *buena* como podría interpretarse en un principio. Y es que similares datos, como podemos apreciar, son *diagnosticados* de muy diferente forma según el autor que los analice, adoleciendo esta metodología de acuerdo, o lo que es lo mismo, de uniformidad en los criterios de interpretación. Desde nuestro punto de vista, límites de acuerdo al 95% lejanos entre sí (10%), con sesgos

superiores a 3-4%, aportan poca calidad a los resultados, aunque las correlaciones sean elevadas (incluso por encima del 0,8).

A modo de resumen-corolario de la situación de estos métodos en población adulta sana, podemos adaptar a la aplicación de Antropometría, BIA y DEXA, la aproximación de Martín et al. sobre la BIA en mujeres entre 35 y 55 años. Estos autores afirman que la determinación de la grasa corporal en esta población aporta información clínica que no puede ser obtenida a partir de los parámetros antropométricos clásicos y que es relevante para realizar una correcta evaluación nutricional y una adecuada estratificación del riesgo metabólico-cardiovascular, así como para evaluar el efecto de las actividades preventivas (dieta, ejercicio) que se planifiquen. La MG complementa la evaluación realizada a partir del IMC y de estimadores de la distribución de la grasa corporal y, junto con la evaluación de otros factores de riesgo asociados, pueden facilitar la toma de decisiones clínicas, sobre todo en mujeres con IMC normal o características constitucionales especiales. No obstante, para considerar decisiones clínicas y/o epidemiológicas son necesarios estudios en población del entorno que clarifiquen los puntos de corte para el %MG con cada una de las técnicas que permiten su estimación (Martín et al., 2002).

En niños sanos (5-10 años), se ha comprobado un mayor ajuste de la BIA (Tanita/Stellar Innovation Inc. Bioelectrical Impedance Analyzer) en relación a la DEXA que la Antropometría (Cin/cad, IMC, Índice Ponderal). De esta forma, la pareja BIA-DEXA ob-

tuvo correlaciones de 0,98 MLG, 0,98 MG y 0,94 %MG, mientras los índices indirectos oscilaron entre 0,41 y 0,75 respecto a DEXA. Por otro lado, los límites de acuerdo de Bland-Altman entre BIA y DEXA fueron de 4 Kg MLG, 5,8 Kg MG y 14 %MG, resultando amplio en este último rango (Tyrrell et al., 2001). Este hallazgo, podríamos considerarlo nuevamente contrario a lo encontrado en nuestro estudio, donde la fórmula de Durnin-Womersley se correlaciona mejor con la DEXA. Sin embargo, hubiera sido necesario no haber limitado el estudio a índices de adiposidad indirectos (Cin/Cad, IMC,...) para poder realizar tales afirmaciones.

Asimismo, se han encontrado referencias intermedias, que aportan valores similares para BIA y Antropometría. Así, las comparaciones de diferentes métodos con métodos de referencia como el de 4 componentes, han demostrado que en el cálculo de MG, tanto la BIA (Tanita 305 y Bodystat-1500 system), como la Antropometría (Durnin-Womersley) mantienen similares niveles de acuerdo (diferencia entre medias de 0,5 y 1,5 Kg, con límites de acuerdo al 95% entre 7 y 9 Kg). Mientras tanto, otros métodos, como la DEXA o la densimetría, presentan diferencias entre medias de 0,1 a 0,2, con límites de acuerdo entre 3,4 y 3,7 Kg (Jebb et al., 2000). En estos casos, la DEXA vuelve a mostrarse como el más estable de los métodos de exploración, como hemos podido comprobar a lo largo del análisis de resultados de nuestro estudio, con Antropometría y BIA en valores próximos.

La diversidad apuntada se mantiene cuando se emplean diferentes fórmulas antropométricas para la estimación de la MG (Changling –combinación de la ecuación de Bro-

zek-, Yuan y Slaughter) comparadas con DEXA en un estudio de niños sanos chinos, entre 12 y 14 años (Li et al., 2003). De esta forma, las ecuaciones antropométricas tienden a infraestimar la MG frente a la DEXA, con errores en algunos casos superiores al 7%, tanto frente a la DEXA como entre las propias fórmulas antropométricas. Estas diferencias, se encontraron principalmente en las niñas, que presentaron una variabilidad mayor que los niños, tendencia que, a tenor de nuestros resultados, se mantiene en su etapa de adultos jóvenes. Los resultados fueron interpretados como inaceptables en la valoración clínica-epidemiológica de estos sujetos.

En un estudio, muy completo a nuestro parecer, realizado en niños americanos de 10 años y diferentes etnias, se comprobó que diversos métodos de estimación de la CC, entre los que se encontraban DEXA (Hologic QDR2000), BIA (Xitrón multi-frecuencia) y Antropometría (diferentes fórmulas para obtener MG entre las que se estaba la de Durnin-Womersley), se comportaron mejor en individuos con grandes cantidades de grasa (Bray et al., 2001). Sin embargo, tampoco existe acuerdo respecto a este parecer, puesto que este planteamiento fue diferente al de otros estudios, donde población extremadamente grasa (Wattanapenpaiboon et al., 1998) o magra, arrojó datos de peor calidad, presentando peores niveles de acuerdo. Asimismo, los resultados de otro estudio en niños obesos, mostraron que ciertos aparatos de BIA (2000M Data Input GmbH, Hofheim) infraestiman el componente grasa en torno a un 12% respecto a DEXA (Hologic QDR 4500), con una anchura entre límites de acuerdo (95%) de 9% y diferencias significativas entre ambos métodos, a pesar de que su correlación llegó a 0,83 (Eisenkölbl et al., 2001), lo que nos llevaría

a apoyar la afirmación de que en individuos con trastornos nutricionales, las estimaciones intermetodológicas son de peor calidad.

Podemos observar, por consiguiente, que tanto en niños, como en adolescentes, la valoración de MG y MLG, en Kg ó porcentaje tiene una alta dependencia del método de evaluación (De Lorenzo et al., 1998), hecho que se ha mantenido en nuestro estudio con adultos jóvenes sanos.

En ancianos los resultados también fluctúan considerablemente por autores. De esta forma, mientras existen evidencias que corroboran el patrón de comportamiento de altas correlaciones e incluso ausencia de diferencias estadísticamente significativas con bajos niveles de acuerdo en mujeres (Barbosa et al., 2001), lo que nos lleva a tomar los resultados con mucha precaución, en otros casos se atribuyen buenos resultados (Rance et al., 2006).

En patología, los resultados publicados arrojan un patrón general de comportamiento ya descrito en la actual Discusión. Correlaciones altas entre métodos (principalmente entre BIA y DEXA) con amplios rangos entre límites de acuerdo (95%) en la representación de Bland-Altman. No obstante, se hace necesario incluir diversos comentarios, no sólo por sus analogías o diferencias con nuestros datos, sino por la diversidad de resultados dentro de los propios estudios intermetodológicos (Bray et al., 2002), que atiendan los diferentes escenarios posibles.

Insistiendo en la obesidad, en este caso en mujeres, se han encontrado buenas relaciones entre métodos, si bien en algunos casos no se han analizado los datos de la forma más adecuada. En el estudio de Álvarez et al., se empleó el coeficiente de determinación (r^2) en lugar del coeficiente de correlación (r), entre parejas de métodos, lo cual no constituye una fuente de información adecuada, si bien puede uno obtenerse a partir del otro. De esta forma, los resultados determinaron una relación importante ($r^2 \geq 0,63$) en %MG entre BIA (fórmula de Segal), DEXA y pliegues cutáneos, aunque una vez más, los límites de acuerdo mantuvieron una elevada distancia, de un 20% (Álvarez et al., 2007), tal y como ocurre en otros estudios de poblaciones asimilables (Neovius et al., 2006; Newton et al., 2006). Entre otros factores, estas importantes diferencias tienen su origen, al evaluarlas frente a un método de 4 componentes como criterio, en los cambios de hidratación de la MLG (Fogelholm et al., 1997), circunstancia ya reflejada en el Marco teórico. En estudios sobre población masculina con sobrepeso se repite el comportamiento, con un análisis de Bland-Altman que mostró rangos de límites de acuerdo amplios (16 Kg MG, 14 Kg MLG, 14% MG), aunque las correlaciones se situaron en valores relativamente altos $-r^2=0,81$ MG, $r^2=0,81$ MLG, $r^2=0,6$ %MG- (Pateyjohns et al., 2006).

También se ha intentado detectar el método más sensible a los cambios importantes de peso corporal, dado que este hallazgo permitiría seguimientos longitudinales necesarios en numerosas situaciones. En este sentido, aunque tanto BIA (Xitron multifrecuencia y Tanita 305), como DEXA (Hologic 2000) se han mostrado sensibles a los cambios de peso

ponderal, las diferencias numéricas son importantes entre métodos tanto para MG, como para %MG y MLG. Así, a pesar de ser dos métodos de BIA, el Xitrón mostró coeficientes de determinación más altos ($r^2=0,88$ MG, $r^2=0,94$ MLG, $r^2=0,87$ %MG) con DEXA que el Tanita ($r^2=0,61$ MG, $r^2=0,83$ MLG, $r^2=0,35$ %MG) y se mostró más estable ante la pérdida de peso. No obstante, los límites de acuerdo de Bland-Altman fueron amplios en todos los casos y comparaciones, con sesgos importantes -siempre superiores al 10 %MG entre ambos límites- (Frisard et al., 2005).

En adultos de ambos sexos con fibrosis quística utilizando BIA (SEAC Multiple Frequency -Model SFB3-, Uniquet Ltd.) con fórmulas de Segal y Lukaski, DEXA (Lunar DPX-IQ) y pliegues cutáneos (tríceps, bíceps subescapular y suprailíaco) con fórmula de Durnin-Womersley (King et al., 2005), aparecen altas correlaciones sobre la MLG entre la DEXA y el resto de métodos ($r=0,95$ BIA Lukaski, $r=0,94$ BIA Segal, $r=0,97$ Durnin-Womersley). No obstante, la distancia entre los límites de acuerdo del análisis de Bland-Altman fue importante en todos los casos, con rangos entre DEXA y resto de métodos en torno a 10 Kg MLG por cada uno. Este patrón de comportamiento fue similar al que se detectó en otro estudio en hombres adultos sanos y con EPOC, donde la BIA sobreestimó la MG e infraestimó la MLG respecto a la DEXA (Freitas Junior et al., 2005).

En enfermos de VIH también se ha detectado este patrón de resultados, con correlaciones para MLG por encima de 0,9 entre DEXA (Lunar DPX body scanner) y los otros dos métodos (BIA con diferentes fórmulas; Antropometría con varias fórmulas, incluida la

de Dunin-Womersley). Aparecieron en MLG diferencias significativas entre la DEXA y los otros métodos, con límites de acuerdo (95%) amplios (8 Kg aproximadamente). En MG se repitió el comportamiento, eso sí, con correlaciones entre 0,7 y 0,8 y límites de acuerdo en torno a los 10 Kg (Batterham et al., 1999). Como podemos observar, el comportamiento de correlaciones y niveles de acuerdo en este tipo de pacientes se asemejó de manera importante al de nuestro estudio. No sólo las correlaciones fueron altas y el rango entre límites de acuerdo amplio, sino que los datos fueron más cercanos en la MLG que en la MG, que siempre obtuvo valoraciones más alejadas entre los métodos.

Cuando se estudia a través de BIA (18 fórmulas de estimación diferentes) y DEXA la CC de niños con VIH que sufren lipodistrofia clínicamente aparente, también se ha detectado la necesidad de planteamientos y ecuaciones de predicción específicas. En estos niños se constató que la BIA no definía adecuadamente la distribución de grasa, aunque las mediciones parecían no verse afectadas por las lipodistrofia aparente. Los modelos empleados en niños sanos de la misma edad no pueden aplicarse de manera directa a poblaciones con patologías que puedan afectar a la CC, como el VIH (Joffe et al., 2005).

Un tipo de pacientes en los que la estimación de la CC presenta una mayor dificultad y al mismo tiempo relevancia, son los pacientes dializados. Aunque no es objetivo principal en el presente trabajo, sí comentaremos algunos de los resultados más llamativos de la literatura. En pacientes con diálisis peritoneal analizado por diferentes métodos (BIA – RJL 101-, DEXA –Lunar DPA software 3.6-, Antropometría por fórmula de Durnin-

Womersley) se obtuvieron diferencias entre medias importantes (5,3 %MG entre BIA y DEXA) que se redujeron para los controles sanos. De hecho, tanto en sanos como enfermos, por sexos, existieron diferencias significativas en todas las comparaciones, excepto entre la pareja DEXA y Durnin-Womersley para mujeres en los controles sanos. Los coeficientes de correlación para %MG se mantuvieron en un rango de 0,49-0,67, o lo que es lo mismo, valores de correlación moderados, mientras los límites de acuerdo (95%) resultaron muy amplios (hasta 20 %MG entre BIA y DEXA en la muestra total). A pesar de estos datos, los autores concluyeron que los diferentes métodos eran razonablemente aplicables a este tipo de enfermos (Stall et al., 1996), apreciación a nuestro juicio, difícilmente sostenible, al menos si se pretende que de las evaluaciones comentadas se pudieran derivar decisiones de tipo diagnóstico o terapéutico.

Valorando otras características poblacionales de nuestro estudio, la influencia de la actividad física (probablemente asociada a un estilo de vida más saludable en el adulto joven) queda reflejada en que, para todos los casos, los grupos más activos mostraron niveles de grasa (MG y %MG) inferiores y secuenciados a los que practicaban menos actividad física. Así, los menos grasos fueron los de actividad física alta, después los de actividad moderada, a continuación los de baja y, finalmente, aquellos considerados en la categoría de inactividad. Esta relación se encontró en todos los métodos de evaluación empleados, a excepción de las fórmulas de Durnin-Womersley, donde los datos del subgrupo de inactividad y los de actividad baja aparecieron realmente muy próximos, confundiendo la MG de algunos individuos de ambas categorías en su representación gráfica.

En muchos de los estudios publicados sobre CC, la muestra se componía de deportistas de alto nivel. En esta población la Antropometría se ha comportado en niveles más próximos a la DEXA que a la BIA tanto para MG como para MLG. Incluso esa proximidad de los datos de correlación se ha encontrado en parámetros aislados de Antropometría (pliegues de muslo y abdominal para MG y muslo, abdominal y suprailíaco para MLG) (Stewart y Hannan, 2000). En bailarinas adolescentes (14-17 años), la MG calculada con la fórmula de Durnin-Womersley se correlacionó mejor con la DEXA ($r=0,8$), que la BIA ($r=0,63$), mientras entre Durnin-Womersley y BIA resultó realmente muy baja ($r=0,48$) (Eliakim et al., 2000). Nuevamente, la DEXA y la Antropometría se comportan mejor que la BIA para la determinación de MG. Incluso en algunas ocasiones se ha cuestionado la fiabilidad de la BIA (Xitrón 4000B), eso sí, en este caso en enfermos renales transplantados (Van den Ham et al., 1999), alcanzando mayor acuerdo (límites de acuerdo 95% en análisis de Bland-Altman) DEXA (Lunar DPX-L) y Antropometría (Durnin-Womersley). Algunos autores, han apuntado que en desórdenes alimentarios, la BIA no ofrece mejores resultados que la Antropometría basada en pliegues cutáneos en la estimación de %MG (Hannan et al., 1993). Estos hallazgos se han ratificado en nuestro estudio, donde el nivel de acuerdo tanto en %MG, como en %MLG (con valores de rango más pequeños) fue superior, en todos los casos entre DEXA y DurninEspecífica, que con la BIA. El sesgo obtenido también fue, en general, menor entre DEXA y Durnin-Womersley que cuando entraba a formar parte del análisis la BIA. El automatismo de la BIA no mejora la calidad de las múltiples variables (directamente realizadas o indirectamente calculadas a través de fórmulas) obtenidas a través de Antropometría (pliegues cutáneos, diámetros óseos, perímetros,...).

Sin embargo, tampoco este hecho es uniforme en la bibliografía. Así también se ha descrito en bailarinas cómo la BIA (101RJL-Systems) puede aportar menores sesgos y menor rango entre los límites de acuerdo (95%) que la Antropometría (fórmula de Durnin-Womersley) respecto a la DEXA (DPX+ Lunar) en la MLG (Yannakoulia et al., 2000).

De la misma manera que la actividad física se ha mostrado como un factor determinante en las exploraciones, el factor sexo conllevó mayores diferencias en los resultados de nuestro estudio. De esta forma, aunque en consistencia ambos sexos tuvieron comportamientos diferentes en función de si la variable analizada era MG ó MLG, tanto las diferencias entre medias, como el nivel de acuerdo resultaron sensiblemente peor en las mujeres que en los hombres. Son múltiples los factores que pueden determinar este suceso en nuestro estudio: la menor actividad física de las mujeres (con mayor heterogeneidad entre quien la realizaba y quien no) respecto a los hombres, el menor componente hídrico de las mujeres dependiente de cuestiones diversas, como la fase del ciclo menstrual en la que se encontrasen, la mayor variabilidad de CC que los hombres en una población de las características descritas, etc. Por otro lado, esta circunstancia, sin poder afirmar de forma absoluta que es constante en la bibliografía, sí se presenta con cierta recurrencia (Li et al., 2003; Lintsi et al., 2004; Jürimäe et al., 2005). A pesar de que estos autores no recogen de manera explícita cuáles pueden ser los motivos de las diferencias entre sexos, podemos añadir a las comentadas previamente, las siguientes: la DEXA en la exploración del tronco debe distinguir y *decidir* la composición grasa de más tejidos en las mujeres (mayor volumen de glándulas mamarias, grasa pélvica, etc.) que en los hombres, por lo que el margen de error

puede incrementarse; la comprensibilidad del pliegue cutáneo puede diferir entre sexos, dado que un mayor pliegue cutáneo tiende a presentar mayor margen de error, como ocurre en determinadas poblaciones de obesos y ancianos; mayor tendencia de las mujeres a sufrir desórdenes alimentarios, ampliando el abanico de hallazgos que algunos métodos de estimación de la CC no son capaces de identificar, etc.

Como hemos podido comprobar, estos resultados entre pruebas, que se entienden, de diagnóstico, a partir de la cuales se deben tomar decisiones clínicas, resulta comprometedo. Por hacer una comparación rápida en términos más comúnmente conocidos, si dos métodos de evaluación de la glucemia arrojaran, en un mismo individuo, resultados identificables con los de la DEXA y la BIA de nuestro estudio, sería posible que uno de ellos identificara una posible diabetes, y el otro mantuviera su evaluación en valores normales. Esta circunstancia es relevante y debe hacernos reflexionar sobre la validez de los métodos empleados, comunes en la literatura habitual. De hecho, los resultados emitidos en nuestro estudio se encuadran con similitud de valores a los presentados por otros autores previamente, en poblaciones de la misma condición y metodología similar. Como hemos descrito, muchos de estos estudios concluyen que, a pesar del compromiso de acuerdo entre métodos, las elevadas correlaciones y la necesidad de avanzar y aplicar los conocimientos a diferentes poblaciones y diferentes condiciones, los resultados son esperanzadores y útiles en la práctica clínica y epidemiológica habitual. En este sentido, y como ya hemos comentado, deben diferenciarse con claridad, a la hora de interpretar los resultados de cada estudio, los valores de consistencia, acuerdo (análisis de Bland-Altman) y comparaciones (diferencias significativas entre medias -ANOVA-). Un desconocimiento del verdadero signi-

ficado de cada herramienta estadística puede llevar a conclusiones erróneas y, lo que es peor, a su empleo en decisiones sanitarias de forma equívoca y sesgada.

No obstante, partiendo de las premisas apuntadas y de la necesidad de su uso, hay varias circunstancias que debemos tener en cuenta, y que devuelven la permisividad de empleo relativa a estos métodos y el aliento para seguir investigándolos.

En primer lugar, el sesgo medio que se comete entre parejas de métodos (BIA, DEXA, Antropometría con fórmula de DurninEspecífica) es pequeño (no mayor de 1,5% en los hombres y llegando al 4% en las mujeres, para %MG y %MLG) a pesar de que el rango entre los límites de acuerdo al 95% resulta amplio. Por ello, las estimaciones poblacionales, en nuestro estudio, permiten comparabilidad entre métodos, si bien las exploraciones individuales mostrarían un riesgo mayor de fallo en estas valoraciones con diferentes metodologías.

En segundo lugar, salvo el método directo (claramente limitado en su empleo), son los más avanzados de los que dispone actualmente la ciencia y, por mucho que la ortodoxia epistemológica podría conducirnos por otros caminos, mejor tener una herramienta de medida, aunque no resulte fiable al 100%, que no medir nada. La identificación de los sesgos, errores, falacias, etc., si las hubiere, constituyen el primer paso para su superación, por lo que la investigación en este campo, lejos de ser baladí, se convierte en eje fundamental del desarrollo científico.

Como estamos comentando, otro de los aspectos relevantes es la especificidad de la metodología de análisis de este tipo de resultados descrita por Bland y Altman para la identificación del grado de acuerdo entre métodos de exploración (Bland et al., 1986; Bland et al., 2003). Este planteamiento, acompañado de sus componentes gráficos, facilita una visión rápida y clara de la situación de dos métodos de valoración sobre una misma variable. No obstante, una visión parcelada y poco profunda del mismo, puede llevar a comentarios y conclusiones poco acertadas, afirmando *buenos resultados* donde no los hay, y no teniendo en cuenta que, a pesar de la *reunión de puntos*, los rangos y las escalas numéricas pueden alejar de la realidad al investigador. Valores próximos en el eje horizontal, con una horquilla vertical de ± 8 Kg, por ejemplo, de grasa, no puede ser asumida como un excelente dato de acuerdo, pues aleja, en algunos casos a individuos de la realidad de su MG (más de 4 Kg pueden representar un 7-9% del peso).

No podemos perder de vista que, habitualmente, cuando existen múltiples formas de aproximarse a la solución de un problema, ninguna de estas posibles soluciones suele ser lo suficientemente satisfactoria como para deslegitimar al resto. Este modelo de comportamiento es recurrente en el análisis de CC. Dentro de cada método existen múltiples instrumentos, fórmulas, software, hardware, etc., que aportan valoraciones no siempre coincidentes. Este hecho nos llevó a buscar a lo largo del análisis cuál de las fórmulas antropométricas resultaba más cercana a los otros métodos de análisis y aportaba una información más acorde con el segmento de población que estábamos analizando. De esta manera, podemos afirmar que, en nuestro estudio, por tanto en nuestra muestra, la fórmula para la MG de Carter y la de DurninGeneral (que no tiene en cuenta la edad –aunque sí el sexo-

para sus estimaciones) presentan, en el primer caso, datos que infraestiman considerablemente el compartimento graso, y en el segundo, datos que, además de sobreestimar dicho componente, no se amoldan, como el resto de métodos, a la población de estudio, rompiendo las esperadas correlaciones entre métodos que exploran las mismas variables.

Por último, podemos afirmar que, a pesar de que la DEXA y la BIA se han tomado tradicionalmente como métodos más válidos y fiables respecto a la Antropometría, los dos métodos que han mostrado mayor cercanía en sus valoraciones son la DEXA y la Antropometría (DurninEspecífica), como reflejan los datos obtenidos, tanto de correlaciones, como de ANOVAs y estimación de acuerdos. Este hecho, llamativo al encontrar como más acorde a lo esperado un método, la Antropometría, denostada por muchos, nos induce a seguir valorando en su justa medida la capacidad humana (apoyada en la matemática y la razón) de medir directamente, y no sólo a través de instrumentos automatizados, diferentes parámetros corporales. No podemos olvidar que las valoraciones de CC son rutinarias en numerosas especialidades sanitarias, con un horizonte claramente en expansión, donde los métodos de coste más ajustado, mayor aplicabilidad independientemente de las condiciones de salud del paciente y rapidez de estimación, deben primarse frente a otros, menos útiles en estudios de campo y ciertas condiciones patológicas.

No obstante, tanto por los resultados de nuestro estudio, como por las referencias aportadas por la literatura, sigue existiendo la necesidad, apuntada por algunos autores, de profundizar en el conocimiento de los métodos encaminados a la determinación de la CC y su monitorización, principalmente en lo que respecta a las variables MLG, MG y agua cor-

poral total (ACT), al menos, en enfermos. El peso corporal y el IMC siguen siendo buenos indicadores del estado nutricional de los pacientes, pero no evalúan el impacto de la enfermedad y los tratamientos. Atendiendo a la situación actual del proceso, podemos afirmar que DEXA y BIA pueden ser usados en combinación para realizar evaluaciones válidas de la CC y el seguimiento del periodo clínico de la MLG y la MG de diferentes patologías (Pichard et al., 1998), si bien en poblaciones uniformes, la Antropometría puede resultar un recurso útil.

7.~ LiMITACIONES DEL ESTVDiO

Como se ha comentado previamente, a pesar de que existe una nutrida bibliografía a cerca de los métodos de evaluación de la CC, no podemos asegurar que los niveles de acuerdo y correlación entre DEXA, BIA y diferentes fórmulas antropométricas, sean aceptables para aplicar indistintamente unos resultados u otros a decisiones clínicas. No se cumple en nuestro estudio, por tanto, uno de los objetivos de las valoraciones.

La búsqueda de un enfoque aséptico, donde la predisposición ante la población o los datos por parte de los propios investigadores fuera minimizada puede haber sesgado la muestra, ofreciéndose a entrar en el estudio un tipo de individuo no representativo de la población de su segmento de edad. Este sesgo podría proceder del diferente estilo de vida entre ambos sexos, la preocupación mayor de las mujeres por su estado de salud o, incluso, de su estética, favoreciendo estilos de vida y comportamientos diferentes, que se ven reflejados en parámetros biológicos, como la CC y sus compartimentos.

Otra de las limitaciones proviene del propio diseño del estudio. El empleo de cinco métodos de exploración y el complejo, diverso y específico tratamiento estadístico, así como la necesidad de una pormenorizada interpretación, determinó la conveniencia de un

planteamiento transversal. Si se implementaran intervenciones en función de los resultados, la capacidad de identificar cambios en la CC de cada uno de los métodos permitiría otro tipo de evaluaciones de carácter longitudinal, ampliando, si fuera el caso, los horizontes de aplicación clínica.

La falta de unidad en las valoraciones y sus análisis estadísticos en la literatura, el empleo de diferentes aparatajes, así como la propia ausencia de criterios uniformes en la interpretación de los datos, no permiten extraer conclusiones taxativas o extrapolables a todos los niveles sobre los resultados obtenidos. Se presenta como necesaria la homogeneización de procedimientos, hoy día, lejos de lograrse.

8.~ LINEAS FUTURAS DE INVESTIGACIÓN

Se hacen necesarios más estudios en colaboración con los propios fabricantes de los instrumentos de medida para mejorar sus estimaciones respecto a los estándares de referencia (métodos directos e indirectos, calibraciones con *phantom*, etc.), en todo tipo de poblaciones, tanto sanas como enfermas, de diferentes edades, ambos sexos, niveles de actividad física, origen, etc.

Las valoraciones que surgen de los estudios de CC que identifican grados de acuerdo entre métodos, deben ser tomadas con cautela, sometiendo a los datos a un análisis pormenorizado y no limitándose a la interpretación de los resultados estadísticos, utilizando éstos como herramienta, no como única verdad. Debe, por tanto, aportarse un doble enfoque: en primer lugar estadístico y, en segundo, clínico o de relevancia en la salud y toma de decisiones, ya que no siendo en ocasiones coincidentes, ambas perspectivas deben llegar a puntos de encuentro y consenso.

Conseguir un método de valoración rápido, válido, fiable, económico, de elevada autonomía y versátil (útil en estudios de campo) sigue siendo objetivo prioritario en un futuro próximo, superando así la inmovilidad y carestía de herramientas potentes pero inmóviles o limitadas en sus indicaciones, como ocurre con la DEXA.

9.~ CONCLVSiONES

El examen, comentario y discusión de los resultados nos permite llegar a las siguientes conclusiones:

1. Los distintos métodos de evaluación de la composición corporal (Antropometría, BIA y DEXA) ofrecen estimaciones diferentes y, por tanto, no intercambiables entre sí, en una muestra de adultos jóvenes sanos.

2. Las estimaciones de composición corporal poblacionales permiten conocer parámetros útiles desde el punto de vista epidemiológico, si bien las individuales pueden carecer de semejante interés.

3. DEXA y Antropometría (fórmula de Durnin y Womersley Específica para edad y sexo) muestran en una población homogénea niveles de consistencia elevados, con escasos márgenes de sesgo, por lo que se perfilan como posibilidades aceptables de estimación de la composición corporal para adultos jóvenes de ambos sexos, aceptando un relativo desajuste entre límites de acuerdo.

4. La BIA se comporta como un método independiente de la actividad física del sujeto, alejando sus valores de los de la DEXA y la Antropometría en los mismos sujetos, empleando la fórmula de cálculo de la MG más adecuada para una población de adultos jóvenes (fórmula de Durnin y Womersley Específica).

5 y última. Siguen siendo necesarios estudios con protocolos uniformes y análisis de resultados en profundidad sobre validez y fiabilidad sobre la metodología indicada para la evaluación de la composición corporal en poblaciones y estados de salud diversos, que permitan encontrar el o los métodos *ideales* para cada caso y situación.

ANEXOS

**ANEXO 1: HOJA INFORMATIVA
(CAPTACIÓN DE LA MUESTRA)**

EVALUACIÓN DE LA COMPOSICIÓN CORPORAL

Indicaciones previas:

Estimado señor/a, está usted formando parte de un estudio científico que tiene como objetivo determinar la composición corporal, a través de tres métodos de valoración, de la población de nuestro en torno de ambos sexos y todas las edades.

El estudio se lleva a cabo al amparo del Servicio de Medicina Nuclear del Hospital Universitario de Salamanca (perteneciente al SaCyL) y de la Unidad de Valoración del Cuerpo Humano, integrada en el Departamento de Anatomía e Histología Humanas de la Universidad de Salamanca.

Información general:

Antes de iniciar el estudio, deberá leer y, en caso de estar de acuerdo, firmar el consentimiento informado para realizar las valoraciones, así como contestar a un breve cuestionario-historia clínica por parte del personal especializado. Los investigadores resolverán las dudas que tenga y podrá abandonar el estudio en el momento que lo estime oportuno.

Las pruebas a realizar son: Densitometría de doble fotón (DEXA), Bioimpedancia Eléctrica (BIA) y Antropometría (pliegues cutáneos, diámetros óseos, perímetros musculares,...).

Particularidades según la prueba:

- DEXA: se realizará en el Servicio de Medicina Nuclear y es equiparable, a efectos de condicionantes hacia el sujeto, a una radiografía de muñeca.
- BIA: esta prueba se realizará en la E.U. de Enfermería y Fisioterapia. Para su realización no se deberá haber ingerido comida o bebido grandes cantidades de líquido (incluido alcohol), al menos 3 horas antes de la valoración. Tampoco debe haber realizado esfuerzos físicos intensos 4 horas antes de la valoración. Si es posible debe acudir con la vejiga vacía.
- Antropometría: esta prueba se realizará en la E.U. de Enfermería y Fisioterapia. La única premisa para su realización es la de acudir con ropa cómoda (pantalón corto y camiseta tirantes o *top*).

ANEXO 2: CONSENTIMIENTO INFORMADO

INFORMACIÓN SOBRE EL ESTUDIO DE INVESTIGACIÓN

TÍTULO: EVALUACIÓN DE LA COMPOSICIÓN CORPORAL POR TRES MÉTODOS (DEXA, BIA, Antropometría) DE UNA POBLACIÓN DE ADULTOS JÓVENES.

D. Francisco Alburquerque Sendín, Dr. D. Miguel Santos del Rey, Dr. D. Francisco Javier Martín Vallejo, Dr. D. José Ramón García-Talavera y Dra. Da. Esther Martín.
Universidad de Salamanca y Hospital Clínico Universitario.

OBJETIVOS

- Evaluar la composición corporal (CC) de un grupo de población adulta joven a través de 3 métodos de estimación de la CC.
- Evaluar las correlaciones de las estimaciones de los 3 métodos.

METODOLOGÍA

El estudio consistirá en la toma de datos generales (nombre, edad, sexo, talla, peso) y la realización de las 3 estimaciones de composición corporal: Densitometría de doble fotón (DEXA), Bioimpedancia eléctrica (BIA), Antropometría (pliegues cutáneos, perímetros, diámetros).

REALIZACIÓN DE LAS PRUEBAS E INTERVENCIONES

Las pruebas e intervenciones realizadas no suponen en ningún caso dificultad, cansancio, lesión, dolor o reacción adversa (la DEXA emite la radiación menor 0,01 mSv –menor a la radiación que se soporta en un día natural y equivalente a 1 radiografía de mano-). Todas ellas serán realizadas por el Servicio de Radiodiagnóstico y Medicina Nuclear (Hospital Universitario de Salamanca) y la E.U. de Enfermería y Fisioterapia (Universidad de Salamanca), en las instalaciones que a tal efecto disponen ambas instituciones en óptimas condiciones de seguridad e higiene y utilizando instrumental homologado.

BENEFICIOS DEL ESTUDIO

La realización del estudio permitirá conocer la composición corporal del individuo, con una división bicompartimental y tetracompartimental, así como el Agua Corporal Total, el Agua Intracelular y Extracelular, el Índice de masa corporal y el Índice Cintura-Cadera.

ESTUDIO COMPARATIVO INTERMETODOLÓGICO DE LA COMPOSICIÓN CORPORAL (ANTROPOMETRÍA, BIA Y DEXA)

CONFIDENCIALIDAD DE LOS DATOS

De acuerdo con la Ley 15/1999 de Protección de Datos de Carácter Personal, los datos personales que se le requieren (sexo, edad, situación laboral, 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 atienda.

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.

.....
D.con DNI nº libre y voluntariamente DECLARO:

Que he leído la información contenida en el dorso de 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 efectos perjudiciales, y que se realizarán en las instalaciones apropiadas para el mismo por personal debidamente cualificado y especializado.

Que por tanto, presto mi conformidad e informadamente consiento y autorizo a los responsables de la investigación, para que realicen el estudio detallado en el dorso de este Documento.

En Salamanca, a de 200....

Firma:

ANEXO 3: DECLARACIÓN DE HELSINKI

DECLARACION DE HELSINKI DE LA ASOCIACION MÉDICA MUNDIAL

(Principios éticos para las investigaciones médicas en seres humanos)

Adoptada por la 18ª Asamblea Médica Mundial Helsinki, Finlandia, Junio 1964 y enmendada por la

- 29ª Asamblea Médica Mundial Tokio, Japón, Octubre 1975.
- 35ª Asamblea Médica Mundial Venecia, Italia, Octubre 1983.
- 41ª Asamblea Médica Mundial Hong Kong, Septiembre 1989.
- 48ª Asamblea General Somerset West, Sudáfrica, Octubre 1996.
- 52ª Asamblea General Edimburgo, Escocia, Octubre 2000.
- Nota de Clarificación del Párrafo 29, agregada por la Asamblea General de la AMM, Washington 2002.
- Nota de Clarificación del Párrafo 30, agregada por la Asamblea General de la AMM, Tokio 2004.

A. INTRODUCCION

1. La Asociación Médica Mundial ha promulgado la Declaración de Helsinki como una propuesta de principios éticos que sirvan para orientar a los médicos y a otras personas que realizan investigación médica en seres humanos. La investigación médica en seres humanos incluye la investigación del material humano o de información identificables.

2. El deber del médico es promover y velar por la salud de las personas. Los conocimientos y la conciencia del médico han de subordinarse al cumplimiento de ese deber.
3. La Declaración de Ginebra de la Asociación Médica Mundial vincula al médico con la fórmula "velar solícitamente y ante todo por la salud de mi paciente", y el Código Internacional de Ética Médica afirma que: "El médico debe actuar solamente en el interés del paciente al proporcionar atención médica que pueda tener el efecto de debilitar la condición mental y física del paciente".
4. El progreso de la medicina se basa en la investigación, la cual, en último término, tiene que recurrir muchas veces a la experimentación en seres humanos.
5. En investigación médica en seres humanos, la preocupación por el bienestar de los seres humanos debe tener siempre primacía sobre los intereses de la ciencia y de la sociedad.
6. El propósito principal de la investigación médica en seres humanos es mejorar los procedimientos preventivos, diagnósticos y terapéuticos, y también comprender la etiología y patogenia de las enfermedades. Incluso, los mejores métodos preventivos, diagnósticos y terapéuticos disponibles deben ponerse a prueba continuamente a través de la investigación para que sean eficaces, efectivos, accesibles y de calidad.

7. En la práctica de la medicina y de la investigación médica del presente, la mayoría de los procedimientos preventivos, diagnósticos y terapéuticos implican algunos riesgos y costos.
8. La investigación médica está sujeta a normas éticas que sirven para promover el respeto a todos los seres humanos y para proteger su salud y sus derechos individuales. Algunas poblaciones sometidas a la investigación son vulnerables y necesitan protección especial. Se deben reconocer las necesidades particulares de los que tienen desventajas económicas y médicas. También se debe prestar atención especial a los que no pueden otorgar o rechazar el consentimiento por sí mismos, a los que pueden otorgar el consentimiento bajo presión, a los que no se beneficiarán personalmente con la investigación y a los que tienen la investigación combinada con la atención médica.
9. Los investigadores deben conocer los requisitos éticos, legales y jurídicos para la investigación en seres humanos en sus propios países, al igual que los requisitos internacionales vigentes. No se debe permitir que un requisito ético, legal o jurídico disminuya o elimine cualquiera medida de protección para los seres humanos establecida en esta Declaración.

B. PRINCIPIOS BASICOS PARA TODA INVESTIGACION MEDICA

10. En la investigación médica, es deber del médico proteger la vida, la salud, la intimidad y la dignidad del ser humano.

11. La investigación médica en seres humanos debe conformarse con los principios científicos generalmente aceptados, y debe apoyarse en un profundo conocimiento de la bibliografía científica, en otras fuentes de información pertinentes, así como en experimentos de laboratorio correctamente realizados y en animales, cuando sea oportuno.
12. Al investigar, hay que prestar atención adecuada a los factores que puedan perjudicar el medio ambiente. Se debe cuidar también del bienestar de los animales utilizados en los experimentos.
13. El proyecto y el método de todo procedimiento experimental en seres humanos debe formularse claramente en un protocolo experimental. Este debe enviarse, para consideración, comentario, consejo, y cuando sea oportuno, aprobación, a un comité de evaluación ética especialmente designado, que debe ser independiente del investigador, del patrocinador o de cualquier otro tipo de influencia indebida. Se sobreentiende que ese comité independiente debe actuar en conformidad con las leyes y reglamentos vigentes en el país donde se realiza la investigación experimental. El comité tiene el derecho de controlar los ensayos en curso. El investigador tiene la obligación de proporcionar información del control al comité, en especial sobre todo incidente adverso grave. El investigador también debe presentar al comité, para que la revise, la información sobre financiamiento, patrocinadores, afiliaciones institucionales, otros posibles conflictos de interés e incentivos para las personas del estudio.

14. El protocolo de la investigación debe hacer referencia siempre a las consideraciones éticas que fueran del caso, y debe indicar que se han observado los principios enunciados en esta Declaración.
15. La investigación médica en seres humanos debe ser llevada a cabo sólo por personas científicamente cualificadas y bajo la supervisión de un médico clínicamente competente. La responsabilidad de los seres humanos debe recaer siempre en una persona con capacitación médica, y nunca en los participantes en la investigación, aunque hayan otorgado su consentimiento.
16. Todo proyecto de investigación médica en seres humanos debe ser precedido de una cuidadosa comparación de los riesgos calculados con los beneficios previsibles para el individuo o para otros. Esto no impide la participación de voluntarios sanos en la investigación médica. El diseño de todos los estudios debe estar disponible para el público.
17. Los médicos deben abstenerse de participar en proyectos de investigación en seres humanos a menos de que estén seguros de que los riesgos inherentes han sido adecuadamente evaluados y de que es posible hacerles frente de manera satisfactoria. Deben suspender el experimento en marcha si observan que los riesgos que implican son más importantes que los beneficios esperados o si existen pruebas concluyentes de resultados positivos o beneficiosos.
18. La investigación médica en seres humanos sólo debe realizarse cuando la importancia de su objetivo es mayor que el riesgo inherente y los costos pa-

ra el individuo. Esto es especialmente importante cuando los seres humanos son voluntarios sanos.

19. La investigación médica sólo se justifica si existen posibilidades razonables de que la población, sobre la que la investigación se realiza, podrá beneficiarse de sus resultados.
20. Para tomar parte en un proyecto de investigación, los individuos deben ser participantes voluntarios e informados.
21. Siempre debe respetarse el derecho de los participantes en la investigación a proteger su integridad. Deben tomarse toda clase de precauciones para resguardar la intimidad de los individuos, la confidencialidad de la información del paciente y para reducir al mínimo las consecuencias de la investigación sobre su integridad física y mental y su personalidad.
22. En toda investigación en seres humanos, cada individuo potencial debe recibir informaciones adecuadas acerca de los objetivos, métodos, fuentes de financiamiento, posibles conflictos de intereses, afiliaciones institucionales del investigador, beneficios calculados, riesgos previsibles e incomodidades derivadas del experimento. La persona debe ser informada del derecho de participar o no en la investigación y de retirar su consentimiento en cualquier momento, sin exponerse a represalias. Después de asegurarse de que el individuo ha comprendido la información, el médico debe obtener entonces, preferiblemente por escrito, el consentimiento informado y voluntario de la persona. Si el consentimiento no se puede obtener por escrito, el proceso para lograrlo debe ser documentado y atestiguado formalmente.

23. Al obtener el consentimiento informado para el proyecto de investigación, el médico debe poner especial cuidado cuando el individuo está vinculado con él por una relación de dependencia o si consiente bajo presión. En un caso así, el consentimiento informado debe ser obtenido por un médico bien informado que no participe en la investigación y que nada tenga que ver con aquella relación.
24. Cuando la persona sea legalmente incapaz, o inhábil física o mentalmente de otorgar consentimiento, o menor de edad, el investigador debe obtener el consentimiento informado del representante legal y de acuerdo con la ley vigente. Estos grupos no deben ser incluidos en la investigación a menos que ésta sea necesaria para promover la salud de la población representada y esta investigación no pueda realizarse en personas legalmente capaces.
25. Si una persona considerada incompetente por la ley, como es el caso de un menor de edad, es capaz de dar su asentimiento a participar o no en la investigación, el investigador debe obtenerlo, además del consentimiento del representante legal.
26. La investigación en individuos de los que no se puede obtener consentimiento, incluso por representante o con anterioridad, se debe realizar sólo si la condición física/mental que impide obtener el consentimiento informado es una característica necesaria de la población investigada. Las razones específicas por las que se utilizan participantes en la investigación que no pueden otorgar su consentimiento informado deben ser estipuladas en el protocolo experimental que se presenta para consideración y aprobación del

comité de evaluación. El protocolo debe establecer que el consentimiento para mantenerse en la investigación debe obtenerse a la mayor brevedad posible del individuo o de un representante legal.

27. Tanto los autores como los editores tienen obligaciones éticas. Al publicar los resultados de su investigación, el investigador está obligado a mantener la exactitud de los datos y resultados. Se deben publicar tanto los resultados negativos como los positivos o de lo contrario deben estar a la disposición del público. En la publicación se debe citar la fuente de financiamiento, afiliaciones institucionales y cualquier posible conflicto de intereses. Los informes sobre investigaciones que no se ciñan a los principios descritos en esta Declaración no deben ser aceptados para su publicación.

C. PRINCIPIOS APLICABLES CUANDO LA INVESTIGACION MEDICA SE COMBINA CON LA ATENCION MEDICA

28. El médico puede combinar la investigación médica con la atención médica, sólo en la medida en que tal investigación acredite un justificado valor potencial preventivo, diagnóstico o terapéutico. Cuando la investigación médica se combina con la atención médica, las normas adicionales se aplican para proteger a los pacientes que participan en la investigación.
29. Los posibles beneficios, riesgos, costos y eficacia de todo procedimiento nuevo deben ser evaluados mediante su comparación con los mejores métodos preventivos, diagnósticos y terapéuticos existentes. Ello no excluye que pueda usarse un placebo, o ningún tratamiento, en estudios para los que no

hay procedimientos preventivos, diagnósticos o terapéuticos probados. A fin de aclarar más la posición de la AMM sobre el uso de ensayos controlados con placebo, la AMM publicó en octubre de 2001 una nota de clarificación del párrafo 29.

30. Al final de la investigación, todos los pacientes que participan en el estudio deben tener la certeza de que contarán con los mejores métodos preventivos, diagnósticos y terapéuticos probados y existentes, identificados por el estudio.
31. El médico debe informar cabalmente al paciente los aspectos de la atención que tienen relación con la investigación. La negativa del paciente a participar en una investigación nunca debe perturbar la relación médico-paciente.
32. Cuando en la atención de un enfermo los métodos preventivos, diagnósticos o terapéuticos probados han resultado ineficaces o no existen, el médico, con el consentimiento informado del paciente, puede permitirse usar procedimientos preventivos, diagnósticos y terapéuticos nuevos o no comprobados, si, a su juicio, ello da alguna esperanza de salvar la vida, restituir la salud o aliviar el sufrimiento. Siempre que sea posible, tales medidas deben ser investigadas a fin de evaluar su seguridad y eficacia. En todos los casos, esa información nueva debe ser registrada y, cuando sea oportuno, publicada. Se deben seguir todas las otras normas pertinentes de esta Declaración.

Nota de Clarificación del Párrafo 29 de la Declaración de Helsinki

La AMM reafirma que se debe tener muchísimo cuidado al utilizar ensayos con placebo y, en general, esta metodología sólo se debe emplear si no se cuenta con una terapia probada y existente. Sin embargo, los ensayos con placebo son aceptables éticamente en ciertos casos, incluso si se dispone de una terapia probada y si se cumplen las siguientes condiciones:

- Cuando por razones metodológicas, científicas y apremiantes, su uso es necesario para determinar la eficacia y la seguridad de un método preventivo, diagnóstico o terapéutico o

- Cuando se prueba un método preventivo, diagnóstico o terapéutico para una enfermedad de menos importancia que no implique un riesgo adicional, efectos adversos graves o daño irreversible para los pacientes que reciben el placebo.

Se deben seguir todas las otras disposiciones de la Declaración de Helsinki, en especial la necesidad de una revisión científica y ética apropiada.

Nota de Clarificación del Párrafo 30 de la Declaración de Helsinki

Por la presente, la AMM reafirma su posición de que es necesario durante el proceso de planificación del estudio identificar el acceso después del ensayo de los participantes en el estudio a procedimientos preventivos, diagnósticos y terapéuticos que han resultado beneficiosos en el estudio o el acceso a otra atención apropiada. Los arreglos para el acceso después del ensayo u otra atención deben ser descritos en el protocolo del estudio, de manera que el comité de revisión ética pueda considerar dichos arreglos durante su revisión.

La Declaración de Helsinki (Doc. 17.C) es un documento oficial de la Asociación Médica Mundial, organismo representante mundial de los médicos. Fue adoptada por primera vez en 1964 (Helsinki, Finlandia) y revisada en 1975 (Tokio, Japón), 1983 (Venecia, Italia), 1989 (Hong Kong), 1996 (Somerset West, Sudáfrica) y 2000 (Edimburgo, Escocia). Nota de Clarificación del párrafo 29, agregada por la Asamblea General de la AMM, Washington 2002. Nota de Clarificación del párrafo 30, agregada por la Asamblea General de la AMM, Tokio 2004.

ANEXO 4: RESOLUCIÓN DEL COMITÉ DE BIOTICA

ANEXO 5: PROFORMAS DE ANTRÓPOMETRÍA, BIA Y DEXA

BIBLIOGRAFÍA

- Aasen, G., Fagertun, H. y Halse, J. (2006). Body composition analysis by dual X-ray absorptiometry: in vivo and in vitro comparison of three different fan-beam instruments. *Scandinavian Journal of Clinical Laboratory Investigations* 66(8): 659-666.
- Aguado, H. y Gómez-Pellico, L. (2005). Body composition: evaluation methods. *European Journal of Anatomy* 9(2): 117-124.
- Albuquerque, F. (2000). Composición corporal. Un estudio comparativo en población joven. Salamanca, Universidad de Salamanca. Grado de Salamanca.
- Álvarez, F.P., Dixon, J.B., Strauss, B.J., Laurie, C.P., Chaston, T.B. y O'Brien, P.E. (2007). Single frequency bioelectrical impedance is a poor method for determining fat mass in moderately obese women. *Obesity Surgery* 17(2): 211-221.
- Andreoli, A., Melchiorri, G., DeLorenzo, A., Caruso, I.S., Salimei, P. y Guerrisi, M. (2002). Bioelectrical impedance measures in different position and vs dual-energy X-ray absorptiometry (DXA). *Journal of Sports Medicine and Physical Fitness* 42(2): 186-189.
- Bailey, D.A., Carter, J.E.L. y Mirwald, R.L. (1982). Somatotypes of Canadian men and women. *Human Biology* 54(4): 813-828.
- Bairos, L.M., Dawson-Hughes, B. y Roubenoff, R. (2003). Comparison of whole and regional body composition measured by Hologic QDR-2000 and Lunar DPX-L dual-energy X-ray absorptiometry. *International Journal of Body Composition Research* 1(1): 23-29.
- Baker, G.L. (1969). Human adipose tissue composition and age. *American Journal of Clinical Nutrition* 22(7): 829-835.
- Baker, L. (1989). Principles of the impedance technique. *IEEE Engineering in Medicine and Biology Magazine* 8(1): 11-15.
- Bakker, H.K. y Struikenkamp, R.S. (1977). Biological variability and lean body mass estimates. *Human Biology* 49(2): 187-202.
- Barbosa, A.R., Santarém, J.M., Jacob Filho, W., Meirelles, E.S. y Marucci, J.M. (2001). Comparison of body fat using anthropometry bioelectrical impedance and DEXA in elderly women. *Archivos Latinoamericanos de Nutrición* 51(1): 49-56.
- Barnett, A. (1937). The basic factors in proposed electrical methods for measuring thyroid function, I. The effect of body size and shape. *Western Journal of Surgical Obstetrics and Gynecology* 45: 322-326.
- Barnett, A. y Bagno, S. (1936). The physiological mechanisms involved in the clinical measure of phase angle. *American Journal of physiology* 114(2): 366-382.

ESTUDIO COMPARATIVO INTERMETODOLÓGICO DE LA COMPOSICIÓN CORPORAL (ANTROPOMETRÍA, BIA Y DEXA)

- Barrera, M.G., Salazar, G., Gajardo, H., Gattás, V. y Coward, A. (1997). Comparative analysis of body composition assessment methods in healthy adult men. *Revista Médica de Chile* 125(11): 1335-1342.
- Barrow, H.M. y McGee, R. (1979). A practical approach to measurement in physical education. Philadelphia, *Lea & Fediger*.
- Batterham, M.J., Garsia, R. y Greenop, P. (1999). Measurement of body composition in people with HIV/AIDS: A comparison of bioelectrical impedance and skinfold anthropometry with dual-energy X-ray absorptiometry. *Journal of the American Dietetic Association* 99(9): 1109-1111.
- Baumgartner, R.N., Chumlea, W.C. y Roche, A.F. (1988). Bioelectrical impedance phase angle and body composition. *American Journal of Clinical Nutrition* 48: 16-23.
- Baumgartner, R.N., Chumlea, W.C. y Roche, A.F. (1990). Bioelectrical impedance for body composition. *Exercise and Sport Sciences Reviews* 18: 193-224.
- Behnke, A.R. y Wilmore, J.H. (1984). Evaluation and regulation of body build and composition, *Englewood Cliffs: Prentice Hall*.
- Berral, F.J. (1996). Cineantropometría. Parte I. Formación continua. *Medicina del Ejercicio* 11(1): 21-33.
- Berral, F.J. (1996). Cineantropometría. Parte II. Formación continua. *Medicina del Ejercicio* 11(2): 19-29.
- Berral, F.J., Escribano, A., Berral, C.J., Delgado, C., Lancho, J.L. y De Rose, E. (1991). Comparative corporal composition study on the Faulkner and Kerr methods in athletes. 13th International Congress on Biomechanics. U. o. W. Australia. Perth. Australia.
- Berral, F.J., Escribano, A., Berral, C.J. y Lancho, J.L. (1992). Body composition of top performance athletes determined by a modification of Kerr's method. Sport, Medicine and Health - The Asian Perspective. Hong Kong, *Hong Kong Centre of Sports Medicine and Sports Science (Chinese University of Hong Kong)*: 4-6.
- Blake, G.M. y Fogelman, I. (1997). Technical principles of dual energy X-ray absorptometry. *Seminars in Nuclear Medicine* 27(3): 210-228.
- Bland, J.M. y Altman, D.G. (1986). Statistical methods for assessing agreement between two methods of clinical measurement. *Lancet* 1: 307-310.
- Bland, J.M. y Altman, D.G. (2003). Applying the Right Statistics: Analyses of measurement studies. *Ultrasound in Obstetrics and Gynecology* 22(1): 85-93.
- Bliznak, I. y Staple, T.W. (1975). Roentgenographic measurement of skin thickness in normal individuals. *Radiology* 116(1): 55-60.
- Boileau, R.A., Wilmore, J.H., Lohman, T.G., Slaughter, M. y Riner, W. (1981). Estimation of body density from skinfold thicknesses, body circumferences and skeletal widths in boys aged 8 to 11 years: comparison of two samples. *Human Biology* 53(4): 575-592.
- Boot, A.M., Bouquet, J., De Ridder, A.J., Krenning, E.P. y Muink Keizer-Schrama, M.P.F. (1997). Determinants of body composition measured by dual-energy X-ray absorptiometry in Dutch children and adolescents. *American Journal of Clinical Nutrition* 66(2): 232-238.
- Borrel, M. y Peris, P. (2000). Clínica y diagnóstico de la osteoporosis. Osteoporosis. Tratamiento compartido entre la atención primaria y la especializada. *EUROMEDICINE, Ediciones Médicas, S.L.*: 49-72.
- Bray, G.A., DeLany, J.P., Harsha, D.W., Volaufova, J. y Champagne, C.C. (2001). Evaluation of body fat in fatter and leaner 10-y-old African American and white children: the Baton Rouge Children's Study. *American Journal of Clinical Nutrition* 73(4): 687-702.

ESTUDIO COMPARATIVO INTERMETODOLÓGICO DE LA COMPOSICIÓN CORPORAL (ANTROPOMETRÍA, BIA Y DEXA)

- Bray, G.A., DeLany, J.P., Volaufova, J., Harsha, D.W. y Champagne, C. (2002). Prediction of body fat in 12-y-old African American and white children: evaluation of methods. *The American Journal of Clinical Nutrition* 76(5): 980-990.
- Bray, G.A., Greenway, F.L., Molitch, M.E., Dahms, W.T., Atkinson, R.L. y Hamilton, K. (1978). Use of anthropometric measures to assess weight loss. *American Journal of Clinical Nutrition* 31(5): 769-773.
- Bretón, I., Cuerda, M.C., Cambor, M. y García Peris, P. (2000). Técnicas de composición corporal en el estudio de la obesidad. Obesidad. La epidemia del siglo XX. B. Moreno, S. Moneres and J. Alvarez Madrid, *Díaz de Santos*. 169-190.
- Bretón, I., De la Cuerda, C., García Peris, P. y Moreno, B. (1997). Técnicas de composición corporal en el estudio de la obesidad. Obesidad: presente y futuro. B. Moreno, S. Monereo and I. Álvarez. Madrid, *Aula Médica*: 35-49.
- Brozek, J., Grande, F., Anderson, J.T. y Keys, A. (1963). Densitometric analysis of body composition: Revisions of some quantitative assumptions. *Annals of the New York Academy of Science* 26(110): 113-140.
- Brozek, J. y Keys, A. (1951). The evaluation of leanness-fatness in man; norms and interrelationships. *British Journal of Nutrition* 5(2): 194-206.
- BSI (1987). Determination of repeatability and reproducibility for a standard test method by inter-laboratory tests. London, *British Standards Institution*.
- Cañete, A., Pérez-Serrano, P. y Polanco, I. (1994). Estudio de los compartimentos corporales en la valoración del estado nutricional infantil. Exámenes complementarios. *Pediatría* 14(10): 421-427.
- Carlyon, R.G., Bryant, R.W., Gore, C.J. y Walker, R.E. (1998). Apparatus for precision calibration of skinfold calipers. *American Journal of Human Biology* 10(6): 689-697.
- Carter, J.E.L. (1982). Body composition of Montreal Olympic Athletes. Physical Structure of Olympic Athletes. Parte I. B. Karger: 107-116.
- Carter, J.E.L. y Heath, B.H. (1980). The Heath-Carter somatotype method. San Diego, *San Diego State University*.
- Casanova, M., Rodríguez, I., Rico, S. y Casanova, M. (2004). Análisis de la composición corporal por parámetros antropométricos y bioeléctricos. *Anales de Pediatría* 61(1): 23-31.
- Clarys, J.P., Martin, A.D. y Drinkwater, D.T. (1984). Gross tissue weights in the human body by cadaver dissection. *Human Biology* 56(3): 459-473.
- Corcoran, C., Anderson, E.J., Burrows, B., Stanley, T., Walsh, M., Poulos, A.M. y Grinspoon, S. (2000). Comparison of total body potassium with other techniques for measuring lean body mass in men and women with AIDS wasting. *American Journal of Clinical Nutrition* 72(4): 1053-1058.
- Cronbach, L.J. (1951). Coefficient Alpha and the Internal Structure of Tests. *Psychometrika* 16(3): 297-234.
- Cullum, I.D., Ell, P.J. y Ryder, J.P. (1989). X-ray dual-photon absorptiometry: a new method for the measurement of bone density. *British Journal of Radiology* 62(739): 587-592.
- Chumlea, W.C., Baumgartner, R.N. y Roche, A.F. (1988). Specific resistivity used to estimate fat-free mass from segmental body measures of bioelectric impedance. *American Journal of Clinical Nutrition* 48(1): 7-15.
- Chumlea, W.C. y Guo, S.S. (1994). Bioelectrical impedance and body composition: Present status and future directions. *Nutr Rev* 52: 123-131.
- Chumlea, W.C., Guo, S.S., Cockram, D.B. y Siervogel, R.M. (1996). Mechanical and physiologic modifiers and bioelectrical impedance spectrum determinants of body composition. *American Journal of Clinical Nutrition* 64(3 Supplement): 413S-422S.

ESTUDIO COMPARATIVO INTERMETODOLÓGICO DE LA COMPOSICIÓN CORPORAL (ANTROPOMETRÍA, BIA Y DEXA)

- Chumlea, W.C., Guo, S.S., Kuczmarski, R.J., Flegal, K.M., Johnson, C.L., Heymsfield, S.B., Lukaski, H., Friedl, K. y Hubbard, V. (2002). Body composition estimates from NHANES III bioelectrical impedance data. *International Journal of Obesity and Related Metabolic Disorders* 26(12): 1596-1609.
- De Lorenzo, A., Andreoli, A., Matthie, J. y Withers, P. (1997). Predicting body cell mass with bioimpedance by using theoretical methods: a technological review. *Journal of Applied Physiology* 82(5): 1542-1558.
- De Lorenzo, A., Bertini, I., Candeloro, L., Iacopino, L., Andreoli, A. y Van Loan, M.D. (1998). Comparison of different techniques to measure body composition in moderately active adolescents. *British Journal of Sports Medicine* 32(3): 215-219.
- De Lorenzo, A., Bertini, I., Iacopino, L., Pagliato, E., Testolin, C. y Testolin, G. (2000). Body composition measurement in highly trained male athletes. A comparison of three methods. *Journal of sports medicine and physical fitness* 40(2): 178-183.
- De Lorenzo, A., Di Campli, C., Andreoli, A., Sasso, G.F., Bonamico, M. y Gasbarrini, A. (1999). Assessment of body composition by bioelectrical impedance in adolescent patients with celiac disease. *American Journal of Gastroenterology* 94(10): 2951-2955.
- De Rose, E. y Guimaraes, A.C. (1980). A model for optimization of somatotype in young athletes. Kinanthropometry II. M. B. Ostin, G. Buenen and J. Simons. Baltimore, *University Park Press*.
- De Rose, E.H., Pigatto, E. y De Rose, R.C.F. (1984). Cineantropometría, Educação Física e Treinamento Desportivo. Río de Janeiro, *Ministerio de Educação e Cultura. Fundação de Assistência ao Estudante*.
- Deurenberg, P., Andreoli, A., Borg, J., Kukkonen-Harjula, K., De Lorenzo, A., Van Marcken Lichtenbelt, W.D., Testolin, G., Vigano, R. y Vollaard, N. (2001). The validity of predicted body fat percentage from body mass index and from impedance in samples of five European populations. *European Journal of Clinical Nutrition* 55(11): 973-979.
- Deurenberg, P., Vanderkooy, K., Leenen, R., Weststrate, J. y Seidell, J. (1991). Sex and age specific prediction formulas for estimating body composition from bioelectrical impedance-a cross-validation study. *International Journal of Obesity and Related Metabolic Disorders* 15(1): 17-25.
- Dittmar, M. (2003). Reliability and variability of bioimpedance measures in normal adults: effects of age, gender, and body mass. *American Journal of Physical Anthropology* 122(4): 361-370.
- Dobëln, W.V. (1964). Determination of body constituents. Occurrence, causes and prevention of overnutrition. Upsala, *G. Blix*.
- Drinkwater, D.T., Martin, A.D., Ross, W.D. y Clarys, J.P. (1984). Validation by cadaver dissection of Matiegka's equations for the anthropometric estimation of anatomical body composition in adult humans. Perspectives in Kinanthropometry. J. A. P. Day. Champaign, *Human Kinetics*: 221-227.
- Drinkwater, D.T. y Ross, W.D. (1980). The anthropometric fractionation of body mass. Kinanthropometry III. G. Buenen, M. B. Ostin and J. Simons. Baltimore, *University Park Press*: 177-189.
- Dubois, D. y Dubois, E.F. (1916). Clinical calorimetry. A formula to estimate the approximate surface if height and weight be known. *Archives of Internal Medicine* 17: 863-871.
- Durnin, J.V. (1995). Appropriate technology in body composition: a brief review. *Asia Pacific Journal of Clinical Nutrition* 4(1): 1-5.
- Durnin, J.V. y Womersley, J. (1974). Body fat assessed from total body density and its estimation from skinfold thickness: measurements on 481 men and women aged from 16 to 72 years. *British Journal of Nutrition* 32(1): 77-97.
- Earthman, C., Traugher, D., Dobratz, J. y Howell, W. (2007). Bioimpedance spectroscopy for clinical assessment of fluid distribution and body cell mass. *Nutrition Clinical Practice* 22(4): 389-405.

ESTUDIO COMPARATIVO INTERMETODOLÓGICO DE LA COMPOSICIÓN CORPORAL (ANTROPOMETRÍA, BIA Y DEXA)

- Edwards, D.A.W., Hammond, W.H., Healy, M.J.R., Tanner, J.M. y Whitehouse, R.H. (1955). Design and accuracy of calipers for measuring subcutaneous tissue thickness. *British Journal of Nutrition* 9(3): 133-143.
- Eisenkölbl, J., Kartasurya, M. y Widhalm, K. (2001). Underestimation of percentage fat mass measured by bioelectrical impedance analysis compared to dual energy X-ray absorptiometry method in obese children. *European Journal of Clinical Nutrition* 55(6): 423-429.
- Eliakim, A., Ish-Shalom, S., Giladi, A., Falk, B. y Constantini, N. (2000). Assessment of body composition in ballet dancers: correlation among anthropometric measurements, bio-electrical impedance analysis, and dual-energy X-ray absorptiometry. *International Journal of Sports Medicine* 21(8): 598-601.
- Ellis, J.K. (2000). Human body composition: In vivo methods. *Physiological Reviews* 80(2): 649-680.
- Ellis, K. y Shypailo, R. (1998). Bone mineral and body composition measurements: cross-calibration of pencil-beam and fan-beam dual-energy X-ray absorptiometers. *Journal of Bone Mineral Research* 13(10): 1613-1618.
- Erselcan, T., Candan, F., Saruhan, S. y Ayca, T. (2000). Comparison of body composition analysis methods in clinical routine. *Annals of Nutrition and Metabolism* 44(5-6): 243-248.
- Esparza, F. (1993). Manual de Cineantropometría FEMEDE. Madrid, *FEMEDE*.
- Evans, E.M., Saunders, M.J., Spano, M.A., Arngrimson, S.A., Lewis, R.D. y Cureton, K.J. (1999). Body-composition changes with diet and exercise in obese women: a comparison of estimates from clinical methods and a 4-component model. *American Journal of Clinical Nutrition* 70(1): 5-12.
- Fernandes, R. (2001). Composição Corporal: Teoria e prática da avaliação. Barueri (SP), *Manole*.
- Fogelholm, G.M., Sievänen, H.T., Van marken Lichtenbelt, W.D. y Westerterp, K.R. (1997). Assessment of Fat-Mass loss during Weight reduction in obese women. *Metabolism* 46(8): 968-975.
- Fogli, J.J. (2005). Measuring body composition: keeping up with an increasingly obese population. *Obesity Research* 13(7): 1134.
- Forbes, G., Simons, W. y Amatruda, J. (1992). Is bioimpedance a good predictor of body-composition change? *American Journal of Clinical Nutrition* 56(1): 4-6.
- Forbes, G.L. (1987). Human body composition: growth, aging, nutrition, and activity. New York, *Springer-Verlag*.
- Forriol, F. y Pascual, J.A. (1990). Desarrollo de cuatro índices ponderales con la edad. *Acta Pediatric (Esp.)* 48: 499-505.
- Foster, M.A., Hutchison, J.M.S., Mallard, J.R. y Fuller, M. (1984). Nuclear magnetic resonance pulse sequence and discrimination of high- and low-fat tissues. *Magnetic Resonance Imaging* 2(3): 187-192.
- Fraile, O.P.G. (1976). Historia de la Filosofía Grecia y Roma. Madrid, *Biblioteca de autores cristianos*.
- Freitas Junior, I.F., Rupp de Paiva, S.A., de Godoy, I., Smaili Santos, S.M. y Campana, A.O. (2005). Comparative analysis of body composition assessment methods in healthy men and in chronic obstructive pulmonary disease patients: anthropometry, bioelectrical impedance and dual-energy X-ray absorptiometry. *Archivos latinoamericanos de nutrición* 55(2): 124-131.
- Frisard, M.I., Greenway, F.L. y DeLany, J.P. (2005). Comparison of methods to assess body composition changes during a period of weight loss. *Obesity Research* 13(5): 845-854.
- Garrow, J.S. (1988). A working definition of obesity: grades 0-III. Obesity and related diseases. J. S. Garrow. Londres, *Churchill Livingstone*: 1-5.
- Geddes, L.A. y Baker, L.E. (1967). The specific resistance of biological material--a compendium of data for the biomedical engineer and physiologist. *Medical and Biological Engineering* 5(3): 271-293.

ESTUDIO COMPARATIVO INTERMETODOLÓGICO DE LA COMPOSICIÓN CORPORAL (ANTROPOMETRÍA, BIA Y DEXA)

- Genant, H.K., Grampp, S., Glüer, C.C., Faulkner, K.G., Jergas, M., Engelke, K., Hagiwara, S. y Van Kuijk, C. (1994). Universal standardization for dual x-ray absorptiometry: patient and phantom cross-calibration results. *Journal of Bone Mineral Research* 9(10): 1503-1514.
- Genton, L.D., Didier, H., Kyle, U.G. y Pichard, C. (2002). Dual-Energy X-ray absorptiometry and body composition: differences between devices and comparison with reference methods. *Nutrition* 18(1): 66-70.
- González, M.E., Amaro, J.R. y Gómez, R. (1998). Repercusión de los errores en el entrenamiento sobre la composición corporal y el somatotipo de un grupo de jóvenes que practican natación. *Revista Cubana de Investigaciones Biomédicas* 17(3): 200-207.
- Goodpaster, B.H. (2002). Measuring body fat distribution and content in humans. *Current Opinion in Clinical Nutrition and Metabolic Care* 5(5): 481-487.
- Gotfredsen, A., Borg, J., Christiansen, C. y Mazess, R.B. (1984). Total body bone mineral in vivo by dual photon absorptiometry. I. Measurement procedures. *Clinical Physiology* 4(4): 343-355.
- Gray, D.S., Bray, G.A., Gemayel, N. y Kaplan, K. (1989). Effect of obesity on bioelectrical impedance. *American Journal of Clinical Nutrition* 50(2): 255-260.
- Guedes, D.P. y Souza, D.B. (1987). Aspectos cineantropométricos no treinamento de futebolistas. Futebol: bases científicas do treinamento físico. Bases Científicas do Treinamento Físico. A. R. Viana. Rios de Janeiro, *Sprint*.
- Guo, S.M., Roche, A.F. y Houtkooper, L. (1989). Fat-free mass in children and young adults predicted from bioelectric impedance and anthropometric variables. *American Journal of Clinical Nutrition* 50(3): 435-443.
- Guo, S.S., Siervogel, R.M. y Chumlea, W.C. (2000). Epidemiological applications of body composition. The effects and adjustment of measurement errors. *Annals of the New York Academy of Science* 904: 312-316.
- Gutin, B., Litaker, M., Islam, S., Manos, T., Smith, C. y Treiber, F. (1996). Body-composition measurement in 9-11-year-old children by dual-energy X-ray absorptiometry, skinfold-thickness measurements, and bioimpedance analysis. *American Journal of Clinical Nutrition* 63(3): 287-292.
- Hall, J.G., Froster-Iskenius, U.G. y Allamon, J.E. (1989). Handbook of normal physical measurement. Oxford, *Oxford Medical Publication*.
- Hannan, W.J., Cowen, S.J., Freeman, C.P. y Wrate, R.M. (1993). Can bioelectrical impedance improve the prediction of body fat in patients with eating disorders? *European Journal of Clinical Nutrition* 47(10): 741-746.
- Heath, B.H. y Carter, J.E.L. (1967). A modified somatotype method. *American Journal of Physical Anthropology* 27(1): 57-74.
- Herd, R.J.M., Blake, G.M., Parker, J.C., Ryan, P.J. y Fogelman, I. (1993). Total body studies in normal British women using dual energy X-ray absorptiometry. *British Journal of Radiology* 66(784): 303-308.
- Hewitt, G., Withers, R.T. y Broods, A.G. (2002). Improved rig for dynamically calibrating skinfold clipers: comparison between Harpenden and Slim Guide instruments. *American Journal of Human Biology* 14(6): 721-727.
- Heymsfield, S.B., Lohman, T.G., Wang, Z. y Going, S.B. (2005). Human Body Composition. Champaign, *Human Kinetics P.O.*
- Heymsfield, S.B. y Waki, M. (1991). Body composition in humans: advances in the development of multicompartiment chemical models. *Nutrition reviews* 49(4): 97-108.
- Heymsfield, S.B., Wang, J., Heshka, S., Kehayias, J.J. y Pierson, R.N.J. (1989). Dual-photon absorptiometry: comparison of bone mineral and soft tissue mass measurements in vivo with established methods. *American Journal of Clinical Nutrition* 49(6): 1283-1289.

ESTUDIO COMPARATIVO INTERMETODOLÓGICO DE LA COMPOSICIÓN CORPORAL (ANTROPOMETRÍA, BIA Y DEXA)

- Hoffer, E., Meador, C. y Simpson, D. (1969). Correlation of whole-body impedance with total body water volume. *Journal of Applied Physiology* 27(4): 531-534.
- Hounsfield, G.N. (1973). Computerized transverse axial scanning (tomography). 1. Description of system. *British Journal of Radiology* 46(552): 1016-1022.
- Huffman, D.M., Landy, N.M., Potter, E., Nagy, T.R. y Gower, B.A. (2005). Comparison of the Lunar DPX-L and Prodigy dual-energy X-ray absorptiometers for assessing total and regional body composition. *International Journal of Body Composition Research* 3(1): 31-39.
- Jackson, A.S. (1984). Research design and analysis of data procedures for predicting body density. 30th Annual Meeting of the ACSM, Quebec, May 1983. Montreal, Quebec.
- Jackson, A.S. y Pollock, M.L. (1978). Generalized equations for predicting body density of men. *British Journal of Nutrition* 40(3): 497-504.
- Jackson, A.S., Pollock, M.L. y Ward, A. (1980). Generalized equations for predicting body density. *Medicine of Science, Sport and Exercise* 12(3): 175-182.
- Jebb, S.A., Cole, T.J., Doman, D., Murgatroyd, P.R. y Prentice, A.M. (2000). Evaluation of the novel Tanita body-fat analyser to measure body composition by comparison with a four-compartment model. *British Journal of Nutrition* 83(2): 115-122.
- Jebb, S.A., Goldberg, G.R. y Elia, M. (1993). DXA measurements of fat and bone mineral density in relation to depth and adiposity. *Basic life sciences* 60: 115-119.
- Jenin, P., Lenour, J., Rouillet, C., Thomasset, A. y Ducrot, H. (1975). Determination of body fluid compartments by electrical impedance measurements. *Aviation Space and Environmental Medicine* 46(2): 152-155.
- Joffe, T.H., Welle, S., Roubenoff, R., Gorbach, S.L., Weinberg, G.A., Duggan, C., Furuta, L., Nicchitta, J., Lipinczyk, T.M. y Miller, T.L. (2005). A bioelectrical impedance analysis equation for predicting total body water and fat-free mass in children with Human Immunodeficiency Virus-1 in the pre-HAART and HAART eras. *International Journal of Body Composition Research* 3(1): 25-30.
- Johnson, J. y Dawson-Hughes, B. (1991). Precision and stability of dual-energy X-ray absorptiometry measurements. *Calcified Tissue International* 49(3): 174-178.
- Johnson, M.S., Landy, N.M., Potter, E.P. y Nagy, T.R. (2005). Comparison of software versions for body composition analysis using the PIXImus dual-energy X-ray absorptiometer. *International Journal of Body Composition Research* 3(2): 73-76.
- Jürimäe, T., Sudi, K., Jürimäe, J., Payerl, D., Möller, R. y Tafeit, E. (2005). Validity of optical device lipometer and bioelectric impedance analysis for body fat assessment in men and women. *Collegium antropologicum* 29(2): 499-502.
- Kabir, N. y Forsum, E. (1993). Estimation of total body fat and subcutaneous adipose tissue in full-term infants less than 3 months old. *Pediatric Research* 34(4): 448-454.
- Kalender, W.A. (1992). Effective dose values in bone mineral measurements by photon absorptiometry and computed tomography. *Osteoporosis Internacional* 2(2): 82-87.
- Katch, F.I. y McArdle, W.D. (1990). Parte II: Composição Corporal e controle de peso. Avaliação de la Composição Corporal. Nutrição, controle de peso e exercício. Rio de Janeiro, *MEDSI*: 127-150.
- Kay, C.F., Bothwell, P.T. y Foltz, E.L. (1954). Electrical resistivity of living body tissues at low frequencies. *Journal of Physiology* 13: 131-136.

ESTUDIO COMPARATIVO INTERMETODOLÓGICO DE LA COMPOSICIÓN CORPORAL (ANTROPOMETRÍA, BIA Y DEXA)

- Kelly, T.L., Slovik, D.M., Schoenfeld, D.A. y Neer, R.M. (1988). Quantitative digital radiography versus dual photon absorptiometry of the lumbar spine. *Journal of Clinical Endocrinology and Metabolism* 67(4): 839-844.
- Kerr, D.A. (1988). An anthropometric method for fractionation of skin, adipose, muscle, bone and residual tissue masses in males and females age 6 to 77 years, Simon Fraser University. Tesis.
- Keys, A. y Brozek, J. (1953). Body fat in adult man. *Physiological Reviews* 33(3): 245-255.
- King, S., Wilson, J., Kotsimbos, T., Bailey, M. y Nyulasi, I. (2005). Body composition assessment in adults with cystic fibrosis: comparison of dual-energy X-ray absorptiometry with skinfolds and bioelectrical impedance analysis. *Nutrition* 21(11-12): 1087-1094.
- Kiss, M.A.P.D.M. (1987). Avaliação em educação física: aspectos biológicos e educacionais. Sao Paulo, *Manole*.
- Kistorp, C.N. y Svendsen, O.L. (1997). Body composition analysis by dual energy X-ray absorptiometry in female diabetics differ between manufacturers. *European Journal of Clinical Nutrition* 51(7): 449-454.
- Kitano, T., Kitano, N., Inomoto, T. y Futatsuka, M. (2001). Evaluation of body composition using dual-energy X-ray absorptiometry, skinfold thickness and bioelectrical impedance analysis in Japanese female college students. *Journal of Nutrition and Science of Vitamins* 47(2): 122-125.
- Kohrt, W.M. (1998). Preliminary evidence that DEXA provides an accurate assessment of body composition. *Journal of Applied Physiology* 84(1): 372-377.
- Kotler, D.P., Burastero, S., Wang, J. y Pierson, R.N. (1996). Prediction of body cell mass, fat-free mass, and total body water with bioelectrical impedance analysis: effects of race, sex, and disease. *American Journal of Clinical Nutrition* 64(3 Suppl): 489S-497S.
- Kraemer, M. (2006). A new model for the determination of fluid status and body composition from bioimpedance measurements. *Physiological Measurements* 27(9): 901-919.
- Kuczmarski, R.J., Fanelli, M.T. y Koch, G.G. (1987). Ultrasonic assessment of body composition in obese adults: overcoming the limitations of the skinfold caliper. *American Journal of Clinical Nutrition* 45(4): 717-724.
- Kushner, R. y Schoeller, D. (1986). Estimation of total body water by bioelectrical impedance analysis. *American Journal of Clinical Nutrition* 44: 417-424.
- Kushner, R.F. (1992). Bioelectrical impedance analysis-a review of principles and applications. *Journal of the American College of Nutrition* 11(2): 199-209.
- Kvist, H., Chowdhury, B., Grangard, V., Tylén, U. y Sjöström, L. (1988). Total and visceral adipose-tissue volumes derived from measurements with computed tomography in adult men and women: predictive equations. *Journal of Clinical Nutrition* 48(6): 1351-1361.
- Kyle, U.G., Bosaeus, I., De Lorenzo, A., Deurenberg, P., Elia, M., Gómez, J.M., Heitmann, B.L., Kent-Smith, L., Melchior, J.C., Pirlich, M., Scharfetter, H., Schols, A. y Pichard, C. (2004). Bioelectrical impedance analysis--part I: review of principles and methods. *Clinical Nutrition* 23(5): 1226-1243.
- Kyle, U.G., Bosaeus, I., De Lorenzo, A., Deurenberg, P., Elia, M., Gómez, J.M., Heitmann, B.L., Kent-Smith, L., Melchior, J.C., Pirlich, M., Scharfetter, H., Schols, A. y Pichard, C. (2004). Bioelectrical impedance analysis-part II: utilization in clinical practice. *Clinical Nutrition* 23(5): 1430-1453.
- Kyle, U.G., Genton, L., Slosman, D.O. y Pichard, C. (2001). Fat-free and fat mass percentiles in 5225 healthy subjects aged 15 to 98 years. *Nutrition* 17(7-8): 534-541.
- Larciprete, G., Valensise, H., Vasapollo, B., Altomare, F., Sorge, R., Casalino, B., De Lorenzo, A. y Arduini, D. (2003). Body composition during normal pregnancy: reference ranges. *Acta Diabetologica* 40(1): S225-S232.

ESTUDIO COMPARATIVO INTERMETODOLÓGICO DE LA COMPOSICIÓN CORPORAL (ANTROPOMETRÍA, BIA Y DEXA)

- Laskey, M.A. (1996). Dual-energy X-ray absorptiometry and body composition. *Nutrition* 12(1): 45-51.
- Laskey, M.A., Lyttle, K.D., Flarman, M.E. y Barber, R.W. (1992). The influence of tissue depth and composition on the performance of the Lunar dual-energy X-ray absorptiometer whole-body scanning mode. *European Journal of Clinical Nutrition* 46(1): 39-45.
- Lean, M.E.J., Han, T.S. y Deurenberg, P. (1996). Predicting body composition by densitometry from simple anthropometric measurements. *American Journal of Clinical Nutrition* 63(1): 4-14.
- León Sanz, M., Valero, M.A. y Moreno, J.M. (1996). Métodos de análisis de la composición corporal. *Alimentación, Nutrición y Salud* 3(2): 33-43.
- Lewis, M.K., Blake, G.M. y Fogelman, I. (1994). Patient dose in dual X-ray absorptiometry. *Osteoporosis Internacional* 4(1): 11-15.
- Li, Y., Ma, G., Du, Q.Z. y Pan, H. (2003). Validity of body fat percentage using skinfold measurements in 12-14-year-old Chinese boys and girls. *International Journal of Body Composition Research* 1(2): 59-62.
- Lintsis, M., Kaarma, H. y Kull, I. (2004). Comparison of hand-to-hand bioimpedance and anthropometry equations versus dual-energy X-ray absorptiometry for the assessment of body fat percentage in 17-18-year-old conscripts. *Clinical physiology and functional imaging* 24(2): 85-90.
- Litaker, M., Barbeau, P., Humphries, M.C. y Gutin, B. (2003). Comparison of Hologic QDR-1000/W and 4500W DXA Scanners in 13- to 18-Year Olds. *Obesity Research* 11(12): 1545-1552.
- Liu, L., Roberts, R., Moyer-Mileur, L. y Samson-Fang, L. (2005). Determination of body composition in children with cerebral palsy: Bioelectrical impedance analysis and anthropometry vs dual-energy X-Ray absorptiometry. *Journal of the American Dietetic Association* 105(5): 794-797.
- Lof, M. y Forsum, E. (2004). Evaluation of bioimpedance spectroscopy for measurements of body water distribution in healthy women before, during, and after pregnancy. *Journal of Applied Physiology* 96(3): 967-973.
- Lohman, T.G. (1981). Skinfolds and body density and their relation to body fatness: a review. *Human Biology* 53(2): 181-225.
- Lohman, T.G. (1984). Research progress in validation of laboratory methods of assessing body composition. *Medicine of Science, Sport and Exercise* 16(6): 596-603.
- Lohman, T.G. (1986). Applicability of body composition techniques and constants for children and youths. *Exercise and Sport Sciences Reviews* 14: 325-357.
- Lohman, T.G. (1988). Anthropometry and body composition. Anthropometric Standardization Reference Manual. T. G. Lohman, A. F. Roche and R. Martorell. Champaign, IL, *Human Kinetics*: 125-129.
- Lohman, T.G. (1992). Advances in Body Composition Assessment. Champaign, IL, *Human Kinetics*.
- Lohman, T.G. (1996). Dual energy X-ray absorptiometry. Human body composition. H. kinetics. Champaign, *Human kinetics*.
- Lohman, T.G., Harris, M., Teixeira, P.J. y Weiss, L. (2000). Assessing body composition changes in body composition. Another look at dual-energy X-ray absorptiometry. *Annals of the New York Academy of Science* 904(1): 45-54.
- Lukaski, H.C. (1987). Methods for the assessment of human body composition: tradicional and new. *American Journal of Clinical Nutrition* 46: 537-556.
- Lukaski, H.C. y Bolonchuk, W.W. (1987). Theory and validation of the tetrapolar bioelectrical impedance method to assess human body composition. In Vivo Body Composition Studies. London, *The Institute of Physical Sciences in Medicine*: 49-60.

ESTUDIO COMPARATIVO INTERMETODOLÓGICO DE LA COMPOSICIÓN CORPORAL (ANTROPOMETRÍA, BIA Y DEXA)

- Malinauskas, B.M., Raedeke, T.D., Aeby, V.G., Smith, J.L. y Dallas, M.G. (2006). Dieting practices, weight perceptions, and body composition: a comparison of normal weight, overweight, and obese college females. *Nutrition Journal* 31(5): 11-20.
- Mantha, S., Roizen, M.F., Fleisher, L.A. y al., e. (2000). Comparing methods of clinical measurement: reporting standards for Bland and Altman analysis. *Anesthesia Analgesia* 90(3): 593-602.
- Martín-Peña, G. (1994). La medida de la masa grasa. La obesidad. F. Soriguer. Madrid, *Díaz de Santos*: 3-17.
- Martin, A.D. (1984). An anatomical basic for assessing human body composition: evidence from 25 cadavers. Canadá, Simon Fraser University.
- Martin, A.D., Spenst, L.F., Drinkwater, D.T. y Clarys, J.P. (1990). Anthropometric estimation of muscle mass y men. *Medicine of Science, Sport and Exercise* 22(5): 729-733.
- Martín, G. y Galdós, P. (1993). La aplicación del análisis de impedancia al estudio de la composición corporal. *Nutrición Hospitalaria* 8(9): 525-547.
- Martín, J.J. (1978). Historia del arte. Tomo I. Madrid, *Gredos*.
- Martin, R. (1928). Lehrbuch der Anthropologie. Stuttgart, *Gustav Fischer*.
- Martín, V., Gómez, B., Antoranz, M.J., S., F., Gómez, A. y De Oya, M. (2001). Validación del monitor de medición de la grasa corporal por impedancia bioeléctrica OMRON BF 300. *Atención Primaria* 28: 174-181.
- Martín, V., Gómez, J.B., Gómez, A. y Antoranz, M.J. (2002). Grasa corporal e índice adiposo-muscular estimados mediante impedanciometría en la evaluación nutricional de mujeres de 35 a 55 años. *Revista Española de Salud Pública* 76(6): 723-734.
- Mast, M., Sonnichsen, A., Langnase, K., Labitzke, K., Bruse, U., Preub, U. y Muller, M.J. (2002). Inconsistencies in bioelectrical impedance and anthropometric measurements of fat mass in a field study of prepubertal children. *British Journal of Nutrition* 87(2): 163-175.
- Matiegka, J. (1921). The testing of physical efficiency. *American Journal of Physical Anthropology* 4: 223-230.
- Mazess, R.B., Barden, H., Bisek, J. y Hanson, J. (1990). Dual-energy x-ray absorptiometry for total-body and regional bone-mineral and soft-tissue composition. *American Journal of Clinical Nutrition* 51(6): 1106-1112.
- Mazess, R.B., Cameron, J.R. y Sorenson, J.A. (1970). Determining body composition by radiation absorption spectrometry. *Nature* 228(5273): 771-772.
- Mazess, R.B., Peppler, W.W., Chestnut, C.H., Nelp, W.B., Cohn, S.H. y Zanzi, I. (1981). Total body bone mineral and lean mass by dual-photon absorptiometry. II. Comparison with total body calcium by neutron activation analysis. *Calcified tissue international* 33(4): 361-363.
- McArdle, W.D., Katch, F.I. y Katch, V.L. (1998). Fisiología do exercício - energia, nutrição e desempenho humano. Rio de Janeiro, *Guanabara Koogan*.
- Milliken, L.A., Going, S.B. y Lohman, T.G. (1996). Effects of variation in regional composition on soft tissue measurements by dual-energy X-ray absorptiometry. *International Journal of Obesity and Related Metabolic Disorders* 20: 677-682.
- Moore, F.D. (1963). The Body Cell Mass and its Supporting Environment. Philadelphia, *Saunders*.
- Neovius, M., Hemmingsson, E., Freyschuss, B. y Uddén, J. (2006). Bioelectrical Impedance Underestimates Total and Truncal Fatness in Abdominally Obese Women. *Obesity* 14(10): 1731-1738.

ESTUDIO COMPARATIVO INTERMETODOLÓGICO DE LA COMPOSICIÓN CORPORAL (ANTROPOMETRÍA, BIA Y DEXA)

- Newton, R.L., Alfonso, A., York-Crowe, E., Walden, H., White, M.A., Ryan, D. y Williamson, D.A. (2006). Comparison of Body Composition Methods in Obese African-American Women. *Obesity* 14(3): 415-422.
- Njeh, C.F., Fuerst, T., Hans, D., Blake, G.M. y Genant, H.K. (1999). Radiation exposure in bone mineral density assessment. *Applied radiation and isotopes* 50(1): 215-236.
- Norton, K. y Olds, T. (2000). Antropométrica. Rosario, Argentina, *Biosystem Servicio Educativo*.
- Núñez, C., Carvajal, A., Turrero, E. y Moreiras, O. (1994). Contribución al estudio de la composición corporal de un grupo de mujeres jóvenes mediante análisis de impedancia bioeléctrica. *Nutrición Hospitalaria* 9(4): 262-267.
- Nyboer, J. (1959). Electrical impedance plethysmography. Springfield, IL, *Charles C Thomas*.
- Nyboer, J. (1970). Electrorheometric properties of tissues and fluids. *Annals of the New York Academy of Sciences* 170: 410-420.
- Ortiz, A. (1986). Medio interno. Madrid, *Ruan S.A.*
- Pace, N. y Rathbun, E.N. (1945). Studies on body composition, III: The body water and chemically combined nitrogen content in relation to fat content. *Journal of Biological Chemistry* 158: 685-691.
- Parizkova, J. (1961). Total body fat and skinfold thickness in children. *Metabolism: Clinical and Experimental* 10: 794-807.
- Pateyjohns, I.R., Brinkworth, G.D., Buckley, J.D., Noakes, M. y Clifton, P.M. (2006). Comparison of three bioelectrical impedance methods with DXA in overweight and obese men. *Obesity* 14(11): 2064-2070.
- Pawan, G.E.S. y Clode, M. (1960). The gross chemical composition of subcutaneous adipose tissue in the lean and obese human subject. *Journal of Biochemistry* 74: 9.
- Pichard, C. y Kyle, U.G. (1998). Body composition measurement during wasting diseases. *Current Opinion in Clinical Nutrition and Metabolic Care* 1(4): 357-361.
- Pietrobelli, A., Andreoli, A., Cervelli, V., Carbonelli, M.G., Peroni, D.G. y De Lorenzo, A. (2003). Predicting fat-free mass in children using bioimpedance analysis *Acta Diabetologica* 40(Suppl. 1): s212-s215.
- Pietrobelli, A., Formica, C., Wang, Z. y Heymsfield, S.B. (1996). Dual-energy X-ray absorptiometry body composition model: review of physical concepts. *American Journal of physiology* 271(6 pt 1): E941-E951.
- Pietrobelli, A., Wang, Z., Formica, C. y Heymsfield, S.B. (1998). Dual-energy X-ray absorptiometry: fat estimation errors due to variation in soft tissue hydration. *American Journal of physiology* 274(5 pt 1): E808-816.
- Pietrobelli, A., Wang, Z. y Heymsfield, S.B. (1998). Techniques used in measuring human body composition. *Current Opinion in Clinical Nutrition and Metabolic Care* 1(5): 439-448.
- Pongchaiyakul, C., Kosulwat, V., Rojroongwasinkul, N., Charoenkiatkul, S., Thepsuthammarat, K., Laopaiboom, M., Nguyen, T.V. y Rajatanavin, R. (2005). Prediction of Percentage Body Fat in Rural Thai Population Using Simple Anthropometric Measurements. *Obesity Research* 13(4): 729-738.
- Pons, F. y Del Río, L. (1991). Aplicación de los estudios densitométricos en pediatría. *Revista Española de Medicina Nuclear* 10(supl II): 65-67.
- Porta, L., González de Suso, J.M., Galiano, D., Tejedo, A. y Prat, J.A. (1995). Valoración de la composición corporal. Análisis crítico y metodológico. *Car News* 1(7): 4-13.
- Preuss, L.E. y Bolin, F.P. (1988). Biophysical methods for estimating in vivo body composition: the determination of the adipose compartment. *Henry Ford Hospital Journal* 36(2): 92-102.

ESTUDIO COMPARATIVO INTERMETODOLÓGICO DE LA COMPOSICIÓN CORPORAL (ANTROPOMETRÍA, BIA Y DEXA)

- Prior, B.M., Cureton, K.J., Modlesky, C.M., Evans, E.M., Sloniger, M.A., Saunders, M.J. y Lewis, R.D. (1997). In vivo validation of whole body composition estimates from dual-energy X-ray absorptiometry. *Journal of Applied Physiology* 83(2): 623-630.
- Rance, M., B., M., Courteix, D.B., Van Praagh, M.E. y Duché, P. (2006). Lower-limb and whole-body tissue composition assessment in healthy active older women. *Annals of Human Biology* 33(1): 89-99.
- Richard, R. (1993). *Inventing Leonardo: The anatomy of a legend*. London, *Papermac and MacMillan General Books*.
- Rocha, M.S.L. (1975). Peso óseo do brasileiro de ambos os sexos de 17 a 25 anos. *Archivos de Anatomía e Antropología* 1: 445-451.
- Roche, A.F., Heymsfield, S.B. y Lohman, T.G. (1996). Human body composition. Champaign, *Human kinetics*.
- Ross, W.D. (1997). Agrupando amostras que diferem alométricamente em tamanho. *Revista Brasileira de Medicina do Esporte* 3(4): 95-100.
- Ross, W.D. y Marfell-Jones, M.J. (1991). Kineanthropometry. Physiological testing of the high-performance athlete. H. Kinetics. Campaign, IL: 223-308.
- Ross, W.D., Rose, E.H.D. y Ward, R. (1988). Antropometría aplicada a la medicina del deporte. The Olympic Book of Sports Medicine. London, *Blackwell Scientific Publications*.
- Ross, W.D. y Wilson, N. (1974). A stratagem for proportional growth assessment. *Acta Pediatric (Belgic)* 28(Suppl): 169-182.
- Roubenoff, R., Kehayias, J.J., Dawson-Hughes, B. y Heymsfield, S.B. (1993). Use of dual-energy x-ray absorptiometry in body composition studies: not yet a "gold standar". *American Journal of Clinical Nutrition* 58(5): 589-591.
- Ruiz, P.J. (1994). Técnicas densitométricas y de conductividad eléctrica para el análisis de la composición corporal. *Nutrición Clínica (ed. Esp.)* 14(6): 7-25.
- Rush, S., Abildskov, J.A. y McFee, R. (1963). Resistivity of body tissues at low frequencies. *Circulation Research* 12: 40-50.
- Sáez, P. (2004). Errores conceptuales en estudios antropométricos que buscan estimar la composición corporal. <http://www.sobreentrenamiento.com/PublicCE/articulo.asp?id=386>. Acceso: Febrero 2008.
- Salamone, L.M., Fuerst, T., Visser, M., Kern, M., Lang, T., Dockrell, M., Cauley, J.A., Nevitt, M., Tylavsky, F. y Lohman, T.G. (2000). Measurement of fat mass using DEXA: a validation study in elderly adults. *Journal of Applied Physiology* 89(1): 345-352.
- Schoeller, D.A., Tylavsky, F., Baer, D.J., Chumlea, W.C., Earthman, C.P., Fuerst, T., Harris, M., Heymsfield, S.B., Horlick, M., Lohman, T.G., Lukaski, H.C., Shepherd, J., Siervogel, R.M. y Borrud, L.G. (2005). QDR 4500A dual X-ray absorptiometer underestimates fat mass in comparison with criterion methods in adults. *American Journal of Clinical Nutrition* 81(5): 1018-1025.
- Schultz, S.G. (2002). William Harvey and the Circulation of the Blood: The Birth of a Scientific Revolution and Modern Physiology. *News in Physiological Science* 17(5): 175-180.
- Schwan, H. y Kay, C. (1956). The conductivity of living tissues. *Annals of the New York Academy of Sciences* 65(6): 1007-1013.
- Schwan, H. y Li, K. (1953). Capacity and conductivity of body tissues at ultrahigh frequencies. *Proceed IRE* 41(12): 1735-1740.

ESTUDIO COMPARATIVO INTERMETODOLÓGICO DE LA COMPOSICIÓN CORPORAL (ANTROPOMETRÍA, BIA Y DEXA)

- Segal, K.R., Van Loan, M., Fitzgerald, P.I., Hodgdon, J.A. y Van Itallie, T.B. (1988). Lean body mass estimation by bioelectrical impedance analysis; a four-site cross-validation study. *American Journal of Clinical Nutrition* 47(1): 7-14.
- Senti, M., Bosch, M., Aubo, C., Elosus, R., Masia, R. y Marrugat, J. (2000). Relationship of abdominal adiposity and dyslipemic status in women with a common mutation in the lipoprotein lipase gene. *Atherosclerosis* 150(1): 135-141.
- Settle, R.G., Foster, K.R., Epstein, B.R. y Mullen, J.L. (1980). Nutritional Assessment: Whole Body Impedance and Body Fluid Compartments. *Nutrition Cancer* 2(1): 72-80.
- Shanholtzer, G.A. y Patterson, S.M. (2003). Use of bioelectrical impedance in hydration status assessment: reliability of a new tool in psychophysiology research. *International Journal of Psychophysiology* 49(3): 217-226.
- Sheldon, A.W., Dupertuis, C.W. y McDermott, E. (1954). Atlas of men. New York, *Harpers Brothers*.
- Sheldon, A.W. y Stevens, S.S. (1940). Varieties of Human Physique. New York, *Harpers Brothers*.
- Shen, H., St-Onge, M.P., Wang, Z. y Heymsfield, S.B. (2005). Estudio de la composición corporal: generalidades. Composición corporal. M.-H. Interamericana. México, *McGraw-Hill Interamericana*: 3-16.
- Shephard, R.J. (1991). Body composition in biological anthropology. New York, *Harpers Brothers*.
- Simpson, J.A.D., Lobo, D.N., Anderson, J.A., McDonald, I.A., Perkins, A.D., Neal, K.R., Allison, S.P. y Rowlands, B.J. (2001). Body water compartment measurements: A comparison of bioelectrical impedance analysis with tritium and sodium bromide dilution techniques. *Clinical Nutrition* 20(4): 339-343.
- Sinning, W.E., Dolny, D.G., Little, K.D., Cunningham, L., Racaniello, A., Siconolfi, S.F. y Sholes, J.L. (1985). Validity of "generalized" equations for body composition analysis in male athletes. *Medicine of Science, Sport and Exercise* 17(1): 124-130.
- Siri, W. (1961). Body composition from fluid spaces and density analysis of methods. Techniques for Measuring Body Composition. J. Brozek and A. Henschel. Washington, DC, *National Academy Press*: 223-244.
- Souza, R.R. y Oliveira, A.C.J. (1982). Avaliação biométrica em Educação Física. Sao Paulo, *Ministerio de Educação e Ciências, Brasil*.
- Spence, J., Baliga, R., Nyboer, J., Seftick, J. y Fleischmann, L. (1979). Changes during hemodialysis in total body water, cardiac output and chest fluid as detected by bioelectrical impedance analysis. *Transactions American Society Artificial Internal Organs* 25: 51-55.
- Stall, S.H., Ginsberg, N.S., DeVita, M.V., Zabetakis, P.M., Lynn, R.I., Gleim, G.W., Wang, J., Pierson, R.J. y Michelis, M.F. (1996). Comparison of five body-composition methods in peritoneal dialysis patients. *American Journal of Clinical Nutrition* 64(2): 125-130.
- Stewart, A.D. y Hannan, W.J. (2000). Prediction of fat and fat-free mass in male athletes using dual X-ray absorptiometry as the reference method. *Journal of Sports Sciences* 18(4): 263-274.
- Subramanyan, R., Manchanda, S.C., Nyboer, J. y Bhatia, M.L. (1980). Total body water in congestive heart failure. A pre and post treatment study. *Journal of Association of Physicians of India* 28(9): 257-262.
- Sun, S.S., Chumlea, W.C., Heymsfield, S.B., Lukaski, H., Da, S., Friedl, K., Kuczmarski, R.J., Flegal, K.M., Johnson, C.L. y Hubbard, V. (2003). Development of bioelectrical impedance analysis prediction equations for body composition with the use of a multicomponent model for use in epidemiologic surveys. *American Journal of Clinical Nutrition* 77(2): 331-340.
- Sung, R.Y.T., Lau, P., Yu, C.W., Lam, P.K.W. y Nelson, E.A.S. (2001). Measurement of body fat using leg to leg bioimpedance. *Archives of Disease in Childhood* 85(3): 263-267.

ESTUDIO COMPARATIVO INTERMETODOLÓGICO DE LA COMPOSICIÓN CORPORAL (ANTROPOMETRÍA, BIA Y DEXA)

- Svendsen, O.L., Haarbo, J., Hassager, C. y Christiansen, C. (1993). Accuracy of measurements of body composition by dual-energy x-ray absorptiometry in vivo. *American Journal of Clinical Nutrition* 57(5): 605-608.
- Tagliabue, A., Andreoli, A., Comelli, M., Bertoli, S., Testolin, G., Oriani, G. y DeLorenzo, A. (2001). Prediction of lean body mass from multifrequency segmental impedance: influence of adiposity. *Acta Diabetologica* 38(2): 93-97.
- Tattarani, P.A. y Ravussin, E. (1995). Use of dual-energy X-ray absorptiometry in obese individuals. *American Journal of Clinical Nutrition* 62(4): 730-734.
- Te Velde, S.J., Twisk, J.W.R., Van Mechelen, W. y Kemper, H.C.G. (2003). Birth weight, adult body composition, and subcutaneous fat distribution. *Obesity Research* 11(2): 202-208.
- Terán, E. (1999). Composición y constitución del cuerpo: síndrome constitucional. *Anales de Medicina Interna* 16(4): 199-203.
- Thomas, L.W. (1962). The chemical composition of adipose tissue of man and mice. *Quarterly Journal of Experimental Physiology* 47: 179-188.
- Thomasset, A. (1962). Bioelectrical properties of tissue impedance measurements. *Lyon Medical* 207: 107-118.
- Thomasset, A. (1963). Propriétés bio-électriques des tissus. *Lyon Medical* 209: 1325-1352.
- Tokunaga, K., Matsuzawa, Y., Ishikawa, K. y Tarui, S. (1983). A novel technique for the determination of body fat by computed tomography. *International Journal of Obesity* 7(5): 437-445.
- Touraglou, Y. (1988). The political and social character of contest in Antiquity. In Greece Sports and Culture. Atenas, S. *Merkorius. Ministre of Culture*.
- Tu, Y.K., Nelson-Moon, Z.I. y Gilthorpe, M.S. (2006). Misuses of correlation and regression analyses in orthodontic research: The problem of mathematical coupling. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics* 130(1): 62-68.
- Tukey, J.W. (1977). Exploratory Data Analysis. USA, Addison-Wesley.
- Tylavsky, F., Fuerst, T., Nevitt, M., Dockrell, M., Waer, J.Y., Cauley, J.A. y Harris, T.B. (2000). Measurement of changes in soft tissue mass and fat mass with weight change: pencil- versus fan-beam dual-energy X-ray absorptiometry. Health ABC Study. *Annals of the New York Academy of Sciences* 904: 94-97.
- Tylavsky, F., Lohman, T.G., Dockrell, M., Lang, T., Schoeller, D., Wan, J.Y., Fuerst, T., Cauley, J.A., Nevitt, M. y Harris, T.B. (2003). Comparison of the effectiveness of 2 dual-energy X-ray absorptiometers with that of total body water and computed tomography in assessing changes in body composition during weight change. *American Journal of Clinical Nutrition* 77(2): 356-363.
- Tyrrell, V.J., Richards, G., Hofman, P., Gillies, G.F., Robinson, E. y Cutfield, W.S. (2001). Foot-to-foot bioelectrical impedance analysis: a valuable tool for the measurement of body composition in children. *International Journal of Obesity and Related Metabolic Disorders* 25(2): 273-278.
- Valero, M.A., León Sanz, M., Gómez, I., Martínez, G. y Hawkins, F. (1994). Comparación entre absorciometría de doble fotón (DEXA), impedancia y antropometría en el estudio de la composición corporal en personas obesas. *Nutrición Hospitalaria* 9: 12-17.
- Valtueña, S., Arija, V. y Salas, J. (1996). Estado actual de los métodos de evaluación de la composición corporal: descripción, reproducibilidad, precisión, ámbitos de aplicación, seguridad, coste y perspectivas de futuro. *Medicina Clínica* 106(16): 624-635.
- Valtueña, S. y Kehayias, J.J. (2001). Determinación de la masa grasa corporal in vivo: de las técnicas bicompartimentales al análisis de activación de neutrones y la absorciometría de rayos X de doble energía (DXA). *Medicina Clínica* 116(15): 590-597.

ESTUDIO COMPARATIVO INTERMETODOLÓGICO DE LA COMPOSICIÓN CORPORAL (ANTROPOMETRÍA, BIA Y DEXA)

- Van den Ham, E.C.H., Kooman, J.P., Christiaans, M.H.L., Nieman, F.H.M., Van Kreel, B.K., Heidendal, G.A.K. y Van Hooff, J.P. (1999). Body composition in renal transplant patients: bioimpedance analysis compared to isotope dilution, dual energy X-ray absorptiometry, and anthropometry. *Journal of American Society of Nephrology* 10(5): 1067-1079.
- Van Loan, M. y Mayclin, P. (1992). Body composition assessment: dual-energy X-ray absorptiometry (DEXA) compared to reference methods. *European Journal of Clinical Nutrition* 46(2): 125-130.
- Van Loan, M.D., Keim, N.L., Berg, K. y Mayclin, P.L. (1995). Evaluation of body composition by dual energy x-ray absorptiometry and two different software packages. *Medicine of Science in Sport and Exercise* 27(4): 587-591.
- VanderJagt, D.J., Huang, Y.S., Chuang, L.T., Bonnett, C. y Glew, R.H. (2002). Phase angle and n-3 polyunsaturated fatty acids in sickle cell disease. *Archives of Disease in Childhood* 87(3): 252-254.
- Vasudev, S., Mohan, A., Mohan, D., Farooq, S., Raj, D. y Mohan, V. (2004). Validation of Body fat measurement by skinfolds and two bioelectric impedance methods with dexa: The Chennai Urban Rural Epidemiology study [CURES-3]. *Journal of Association of Physicians of India* 52: 877-81.
- Velho, N.M., Loureiro, M.B.S., Peres, L.S. y Neto, C.S.P. (1993). Antropometría: Uma revisão histórica do período antigo ao contemporâneo. Comunicação, Movimento e Mídia na Educação Física. S. Carvalho. Santa Maria, *Centro de Educação Física e Desportos: UFSM*: 29-39.
- Venkatamarán, P.S. y Ahluwalia, B.W. (1992). Total bone mineral content and body composition by x-ray densitometry in newborns. *Pediatrics* 90(5): 767-770.
- Visser, M., Fuerst, T., Lang, T., Salamone, L.M. y Harris, T.B. (1999). Validity of fan-beam dual-energy X-ray absorptiometry for measuring fat-free mass and leg muscle mass. Health, Aging, and Body Composition Study--Dual-Energy X-ray Absorptiometry and Body Composition Working Group. *Journal of Applied Physiology* 87(4): 1513-1520.
- Vítores, L., López, P. y Jimeno, A. (1993). Los indicadores somatométricos como medida de salud de una población en edad escolar. *Pediatría rural* 23: 22-32.
- Wang, J., Deurenberg, P., Wang, W., Pietrobelli, A., Baumgartner, R.N. y Heymsfield, S.B. (1999). Hydration of fat-free body mass: new physiological modeling approach. *American Journal of physiology* 276(6 pt 1): E995-E1003.
- Wang, J., Thomron, J.C., Kolesnick, S. y Pierson, R.J. (2000). Anthropometry in body composition. An overview. *Annals of the New York Academy of Science* 904: 317-326.
- Wang, W., Pierson, R.N.J. y Heymsfield, S.B. (1992). The five-level model: a new approach to organizing body-composition research. *American Journal of Clinical Nutrition* 56(1): 19-28.
- Wang, Z., Deurenberg, P., Wang, W., Pietrobelli, A., Baumgartner, R.N. y Heymsfield, S.B. (1999). Hydration of fat-free body mass: review and critique of a classic body-composition constant. *American Journal of Clinical Nutrition* 69(5): 833-841.
- Wang, Z., Wang, W. y Heymsfield, S.B. (1999). History of the study of human body composition: A brief review. *American Journal of Human Biology* 11(2): 157-165.
- Ward, L.C., Dyer, J.M., Byrne, N.M., Sharpe, K.K. y Hills, A.P. (2007). Validation of a three-frequency bioimpedance spectroscopic method for body composition analysis. *Nutrition* 23(9): 756-664.
- Ward, R., Ross, W.D., Leyland, A.J. y Selbie, S. (1989). The advanced O-Scale physique assessment System. Vancouver, *Kinemetrix: Burnaby*.
- Wattanapenpaiboon, N., Lukito, W., Strauss, B.J., Hsu-Hage, B.H., Wahlqvist, M.L. y Stroud, D.B. (1998). Agreement of skinfold measurement and bioelectrical impedance analysis (BIA) methods with dual energy X-ray absorptiometry (DEXA) in estimating total body fat in Anglo-Celtic Australians. *International Journal of Obesity and Related Metabolic Disorders* 22(9): 854-860.

ESTUDIO COMPARATIVO INTERMETODOLÓGICO DE LA COMPOSICIÓN CORPORAL (ANTROPOMETRÍA, BIA Y DEXA)

- Weiss, L.W. y Clark, F.C. (1987). Three protocols for measuring subcutaneous fat thickness on the upper extremities. *European Journal of Applied Physiology* 56(2): 217-221.
- Wilmore, J.H. (1983). Body composition in sport and exercise: directions for future research. *Medicine of Science, Sport and Exercise* 15(1): 21-31.
- Withers, R.T., LaForgia, J., Pillans, R.K., Shipp, N.J., Chatterton, B.E., Schultz, C.G. y Leaney, F. (1998). Comparisons of two-, three-, and four-compartment models of body composition analysis in men and women. *Journal of Applied Physiology* 85(1): 238-245.
- Xie, X., Kolthoff, N., Bärenholt, O. y Nielsen, S.P. (1999). Validation of a leg-to-leg bioimpedance analysis system in assessing body composition in postmenopausal women. *International Journal of Obesity and Related Metabolic Disorders* 23(10): 1079-1084.
- Yannakoulia, M., Keramopoulos, A., Tsakalagos, N. y Matalas, A.L. (2000). Body composition in dancers: the bioelectrical impedance method. *Medicine & Science in Sports & Exercise* 32(1): 228-234.
- Young, C.M. y Tensuan, R.S. (1963). Estimating the lean body mass of young women. Use of skeletal measurements. *Journal of American Dietetic Association* 42: 46-51.

ÍNDICE DE FIGURAS

	Pg.
Figura 1: Los cinco niveles de la composición corporal (N=Nitrógeno; CHO=Carbohidratos)	35
Figura 2: Estudio de cadáveres	39
Figura 3: Impedancia de la resistencia y reactancia con frecuencia	51
Figura 4: Diagrama de circuitos eléctricos extracelulares e intracelulares	55
Figura 5: Localización de los pliegues cutáneos más frecuentes	72
Figura 6: Diagrama de flujo de la muestra de estudio	91
Figura 7: Exploración DEXA	94
Figura 8: Bioimpedanciómetro tetrapolar	95
Figura 9: Situación de electrodos en el BIA tetrapolar mano-pie	95

ÍNDICE DE GRÁFICOS

	Pg.
Gráfico 1: Frecuencias de edad (años) en las mujeres	117
Gráfico 2: Frecuencias de edad (años) en los hombres	118
Gráfico 3: Horas de actividad física semanales de la muestra	120
Gráfico 4: Diagramas de caja de la talla en función del sexo	124
Gráfico 5: Diagramas de caja del peso en función del sexo	124
Gráfico 6: Diagramas de caja de la MG según DEXA en función del sexo	127
Gráfico 7: Diagramas de caja de la MLG según DEXA en función del sexo	127
Gráfico 8: Diagramas de caja de la MG según BIA en función del sexo	136
Gráfico 9: Diagramas de caja de la MLG según BIA en función del sexo	136
Gráfico 10: Diagramas de caja de la MG según la fórmula antropométrica utilizada y en función del sexo	147
Gráfico 11: Diagramas de caja de la MLG según la fórmula antropométrica utilizada y en función del sexo	147
Gráfico 12: Diagramas de caja de la MG entre los métodos	157
Gráfico 13: Diagramas de caja de la MG entre los métodos por sexo	157
Gráfico 14: Diagramas de caja del %MG entre los métodos	158
Gráfico 15: Diagramas de caja del %MG entre los métodos por sexo	158
Gráfico 16: Diagramas de caja de la MLG entre los métodos	160
Gráfico 17: Diagramas de caja de la MLG entre los métodos por sexo	160
Gráfico 18: Diagramas de caja del %MLG entre los métodos	161
Gráfico 19: Diagramas de caja del %MLG entre los métodos por sexo	161
Gráfico 20: Diagramas de %MG entre los tres métodos (incluyendo las tres fórmulas de Antropometría) por categorías de IMC	163

ESTUDIO COMPARATIVO INTERMETODOLÓGICO DE LA COMPOSICIÓN CORPORAL (ANTROPOMETRÍA, BIA Y DEXA)

Gráfico 21: Gráfico de dispersión: %MG_BIA frente a %MG_Carter	166
Gráfico 22: Gráfico de dispersión: %MG_BIA frente a %MG_DurninGeneral	166
Gráfico 23: Gráfico de dispersión: %MG_BIA frente a %MG_DurninEspecífica	166
Gráfico 24: Gráfico de dispersión: %MG_BIA frente a %MG_DEXA	167
Gráfico 25: Gráfico de dispersión: %MG_Carter frente a %MG_DurninGeneral	167
Gráfico 26: Gráfico de dispersión: %MG_Carter frente a %MG_DurninEspecífica	167
Gráfico 27: Gráfico de dispersión: %MG_Carter frente a %MG_DEXA	168
Gráfico 28: Gráfico de dispersión: %MG_DurninGeneral frente a %MG_DurninEspecífica	168
Gráfico 29: Gráfico de dispersión: %MG_DurninGeneral frente a %MG_DEXA	168
Gráfico 30: Gráfico de dispersión: %MG_DurninEspecífica frente a %MG_DEXA	169
Gráfico 31: Gráfico de dispersión: %MLG_BIA frente a %MLG_Carter	171
Gráfico 32: Gráfico de dispersión: %MLG_BIA frente a %MLG_DurninGeneral	171
Gráfico 33: Gráfico de dispersión: %MLG_BIA frente a %MLG_DurninEspecífica	171
Gráfico 34: Gráfico de dispersión: %MLG_BIA frente a %MLG_DEXA	172
Gráfico 35: Gráfico de dispersión: %MLG_Carter frente a %MLG_DurninGeneral	172
Gráfico 36: Gráfico de dispersión: %MLG_Carter frente a %MLG_DurninEspecífica	172
Gráfico 37: Gráfico de dispersión: %MLG_Carter frente a %MLG_DEXA	173
Gráfico 38: Gráfico de dispersión: %MLG_DurninGeneral frente a %MLG_DurninEspecífica	173
Gráfico 39: Gráfico de dispersión: %MLG_DurninGeneral frente a %MLG_DEXA	173
Gráfico 40: Gráfico de dispersión: %MLG_DurninEspecífica frente a %MLG_DEXA	174
Gráfico 41: Diagramas de %MG entre los tres métodos (incluyendo las tres fórmulas de Antropometría por nivel de actividad física)	179
Gráfico 42: Diagramas de %MG entre los tres métodos por sexos	184
Gráfico 43: Diagramas de %MG entre los tres métodos por niveles de actividad física	184
Gráfico 44: Diagramas de %MLG entre los tres métodos por sexos	192
Gráfico 45: Diagramas de %MLG entre los tres métodos por niveles de actividad física	192
Gráfico 46: Gráficos de Bland-Altman para %MLG para los hombres	198
Gráfico 47: Gráficos de Bland-Altman para %MG para los hombres	199
Gráfico 48: Gráficos de Bland-Altman para %MLG para las mujeres	201
Gráfico 49: Gráficos de Bland-Altman para %MG para las mujeres	202
Gráfico 50: Gráfico de Bland-Altman para nivel de actividad física Alta (%MG_BIA -	205

**ESTUDIO COMPARATIVO INTERMETODOLÓGICO DE LA COMPOSICIÓN CORPORAL
(ANTROPOMETRÍA, BIA Y DEXA)**

%MG_DurninEspecífica)

Gráfico 51: Gráficos de Bland-Altman para %MLG en el nivel de actividad física Alta	205
Gráfico 52: Gráficos de Bland-Altman para nivel de actividad física Moderada (%MG_BIA - %MG_DEXA; %MLG_DurninEspecífica - %MLG_DEXA)	207
Gráfico 53: Gráficos de Bland-Altman para nivel de actividad física Inactividad (%MG_DurninEspecífica - %MG_DEXA)	207

ÍNDICE DE TABLAS

	Pg.
Tabla 1: Modelos de componentes múltiples representativos en los cinco niveles de CC	37
Tabla 2: Ventajas y desventajas del empleo de la BIA	57
Tabla 3: Clasificación según el porcentaje de grasa ideal en diferentes grupos de población	79
Tabla 6: Características comparativas de los métodos para la predicción de la CC. El valor “5” representa la mejor opción para la característica apuntada	80
Tabla 7: Variables demográficas	96
Tabla 8: Variables experimentales	99
Tabla 9: Distribución de frecuencias de edad en las mujeres	117
Tabla 10: Distribución de frecuencias de edad en los hombres	118
Tabla 11: Horas de actividad física semanales de la muestra	120
Tabla 12: Horas de actividad física semanales de las mujeres	121
Tabla 13: Horas de actividad física semanales de los hombres	121
Tabla 14: Estadísticos descriptivos de talla, peso e IMC de la muestra	123
Tabla 15: IMC categorizado de la muestra	123
Tabla 16: Estadísticos descriptivos de talla, peso e IMC por sexos	123
Tabla 17: IMC categorizado de las mujeres	123
Tabla 18: IMC categorizado de los hombres	123
Tabla 19: Composición corporal DEXA de la muestra	126
Tabla 20: Composición corporal DEXA de la muestra por sexos	126
Tabla 21: Composición corporal DEXA por nivel de actividad física	129
Tabla 22: Composición corporal %MG_DEXA por niveles de actividad física (análisis por parejas <i>post hoc</i>)	129
Tabla 23: Composición corporal %MLG_DEXA por niveles de actividad física (análisis por parejas)	130

ESTUDIO COMPARATIVO INTERMETODOLÓGICO DE LA COMPOSICIÓN CORPORAL (ANTROPOMETRÍA, BIA Y DEXA)

post hoc).

Tabla 24: Composición corporal BIA de la muestra	132
Tabla 25: Composición corporal BIA de la muestra por sexos	135
Tabla 26: Composición corporal BIA por niveles de actividad física	138
Tabla 27: Composición corporal %MG_BIA por niveles de actividad física (análisis por parejas <i>post hoc</i>)	138
Tabla 28: Composición corporal %MLG_BIA por niveles de actividad física (análisis por parejas <i>post hoc</i>)	139
Tabla 29: Variables de Antropometría sin valores de división compartimental de la muestra	142
Tabla 30: Composición corporal Antropometría de la muestra	143
Tabla 31: Variables de Antropometría sin valores de división compartimental de la muestra por sexos	145
Tabla 32: Composición corporal Antropometría de la muestra por sexos	146
Tabla 33: Composición corporal Antropometría por niveles de actividad física	151
Tabla 34: Composición corporal %MG_Carter por niveles de actividad física (análisis por parejas <i>post hoc</i>)	151
Tabla 35: Composición corporal %MLG_Carter por niveles de actividad física (análisis por parejas <i>post hoc</i>)	151
Tabla 36: Composición corporal %MG_DurninGeneral por niveles de actividad física (análisis por parejas <i>post hoc</i>)	152
Tabla 37: Composición corporal %MLG_DurninGeneral por niveles de actividad física (análisis por parejas <i>post hoc</i>)	152
Tabla 38: Composición corporal %MG_DurninEspecífica por niveles de actividad física (análisis por parejas <i>post hoc</i>)	153
Tabla 39: Composición corporal %MLG_DurninEspecífica por niveles de actividad física (análisis por parejas <i>post hoc</i>)	153
Tabla 40: Diferencias entre las medias por parejas de métodos para el total de la muestra	177
Tabla 41: Diferencias entre las medias por parejas de métodos para las mujeres	177
Tabla 42: Diferencias entre las medias por parejas de métodos para los hombres	177
Tabla 43: Correlaciones entre métodos de evaluación para MG para la muestra	187
Tabla 44: Consistencia entre parejas de métodos de evaluación para MG para la muestra	187
Tabla 45: Correlaciones entre métodos de evaluación para MG los hombres	187
Tabla 46: Consistencia entre parejas de métodos de evaluación para MG para los hombres	187
Tabla 47: Correlaciones entre métodos de evaluación para MG para las mujeres	188
Tabla 48: Consistencia entre parejas de métodos de evaluación para MG para las mujeres	188

**ESTUDIO COMPARATIVO INTERMETODOLÓGICO DE LA COMPOSICIÓN CORPORAL
(ANTROPOMETRÍA, BIA Y DEXA)**

Tabla 49: Correlaciones entre métodos de evaluación para MLG para la muestra	194
Tabla 50: Consistencia entre parejas de métodos de evaluación para MLG para la muestra	194
Tabla 51: Correlaciones entre métodos de evaluación para MLG los hombres	194
Tabla 52: Consistencia entre parejas de métodos de evaluación para MLG para los hombres	194
Tabla 53: Correlaciones entre métodos de evaluación para MLG para las mujeres	195
Tabla 54: Consistencia entre parejas de métodos de evaluación para MLG para las mujeres	195