



Impedancia bioeléctrica y su aplicación en el ámbito hospitalario

Francisco José Berral de la Rosa,* Elizabeth Rodríguez Bies**

RESUMEN

La utilización del análisis de impedancia bioeléctrica (BIA) se presenta como una herramienta precisa y confiable para evaluar el agua corporal total y la composición corporal, mientras no se alteren los factores fisiológicos y de hidratación del paciente. BIA ha alcanzado en la actualidad un papel destacado en las ciencias de la salud, por ser un método no invasivo, que requiere sólo de unos pocos minutos y de simple ejecución en cualquier contexto clínico (desde la consulta a la unidad de vigilancia intensiva), reproducible y apto para la rutina médica.

Palabras clave: BIA, impedancia bioeléctrica, bioimpedancia clínica, agua corporal total, composición corporal.

ABSTRACT

The use of Bioelectrical Impedance Analysis (BIA) is presented as a precise and reliable method to evaluate total body water and body composition, when physiologic and hydration factors of patients are not modified. Nowadays the use BIA has reached an important role in the field of health sciences, since it is not a surgical method that is easily performed in some minutes in any clinical facility (from medical room to intensive therapy room). Furthermore it is reproducible and very useful in the daily medical labour.

Key words: BIA, bioelectrical impedance analysis, clinical bioimpedance, total body water, body composition.

IMPEDANCIA BIOÉLECTRICA

Las alteraciones del estado nutricional o cierto tipo de enfermedades, provocan cambios en la estructura del organismo, tales como disminución de la masa celular, pérdida de proteínas o alteraciones en la relación de los líquidos intra y extracelular. La determinación de la magnitud de estos cambios en la composición corporal y una adecuada intervención nutricional permiten mantener el equilibrio del medio interno, conservando el normal desarrollo de las funciones vitales.

El análisis de impedancia bioeléctrica (BIA) es un método no invasivo e indoloro, de fácil realización, que ha demostrado tener una buena correlación con las técnicas clásicas para el estudio de la composición corporal como son la dilución isotópica¹⁻⁴ y el método de pliegues cutáneos, siempre y cuando no se modifiquen las condiciones fisiológicas y de hidratación del individuo. Debido a esto, ha tenido una aplicación creciente en las ciencias de la salud para la determinación de la estructura corporal y líquidos corporales en pacientes con diversas patologías.⁵⁻⁸

La práctica y desarrollo de esta técnica se basa fundamentalmente en la medición de la impedancia (Z) o respuesta que los tejidos biológicos presentan, en función de sus propiedades, al paso de una corriente eléctrica alterna con una intensidad de voltaje muy baja, por debajo de los umbrales de percepción del cuerpo humano.^{9,10}

Esta idea fue introducida por primera vez, en el campo de la ciencia, en la década de los 60 por un físico francés, Thomasset, quien estableció la relación existente entre el agua total del cuerpo humano y la impedancia eléctrica.⁹

El desarrollo de la metodología de BIA ha dado lugar a numerosas técnicas, de acuerdo con el número de frecuencias del estímulo eléctrico aplicado al individuo y al tipo de medición. De ahí que en la actualidad podemos encontrar en el mercado equipos de impedancia bioeléctrica *mono* y *multifrecuencia*. La BIA de frecuencia única, que trabaja a una frecuencia de 50 khz, sólo permite medir el agua corporal total y la de múltiple frecuencia, que abarca frecuencias desde 100 khz a 1,000 khz, permite discriminar entre agua extra e intracelular, facilitando la cuantificación del volumen de estos compartimen-

* Profesor Titular de Universidad. Especialista en Medicina del Deporte. Director del Departamento de Deporte e Informática, Universidad Pablo de Olavide, Sevilla, España.

** Master en Alto Rendimiento Deportivo. Doctoranda de la Universidad Pablo de Olavide, Sevilla, España.



tos, así como la estimación de la masa celular corporal y la masa extracelular, ya que la aplicación de altas frecuencias logran la penetración de la membrana celular.

En cuanto al tipo de medición, podrán ser bien *de cuerpo parcial* (medición de pie a pie, de mano a mano), bien *de cuerpo total* (medición de mano a pie) o *segmental* (medición de la impedancia del tronco y/o de los segmentos).⁹

La BIA es una herramienta que se utiliza dentro del ámbito hospitalario para:

- Estimar la composición corporal en dos o tres compartimientos (masa grasa y masa libre de grasa) o (masa grasa, masa celular y masa extracelular).
- Monitorear el desgaste o deterioro celular.
- Evaluar el nivel y la distribución del agua corporal.
- Observar las fluctuaciones de los fluidos corporales.

PROPIEDADES DIELECTRICAS DE LOS TEJIDOS

Los organismos vivos están compuestos por células. La mayoría de éstas se unen entre sí mediante una matriz extracelular, o bien, por adhesión directa de una célula con otra formando distintas uniones. Estas agrupaciones celulares dan lugar a los tejidos. El principal componente de las células es su membrana celular, cuya estructura se basa en una bicapa lipídica en la cual se encuentran distribuidas las proteínas, permitiendo la formación de canales para un intercambio iónico con el exterior.

Por sus componentes moleculares, la membrana celular actúa como una interfase dieléctrica (aislante) y puede ser considerada como las dos placas de un condensador biológico, formado por capas conductoras de proteínas y capas aislantes de lípidos. Por otro lado, los fluidos corporales, tanto intra como extracelulares, son buenos conductores eléctricos. Cuando se aplica un campo eléctrico de corriente alterna, a medida que aumentamos la frecuencia, la pared celular pierde su efecto de capacitancia (X_c), es decir, la resistencia generada por la membrana celular, dejando pasar la corriente. Los portadores de cargas son principalmente los iones y la fuente principal de dipolos son las moléculas polares del agua en los tejidos.¹¹

Las propiedades bioeléctricas de los diferentes tejidos humanos, están fundamentados en la Ley de Ohm:

$$R = V / I$$

R = resistencia (ohmio -Ω-)

V = voltaje (voltio -V-)

I = intensidad (amperio -A-)

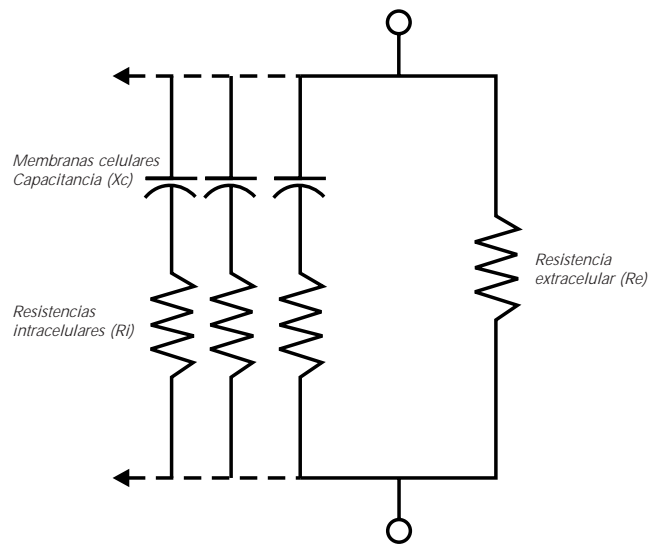


Figura 1. Circuito bioeléctrico.

Asumiendo que los principales componentes de un circuito bioeléctrico (Fig. 1) están en paralelo (capas concéntricas, capas conductoras de proteínas y capas aislantes de lípidos), la R vendrá determinada casi exclusivamente por la resistividad específica (ρ) de la masa libre de grasa (MLG), compuesta por un 73.2% de agua.

Para conocer la composición corporal, la estimación de la resistencia del cuerpo al paso de la corriente eléctrica debe transformarse. El principio básico es que la impedancia de un sistema geométrico depende de la longitud y configuración del conductor, de su área transversal y de la frecuencia de la señal. Por ello, a pesar de que se considera que el cuerpo humano no es un conductor homogéneo, se define como un cilindro de $h =$ talla (L) y de una sección transversal conocida (A) (Fig. 2), al que se le aplica una diferencia de potencial (V) entre sus extremos y por el cual pasa una intensidad de corriente (I).

Así la impedancia (Z), ofrecida por el “Cilindro” de MLG al paso de una corriente eléctrica, se puede escribir como: $Z = (\rho \times L) / A$, donde ρ representa la resistividad del cilindro, propia de la naturaleza del material. Las variables se expresarían: (Z (Ω); ρ (Ω/cm); L (cm) y A (cm²).

Para facilitar la operación, podríamos multiplicar el cociente por L/L, lo que equivaldría a multiplicar por 1. $Z = (\rho \times L) / A \times (L / L)$, o bien: $Z = (\rho \times L^2) / V$, siendo $V = A \times L$, de donde se concluye que:

$$V = (\rho \times L^2) / Z$$

Z = impedancia

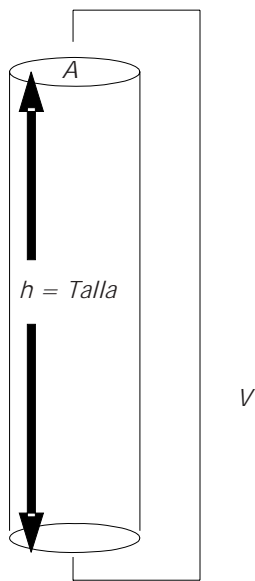


Figura 2. Modelo de un cilindro.

V = volumen de H_2O (según la ρ que apliquemos), a partir del cual se podrá estimar la **MLG** (73.2% de H_2O).

Valor que, restándolo del peso corporal total, nos dará la **MG**.

Teniendo en cuenta la ecuación $V = (\rho \times L^2) / Z$, para el cuerpo humano se puede escribir en términos muy generales que:

$$\text{Agua Corporal Total (ACT)} \propto \text{Altura}^2 / Z$$

Al ser la geometría del cuerpo humano compleja, la BIA segmental parte del supuesto de considerar a éste como la suma de varios cilindros conectados eléctricamente en serie (Fig. 3). Sumándolos como cinco cilindros imperfectos (brazos, piernas y tronco), obtendríamos la composición corporal.

De esta forma quedaría en parte resuelto el problema de medición como consecuencia de la diferencia en la geometría de los miembros y la baja impedancia que muestra el tórax al paso de una corriente eléctrica.^{9,12}

La **impedancia** (Z), que matemáticamente se expresa como: $Z^2 = (R^2 + Xc^2)$, es la oposición que, dependiendo de la frecuencia de inducción, se opone al paso de una corriente (I). Partiendo desde un concepto biológico, tiene dos componentes: **resistencia** (R) y **reactancia o capacitancia** (Xc). La R es la resistencia al paso de la corriente eléctrica, debido fundamentalmente al rozamiento de las partículas que conducen la electricidad con el medio por

el que viajan. La Xc se debe a la polarización de los tejidos y es la capacidad que tiene un condensador o membrana celular, de almacenar la I por un periodo más o menos largo. Por lo tanto, dependerá del contenido de agua y de la concentración iónica.

En la práctica, debido a que en el cuerpo humano la $Xc \leq 4\%$ de la Z , se suele ignorar, escribiéndose $Z \sim R$. No obstante, aunque pequeño, dicho parámetro es fundamental para poder diferenciar líquidos intra y extracelulares y valorar el estado de las membranas celulares con la importancia que ello tiene para todos los procesos homeostáticos y metabólicos. Ejemplo, la malnutrición se caracteriza por una destrucción de la masa celular asociada a un aumento de fluidos extracelulares, propiciado por la destrucción de las membranas. Bioeléctricamente, esto significa una disminución de la Xc (Cuadro 1).

El ángulo de fase Θ (0°) es el arco-tangente entre la R y Xc (Fig. 4). Muestra el avance o retroceso de la corriente (I) frente al voltaje (V) en un circuito.

Al igual que ocurre con la Xc , los valores altos de Θ , significan membranas celulares en buen estado, con una presión osmótica y concentración de iones correcta y mucha masa celular. Es así que se puede concluir que el parámetro Θ , contiene información relativa a los comportamientos capacitivos y a la resistencia ofrecida por las soluciones eléctricas intra y extracelulares de los tejidos.

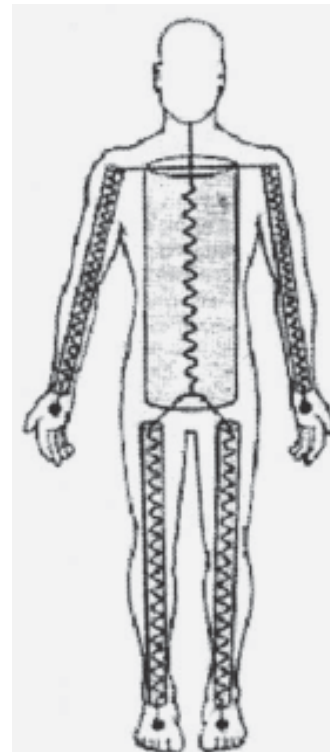


Figura 3. Modelo de cinco cilindros.^{9,12}

Cuadro 1. Parámetros bioeléctricos en sujetos sanos y enfermos.⁵

Parámetros	Sujetos sanos		Sujetos enfermos
	Hombres	Mujeres	Hombres y Mujeres
$R(\Omega)$	432.0 \pm 59.2	559 \pm 51.3	313.0 \pm 80.8
$Xc(\Omega)$	60.4 \pm 7.40	64.9 \pm 8.90	17.3 \pm 13.3
$\Theta(\theta^\circ)^*$	8.2 \pm 1.10	6.7 \pm 0.90	3.5 \pm 2.2

Las soluciones electrolíticas intra y extracelulares de todos los tejidos blandos, en particular de los tejidos no grasos, son óptimos conductores, mientras que el hueso no es atravesado tan fácilmente por las corrientes eléctricas utilizadas y se comporta como un mal conductor (aislante). En el tejido adiposo, la corriente puede atravesar las soluciones electrolíticas del intersticio y los adipositos, a exclusión de las gotas lipídicas e hidrofóbicas, que no conducen corriente. Por tanto, el BIA sólo puede analizar el compartimiento de los tejidos blandos, atribuibles a la masa magra sin hueso y a la masa grasa. Existe una menor resistencia al flujo de la corriente en regiones con una gran área transversal, como el tronco, mientras que la resistencia es mayor en zonas con menor área transversal, como los brazos.⁶

VALORES OBTENIDOS MEDIANTE BIA

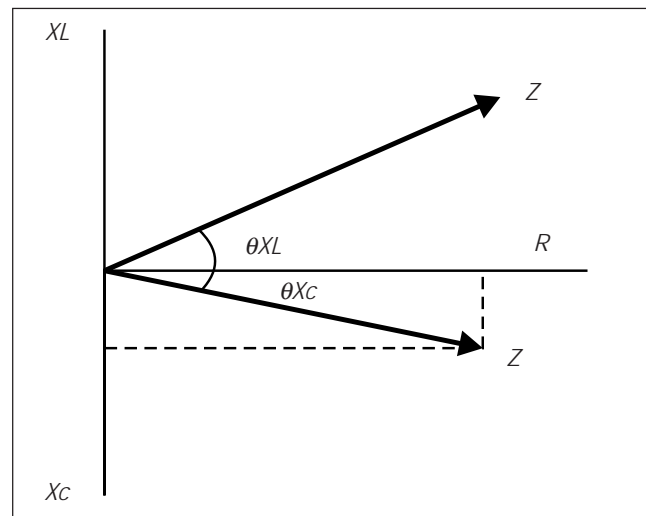
Peso corporal. El peso corporal puede dividirse en distintos compartimientos (Fig. 5), de acuerdo con el método de fraccionamiento utilizado.

Cada uno de ellos provee distintas y a su vez superpuestas funciones en el cuerpo. Para evaluar mejor la salud interna se necesita información de los diferentes compartimientos corporales. BIA, divide al cuerpo en 2 o 3 compartimientos pero siempre partiendo de un fraccionamiento bicompartimental: masa grasa y masa libre de grasa.

Masa libre de grasa (MLG). Una vez conocida la impedancia, se puede estimar el agua corporal total (ACT). A partir de este valor, se calcula la MLG, asumiendo que ésta tiene un grado de hidratación constante de 73.2% y una concentración de potasio de 68.1 mmol/kg. Está constituida principalmente por músculos, órganos internos, huesos y sistema nervioso central.

$$MLG = ACT / 0.732$$

Masa grasa (MG): La masa grasa, definida como lípido extraíble por el éter, se supone que tiene una densidad de

**Figura 4.** Ángulo de fase.

0.9007 g/cm³ a 36° C, es anhidra y no contiene potasio. Puede ser calculada utilizando el modelo de fraccionamiento bioquímico de dos compartimientos (masa libre de grasa y masa grasa); restando la MLG del peso corporal total, se obtiene la MG.

$$MG = \text{Peso Total} - MLG$$

Masa celular (MC). La masa celular corporal se obtiene del modelo de fraccionamiento de masas de tres componentes. Se define como tejido metabólicamente activo, en el cual se llevan a cabo más del 90% de todos los procesos corporales. Por ejemplo, se puede observar, mediante la técnica de impedancia, la diferencia de masa entre las células viejas y jóvenes, así como los defectos de la membrana. Estos defectos se traducen en una disminución de la reactancia observada; por ello, y para este tipo de estudios de evolución, se ha de tener en cuenta siempre el ángulo de fase.

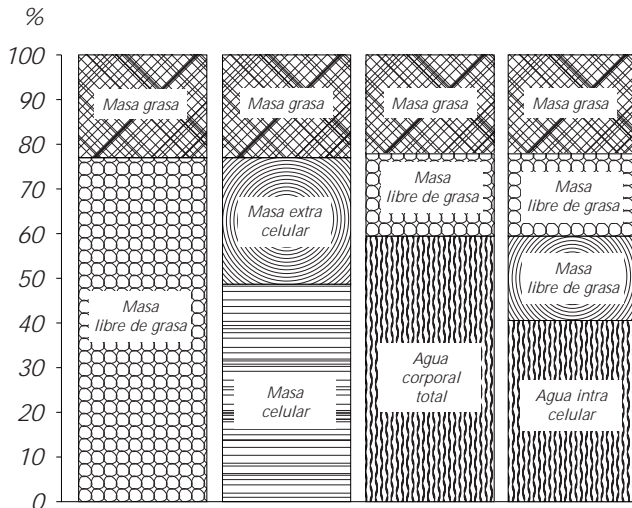


Figura 5. Fraccionamiento corporal en dos y tres componentes.

Para realizar el cálculo de la MC, se utiliza el ángulo de fase y la masa libre grasa mediante la siguiente ecuación:

$$MC = MLG \times \ln \theta_{50 \text{ KHz}} \times 0.29$$

Norma referente para la masa celular en la población:

Mujeres: 30-35% de su peso Hombres: 40-45% de su peso

Masa extracelular (MEC). Es el tejido que se encuentra fuera de las células y provee al cuerpo estructura, soporte y transporte.

$$MEC = MLG - MC$$

Agua corporal total (ACT). Está expresada en porcentaje respecto al peso, e incluye el agua que se encuentra dentro (intracelular) y fuera (extracelular) de las células. Varía dependiendo de la edad y el sexo, y aumenta con el incremento de la masa muscular. Aproximadamente el 50-60% del peso de un adulto corresponde a fluidos (Fig. 6).

El ACT se distribuye de esta manera:¹³

- 2/3 en el agua intracelular (AIC)
- 1/3 en el agua extracelular (AEC) y de ésta, 1/4 es intravascular y 3/4 intersticial

Agua intracelular (AIC). La mayoría del fluido corporal se encuentra dentro de la masa celular corporal y contiene grandes cantidades de iones de potasio,

magnesio y fósforo. Los cambios registrados en el agua intracelular reflejan cambios en la masa celular corporal. Un incremento en el agua intracelular usualmente significa que hay un incremento en la masa celular (anabolismo). Una disminución en la misma significaría destrucción y pérdida de la masa celular (catabolismo).

Agua extracelular (AEC). Es el fluido que se encuentra fuera de las células y circula por todo el organismo. Este fluido está incluido en la masa extracelular. A su vez, se encuentra dividido por el endotelio vascular, en líquido intersticial (entre las células) e intravascular (dentro de los vasos), y por una barrera epitelial de los líquidos transcelulares (secreciones digestivas, humor acuoso, líquido sinovial, líquido en tejido conectivo denso y en el hueso). El AEC contiene grandes cantidades de iones de sodio, cloro y bicarbonato, además de nutrientes para las células.

CONDICIONES EN LA MEDICIÓN

Se ha demostrado que el análisis de impedancia bioeléctrica puede producir errores en la estimación del ACT y de la MLG entre el 2-4% en sujetos sanos.

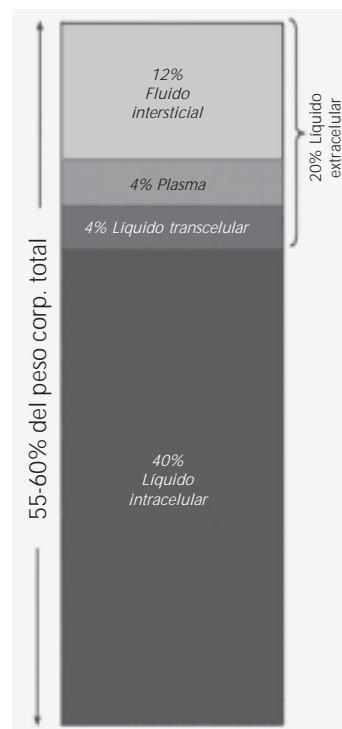


Figura 6. Compartimientos líquidos.

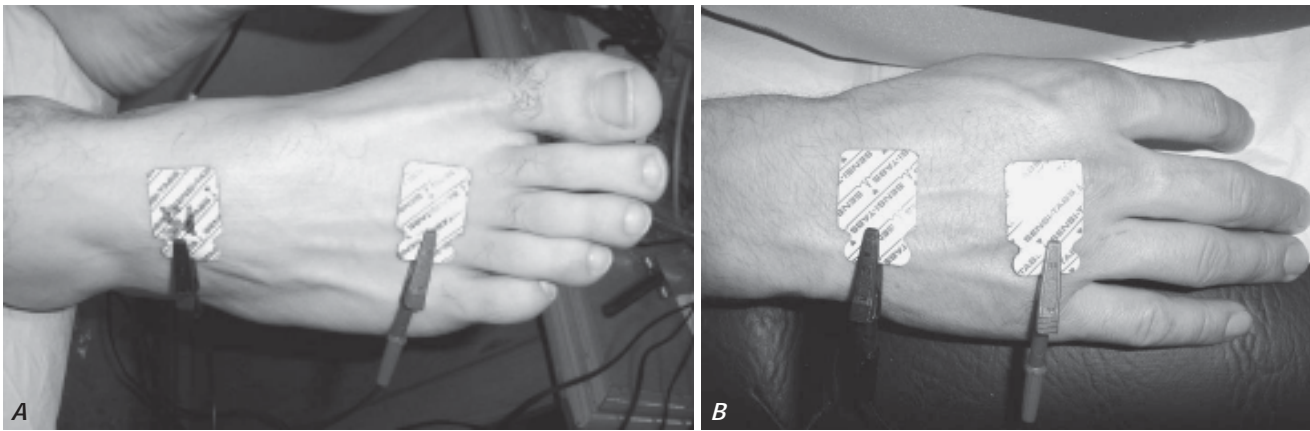


Figura 7. Sitio de ubicación de los electrodos en pie (A) y mano (B).

Para mejorar la precisión es necesario medir la estatura y el peso del individuo bajo condiciones estandarizadas (normas internacionales ISAK). También se deben tomar en consideración una serie de factores que pueden modificar el contenido y distribución del agua corporal y aumentar consecuentemente los errores en las estimaciones de los distintos compartimientos corporales.

Dentro de estos factores se han señalado, por distintos investigadores, la ingesta de líquidos, alimentos o alcohol, realización de ejercicios físicos en horas previas al análisis,^{14,15} la presencia de procesos febriles, deshidratación o edema y los períodos menstruales.

Igualmente, existen otros factores relacionados con la aplicación de la técnica, que también se deben considerar, porque pueden alterar las medidas de la impedancia (Z), como el lugar de ubicación de los electrodos, lado del cuerpo, posición de las extremidades, la postura del sujeto,¹⁶ la conductancia de la camilla de medición,¹⁷ la presencia de objetos metálicos, limpieza de la piel donde se colocarán los electrodos, etc. Por eso es imprescindible estandarizar la metodología para reducir errores durante la medición, asegurando de esta manera la fiabilidad y la validez intrínseca del método de impedancia bioeléctrica.^{9,12,18,19}

Previo a la medición:

Temperatura ambiental de 20 ° a 35 °C.

No usar diuréticos por una semana.

No beber alcohol por 48 horas antes del examen.

No realizar el ejercicio intenso por lo menos 12 horas antes.

No ingerir alimentos ni bebidas cuatro horas antes.

Vaciar la vejiga antes del análisis.

No utilizar objetos metálicos.

No realizar esta prueba a personas que utilicen marcapasos o estén embarazadas.

Posición del sujeto: El paciente deberá estar en decúbito supino, ya sea en la cama o en camilla, y haber tocado previamente una superficie metálica que esté en contacto con el suelo a fin de asegurar que no esté cargado electrostáticamente. El nivel de líquidos cambia a lo largo del día y al cambiar la postura. Por ello la medición se hará tras estar acostado entre tres y cinco minutos aproximadamente, ya que los líquidos corporales se encontrarán repartidos por la ayuda de la fuerza de gravedad.

Los miembros estarán ligeramente abducidos, 45° con respecto al tronco.

Limpiar la piel, en la zona de colocación de los electrodos, con alcohol al 70%.

Ubicar correctamente los electrodos superficiales.*

* **Electrodos.** Los electrodos constituyen el transductor entre la corriente eléctrica, el sistema de medida y la corriente iónica del tejido biológico. Al utilizar electrodos superficiales, se debe considerar una interfase adicional electrolito-piel. Debido a que el estrato córneo, capa superficial de la epidermis compuesta por células muertas, presenta características diferentes del tejido vivo y, por ende, una impedancia muy alta, antes de realizar una medición es aconsejable remover esta capa de células muertas o al menos parte de ellas. Algunos métodos de eliminación son: frotamiento con algún papel mojado en alcohol o acetona, abrasión con papel rugoso o simplemente frotar la zona con un cepillo. Otro problema que presentan los electrodos superficiales está en el vello, que también afecta la interfase electrolito-piel y se

traduce en un mal conductor del electrodo, provocando interferencias en la medida.

Los electrodos superficiales deben tener un tamaño no menor de 5 cm² y frecuentemente se utilizan electrodos desechables y adhesivos, que tienen gel electrolítico sólido, como los que se suelen manipular en electrocardiografía y electrofisiología. Los electrodos proximales serán de detección de voltaje y los distales, de inyección de corriente.

Tanto en los miembros superiores como inferiores (Fig. 7), los electrodos inyectoros se ubicarán, respectivamente, justo debajo de la falange metacarpiana en el medio del dorso de la mano y justo debajo del arco transversal, en la cara dorsal del pie, inmediatamente por detrás de la segunda falange metatarsiana. En tanto que los electrodos detectores se colocarán en el centro de la muñeca junto al proceso estilóideo y en la región dorsal del pie, en una distancia equidistante entre el maléolo tibial y peroneo. Los cables se ajustarán a los electrodos a través de pinzas y siempre ubicando el extremo negro proximal y el rojo distal. Cada cable tiene una única ubicación, según el miembro.

Durante la medición:

Cuidar que el paciente y los cables estén alejados de cualquier aparato que emita radiaciones, y que estos no toquen el suelo o estén entrelazados.

Evitar movimientos bruscos e inspiraciones profundas durante la medición, cuyo tiempo es de aproximadamente cinco minutos, ya que se pueden ver afectados los parámetros que registra el equipo.

APLICACIONES CLÍNICAS

Diferentes especialidades médicas, como la endocrinología, nefrología y pediatría, y diversas situaciones patológicas, pueden verse beneficiadas por la aplicación de BIA. La única y principal contraindicación de esta técnica es la aplicación en pacientes portadores de una prótesis metálica interna (rodilla, cadera, etc.), la cual podría verse afectada en su temperatura al paso de la corriente. Muchos son los trabajos reportados en la bibliografía que relacionan BIA con carencias nutricionales, obesidad, anorexia, diabetes, cáncer, sida, hemodiálisis y malnutrición,^{6-8,20-23} y en general en las personas encamadas. Aportaremos información sobre algunos de ellos:

SIDA

El análisis de impedancia bioeléctrica (BIA) proporciona la información necesaria para estudiar con precisión la

composición corporal, lo que a su vez permite controlar de cerca el síndrome de desgaste progresivo del SIDA (wasting). Mediante el análisis BIA, se determina la composición relativa de la grasa corporal y de otras sustancias que el cuerpo necesita para su correcto funcionamiento. El síndrome de desgaste progresivo del SIDA es un proceso por el cual la masa libre de grasa (MLG) es procesada (metabolizada) para proporcionar energía al cuerpo. BIA compara las mediciones a través del tiempo, y esto permite controlar las alteraciones de la MLG (tejidos orgánicos y musculares), que por lo general no se pueden determinar con exactitud mediante los cambios en el peso. Al proporcionar información precisa sobre la composición corporal, el análisis de BIA contribuye a que los médicos puedan medir objetivamente la eficacia de los tratamientos contra el desgaste progresivo del SIDA. Además, el análisis ayuda al médico a evaluar el efecto que produce una terapia efectiva anti-VIH en la composición corporal.²⁴

Hemodiálisis

En nefrología, la composición corporal y la determinación de agua corporal total (ACT) se emplean como referentes para definir la prescripción de la diálisis y la expansión del volumen. La BIA se ha popularizado como método de determinación y se han formulado recomendaciones y factores de corrección para su empleo en pacientes urémicos, dado que en la composición corporal de dichos sujetos existen cambios secundarios a la desnutrición o a la retención de líquidos, con o sin edema aparente. A partir de los estudios publicados sobre el uso de BIA en la sesión de hemodiálisis se pueden identificar cuatro áreas de investigación: identificación del peso seco (del ACT), determinación de los traslados transcompartimentales durante la ultrafiltración (compartimiento intracelular), consideración del volumen de distribución de la urea (del ACT) para el cálculo exacto del índice Kt/V y valoración nutricional (estimación de MG y MLG). Se ha determinado también que es el método menos afectado por la presencia de edema y el que tiene mejor correlación con los cambios inducidos por la ultrafiltración.²⁵⁻²⁸

Obesidad

El estudio de la composición corporal es una herramienta potencial en la evaluación integral de los pacientes obesos. En la actualidad se reconoce la relación entre la grasa corporal y las complicaciones metabólicas características de esta patología, de ahí la importancia de validar el uso de las diferentes técnicas para evaluar



las estrategias terapéuticas que conduzcan a la reducción de peso. Indicadores antropométricos como el índice de masa corporal (IMC), o el índice cintura-cadera, no cuantifican directamente la grasa corporal. Estas mediciones sólo permiten definir el riesgo de las alteraciones cardiovasculares y metabólicas que se asocian a la obesidad. El uso de BIA y de la sumatoria de los pliegues cutáneos, pueden ser consideradas opciones útiles en el área clínica para evaluar el porcentaje de grasa corporal de los individuos obesos.²⁹

También se ha reportado que la mayoría de las personas obesas retienen líquidos corporales, los cuales son detectados mediante BIA. De esta forma tratamientos específicos con acuaréticos pueden ser instaurados en estos pacientes.

Recién nacidos

Algunos trabajos han sido publicados en relación a la estimación de la composición corporal mediante BIA en recién nacidos de bajo peso.³⁰ Mediante el uso de ecuaciones específicas para neonatos es posible conocer las diferencias atendiendo a la edad gestacional de los mismos. De este modo se hace posible poder clasificar a los recién nacidos mediante un índice basado en BIA.

Encamados

Dada la alta prevalencia hospitalaria de malnutrición, sobre todo en ancianos, y su excesivo costo sanitario, el médico clínico debe contar con estrategias que disminuyan el gasto y, al mismo tiempo, mejoren la calidad de vida de estos pacientes. Entre las técnicas a utilizar en este tipo de pacientes encontramos el método antropométrico³¹ y la impedancia bioeléctrica. BIA nos permite valorar de forma fácil y fiable los compartimentos corporales de personas postradas en cama, sustituyendo de este modo a otros métodos de estimación de la composición corporal imposibles de llevar a cabo en estos sujetos.

REFERENCIAS

- Martinoli R, Mohamed EI, Maiolo C, Cianci R, Denoth F, Salvatori S, et al. Total body water estimation using bioelectrical impedance: a meta-analysis of the available in the literature. *Acta Diabetol* 2003; 40: S203-6.
- Martín MV, Gómez GJB, Antoranz GMJ, Fernández HS, Gómez CA, de Oya OM. Validación del monitor de medición de la grasa corporal por impedancia bioeléctrica OMRON BF 300. *Aten Primaria* 2001; 28: 174-81.
- Smith D, Engel B, Diskin AM, Spanel P, Davies SJ. Comparative measurements of total body water in healthy volunteers by online breath deuterium measurement and other near-subject methods. *Am J Clin Nutr* 2002; 76: 1295-301.
- Kenneth JE. Selected Body Composition Methods Can Be Used in Field Studies. *J Nutr* 2001; 131: 1589S-1595S.
- Zarowitz BJ, Pilla AM. Bioelectrical impedance in clinical practice. *DICP* 1989; 23(7-8): 548-55.
- Piccoli A, Nescolarde LD, Rosell J. Análisis convencional y vectorial de bioimpedancia en la práctica clínica. *Nefrología* 2002; 22(3): 228-38.
- Bauer J, Capra S, Davies P. Estimation of total body water front foot-to-foot bioelectrical impedance analysis in patients with cancer cachexia – agreement between three prediction methods and deuterium oxide dilution. *J Hum Nutr Dietet* 2005; 18: 295-300.
- Piccoli A, Codognotto M, Di Pascoli L, Boffo G, Caregaro L. Body Mass Index and agreement between bioimpedance and anthropometry estimates of body compartments in anorexia nervosa. *J Parenteral and Enteral Nutrition* 2005; 29(3): 148-56.
- Professional Medical Information System. Promis Cardio Fitness. Cádiz: Manual del Usuario; 2005, p. 3-4, 22-6, 42-57.
- De Lorenzo A, Abdreoli A, Maite J, Withers P. Predicting body cell mass with bioimpedance by using theoretical methods: a technological review. *J Appl Physiol* 1997; 82(5): 1542-58.
- Grimnes S, Martinsen G. *Bioimpedance & Bioelectricity Basics*. Academic Press 2000; 4: 87-125.
- Filozof C. Composición Corporal: Impedancia Bioeléctrica. *PubliCE Standard*. 22/03/2004. Pid: 270. Disponible en: www.sobreentrenamiento.com/PubliCE/Imprimible.asp?Ida=270&tp=s
- Best & Taylor: *Bases Fisiológicas de la Práctica Médica*. Dirigido por Dvorkin M, Cardinali D. 13ª Ed. Cap. 25. Buenos Aires: Médica Panamericana; 2003, p. 413-31.
- Koulmann N, Jimenez GH, Regal D, Boliét P, Launay JC, Savourey G, et al. Use of bioelectrical impedance analysis to estimate body fluid compartments after acute variations of the body hydration level. *Med Sci Sports Exerc* 2000; 32(4): 857-64.
- Pialoux V, Mischler I, Mounier R, Gachon P, Ritz P, Coudert J, et al. Effect of equilibrated hydration changes on total body water estimates by bioelectrical impedance analysis. *British Journal of Nutrition* 2004; 91: 153-9.
- Slinde F, Bark A, Jansson A, Rossander-Hulthel. Bioelectrical impedance variation in healthy subjects during 12h in the supine position. *Clinical Nutrition* 2003; 22(2): 153-7.
- American Society for Clinical Nutrition. *Bioelectrical impedance analysis in body composition measurement: National Institutes of Health Technology. Assessment*

- Conference Statement. Am J Clin Nutr 1996; 64: 524S-32S.
18. Pichard C, Kyle UG, Bracco D, Slosman D, Morabia A, Schutz Y. Reference Values of Fat-Free and Fat Masses by Bioelectrical Impedance Analysis in 3393 Healthy Subjects. Nutrition 2000; 16: 245-54.
 19. Kyle UG, Gremion G, Genton L, Slosman D, Golay A, Pichard C. Physical Activity and fat-free and fat mass by bioelectrical impedance in 3853 adults. Med Sci Sports Exerc 2001; 33(4): 576-84.
 20. Soderberg M, Hahn RG, Cederholm T. Bioelectrical impedance analysis of acute body water changes in congestive heart failure. Scand J Clin Lab Invest 2001; 61: 89-94.
 21. Kyle UG, Genton L, Mentha G, Nicod L, Slosman D, Pichard C. Reliable Bioelectrical Impedance Analysis Estimate of Fat-Free Mass in Liver, Lung and Herat Transplant Patients. J Parenteral and Enteral Nutrition 2001; 25(2): 45-51.
 22. Irigoyen C. Estimación de la grasa corporal por absorciometría de energía dual de rayos X y por impedancia bioeléctrica: estudio comparativo en ancianos. Nutrición Clínica 2003; 6(1): 17-26.
 23. Paniagua JA, López MJ, Escribano A, Berral FJ, Marín C, Bravo D, et al. Cerivastatin improves insulin sensitivity and insulin secretion in early-state obese type 2 diabetes. Diabetes 2002; 51: 2596-603.
 24. Earthman CP, Matthie JR, Reid PM, Harper IT, Rayussin E, Howell WH. A comparison of bioimpedance methods for detection of body cell mass change in HIV infection. Journal of Applied Physiology 2000; 88: 944-56.
 25. Vázquez R, Pérez GH, Ventura M, Paniagua R. Agua corporal total en pacientes en hemodiálisis. Diferentes métodos de medición. Rev Med IMSS 2003; 41(3): 229-33.
 26. Nescolarde L, Piccoli A, Rosell J, Alcibiades L, Pere J, Román A, et al. Vector de distribución de impedancia eléctrica en pacientes con hemodiálisis periódica. Memorias V Congreso de la Sociedad Cubana de Bioingeniería; 2003 Jun 10-13; Habana, Cuba.
 27. Hoenich N, Levin N. Can technology solve the clinical problem of "dry weight"? Nephrol Dial Transplant 2003; 18: 647-50.
 28. Cigarrán S, Barril G, Bernis C, Cirugeda A, Herraiz I, Selga R. Evaluación del estado nutricional de los pacientes renales y ajuste del peso seco en CAPD y HD: papel de la bioimpedancia. Rev Electrón Biomed 2004; 1: 16-23.
 29. Macías MN. Evaluación de la composición corporal en pacientes obesos. Nutrición Clínica 2002; 5(4): 272-8.
 30. Casanova M, Jiménez A, Paul S, Rodríguez IM, Mariño A, Casanova BM. Composición corporal del recién nacido de bajo peso. Análisis de las diferencias según la edad gestacional. Vox Paediatrica 1999; 7(1): 23-8.
 31. Berral FJ, Del Águila D. Valoración antropométrica/nutricional de enfermos adultos hospitalizados o encamados. Arch Med Dep 2002; 88: 129-35.

Solicitud de sobretiros:

Dr. Francisco José Berral de la Rosa
Director del Dpto. de Deporte e Informática
Universidad D. Olavide, Sevilla
Carretera de Utrera Km. 1.41013
Sevilla, España
Tel.: 954 348 534 - 650 139 022
Correo electrónico: fjberde@upo.es