

**EVALUACIÓN NUTRICIONAL MEDIANTE
TÉCNICAS DE IMPEDANCIA. VENTAJAS E
INCONVENIENTES EN TCA**

**NUTRITIONAL ASSESSMENT WITH
BIOELECTRICAL IMPEDANCE ANALYSIS (BIA).
ADVANTAGES AND DISADVANTAGES IN EATING
DISORDERS**

Antonio Rodón Ortega¹

Francisco José Vallejo Castillo¹

Manuel Enrique García Falcón¹

**¹Curso de especialización Evaluación y Tratamiento Dietético-Nutricional
en los Trastornos de la Conducta Alimentaria, Universidad Pablo de
Olavide (Sevilla)**

Correspondencia: Manuel Enrique García Falcón, megarfal@gmail.com

Universidad Pablo de Olavide

Carretera Utrera Km 1, CP: 41013, Sevilla

RESUMEN

La impedancia bioeléctrica o bioimpedancia eléctrica es una técnica que se usa para medir la composición corporal que tiene un organismo, basándose en la capacidad de éste para conducir una corriente eléctrica. Dentro de esta técnica existen numerosas variantes, comprobándose experimentalmente la eficacia de algunas de estas técnicas a la hora de evaluar la composición corporal principalmente en deportistas de alto rendimiento. En el caso de pacientes con trastornos de la conducta alimentaria (TCA) existe controversia al respecto de la utilización de estos procedimientos como indicadores fiables de la composición corporal, debido a los numerosos cambios fisiológicos que tienen lugar en los pacientes afectados y la variación en el caso de valores como el agua corporal total. Por ello, para realizar un análisis adecuado de los pacientes con trastornos de la conducta alimentaria debemos recurrir a técnicas de impedancia de alta fiabilidad y precisión, como es el caso de la bioimpedancia eléctrica multifrecuencia y octopolar. Conociendo los fundamentos de este tipo de impedancia se han valorado los resultados que se pueden obtener tras estas mediciones, obteniendo como conclusión la posible utilización de esta técnica en pacientes con TCA teniendo en cuenta las limitaciones e indicaciones de la metodología a emplear y una correcta interpretación de los resultados obtenidos.

Palabras clave: impedancia bioeléctrica, composición corporal, anorexia nerviosa, bulimia nerviosa, trastornos de la conducta alimentaria.

ABSTRACT

Electrical bioimpedance is a technique used to measure body composition. It is based in the capacity of the body to conduct electrical current. In this technique there are numerous variants, and it has been checked experimentally the effectiveness of some of this techniques to evaluate body composition in high-performance athletes. In the case of patients with disordered eating behavior (DEB) there is controversy about the use of this procedures as reliable indicators of body composition due to numerous physiological changes that take place in this patients and the variation in the case of values as total body water. For this reason we have to appeal to high reliability and accurate impedance techniques in order to make a correct analysis of patients with disordered eating behaviors, as multi-frequency and octapolar electrical bioimpedance. Knowing the basics of this type of impedance there have been valued the results that we can obtain after this measurements, obtaining as conclusion the possible use of this technique in patients with disordered eating behavior taking into account the limitations and indications of the methodology to use and a correct interpretation of the results.

Key words: bioelectric impedance, body composition, anorexia nervosa, bulimia nervosa, eating disorders.

INTRODUCCIÓN

La impedancia bioeléctrica o bioimpedancia eléctrica es una técnica que usada para medir la composición corporal que tiene un organismo, que se basa en la capacidad de este para conducir una corriente eléctrica. Se define impedancia a la oposición de un conductor al flujo de una corriente alterna, la medida de la misma está compuesta por dos vectores que se denominan resistencia y reactancia.

Estos parámetros dependen del contenido en agua y la conducción iónica en el organismo. Se define resistencia (R) como la oposición del tejido al pase de la corriente y reactancia (Xc), es el otro efecto negativo sobre la conducción eléctrica y está descrito por el comportamiento como condensador de la membrana celular y depende a su vez de la frecuencia de la señal.

Nyober y colaboradores en 1943 fueron quienes demostraron que los volúmenes biológicos se pueden relacionar con la impedancia (Z). Matemáticamente se expresa como $Z = (R^2 + Xc^2)^{1/2}$.

Dicha conductividad eléctrica es mayor en el tejido magro, respecto al tejido adiposo, ya que el primero tiene una composición mayor de agua y gran parte de los electrólitos del cuerpo. En consecuencia es, sobre la masa magra que es posible medir la impedancia a partir del agua. La conductividad de componentes como la sangre o la orina es alta, la del músculo intermedia y la de huesos, grasa o aire es baja.

Conociendo estos fundamentos podemos llegar a afirmar que los aparatos existentes en el mercado que realizan una impedancia eléctrica monofrecuencia no van a resultar adecuados para analizar la composición corporal, ya que corrientes constantes de intensidad eléctrica pueden atravesar un tejido o no en función de las características del mismo², con lo que los resultados de composición corporal que vamos a obtener en este caso no van a ser fiables. Por ello, en este trabajo vamos a guiarnos por métodos de impedancia bioeléctrica fiables, que se han correspondido con la impedancia bioeléctrica multifrecuencia y octopolar. Esta técnica va a emitir la corriente alterna de 1000, 5000, 10000, 50000, 100000 y 200000 Hertzios, atravesando por el individuo analizado la corriente eléctrica tanto los distintos tejidos y compartimentos corporales como las distintas células, ya que esta herramienta puede favorecer que la corriente eléctrica atraviese la membrana plasmática. Además, se colocan dos electrodos en cada extremidad (manos y pies), obteniendo como resultado un informe emitido por el software informático *Cardio Fitness*.

En este trabajo vamos a analizar el empleo de esta técnica en los pacientes con distintos trastornos de la conducta alimentaria, teniendo como objetivos del presente estudio los siguientes puntos:

- Describir los principales fundamentos de la bioimpedancia eléctrica multifrecuencia octopolar.
- Analizar los cambios corporales que tienen lugar en los trastornos de la conducta alimentaria y pueden ser detectados mediante este procedimiento.

- Emitir un juicio crítico y valorar tanto las ventajas como los inconvenientes del empleo de esta técnica en los pacientes con trastornos de la conducta alimentaria.

MÉTODO-PROCEDIMIENTO

Para elaborar este trabajo hemos empleado fuentes de información científica a través de la base de datos Pubmed. Se han revisado algunos artículos a partir de las siguientes búsquedas en esta base de datos: *anorexia nervosa AND bioelectrical impedance, bioelectrical impedance, bioimpedance AND total body water, anorexia nervosa AND total body water, anorexia nervosa AND fatty mass, anorexia nervosa AND muscular mass, anorexia nervosa AND physiological complications, bulimia nervosa AND physiological complications, obesity AND physiological complications, obesity AND fatty mass, obesity AND total body water*. Entre estas búsquedas en la base de datos Pubmed hemos elegido aquellos artículos de libre disponibilidad para ser analizados adecuadamente, y en aquellos artículos donde no se ha podido acceder a los mismos debido a la necesidad de aportar una cuantía de suscripción a la revista científica se ha observado el abstract o resumen general de los artículos para obtener algunas conclusiones útiles para el discurso de este trabajo. Valorando estos datos se han llegado a ciertas conclusiones sobre las ventajas e inconvenientes del empleo de esta metodología en pacientes con trastornos de la conducta alimentaria, sirviendo de reflexión para los miembros del grupo expositor.

RESULTADOS DE LA BÚSQUEDA Y DISCUSIÓN

El uso de la impedancia eléctrica (BIA) para el análisis de la composición corporal a través de la evaluación del agua corporal total (ACT), se presenta como una técnica no invasiva de gran precisión. Requiriendo solo un corto periodo de tiempo permite obtener datos de manera fiable, siempre que los factores fisiológicos y de hidratación permanezcan inalterados (3).

Se establece por tanto que los datos obtenidos por BIA poseen una buena correlación con las técnicas de análisis clásicas, como la dilución isotópica (4).

En este aspecto la alimentación posee gran importancia ya que en situaciones patológicas donde el equilibrio hídrico y electrolítico se ve alterado, las correctas pautas dietoterapéuticas permiten mantener el medio la homeostasis del medio interno.

El fundamento principal de dicha técnica es valorar la respuesta de los tejidos al paso de una corriente eléctrica de tipo alterno. Es decir, gracias a las propiedades dieléctricas de los tejidos ofrecerán mayor o menor resistencia al paso de dicha corriente, que deberá ser de un voltaje muy bajo e indoloro para el humano (5).

La corriente utilizada puede ser de dos tipos: monofrecuencia (50 khz) y multifrecuencia. Ambas pueden medir el agua corporal total, sin embargo, la multifrecuencia puede discriminar y estimar el contenido hídrico y celular del cuerpo. Esto se debe a que la multifrecuencia permite atravesar las membranas celulares, tal y como se observa en la figura 1.

Cabe destacar que las mediciones pueden realizarse de cuerpo total, cuerpo parcial o segmental dependiendo de la ubicación de los electrodos negativos y positivos. En el caso de los pacientes con trastornos de la conducta alimentaria deberíamos emplear aquellos tipos de impedancia que evaluaran totalmente el cuerpo de los pacientes, debido a los cambios corporales que suelen tener lugar en pacientes con anorexia nerviosa (6), bulimia nerviosa (7) y obesidad (8) (considerando al trastorno por atracón con complicaciones similares a la obesidad y el sobrepeso al consumir mayoritariamente alimentos ricos en energía y grasas en los episodios de atracones).

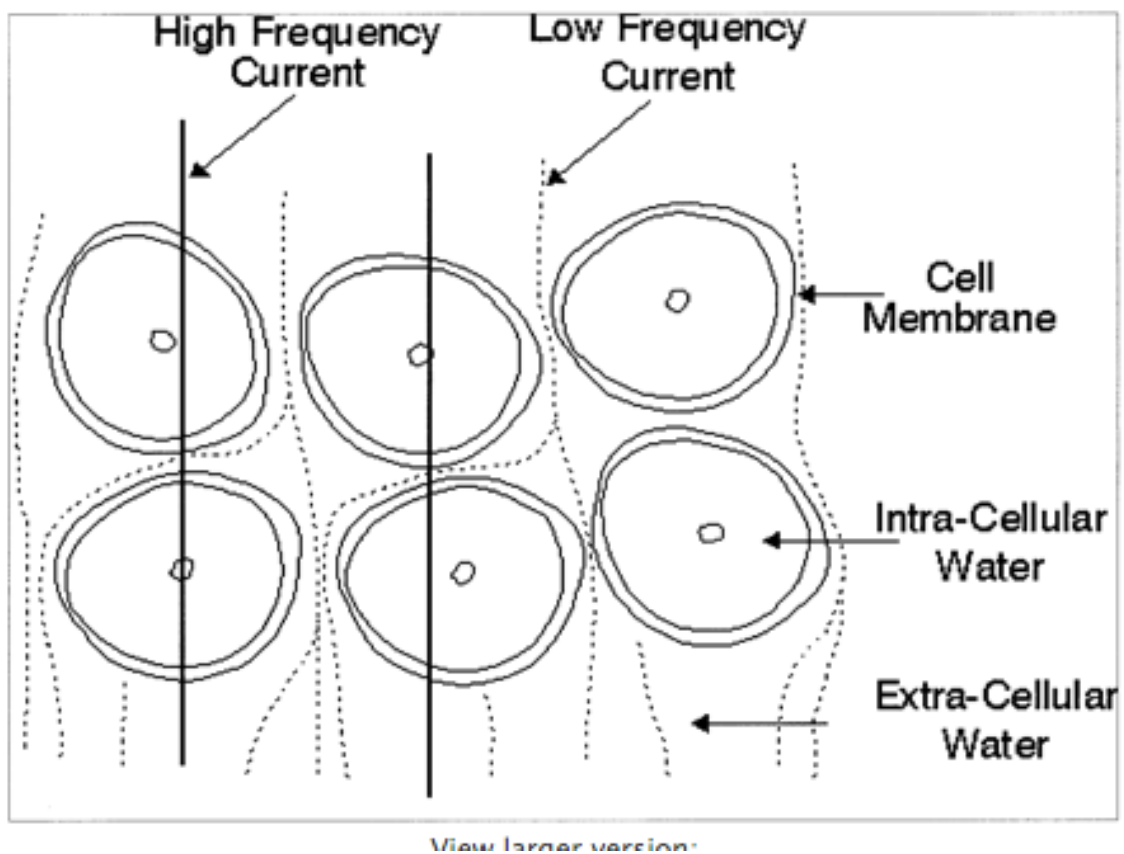


Figura 1. Diagrama que representa la distribución de altas y bajas frecuencias en una suspensión de células (5)

Las células, debido a su composición molecular de bicapa lipídica con proteínas, ofrecen dos tipos de respuesta a una corriente eléctrica. Las proteínas formarán una capa conductiva mientras que los lípidos aislarán la corriente. Por otro lado debemos tener en consideración que el agua corporal será conductor de la electricidad, sin embargo el material óseo se comporta como un buen aislante, por lo tanto la BIA solo podrá analizar los tejidos blandos y estimará el resto de tejidos con las diferencias entre la masa total del paciente y el resto de los tejidos blandos analizados.

Como anteriormente se ha afirmado, las corrientes multifrecuencia son capaces de atravesar las membranas celulares, es decir la capacitancia (9) (o reactancia) de la membrana disminuye. Este término expresado como X_c es la resistencia que ofrece la membrana al paso de la corriente por lo que nos ayudará a determinar si existe daño tisular o no. Capacitancias bajas implican por consiguiente un posible daño tisular. La impedancia (Z), se basa en el principio fundamental de que la mayor parte de la resistencia (R) viene determinada por la resistencia específica (p) de la masa libre de la grasa que es un 73,2% de agua.

De esta manera y considerando el cuerpo humano como un cilindro (Figura 2 y Figura 3) (2) de talla (L) y sección transversal (A) se establece que: $Z = (p \times L) / A$ (10).

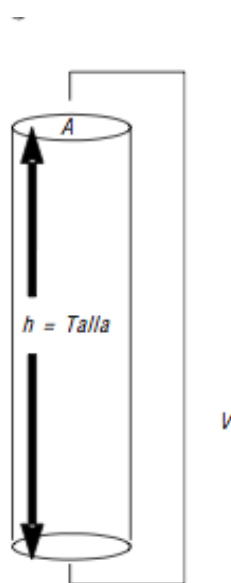


Figura 2. Modelo de un cilindro.

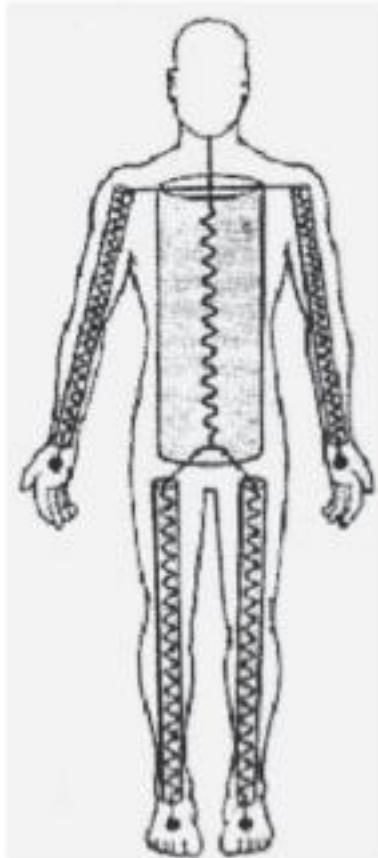


Figura 3. Modelo de cinco cilindros.^{8,12}

Por último hay que definir que el arco-tangente entre la R y Xc nos proporciona que llamado ángulo de fase el cual posee gran importancia en el uso de la BIA-Vectorial que usa los valores obtenidos con la distribución de vectores de la población sana de referencia (10). De esta manera mediante la vía gráfica obtenemos una herramienta para el análisis de la anasarca o la deshidratación de manera sencilla, como podemos llegar a observar en la figura 4 posterior (Figura 4) (10).

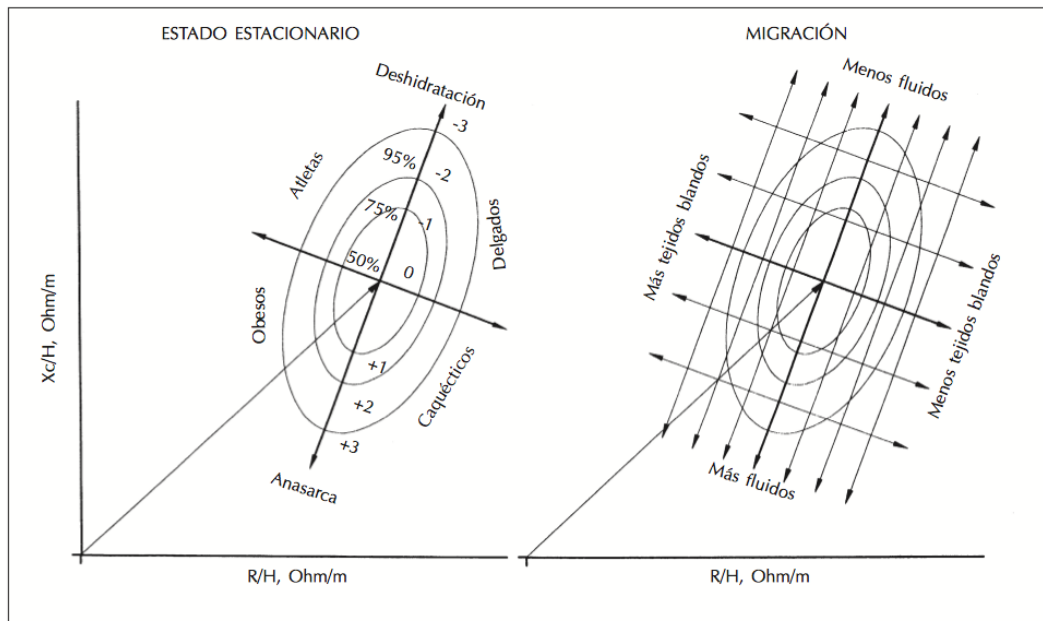


Figura 4. BIA-Vectorial con grafo RX_c (4). “(Las dos direcciones principales del vector impedancia sobre el Grafo RX_c . Variaciones de la hidratación sin alteración de la estructura tisular, son asociadas a un acortamiento (hiperhidratación) o a un alargamiento (deshidratación) del vector en la dirección del eje mayor de las elipses de tolerancia (referencia normal por sexo). Variaciones de la masa-estructura de los tejidos blandos (delgados y adiposos) son asociadas a una migración del vector en la dirección del eje menor de las elipses, con aumento del ángulo de fase (obesos, atletas) o con disminución del ángulo de fase (malnutrición-caquexia, anorexia). Variaciones combinadas de hidratación y nutrición son asociadas a migración del vector en la dirección de la combinación de las dos direcciones principales)”

Los valores que se pueden obtener en esta medida son los siguientes ^{1º}

(Berral FJ, 2007):

- Peso corporal: Dividido en compartimentos.
- Masa libre de la grasa (MLG): Se obtiene a partir de la estimación del ACT ya que la MLG posee un 73,2% de agua. Son los músculos, órganos internos y sistema nervioso central.
- Masa grasa (MG): Al ser anhidra se obtiene restando al peso total la MLG.

- Masa celular: Se define como el tejido metabólicamente activo.
- Masa extracelular (MEC): Tejido de soporte y transporte. Se obtiene del resto entre la MLG y la MC.
- Agua corporal total (ACT): Incluye la extra e intracelular.
- Agua intracelular (AIC): Su incremento conlleva un aumento de la masa celular (anabolismo) y viceversa (catabolismo).
- Agua extracelular (AEC): Fluido presente fuera de las células.

Es preciso indicar que deben darse una serie de condiciones previas a la realización de la medición de los parámetros corporales, y son las siguientes (11):

- Debe medirse la estatura y el peso del individuo según las normas establecidas por la ISAK (International Society for the Advancement of Kinanthropometry).
- Deben tenerse en cuenta posibles errores de estimación del agua corporal total y los distintos compartimentos corporales, como es el caso de la ingesta de líquidos, alimentos o alcohol previo a la medición, la realización de ejercicio físico en horas previas al análisis, la presencia de deshidratación o edemas (este caso suele acontecer en pacientes con anorexia nerviosa, de ahí a que debemos tener este parámetro en cuenta) y procesos febriles y menstruales. No quiere decir con ello que el cálculo de los distintos compartimentos corporales vaya a resultar erróneo, pero sí pueden darse un mayor número de errores de cálculo en estas situaciones.

- Debe tenerse en cuenta también la zona donde se colocan los electrodos, la posición del cuerpo (el paciente debe estar en decúbito supino para que los fluidos corporales sean redistribuidos adecuadamente y no existan errores de cálculo, se debería esperar unos cinco minutos para asegurar una correcta redistribución de fluidos corporales) y la metodología empleada en el procedimiento, tales como una buena limpieza de las zonas donde se sitúan los electrodos.
- Es preciso que la sala donde tenga lugar la medición tenga una temperatura comprendida entre 20 y 35°C para evitar cambios de temperatura corporales.
- El paciente no debe usar diuréticos al menos una semana antes de la medición (en el caso de las pacientes bulímicas tendríamos que tenerlo en cuenta, por lo que en un seguimiento de pacientes hospitalizadas sí sería posible usar esta técnica, siendo dudosa la eficacia de la misma en pacientes no hospitalizadas sometidas a una primera valoración).
- No beber alcohol 48 horas antes del examen.
- No realizar ejercicio físico al menos 12 horas antes de la prueba.
- No ingerir alimentos o bebidas 4 horas antes del examen.
- Vaciar la vejiga justo antes de la realización del test.
- Por precaución, no deben someterse a la prueba personas que utilicen marcapasos o mujeres embarazadas (aunque el efecto en estas pacientes no se ha demostrado perjudicial, pero por precaución se podrían excluir de la prueba).

- Se emplearán ocho electrodos superficiales, dos en cada extremidad. Debe limpiarse con alcohol la piel antes de adherir los electrodos, y además deben colocarse en la falange metacarpiana del medio del dorso de la mano y debajo del arco transversal en la cara dorsal del pie, justo por detrás de la segunda falange metatarsiana.
- Posición decúbito supino, ya que según Slinde F (2003) así los líquidos se distribuyen en el cuerpo de forma homogénea gracias a la fuerza de la gravedad aportando mejores datos para análisis segmentales.
- No usar anillos ni collares metálicos.

Podemos decir entonces que la técnica de evaluación antropométrica que nos va a permitir realizar un análisis adecuado a las características del paciente y un diagnóstico de posibles complicaciones es la bioimpedancia eléctrica multifrecuencia y octopolar, debido a las razones expuestas con anterioridad. Dentro de este modelo de bioimpedancia podemos encontrar algunos modelos de marcas que incorporan a la medición de la composición corporal un software con múltiples opciones posteriores, como apartados de nutrición donde se pueden calibrar dietas específicas según las características fisiológicas analizadas o análisis de la función cardíaca. Nosotros nos vamos a centrar en el análisis de la composición corporal, posible de calcular mediante este aparato, en pacientes que sufren trastornos de la conducta alimentaria (TCA).

Obtenemos tras la realización de la prueba un informe donde vamos a presenciar en primer lugar los datos del paciente y, seguidamente, una

gráfica que relaciona los valores del tejido graso, la masa celular, la masa extracelular, el peso, el agua extracelular, el agua intracelular y el agua total del organismo con los valores ideales de las variables anteriormente mencionadas.

En cuanto al tejido graso se refiere podemos apreciar en el caso de pacientes con anorexia nerviosa y bulimia nerviosa una disminución del porcentaje de este tejido frente a la proporción ideal del mismo. Ciertos estudios (12) han demostrado la disminución del porcentaje de este tejido en el caso de las pacientes de patologías ligadas a anorexia nerviosa y bulimia nerviosa, en el primer caso debido a la deprivación continuada de alimentos que llega a provocar un descenso acusado en los depósitos de reserva de lípidos y, en el segundo caso, sucede el mismo mecanismo fisiológico pero a través de conductas purgativas. En el caso de trastornos por atracón y obesidad, debemos especificar el tipo de alimento que es ingerido con exhaustividad el paciente en el caso del trastorno por atracón para determinar si existe un aumento de la masa grasa (normalmente los alimentos que se incluyen en estos trastornos son altamente energéticos y ricos en grasas (13), pocas veces se dan caso de atracones de productos bajos en grasa o en calorías), existiendo indudablemente un aumento de este compartimento en el caso de la obesidad.

En el caso de la masa celular de los pacientes que padecen algún trastorno de la conducta alimentaria, es preciso señalar que en los casos de la anorexia nerviosa y la bulimia nerviosa puede contemplarse una disminución del porcentaje de esta masa con respecto a los valores normales del rango de edad del paciente. Se han descrito en ciertos estudios daños celulares (visible principalmente en el nivel de celular con carácter inmunológico) en pacientes de anorexia nerviosa (14), lo que nos lleva a pensar que en el caso de la bulimia

nerviosa pueden llegar a darse similares consecuencias debido a la continua expulsión de alimentos tras la ingesta de los mismos (lo que conlleva a un estado de catabolia que se ve manifestada en el daño celular). En el caso del trastorno por atracón y la obesidad este parámetro no sería tan fácil de observar al no existir un estado de catabolismo tisular mientras que quedan cubiertas las necesidades del paciente (en todo caso esas necesidades se verían incrementadas).

En el caso de la masa extracelular, que se correspondería con el agua extracelular y el resto de tejidos extracelulares, en función del daño celular comentado anteriormente encontraríamos valores adecuados o inferiores a la normalidad para las características del paciente. Donde sí es evidente un cambio en los pacientes con trastorno de la conducta alimentaria es en el peso corporal, ya que en el caso de los pacientes de anorexia nerviosa y bulimia nerviosa experimentan un descenso muy evidente del peso corporal en comparación con el peso ideal para las características fisiológicas del paciente. Ocurre lo contrario en los casos de obesidad y trastorno por atracón, debido a la excesiva ingesta de alimentos ricos en lípidos, azúcares y calorías en general, lo que provoca que los valores del peso en el momento del análisis sean superiores a los valores del peso ideal.

En el caso del agua extracelular, podemos llegar a observar en pacientes que presentan anorexia nerviosa y bulimia nerviosa un aumento del porcentaje de este parámetro con respecto a los valores normales de agua extracelular para las características fisiológicas del paciente. Esto es debido al estado de catabolia habitual en el caso de los pacientes con estos trastornos y con ello el descenso en el porcentaje de masa magra, lo que puede dar lugar a edemas por

distintas zonas corporales y un aumento de la actividad de citoquinas proinflamatorias, dando lugar a un aspecto hinchado en algunas zonas corporales. En cuanto al agua intracelular puede darse el caso de que los valores sean inferiores a los normales para las características fisiológicas del paciente, ya que los daños celulares inducen a una deshidratación (15) celular interna. Este hecho suele ocurrir en los casos de anorexia y bulimia nerviosa, sobre todo en casos donde existe un catabolismo proteico, y no suele ser habitual en casos de trastorno por atracón y obesidad.

Posteriormente volvemos a encontrar datos sobre el peso (en Kg) y los porcentajes de masa grasa, muscular, niveles hídricos, tejido no graso, masa celular y masa extracelular, comparándolos con valores ideales. En cuanto al peso y la masa grasa es habitual encontrarnos casos como los comentados anteriormente, al igual que los niveles hídricos, mientras que en el caso de la masa muscular podemos encontrarnos valores notablemente inferiores a los ideales para el paciente en casos de anorexia nerviosa y bulimia nerviosa. Incluso en el caso de pacientes obesos y que sufren trastornos por atracón puede verse reducido este porcentaje en comparación con valores ideales si tenemos en cuenta que el porcentaje de masa grasa se encuentra notablemente incrementado en estos pacientes con respecto a los valores ideales. Por ello, el porcentaje de masa muscular (16) en pacientes que sufren algún trastorno de la conducta alimentaria suele ser menor a los valores ideales.

En cuanto al porcentaje de tejido no graso (o masa libre de la grasa), el porcentaje del mismo en el organismo es elevado con respecto a los valores ideales en los casos de anorexia y bulimia nerviosas, debido a una disminución acusada del porcentaje graso en pacientes de dichos trastornos. En casos donde

existe trastorno por atracón y obesidad, suele observarse una disminución de los niveles de este parámetro con respecto a los valores ideales debido a un aumento del porcentaje de masa grasa (normalmente) en estos pacientes.

Seguidamente, podemos encontrar un análisis vectorial en el informe del individuo. Este análisis compara los valores del Índice de Masa Corporal (IMC), Tasa de Metabolismo Basal (TMB), Gasto Energético Diario (GED) e Índice Cintura-Cadera con el resto de la población, asignándole un percentil concreto (inferior a 50, 75, 95 o superior a 75) al individuo dentro de los valores de la población a la que pertenece el sujeto (española). En este análisis podríamos observar en el caso de pacientes de anorexia nerviosa y bulimia nerviosa que el punto de análisis de los mismos se encontraría en los cuadrantes inferiores al representar esta zona de la gráfica la tendencia a la anasarca o acumulación de líquidos debido al estado catabólico en los pacientes de anorexia nerviosa y bulimia nerviosa. Este estado de retención de líquidos se repite tanto en los pacientes obesos como en aquellos pacientes que presentan una depleción proteica (concretamente caquéticos) como es el caso de la anorexia nerviosa y la bulimia nerviosa.

Hemos de distinguir dentro de los cuadrantes inferiores la diferencia entre la localización de los pacientes obesos y caquéticos dentro del análisis vectorial, ya que normalmente los pacientes obesos (y los que sufren trastorno por atracón normalmente) se sitúan en el cuadrante inferior (tendencia a la anasarca) izquierdo (sin pérdida de masa muscular), mientras que los pacientes caquéticos se encuentran en el cuadrante inferior (tendencia a la anasarca) derecho (con depleción proteica).

Otro dato de suma importancia en los pacientes que sufren algún trastorno de la conducta alimentaria es el valor de la resistencia, que indica la propia resistencia que ejercen los tejidos corporales al paso de la corriente eléctrica alterna medida en ohmios. Para estos pacientes es habitual encontrarnos valores (17) de $313 \pm 80,8$ ohmios, mientras los valores de resistencia en pacientes normales suelen ser de $432 \pm 59,2$ ohmios en el caso de los varones y $559 \pm 51,3$ ohmios en el caso de las mujeres. Valores bajos de este valor pueden hacernos indicar la existencia de daño tisular, que suele estar presente en el caso de los pacientes con trastornos de la conducta alimentaria (ya sea por defecto energético y proteico o por exceso).

Encontramos también otros valores a tener en cuenta, como es el caso de la reactancia. Este parámetro hace referencia a la resistencia que expone una membrana plasmática celular al paso de la corriente eléctrica, con lo que en casos donde se experimenten daños celulares debidos normalmente a ciertas patologías se van a encontrar valores menores a los de la población normal. Solemos encontrar en pacientes de trastornos de la conducta alimentaria (con mayor significancia en el caso de los pacientes con anorexia nerviosa y bulimia nerviosa) valores que se sitúan en $17,3 \pm 13,3$ ohmios, mientras que en los pacientes normales varones solemos encontrar valores de $60,4 \pm 7,40$ ohmios y en las pacientes normales mujeres solemos encontrar valores de $64,9 \pm 8,90$ ohmios. Por ello, si en el análisis de nuestros pacientes con trastornos de la conducta alimentaria encontramos valores inferiores en cuanto a resistencia y reactancia, es posible deducir la presencia de daño celular en dichos pacientes, hecho que suele acontecer en el caso de depleción proteica (en menor grado se

denotaría en casos de obesidad y trastorno por atracón, aunque también es posible observar daños celulares en el caso de los pacientes obesos) (18).

La relación entre la resistencia y la reactancia viene expresada en el parámetro del ángulo de fase, el cual se define como el resultado de calcular: $(\arctan \text{ reactancia/resistencia} * (180^\circ/\pi))$ (19). Por lo tanto, al calcular este valor también vamos a aproximarnos a la existencia de daño celular o no, ya que es habitual encontrarnos en pacientes con daño celular y tisular valores cercanos a $3,5 \pm 2,2^\circ$. En los pacientes normales varones vamos a encontrarnos valores en torno a $6,7 \pm 0,9^\circ$ y en el caso de las mujeres sanas nos vamos a encontrar valores cercanos a $8,2 \pm 1,1^\circ$, de ahí que sea posible denotar diferencias para identificar pacientes con daño celular y tisular que necesitarían una rápida intervención para evitar posibles complicaciones posteriores.

Como dijimos anteriormente, también nos podemos encontrar en este informe datos sobre el Índice de Masa Corporal (IMC), que van a estar reducidos en el caso de los pacientes con anorexia nerviosa y bulimia nerviosa; y nos encontraremos valores elevados en casos de trastornos por atracón y obesidad. Otros datos que vamos a encontrar en este informe son las estimaciones de los gastos energéticos a nivel basal y total (este último teniendo en cuenta la actividad física), que se van a encontrar reducidos en los casos de anorexia nerviosa y bulimia nerviosa debido a la pérdida progresiva de tejido muscular y graso y el efecto adaptativo del organismo ante esta situación. En el caso de los individuos que presentan obesidad el gasto energético está reducido por Kilogramo de peso total con respecto a individuos sanos, debido a la menor actividad energética del tejido adiposo frente al tejido muscular (recordemos que los individuos obesos el porcentaje de tejido adiposo es mayor

que en los individuos normales, de ahí una menor actividad energética a nivel tisular). Para finalizar esta sección pueden aparecer valores del índice cintura-cadera, pero comienzan a valorarse a partir de un IMC de 30 Kg/m², es decir, en casos de obesidad (no aparecería en el análisis de pacientes de anorexia nerviosa y bulimia nerviosa).

Una apreciación importante a tener en cuenta en el análisis vectorial es la pérdida de representatividad de esta técnica en el caso de superar valores de IMC de 31 Kg/m², con lo que podemos considerar una limitación importante de la técnica observar pacientes con un IMC elevado. También se considera en este informe que un IMC de 16 Kg/m² es anoréxico, si bien se han llegado a analizar clínicamente pacientes con IMC inferiores a esta cifra. Es por ello que ante casos muy extremos de este valor la validez del programa no va a ser tan evidente, pero aun así podemos destacar esta técnica de impedancia bioeléctrica como la más completa de las existentes.

Se podrían por lo tanto analizar pacientes en situaciones extremas de IMC mediante esta técnica, ya que vamos a encontrar en el informe del paciente dos rectas que van a señalar el estado general del paciente según el IMC, distinguiendo entre estado anoréxico, de delgadez, normalidad, ligero sobrepeso, sobrepeso, obeso, muy obeso, extremadamente obeso y súper obeso. También se proporciona una recta que nos permite clasificar el paciente según el porcentaje de masa grasa, diferenciando así a nuestros pacientes según el trastorno que puede presentar. Ya por último se puede llegar a observar los mecanismos por los que se ha calculado los valores antropométricos y bioquímicos anteriores.

CONCLUSIONES

Como podemos apreciar tras todos estos datos anteriores, el análisis que podemos llegar a realizar de nuestros pacientes mediante el empleo de este aparato de valoración es bastante más extenso, completo y veraz que el resto de las mediciones de bioimpedancia (anteriormente comentadas), aumentando por ello la fiabilidad del diagnóstico. El aspecto negativo del empleo de este aparato son los costes del mismo, bastante superiores a los otros aparatos de medición antropométricos. Es por ello que debemos valorar los objetivos del trabajo de cada profesional sanitario de cara al empleo de un distinto aparato de medición y los recursos disponibles, pero si lo que deseamos es obtener datos adecuados, válidos y con un intervalo de confianza bastante válido deberíamos emplear el sistema *Cardio Fitness* en el caso de tener como objetivo una valoración adecuada del estado de pacientes con trastornos de la conducta alimentaria.

Como conclusión final de este trabajo, podemos decir que el empleo de bioimpedancia eléctrica en pacientes con TCA puede ser muy útil de cara a la realización de un diagnóstico válido y completo, existiendo ciertas pruebas que demuestran la eficacia de este procedimiento en el manejo de patologías como la obesidad (20) y otros trastornos. Dentro de este tipo de mediciones deberíamos escoger las que presentan un margen de error de medición más pequeño, a pesar de los costes de la adquisición del equipamiento de medición. Además, hemos de tener en cuenta que incluso en este aparato (de mayor fiabilidad que otros modelos) existen posibles errores de medición en casos donde existen edemas o cambios en la composición corporal, por lo que habría que tenerlo en cuenta de cara al diagnóstico de los pacientes y en los análisis de

los resultados. Es preciso recordar que la verdadera eficacia de este método consiste en valorar el estado de un paciente a lo largo de un tiempo concreto, con lo que la medición de los cambios corporales a lo largo del tiempo en estos pacientes nos va a proporcionar una información muy valiosa a la hora de establecer un diagnóstico concreto, siendo imprescindible para ello seguir una metodología de medición adecuada y correcta, con el fin de minimizar errores anteriormente comentados.

REFERENCIAS

1. Kafri MW , Potter JF , Myint PK . Multi-frequency bioelectrical impedance analysis for assessing fat mass and fat-free mass in stroke or transient ischaemic attack patients. *Eur J Clin Nutr.* 2014; Jan 8. doi: 10.1038/ejcn.2013.266.
2. Berral RFJ, Rodríguez BE. Impedancia bioeléctrica y su aplicación en el ámbito hospitalario. *Rev Hosp Jua Mex* 2007; 74 (2).
3. 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. *Br J Nutr.* 2004 Jan;91(1):153-9.
4. Martinoli R, Mohamed EI, Maiolo C, Cianci R, Denoth F, Salvadori S et al. Total body water estimation using bioelectrical impedance: a meta-analysis of the data available in the literature. *Acta Diabetol.* 2003 Oct;40 Suppl 1:S203-6.
5. De Lorenzo A, Andreoli A, Matthie J, Withers P. Predicting body cell mass with bioimpedance by using theoretical methods: a technological review. *J Appl Physiol* (1985). 1997 May;82(5):1542-58.

6. Gicquel L. Anorexia nervosa during adolescence and young adulthood: Towards a developmental and integrative approach sensitive to time course. *J Physiol Paris*. 2013 Sep;107(4):268-77.
7. Hilbert A, Vögele C, Tuschen-Caffier B, Hartmann AS. Psychophysiological responses to idiosyncratic stress in bulimia nervosa and binge eating disorder. *Physiol Behav*. 2011 Oct 24;104(5):770-7.
8. Pierpont YN, Dinh TP, Salas RE, Johnson EL, Wright TG, Robson MC et al. Obesity and Surgical Wound Healing: A Current Review. *ISRN Obes*. 2014 Feb 20; 2014: 638936
9. Altay MA, Ertürk C, Sert C, Oncel F, Işikan UE. Bioelectrical impedance analysis of basal metabolic rate and body composition of patients with femoral neck fractures versus controls. *Ekleml Hastalıklar Cerrahisi*. 2012;23(2):77-81.
10. Piccoli A, Nescolarde LD, Rossell J. Análisis convencional y vectorial de bioimpedancia en la práctica clínica. *Nefrología*. 2002; 22(3).
11. Soares V, Avelar IS, Andrade SR, Vieira MF, Silva MS. Body composition of chronic renal patients: anthropometry and bioimpedance vectors analysis. *Rev Lat Am Enfermagem*. 2013;21 (6): 1240-7.
12. Mateo Silleras B, Redondo del Río P, Camina Martín A, Soto Céliz M, Alonso Torre SR, Miján de la Torre A. et al. Effect of refeeding on the body composition of females with restrictive anorexia nervosa; anthropometry versus bioelectrical impedance. *Nutr Hosp*. 2013 Sep-Oct; 28(5):1717-24.

13. Davis C. From Passive Overeating to "Food Addiction": A Spectrum of Compulsion and Severity. *ISRN Obes.* 2013 May 15;2013:435027.
14. Marcos A, Varela P, Toro O, López-Vidriero I, Nova E, Madruga D et al. Interactions between nutrition and immunity in anorexia nervosa: a 1-y follow-up study. *Am J Clin Nutr.* 1997 Aug;66(2):485S-490S.
15. Tomita K, Haga H, Ishii G, Katsumi T, Sato C, Aso R et al. Clinical manifestations of liver injury in patients with anorexia nervosa. *Hepatol Res.* 2013 Jul 11. doi: 10.1111/hepr.12202.
16. Heymsfield SB, McManus CB. Tissue components of weight loss in cancer patients. A new method of study and preliminary observations. *Cancer.* 1985 Jan 1;55(1 Suppl):238-49.
17. Kyle UG, Bosaeus I, De Lorenzo AD, Deurenberg P, Elia M, Gómez JM. Bioelectrical impedance analysis-part I: review of principles and methods. *Clin Nutr.* 2004;23(5):1226-43.
18. Rege SD, Kumar S, Wilson DN, Tamura L, Geetha T, Mathews ST. Resveratrol protects the brain of obese mice from oxidative damage. *Oxid Med Cell Longev.* 2013;2013:419092.
19. Dorna Mde S, Costa NA, de Oliveira EP, Sasaki LY, Romeiro FG, de Paiva SA et al. Association between phase angle, anthropometric measurements, and lipid profile in HCV-infected patients. *Clinics (Sao Paulo).* 2013 Dec;68(12):1555-8.
20. Liu P, Ma F, Lou H, Liu Y. The utility of fat mass index vs. body mass index and percentage of body fat in the screening of metabolic syndrome. *BMC Public Health.* 2013 Jul 3;13(1):629.