

Análisis de la composición corporal en una muestra de población urbana en riesgo de malnutrición*

(Analysis of the corporal composition of a sampling of the urban population at risk in terms of malnutrition)

Rebato, Esther; Vinagre, Arantza; Salces, Itziar;
San Martín, Leire

Univ. del País Vasco/Euskal Herriko Unib. Fac. de Ciencia y
Tecnología. Dpto. de Genética, Antropología Física y Fisiología
Animal. Apdo. 644. 48080 Bilbao
esther.rebato@ehu.es

Rosique, Javier

Univ. de Antioquia. Dpto. de Antropología. AA 1226, Medellín,
Colombia.
javier.rosique@siu.udea.edu.co

BIBLID [1137-439X (2011), 34; 553-565]

Recep.: 30.03.2009
Acep.: 28.03.2011

Se ha estudiado la composición corporal de una muestra de 297 sujetos adultos en riesgo de malnutrición y se ha comparado con la de una muestra control de 149 sujetos con el mismo rango de edades. El análisis de los resultados indican que la muestra de varones es más delgada que los controles respecto a los compartimentos muscular y graso. El agua corporal total también presenta valores bajos. La muestra de mujeres presenta exceso de grasa y peso respecto a los controles independiente del método utilizado para la estima de la masa grasa.

Palabras Clave: Composición corporal. Impedancia bioeléctrica. Malnutrición. Medio urbano.

Helikapen txarraren arriskuan dauden 297 helduren lagina ikertu egin dugu. Bere gorputzaren konposaketa beste lagin neurgailu batekin, adin erronka berarikiko 149 lagunaren lagina, gonbaratu dugu. Gizonen lagin hartuta, lagin neurgailua baino argalagoa dela nabaritzen du gonbaraketaren ikerketak, urin eta pisu gehiago daukala ikusi dugu, nahiz eta gorputza gonbosaketaren ikerketa bideak desberdinak erabili.

Giltza-Hitzak: Gorputz osaera. Inpedantzia bioelektrikoa. Malnutrizioa. Hiri ingurunea.

On a étudié la composition corporelle d'un échantillon de 297 sujets/individus adultes au risque de malnutrition et on l'a comparé avec celle d'un échantillon contrôle de 149 sujets/individus dans le même rang d'âges. L'analyse des résultats indique que l'échantillon masculine est plus mince que celui des contrôles par rapport aux compartiments musculaire et gras. L'eau corporelle totale présente aussi des valeurs bas. L'échantillon féminin présente un excès de graisse et de poids par rapport aux contrôles, indépendamment du méthode employé pour l'estimation de la masse grasse.

Mots-Clés : Composition corporelle. Impédance bioélectrique. Malnutrition. Milieu urbain.

* Este trabajo ha contado con una ayuda a la investigación de Eusko Ikaskuntza.

1. INTRODUCCIÓN

El estudio de la composición del cuerpo humano puede ser abordado según distintos niveles de complejidad: composición elemental (proporción de los distintos bioelementos, oligoelementos, etc.), composición molecular (proporción de agua, lípidos, glúcidos y proteínas) o composición tisular (proporción en peso de los distintos tipos de tejidos: óseo, muscular, graso, etc.). El nivel de estudio elegido depende de los objetivos de la investigación y de las técnicas disponibles. Aunque muchos estudios clásicos se han basado en determinaciones *postmortem*, las técnicas modernas permiten evaluaciones bastante precisas en sujetos vivos (Shephard, 1991).

El conocimiento de la composición tisular y cantidad de agua total tiene un interés especial, ya sea tanto en las Ciencias de la Salud y en la Antropología del Crecimiento y Desarrollo, como en la Antropología Deportiva. El ser humano se encuentra entre los mamíferos con mayor cantidad de tejido graso y esto mismo, entre otras cosas, ha estimulado el desarrollo de métodos para cuantificar la proporción relativa de músculo y grasa del cuerpo humano (Forbes, 1986), además de métodos para obtener el agua total o la cantidad de calcio, fósforo y nitrógeno. El estudio de la composición corporal hace posible ver la contribución de los principales tejidos al proceso de crecimiento y desarrollo del ser humano así como la estima de ciertos requerimientos nutricionales durante el ciclo de vida humano.

La determinación del contenido total de agua del cuerpo humano, por ejemplo, es uno de los objetivos mejor abordados de los estudios de Composición Corporal. El agua es con mucho el constituyente más abundante del cuerpo y es esencial para la vida, sirviendo como disolvente general en las reacciones bioquímicas y como medio fluido de transporte fisiológico.

El porcentaje de agua en función del peso corporal total varía desde un 70-75% al nacimiento a menos de un 40% en adultos obesos (Schoeller, 1996). A pesar de su importante presencia se le suele dar poca importancia ya que en estados no patológicos el agua corporal se encuentra muy bien regulada. Un descenso rápido del 15% en el contenido de agua corporal (deshidratación) se considera una amenaza para la salud.

El cuerpo humano durante la infancia posee huesos con menos calcio, un tejido muscular con menos potasio y además la razón de fluido extracelular respecto al volumen intracelular desciende durante el crecimiento. Por eso, se ha desarrollado el concepto de maduración química, para indicar el período de desarrollo en el cual la composición corporal se aproxima a la del adulto (Forbes, 1986). Por el contrario durante el envejecimiento, el volumen relativo de fluido extracelular aumenta a medida que el hueso pierde calcio.

La cronología de la maduración química varía según el tejido. Se sabe que el esqueleto no acaba de osificarse completamente hasta después de la adolescencia; sin embargo el músculo esquelético alcanza el rango de los valores de composición adultos para el potasio, cloro y agua, hacia los seis años.

Sin embargo, la maduración del tejido graso ocurre después de la maduración sexual y es alcanzada en los adultos entre los 18 y 30 años (Cronk, 1982). La determinación precisa de la proporción de grasa corporal de cada sujeto es siempre más informativa desde el punto de vista antropológico y biomédico que la determinación de la masa muscular (*LBM=Lean Body Mass*) puesto que la variabilidad interindividual del peso y grasa corporal es mayor.

La determinación de la composición corporal en el caso del sexo femenino tiene especial importancia en Antropología puesto que en muchas poblaciones humanas las exigencias de la lactancia y el embarazo a menudo suceden al mismo tiempo que se realizan trabajos físicos pesados. Las reservas de nutrientes pueden ser de vital importancia para estas mujeres. En la especie humana el dimorfismo sexual en la composición corporal puede verse como resultado de una selección disruptiva que asegura una composición corporal diferente en ambos sexos (Stini, 1986). En el hombre tiende a mayores cantidades de masa muscular (*LBM*) y en la mujer se trata de mayor cantidad de masa grasa (*FM=Fat Mass*). Por otro lado, la determinación de la proporción de grasa corporal tiene interés por su relación directa con la obesidad (Mukherjee y Roche, 1984) y suele cotejarse con otras medidas algo más indirectas pero de fácil obtención, como el índice de masa corporal (*BMI=Body Mass Index*).

Los paradigmas teóricos que explican la composición del cuerpo humano, en general, subdividen el peso corporal total en dos o más compartimentos usando un modelo de carácter elemental (bioelementos, oligoelementos), molecular, anatómico o metabólico. Los primeros **modelos anatómicos** eran de dos compartimentos (un compartimento de grasa y otro libre de grasa), posteriormente surgieron los modelos de cuatro compartimentos (grasa, agua, proteínas y minerales). El compartimento de grasa suele definirse como lípidos extraíbles (Sin, 1961) y por su naturaleza son hidrófobos. El modelo de dos compartimentos (Brozek y cols., 1963) se pudo desarrollar bastante bien con la ayuda de la técnica de hidrodensitometría (pesada con inmersión en una cuba de agua) y comparación posterior de las densidades corporales obtenidas con las de referencia (estudio de cadáveres). El compartimento libre de grasa posee una constante de hidratación muy similar en humanos y mamíferos en general (0,73). Aunque naturalmente en la infancia la hidratación de dicho compartimento es mayor que en el adulto (Fomon y cols., 1982). La constante de hidratación sirve como valor de referencia contra el que evaluar los cambios de contenido total de agua corporal en cada sujeto en función de las circunstancias que estemos estudiando (patologías, crecimiento, deporte, etc.).

El modelo de cuatro compartimentos requiere la ayuda de otras técnicas para determinar el contenido total de agua (dilución isotópica), proteínas (análisis de activación de neutrones) y minerales (absorbitometría de rayos X). Tanto el Análisis de la Impedancia Bioeléctrica (BIA) como otros métodos basados en la reflectancia del Infrarrojo cercano (MR) se adaptan a un modelo de descomposición del cuerpo humano en cinco compartimentos (grasa, fluido extracelular, fluido intracelular, masa sólida extracelular y masa sólida intracelular).

La masa celular corporal puede ser descompuesta en un 73% de agua (citósol) y un 27% de masa sólida, mientras que el compartimento de fluido extracelular posee cerca de un 94% de agua y un 6% de masa sólida (Wang y cols., 1992). El agua extracelular es la del plasma, agua intersticial del sistema linfático, agua del tejido conectivo compacto (incluyendo la del hueso y la del cartílago entre otros tejidos) y agua transcelular (fluidos excretorios como bilis, secreciones gastrointestinales, fluido cerebroespinal, etc.).

El desarrollo del modelo de cinco compartimentos (Boileau y cols., 1985) también requiere usar un patrón o referencia contra el que se evalúa la composición corporal de cada individuo (mediante ecuaciones de predicción). El consenso sobre cuál debe ser el patrón ha requerido bastantes discusiones en la comunidad científica internacional ya que el patrón elegido condicionaba la construcción de los instrumentos de medida. Sin embargo, hoy día el patrón elegido se encuentra bastante aceptado para su uso general, a pesar de ello se recomienda la determinación de la composición corporal mediante varios métodos paralelos para evaluar posibles desviaciones sistemáticas de uno de ellos.

2. ANÁLISIS DE LA IMPEDANCIA BIOELÉCTRICA

El uso de un flujo de corriente alterna aplicada mediante un dispositivo de electrodos para la determinación de la composición corporal ha tenido mucho más éxito que ciertas aplicaciones biomédicas anteriores como el tratamiento de enfermedades y el electrodiagnóstico (Scheltinga, 1992). Ya en los años 60 se hacían diagnósticos de enfermos de tiroides, cardíacos y cirróticos mediante esta técnica. Posteriormente se vió que la Impedancia bioeléctrica podía tener relación con el contenido total de agua del cuerpo humano (TBW) y esto hizo surgir su nueva aplicación en el análisis de la composición corporal. Las técnicas de Impedancia han sido validadas con otros métodos independientes de estima de la composición corporal (Lukaski y cols., 1985), en sujetos sanos, como el de la dilución isotópica, el de inmersión y pesado hidrostático, antropometría, absorbitometría de rayos-X, etc. Es destacable que la correlación obtenida entre la determinación de la composición corporal por antropometría (medidas de pliegues cutáneos) e Impedancia bioeléctrica de sujetos sanos es muy alta (0,96-0,99).

El *Análisis de la Impedancia Bioeléctrica* (BIA) posee la ventaja de ser una técnica no invasiva para el cálculo del fluido corporal total. Las medidas de Impedancia, se registran mediante un pletismógrafo y dependen de la frecuencia de la corriente aplicada. Estudios in vitro de sangre y plasma sugirieron que las corrientes de baja frecuencia (< 5kHz) eran conducidas por el fluido extracelular (ECW), es decir, el plasma. Las membranas celulares a esta frecuencia impedían la entrada de la corriente eléctrica. En cambio, la capacitancia de las membranas celulares durante la conducción de corrientes de elevada frecuencia (>50 kHz) podía ser despreciada y por ello las medidas de Impedancia a esta frecuencia podían relacionarse tanto con el volumen del fluido intracelular como extracelular, es decir, con el fluido corporal total (Thomasset y

cols., 1973; Segal y cols., 1991). Aunque la mayoría de los estudios recientes han utilizado corrientes de elevada frecuencia, algunos trabajos han usado otros tipos de frecuencias. Los pletismógrafos de uso habitual utilizan corriente alterna de elevada frecuencia, 50 kHz (50.000 Hz), y baja intensidad, $1 \mu\text{A}$ ($1 \times 10^{-6} \text{ A}$). La corriente administrada a esta frecuencia no causará excitación de los nervios y músculos y no puede ser notada por el sujeto estudiado.

La Impedancia está compuesta por dos partes: Resistencia y Reactancia. Cuando se aplica un pulso de corriente eléctrica a un cilindro lleno de fluido, se piensa que las cargas eléctricas son transportadas por los iones presentes en el líquido. Pero además el fluido presenta una oposición al avance de la corriente (=Resistencia, R, medida en ohmios Ω). La Resistencia es proporcional a la longitud del cilindro (L) e inversamente proporcional al diámetro (D). Si L y D son conocidas, R refleja el volumen (V) del contenido fluido del cilindro. Si una porción de fluido se sustituye por grasa que es un mal conductor, la Resistencia a través del cilindro aumentará (Nyboer, 1970). El cuerpo humano se asemeja a una serie de cilindros conectados (brazos, tronco, piernas) con longitudes conocidas y diámetros relativamente constantes. La Resistencia total es la suma de la Resistencia de cada segmento. Por ello, la Resistencia medida a través del cuerpo (corregida para la estatura) refleja su contenido líquido total (Kushner y Schoeller, 1986).

En sujetos sanos la Resistencia contribuye aproximadamente al 98% de la señal de Impedancia bioeléctrica (Z, en Ω). Puesto que Resistencia e Impedancia son generalmente de la misma magnitud, estos términos son frecuentemente utilizados de forma intercambiable (aunque esto sea origen de confusión). La Reactancia eléctrica (X_c) es el segundo componente de la Impedancia y se refiere a la porción de Impedancia debida a la presencia de elementos capacitivos en el cuerpo humano. La Reactancia contribuye muy poco a la Impedancia total (aprox. 2%, también en Ω). Se piensa que las membranas y paredes celulares poseen cierta capacidad eléctrica, al igual que los condensadores. Se ha sugerido que una célula individual actúa como un condensador plano en el que las soluciones electrolíticas son conductores planos mientras que la parte hidrocarbonada de las membranas celulares funciona como un dieléctrico. Sin embargo, aunque se pueden obtener valores corporales de Reactancia, su valor clínico es todavía muy pobre y casi desconocido, a pesar de que existe sospecha de que podría ser útil para estudiar la integridad de las membranas celulares y el volumen de fluido extracelular (ECW).

El pletismógrafo mide la Impedancia de todo el cuerpo, valor que puede ser descompuesto en Resistencia y Reactancia. Dicha descomposición se conoce como Análisis de la Impedancia Bioeléctrica (BIA). La Impedancia (Z) se relaciona del siguiente modo con la Reactancia (R) y la Resistencia (X_c), según Nyboer (1970): $Z = \sqrt{R^2 + X_c^2}$. Existe una relación lineal entre la Resistencia (corregida para la estatura, H^2/R en cm^2/Ω) y el contenido de agua corporal total (TBW). El 86% de la variabilidad en TBW es explicada por la resistencia (medida en posición proximal). Es suficiente usar R para predecir el volumen del compartimento TBW (Lukaski y cols., 1985; Scheltinga, 1992). TBW no se

relaciona con la Reactancia pero sí con el volumen de agua extracelular (ECW), que presenta una relación lineal inversa con la Reactancia.

La razón Reactancia/Resistencia (X_c/R), recibe también el nombre de factor-Q. Este factor posee valores más altos en sujetos sanos que en pacientes quirúrgicos postoperatorios (por trasplantes, trauma, peritonitis, leucemia, etc.). La determinación de medidas de Impedancia, en algunos hospitales, suele hacerse de forma rutinaria en pacientes de la UCI. Pero los resultados y la utilidad de esta rutina está todavía en estudio y discusión. La Reactancia en sujetos enfermos puede disminuir debido a que la acumulación de fluido extracelular disminuye las distancias intercelulares. Este fenómeno puede alterar la capacidad de almacenar cargas eléctricas (capacitancia) de los tejidos hiperhidratados. Otros autores atribuyen los cambios de Reactancia a cambios en la fluidez de las membranas por alteración de los lípidos durante la convalecencia. La obtención del factor-Q en un segmento corporal, exclusivamente en la pierna, se ha considerado un buen indicador de recuperación de la enfermedad (indicador clínico) cuando su valor asciende hasta la normalidad. Los valores de Impedancia en pacientes hospitalarios con alteraciones de peso indican en muchos casos retención de grandes cantidades de líquido. La movilización de sus edemas y la diuresis coincide con una normalización de los valores de Impedancia bioeléctrica.

La retención de líquidos y la expansión concomitante de los compartimentos de fluidos corporales son característicos de algunas enfermedades. Se piensa que estos cambios son consecuencia de la liberación de catabolitos y hormonas como la vasopresina y aldosterona. Esta respuesta hormonal es proporcional al daño de los tejidos y queda acentuada ante la pérdida de sangre o infección severa. La malnutrición progresiva en pacientes con SIDA se asocia a descenso de la razón Reactancia/Resistencia (Scheltinga, 1992). La depleción nutricional que surge en algunos pacientes postquirúrgicos también se relaciona con descenso de la Reactancia. La razón Reactancia/Resistencia se utiliza para calcular el *Ángulo de fase (A)*, de forma que $A = \tan(\text{factor-Q})$. El ángulo de fase representa el grado en que el cuerpo humano difiere de un resistor puro y su cálculo suele aplicarse al estudio del grado de hidratación corporal (Baumgartner y cols., 1988).

3. MATERIAL Y MÉTODOS

3.1. Técnica de medida

El método tradicional de medida de la Impedancia requiere que el sujeto sea puesto en posición supina (Lukaski y cols., 1985). El brazo (preferentemente el derecho) y la pierna (derecha) no deberían de tocar otras partes del cuerpo de lo contrario se producen falsos valores bajos. Se utilizan dos conjuntos de electrodos dobles de aluminio para cada medida.

Un primer conjunto de electrodos externos se encuentra unido a una mano y a un pie y sirve de transmisor. En concreto, un electrodo debe colocarse

sobre la piel de la mano derecha cubriendo el tercer hueso metacarpiano, mientras que el segundo electrodo se coloca sobre el tercer metatarso cerca del tercer dedo del pie. Un segundo conjunto de electrodos internos debe colocarse sobre la superficie dorsal entre las partes prominentes de los huesos ulnar y radial, mientras que el electrodo de la pierna debe colocarse sobre la piel al nivel de las partes prominentes de los huesos tibial y fibular (Scheltinga, 1992). Sin embargo, también se han hecho pruebas para situar los electrodos en posiciones proximales (cerca del codo y de la rodilla) obteniendo resultados con valores de resistencia inferiores a los obtenidos con el método habitual ya que las extremidades contribuyen en gran medida a los valores de la Resistencia debido a su menor diámetro, pues la Resistencia de un cilindro se relaciona inversamente con el diámetro. Las partes distales del cuerpo, antebrazo y el segmento tibial de la pierna, explican más de la mitad de toda la Resistencia corporal a pesar de que su contribución a la composición corporal es de menos del 5% (Chumlea y cols., 1988). La lectura proximal, se relaciona más estrechamente con la Resistencia y puede predecir de forma más precisa el contenido total de agua (TBW) respecto al método habitual. Sin embargo, la lectura proximal se reserva para aquellas determinaciones clínicas que requieren mayor precisión. El método asume que: la distribución de agua y la conducción de corriente en el cuerpo humano son simétricas y homogéneas. Por ello la Impedancia determinada a través de la mitad del cuerpo refleja el contenido de agua total. Además se asume que las diferencias anatómicas entre lado derecho e izquierdo son mínimas.

Cuando se introduce una corriente alterna generada por un pletismógrafo mediante el primer conjunto de electrodos, la corriente fluirá por el brazo la mitad ipsilateral del tronco y pierna y viceversa. El cuerpo creará una resistencia al flujo de la corriente y la señal de Impedancia quedará así determinada por los electrodos colocados en la muñeca y tobillo. Se sabe que puede haber interferencia entre los electrodos cuando su distancia es menor que el diámetro del segmento al que se han aplicado, para ello suele variarse la posición del electrodo de registro, hasta encontrar una distancia fija que no debe alterarse durante la repetición de medidas. Tampoco debe intercambiarse la posición de los electrodos de registro por los de estimulación (Baumgartner y cols., 1989).

El ángulo que forman las extremidades con el tronco también puede influir en las medidas de Impedancia de forma que al separar las extremidades aumenta la Resistencia. Por ello es necesaria una estandarización de dicho ángulo para medidas repetidas (ángulo de 45° entre las piernas y de 30° entre los brazos y el tronco). El cuerpo no debe tocar estructuras metálicas (Scheltinga, 1992).

3.2. Procedimiento

Para analizar la Composición Corporal humana se toman los resultados de Impedancia, Resistencia y Reactancia proporcionados por el pletismógrafo. Se estudia la relación funcional de dichos resultados primarios del análisis de la

Impedancia con las medidas antropométricas obtenidas directamente (pliegues de grasa subcutánea, índices de corpulencia, etc.), para ello se utilizan ecuaciones de regresión hasta obtener modelos de predicción de grasa subcutánea a partir de los datos bioeléctricos.

Se han estudiado las variables bioeléctricas (resistencia y reactancia) obtenidas directamente mediante el BIA 101 (Akern s.l.) y la densidad corporal, estimada mediante dos métodos diferentes:

- 1= basado en las ecuaciones de Duna y Womersley (1974) para la antropometría de la grasa subcutánea.
- 2= basado en las ecuaciones de Pasco y Rutishauser (1985) basadas en la impedancia y el peso corporal.

Además, se han estimado los dos compartimentos corporales, masa grasa y masa magra, del modelo bicompartimental para la composición corporal, así como la cantidad total de agua corporal mediante cinco métodos diferentes:

- 1= a partir de Durnin y Womersley (1974) por antropometría.
- 2= por las ecuaciones de Pasco y Rutishauser (1985) basadas en la impedancia.
- 3= por las ecuaciones de Van Loan y Mayclin (1987) basadas en la impedancia.
- 4= por las ecuaciones de Kushner y cols. (1992) basadas en la impedancia.
- 5= por las ecuaciones de Guo y cols. (1987) basadas en la impedancia y los pliegues de grasa subcutánea.

La masa grasa, la masa magra y la cantidad de agua total se refieren a proporciones o porcentajes sobre el peso corporal.

Variables antropométricas: peso y estatura y pliegues de grasa subcutánea (triceps y subescapular).

3.3. Tamaño y origen de la muestra

La muestra de origen caucasoide presenta edades comprendidas entre los 18 y los 64,99 años y consiste en 297 sujetos en riesgo de malnutrición, 115 varones y 182 mujeres. Con los mismos criterios de origen y edad, se ha diseñado una muestra control representada por 149 personas, 78 varones y 71 mujeres. Los controles y los sujetos estudiados se encontraban en el mismo rango de edades con medias de 36 y 41 años respectivamente. La muestra considerada como sujetos en riesgo representa a una serie de sujetos de nivel socioeconómico bajo que participan regularmente en programas de asistencia social en la Villa de Bilbao.

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En este estudio se ha calculado la correlación entre los resultados proporcionados por los cinco métodos utilizados para la estima de los compartimentos corporales. El método basado en la antropometría (Durnin y Womersley, 1974) posee correlaciones altas y significativas con el resto de las estimas basadas en la impedancia. Para el porcentaje de Masa Grasa los coeficientes de correlación de los varones oscilan entre 0.63 ($p < 0.001$) y 0.85 ($p < 0.001$) y los de las mujeres entre 0.77 ($p < 0.001$) y 0.84 ($p < 0.001$), y para el porcentaje de Masa Magra los coeficientes de correlación de los varones oscilan entre 0.81 ($p < 0.001$) y 0.90 ($p < 0.001$) y los de las mujeres entre 0.70 ($p < 0.001$) y 0.94 ($p < 0.001$). Las estimas fiables de la Masa Grasa parecen más deseables debido a que la definición de obesidad se basa en ellas (Mukherjee y Roche, 1984), pero en esta investigación se puede observar que las determinaciones de la Masa Magra parecen algo más fiables que las de la Masa Grasa ya que se relacionan más estrechamente entre sí. Esto es debido a que la impedancia se relaciona más con la cantidad de agua total que con la cantidad de grasa (Segal y cols., 1991). Y como la estima de la cantidad total de agua corporal sigue estrechamente la de la Masa Magra en el modelo bicompartimental de la composición corporal humana (Brozek y cols., 1963), es esta variable y no la Masa Grasa la que queda mejor estimada por impedancia.

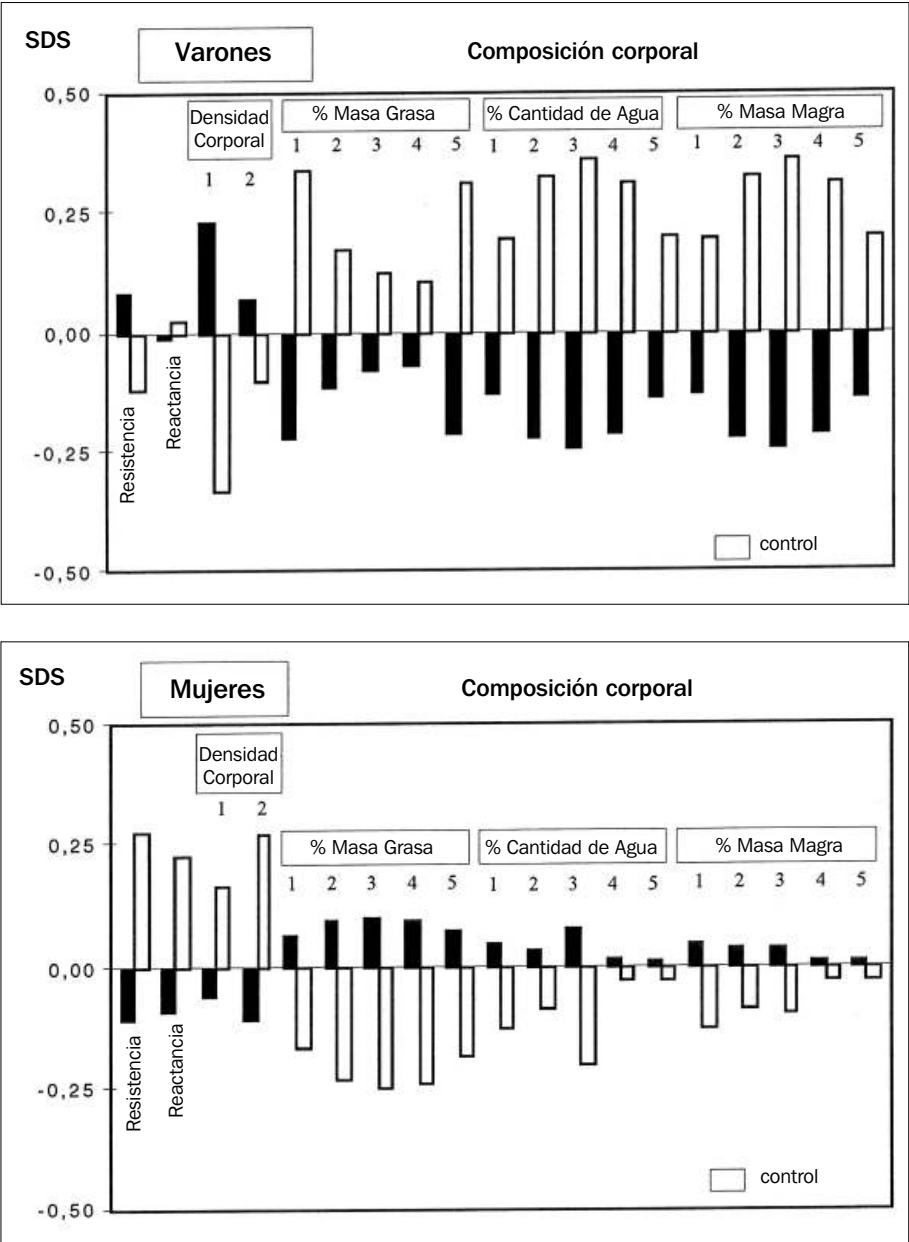
4.1. Varones

4.1.1. Comparación con la muestra control

Las puntuaciones de la resistencia y las dos estimas de la densidad corporal son superiores a las de la muestra control, por el contrario las puntuaciones de la reactancia y de la proporción de masa grasa, masa magra y cantidad total de agua son inferiores a las de la muestra control, independientemente del método utilizado para calcular los porcentajes de los compartimentos corporales respecto a la masa corporal total (Figura 1). Sin embargo, el análisis de la varianza efectuado (Tabla 1) muestra diferencias significativas entre las dos muestras para la densidad basada en Durnin y Womersley (1974), para la masa magra y cantidad total de agua, independientemente del método de estima y para la masa grasa basada en tres de los cinco métodos utilizados: Durnin y Womersley (1974), Pasco y Rutishauser (1985) y Guo y cols. (1987).

El análisis de los resultados de composición corporal confirman que se trata de una muestra más delgada que los controles y por ello los dos compartimentos corporales (muscular y grasa) y el agua total presentan valores bajos. Sin embargo, aunque las mayores diferencias se presentan en la masa magra, el hecho de que la muestra posee una densidad corporal algo superior a la de los controles indica que no existe un deterioro musculoesquelético importante.

Fig. 1. Representación gráfica de las puntuaciones (SDS)



Obtenidas para la resistencia, reactancia, densidad corporal, %Masa Grasa, %Cantidad de Agua Corporal y %Masa Magra tanto para la muestra de usuarios (en negro) como para la muestra control (en blanco). Las distintas estimas de la composición corporal se basan en: 1=Durnin y Womersley (1974), 2=Pasco y cols. (1985), 3=Van Loan y Maycin (1987), 4= Kushner y cols. (1992) y 5=Guo y cols. (1987).

4.2. Mujeres

4.2.1. Comparación con la muestra control

La resistencia, reactancia y la densidad corporal (por los dos métodos de estima utilizados) presentan puntuaciones menores que las de la muestra control. Por el contrario las proporciones de masa grasa, masa magra y cantidad total de agua corporal presentan puntuaciones superiores a las de la muestra control independientemente del método utilizado para calcular las proporciones de los compartimentos corporales (Figura 1). Sin embargo, el análisis de la varianza (Tabla 1) solo muestra diferencias significativas entre las dos muestras para la impedancia (resistencia y reactancia), densidad corporal basada en Pasco y cols. (1985), y el porcentaje de masa grasa basado en tres de los cinco métodos de estima: Pasco y cols. (1985), Van Loan y Mayclin (1987) y Kushner y cols. (1992).

La menor densidad corporal de la muestra de mujeres y su tendencia a poseer una proporción de masa grasa superior a la de los controles confirman que el exceso de peso de la muestra respecto a los controles es debido fundamentalmente a exceso de grasa y no a un desarrollo musculoesquelético más elevado respecto a los controles.

Tabla 1. Análisis de la varianza de una sola vía

Composición Corporal		VARONES	MUJERES
		F(d.f. 1 191)	F(d.f. 1 248)
Resistencia		1.873 ns	7.921 **
Reactancia		0.070 ns	5.184 *
Densidad	(1)	15.961	2.582 ns
	(2)	1.424 ns	7.695 **
% Masa Grasa	(1)	15.760 ***	2.710 ns
	(2)	3.863 *	5.490 **
	(3)	1.960 ns	6.396 **
	(4)	1.388 ns	5.929 **
	(5)	13.554 ***	3.379 ns
% Masa Magra	(1)	4.906 *	1.560 ns
	(2)	14.715 ***	0.701 ns
	(3)	18.467 ***	0.832 ns
	(4)	13.356 ***	0.095 ns
	(5)	5.115 *	0.080 ns
% Agua	(1)	4.906 *	1.564 ns
	(2)	14.715 ***	0.702 ns
	(3)	18.467 ***	0.989 ns
	(4)	13.356 ***	0.097 ns
	(5)	5.115 *	0.080 ns

Para los valores de impedancia y composición corporal obtenidos por distintos métodos: (1)=Durnin y Womersley (1974); (2)=Pasco y cols. (1985); (3)=Van Loan y Mayclin (1987); (4)=Kushner y cols. (1992); (5)=Guo y cols. (1987).

5. BIBLIOGRAFÍA

- BAUMGARTNER, R. N.; CHUMLEA, W. C.; ROCHE, A. F. (1988). "Bioelectrical impedance phase angle and body composition." *American Journal of Clinical Nutrition*, 48; 16-23.
- ; —; — (1989). "Estimation of body composition from bioelectric impedance of body segments". *American Journal of Clinical Nutrition*, 50; 221-226.
- BOILEAU, R. A.; LOHMAN, T. G.; SLAUGHTER, T. H. (1985). "Exercise and body composition of children and youth". *Scandinavian Journal of Sports Science*, 7; 17-27.
- BROZEK, J.; GRANDE, F.; ANDERSON, J. T.; KEYS, A. (1963). "Densitometric analysis of body composition: Revision of some quantitative assumptions". *Annals of the New York Academy of Sciences*, 110; 113-140.
- CHUMLEA, W. C.; BAUMGARTNER, R. N.; ROCHE, A. F. (1988). "Specific resistivity used to estimate fat-free-mass from segmental body measures of bioelectrical impedance". *American Journal of Clinical Nutrition*, 48; 7-15.
- CRONK, Ch. E. (1982). "Longitudinal Trends of W/S² in Childhood in Relationship to Adulthood Body Fat Measures". *Hum. Biol.*, 54; 751-764.
- DURNIN, J. V. G. A.; 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; 77-97.
- FOMON, S. J.; HASCHKE, F.; ZIEGLER, E. E.; NELSON, S. E. (1982). "Body composition of reference children from birth to age 10 years". *American Journal of Clinical Nutrition*, 35; 1169-1175.
- FORBES, G. B. (1986). "Body Composition in Adolescence". En: *Human Growth v2. Post-natal Growth Neurobiology*. Falkner F y Tanner JM (eds.). New York: Plenum Press.
- GUO, S.; ROCHE, A. F.; CHUMLEA, W. C.; MILES, D. S.; POHIMAN, R. L. (1987). "Body composition predictions from bioelectric impedance". *Human Biology*, 59; 221-233.
- KUSHNER, R. F.; SCHOELLER, D. A.; FJELD, C. R.; DANFORD, L. (1992). "Is the impedance index (ht²/R) significant in predicting total body water?". *The American Journal of Clinical Nutrition*, 56; 835-9.
- ; — (1986). "Estimation of total body water by bioelectrical impedance analysis". *American Journal of Clinical Nutrition*, 44; 417-424.
- LUKASKI, H. C.; JOHNSON, P. E.; BOLUNCHUK, W. W.; LYKKEN, G. L. (1985). "Assessment of fat-free-mass using bioelectrical impedance measurements of the human body". *American Journal of Clinical Nutrition*, 41; 810-817.
- MUKHERJEE, D.; ROCHE, A. F. (1984). "The Estimation of Percent Body Fat, Body Density and Total Body Fat by Maximum R² Regression Equations". *Hum. Biol.*, 56; 79-109.
- NYBOER, J. (1970). "Electrical Impedance Plethysmography". Springfield, IL: Charles C. Thomas; pp. 3-49.
- PASCO, J. A.; RUTISHAUSER, I. H. E. (1985). "Body fat estimated from anthropometric and electrical impedance measurements". *Hum. Nutr.: Clin. Nutr.*, 39C; 365-369.
- SCHELTINGA, M. R. (1992). "Bioelectrical Impedance Analysis (BIA): A bedside method for fluid measurement". Amsterdam: VU University Press.

- SCHOELLER, D. A. (1996). "Hydrometry". En: *Human Body Composition*. Roche AF, Heymsfield, S. B.; Lohman, T. G. (eds.); Champaign, I. L.: Human Kinetics.
- SEGAL, K. R.; BURASTERO, S.; CHUN, A.; CORONEL, P.; PIERSON, R. N.; WAMG, J. (1991). "Estimation of extracellular and total body water by multiple-frequency bioelectrical-impedance measurement". *American Journal of Clinical Nutrition*, 47; 7-14.
- SHEPHARD, R. J. (1991). "Body Composition in Biological Anthropology". Cambridge Studies in Biological Anthropology. Cambridge: Cambridge University Press.
- SIN, W. E. (1961). "Body composition from fluid spaces and density: Analysis of methods". En: Brozek, J. and Henschel, A. (eds.). *Techniques of measuring body composition* (pp. 223-244). Washington DC: National Academy of Sciences.
- STINI, W. A. (1986). "Reduction in Body Size and the Preservation of Genetic Variability in Tropical Populations". En: *The Genetic Variation and its Maintenance*. Roberts, D. F. and De Stefano (eds.). Cambridge: Cambridge University Press.
- THOMASSET, A.; LENOIR, J.; JENIN, M. P.; ROULLET, C.; DUCROT, H. (1973). "Appréhension de la situation électrolytique tissulaire par le rapport des impédances globales du corps humain en basse et haut fréquence". *Revue de Médecine Aéronautique et Spaciale*, 46; 312-315.
- VAN LOAN, M. D.; MAYDIN, P. (1987). "Bioelectrical impedance analysis is it a reliable estimator of lean body mass and total body water?". *Human Biology*, 59; 299-309.
- WANG, Z. M.; PIERSON, R. N.; HEYMSFIELD, S. B. (1992). "The five-level model: A new approach to organizing body-composition research". *American Journal of Clinical Nutrition*, 56; 19-28.