

ANÁLISIS COMPARATIVO DE LOS MÉTODOS DE BIOIMPEDANCIA EN LA EVALUACIÓN NUTRICIONAL DE PACIENTES CON ENFERMEDADES RESPIRATORIAS

D. Naranjo Hernández^{1, 3}, P. Cejudo Ramos², G. Barbarov Rostán^{1, 3}, R. Vázquez Sánchez², L.M. Roa Romero^{1, 3}, L.J. Reina Tosina^{1, 3}, E. Márquez Martín², F. Ortega Ruiz².

¹Grupo de Ingeniería Biomédica, Universidad de Sevilla, Sevilla, España.

²Unidad Médico-Quirúrgica de Enfermedades Respiratorias, Hospital Universitario Virgen del Rocío, Sevilla, España.

³Departamento de Teoría de la Señal y Comunicaciones, Universidad de Sevilla, Sevilla, España.

Proyecto financiado con Beca Fundación Neumosur 7/2012.

Los autores declaran no tener ningún conflicto de intereses.

Resumen:

Antecedentes: las guías clínicas actuales consideran la monitorización nutricional una parte importante en la evaluación de pacientes respiratorios. Gracias a la bioimpedancia, es posible obtener una medida de la composición corporal.

Objetivo: comparar los dos métodos más comunes de análisis de la composición corporal mediante bioimpedancia sobre una población de pacientes respiratorios: una única frecuencia (SFBJA) y espectroscopía de bioimpedancia (BIS).

Método: grupo I (pacientes en Rehabilitación Respiratoria, 6 personas); Grupo II (pacientes hospitalizados, 10 personas); Grupo III (sujetos sanos, 5 personas). Medidas: dispositivo SFBJA y dispositivo BIS. Análisis comparativo con índices normalizados: porcentaje de grasa e índice de masa libre de grasa (FFMI).

Resultados: análisis Bland-Altman del porcentaje de grasa: valor medio de -3,5%, límites de concordancia del 95% desde -18,8% a 11,7%. Análisis Bland-Altman de FFMI: valor medio de 0,8 kg/m², límites de concordancia del 95% desde -3,5 kg/m² a 5,1 kg/m². Correlación en el porcentaje de grasa: $r = 0,73$ ($p = 0,0009$). Correlación en FFMI: $r = 0,86$ ($p = 0,00001$).

Conclusiones: en la muestra analizada, los métodos SFBJA y BIS han mostrado una buena correlación y una concordancia moderada a la hora de estimar la composición corporal. En la mayoría de los casos, el método SFBJA subestimó el porcentaje de grasa y sobreestimó la masa magra comparado con el método BIS. Las mayores discrepancias entre ambos métodos fueron observadas en los casos extremos de composición corporal.

Palabras clave: enfermedad respiratoria crónica, evaluación del estado nutricional, medida de la composición corporal, bioimpedancia, análisis de bioimpedancia en una única frecuencia, espectroscopía de bioimpedancia.

COMPARATIVE ANALYSIS OF BIOIMPEDANCE METHODS IN THE NUTRITIONAL EVALUATION OF PATIENTS WITH RESPIRATORY DISEASE

Abstract:

Background: Current clinical guides consider nutritional monitoring to be an important part of the evaluation of respiratory patients. Thanks to bioimpedance, it is possible to obtain a body composition measurement.

Objective: to compare the two most common methods for analyzing body composition using bioimpedance in a population of respiratory patients: single frequency (SFBJA) and bioimpedance spectroscopy (BIS).

Methods: group I (respiratory rehabilitation patients: 6 people); group II (hospitalized patients: 10 people); group III (healthy subjects: 5 people).

Measurements: SFBJA device and BIS device. Analysis: comparison with normal indexes: percent fat and fat free mass index (FFMI).

Results: Bland-Altman analysis of percent fat: mean value of -3.5%, 95% limits of agreement from -18.8% to 11.7%. Bland-Altman FFMI analysis: mean value of 0.8 kg/m², 95% limits of agreement from -3.5 kg/m² to 5.1 kg/m². Correlation in percent fat: $r = 0.73$ ($p = 0.0009$). Correlation in FFMI: $r = 0.86$ ($p = 0.00001$).

Conclusions: in the sample analyzed, the SFBJA and BIS methods have shown good correlation and moderate agreement when estimating body composition. In most cases, SFBJA underestimated the percent fat and overestimated the lean mass compared to the BIS method. The largest discrepancies between the two methods were seen in the cases of extreme body composition.

Keywords: chronic respiratory disease, nutritional status evaluation, body composition measurement, bioimpedance, single-frequency bioimpedance analysis, spectroscopy, bioimpedance spectroscopy

Recibido: 27.06.2017. Aceptado: 09.04.2018

David Naranjo Hernández
dnaranjo@us.es

INTRODUCCIÓN

La pérdida de peso corporal y la disminución de la masa muscular son algunas de las afecciones extra-pulmonares más estudiadas en los pacientes con enfermedades respiratorias crónicas, independientemente del grado de limitación al flujo aéreo^{1, 2}. En estos pacientes, la malnutrición ha sido reconocida como un factor de riesgo asociado con una mayor morbilidad: caquexia, disfunción del músculo esquelético, aumento de la disnea, aumento del riesgo de exacerbaciones, disminución de la capacidad de ejercicio, mortalidad y deterioro de la calidad de vida¹⁻⁸. Está también asociada con un incremento de la inflamación, una menor ingesta de alimentos y un aumento del gasto de energía debido al hipermetabolismo consecuencia de la incapacidad de los músculos respiratorios para adaptarse al aumento de la carga ventilatoria^{2, 5, 7, 9}.

El deterioro nutricional afecta aproximadamente a un tercio de los pacientes adultos con Enfermedad Pulmonar Obstructiva Crónica (EPOC), especialmente en personas mayores⁹. Su prevalencia está entre un 20% y un 40% en los pacientes ambulatorios y hasta en un 70% en los pacientes con insuficiencia respiratoria aguda o en pacientes que esperan un trasplante de pulmón⁷. La masa libre de grasa disminuye y la grasa corporal aumenta, pero el índice de masa corporal (IMC) se mantiene sin cambios, lo que sugiere que un compartimiento del cuerpo es reemplazado por el otro⁹. Asimismo, algunos estudios han mostrado que en situación de ingreso hospitalario por exacerbación de la enfermedad respiratoria, existe una alta proporción de pacientes en riesgo de desnutrición y el tiempo de ingreso es entre 1,5 y 1,7 veces superior al de los pacientes con peso normal¹⁰. En otro sentido, la obesidad también se ha relacionado con el deterioro de la mecánica respiratoria por la disminución de la expansibilidad torácica debido al aumento en el tejido adiposo de la pared del pecho y la cavidad abdominal, asociados además con una mayor morbilidad y mortalidad¹¹.

Aunque en el pasado no se le ha prestado suficiente atención a la evaluación del estado nutricional en los pacientes con enfermedades respiratorias, las guías clínicas actuales consideran la monitorización nutricional una parte importante de su evaluación rutinaria^{1, 2, 12}. Los métodos de referencia para la medida de la composición corporal están basados en la administración de disoluciones de radioisótopos^{13, 14}. Sin embargo, no son los métodos ideales para su aplicación clínica porque son caros e invasivos, ya que necesitan de personal técnico especializado, precisan la disponibilidad del paciente durante muchas horas y de un periodo de espera de al menos 2 - 3 semanas para que los trazadores sean completamente

eliminados del cuerpo, por lo que no pueden ser utilizadas para medir variaciones de composición en un corto periodo de tiempo¹³⁻¹⁵.

Todos estos factores han hecho que los métodos de análisis de la bioimpedancia sean una de las técnicas más utilizadas para calcular la composición corporal, ya que no tienen las restricciones de los métodos de disolución y proporcionan mayor precisión en las estimaciones, en comparación con los métodos antropométricos¹³⁻¹⁶. Además, presentan numerosas ventajas prácticas que han favorecido su rápido desarrollo: la instrumentación es portable, relativamente barata, y las medidas pueden realizarse de forma rápida con un mínimo entrenamiento del operador¹³⁻¹⁶. Los métodos de bioimpedancia requieren poco mantenimiento, son seguros, y fáciles de realizar. Es una técnica no invasiva, que solo necesita del emplazamiento de electrodos en la superficie corporal. Los resultados se obtienen inmediatamente, y las medidas pueden ser repetidas tan a menudo como se desee, con una gran reproductibilidad inter-observador. Gracias a la bioimpedancia, es posible obtener una medida de la composición corporal tanto en estados normales como de enfermedad, identificando las reservas proteicas/magras y las reservas grasas^{13, 14, 16}.

En los pacientes respiratorios, se han aplicado diferentes enfoques a la hora de realizar una valoración del estado nutricional mediante medidas de bioimpedancia. El método más común es el análisis de bioimpedancia en una única frecuencia (SFBI, del inglés *Single Frequency Bioimpedance Analysis*)^{13, 14, 16}, típicamente a 50 kHz, debido a su simplicidad y bajo coste. Otro método común es la espectroscopía de bioimpedancia (BIS, del inglés *Bioimpedance Spectroscopy*), la cual emplea múltiples frecuencias y algoritmos de computación más complejos. Este método también ha sido empleado en estudios nutricionales sobre pacientes respiratorios¹⁷. Los dispositivos BIS son más costosos que los SFBI, pero sus estimaciones son más precisas. En el presente trabajo se muestran los primeros resultados de un estudio comparativo de los dos métodos comunes de análisis de bioimpedancia (SFBI y BIS) en la evaluación nutricional de un grupo de pacientes con enfermedades respiratorias crónicas.

MATERIAL Y MÉTODOS

Sujetos: fueron incluidos en el estudio pacientes admitidos en el programa de Rehabilitación Respiratoria (Grupo I), diagnosticados con EPOC, siguiendo los criterios establecidos por la A.T.S. (*American Thoracic Society*) y la SEPAR (Sociedad Española de Neumología y Cirugía Torácica), que presentaban una obstrucción moderada-severa al

flujo aéreo (FEV1 <80%) y con una repercusión clínica de su enfermedad (criterios para inclusión en el programa de Rehabilitación Respiratoria). También se incluyó un grupo de pacientes EPOC hospitalizados en la planta de Neumología (Grupo II) y un grupo de sujetos control sanos (Grupo III). Los voluntarios del grupo de control fueron seleccionados entre los acompañantes de los pacientes para proporcionar una mayor similitud a las características antropométricas, no presentando sospecha o un diagnóstico confirmado de EPOC. Al tratarse de un estudio cuasiexperimental, no fue necesario realizar una cuantificación previa del tamaño muestral, ya que este tipo de estudio permite identificar relaciones causales y comportamientos cuando el tamaño de la muestra es pequeño. La propuesta de inclusión en los diferentes grupos fue realizada de forma aleatoria sobre posibles candidatos durante los seis meses que duró el estudio. Todos los voluntarios participantes aceptaron y firmaron el consentimiento informado pertinente. El estudio fue aprobado por el Comité Ético del H. U. Virgen del Rocío y se llevó a cabo siguiendo los criterios éticos de la Declaración de Helsinki sobre experimentación con seres humanos.

Mediciones: se hizo medición de la composición corporal. A todos los sujetos participantes en el estudio se le realizaron dos mediciones. La primera fue hecha con un dispositivo comercial de bioimpedancia monofrecuencia (Bodystat de *Bodystat Limited*, Isla de Man). La segunda de las mediciones fue realizada con un dispositivo comercial de bioimpedancia multifrecuencia (BCM de *Fresenius Medical Care*, Alemania).

Variables: las variables empleadas en el estudio fueron las siguientes:

- Variables antropométricas: peso (kg), talla (cm), índice de masa corporal (IMC) (kg/m^2), perímetro de la cintura (cm) y perímetro de la cadera (cm).
- Variables registradas por los dispositivos de bioimpedancia: masa grasa (kg), porcentaje de masa grasa (%), masa magra (kg), porcentaje de masa magra (%), agua corporal total (l), porcentaje de agua corporal (%). El dispositivo multifrecuencia registró además las siguientes variables: agua extracelular (l), agua intracelular (l) y sobrehidratación (l).
- Variables analizadas en el estudio: para permitir un análisis comparativo de los resultados de forma independiente a las características antropométricas de los sujetos, los resultados fueron analizados en base a dos índices normalizados, como son el porcentaje de grasa y el índice de masa libre de grasa (FFMI, del inglés *Fat Free Mass Index*). El

porcentaje de grasa es calculado respecto del peso total de la persona. FFMI es el resultado de dividir la masa libre de grasa en kilogramos (el peso menos la masa grasa) entre la altura en metros del sujeto al cuadrado^{6, 13, 18}. Para cada dispositivo de bioimpedancia se calculó el valor correspondiente de los índices mencionados. También se calculó el índice de masa grasa (FMI, del inglés *Fat Mass Index*), que se corresponde con la masa grasa en kilogramos entre la altura en metros del sujeto al cuadrado, pero no fue empleado en la comparativa ya que los resultados son complementarios al FFMI.

Protocolo de medida: previamente al comienzo de cada medida, se registraron las variables antropométricas de cada uno de los sujetos. Los voluntarios participantes se colocaron en decúbito supino, manteniendo esa posición durante diez minutos. Se limpió la zona con alcohol antes de aplicar los electrodos. Se colocaron los electrodos de medida del dispositivo monofrecuencia (electrodos Ag/AgCl, circulares, gelificados, autoadhesivos, de 55 mm de diámetro) en la muñeca y el tobillo de un mismo lado. En la mano, el electrodo distal se situó en el dorso de la misma, a nivel metacarpiano, y el electrodo proximal en el carpo. En el pie, el electrodo distal se situó en el dorso del mismo, en la región metatarsiana, y el electrodo proximal a nivel del tarso. Se esperaron 5 minutos y se conectó el dispositivo monofrecuencia para la realización de la primera de las medidas. Se esperaron 2 minutos y se realizó una segunda medida de comprobación. Ambas se realizaron asegurando que los cables no estaban entrelazados ni tocando el suelo, objetos metálicos o personas. El sujeto permaneció inmóvil durante la realización de la medida, evitando tocar cualquier objeto metálico. Se retiraron los electrodos de medida del dispositivo monofrecuencia y se colocaron los electrodos de medida del dispositivo multifrecuencia (electrodos de banda rectangulares de 5 mm x 1 mm, gelificados y autoadhesivos), repitiendo el mismo proceso, pero con el dispositivo multifrecuencia.

Métodos de análisis de datos: los datos de bioimpedancia proporcionados por el dispositivo monofrecuencia fueron analizados con el método SFBIA. Las ecuaciones de los métodos SFBIA están basadas en linealizaciones obtenidas mediante rectas de regresión, las cuales representan en el eje de ordenadas el parámetro de composición corporal que se quiere estimar (masa grasa, masa magra, etc.) y en el eje de abscisas un parámetro que depende del valor de la impedancia en la frecuencia de 50 kHz (normalmente $\text{Estatura}^2/\text{Resistencia}$). Los modelos empleados son, por tanto, relaciones empíricas obtenidas para un grupo poblacional

específico con características antropométricas similares.

Los datos de bioimpedancia proporcionados por el dispositivo multifrecuencia fueron empleados en el análisis BIS, el cual también fue realizado en el propio dispositivo. Los métodos BIS están basados en la medida y análisis de los valores de bioimpedancia en múltiples frecuencias¹⁹. A baja frecuencia, la corriente eléctrica no penetra las membranas celulares, de modo que ésta solo fluye por el compartimento extracelular, mientras que a alta frecuencia la corriente fluye tanto por el compartimento extracelular como el intracelular¹³. Esta discriminación de los compartimentos aumenta la precisión en las estimaciones corporales, eliminando la especificidad poblacional de los métodos SFBIA^{13,14-16}

Análisis estadístico: se efectuó un análisis descriptivo de toda la muestra y dividida en los 3 grupos participantes para todas las variables recogidas. Los valores se expresaron como medias y desviaciones típicas, mínimos y máximos para variables continuas y porcentajes para variables categóricas. Para el análisis comparativo de los dos métodos de bioimpedancia, se determinó el grado de concordancia y correlación entre el porcentaje de grasa y el índice de masa libre de grasa, calculando el coeficiente de Pearson. La concordancia entre los dos métodos de análisis también fue evaluada mediante diagramas de Bland-Altman, calculando la diferencia media entre las 2 mediciones y la correspondiente desviación estándar (DE). El método de Bland-Altman permite, además, calcular los intervalos de confianza de las diferencias y estimar la precisión del resultado. Los límites de concordancia superiores e inferiores, definidos a partir de $\pm 1,96$ veces la desviación estándar, limitan el intervalo de confianza del 95% de las diferencias.

Para el análisis de los datos y la realización de los diagramas Bland-Altman se empleó el programa Matlab (versión R2011b) para Windows (*The MathWorks Inc.*, EEUU).

RESULTADOS

Se analizó a 21 personas, de las cuales 6 pertenecían al grupo de pacientes incluidos en el programa de Rehabilitación Respiratoria. Otras 10 pertenecían al grupo de pacientes hospitalizados en la planta de Neumología y las 5 restantes pertenecían al grupo de control de sujetos sanos. En la Tabla 1 se muestran las características antropométricas globales y de cada uno de los grupos participantes en el estudio. Para mostrar las diferencias en las características antropométricas entre los distintos grupos, la tabla representa los valores medios y la desviación estándar de las variables. Las gráficas

de las Figuras 1 y 2 muestran algunos ejemplos de estimaciones con los dos métodos de análisis (SFBIA y BIS) de pacientes incluidos en el programa de Rehabilitación Respiratoria y de pacientes hospitalizados en la planta de Neumología. Los parámetros mostrados son los índices FMI, FFMI y la sobrehidratación. Sólo el dispositivo BIS muestra información relacionada con el exceso de líquidos. Las gráficas muestran también los intervalos de clasificación de los pacientes según los índices establecidos con anterioridad^{13, 18}, dependiendo de la edad y sexo del sujeto.

Para permitir un análisis comparativo de los dos métodos de análisis (SFBIA y BIS) de forma independiente a las características antropométricas de los sujetos, los resultados fueron analizados en base a dos índices normalizados: el porcentaje de grasa y el índice FFMI. Los gráficos de las Figuras 3 y 4 muestran los valores obtenidos para ambos índices en cada uno de los grupos, así como los resultados globales de la muestra.

Los gráficos de las Figuras 5 y 6 comparan las estimaciones realizadas con los dos métodos de análisis (SFBIA y BIS). La Figura 5 muestra la correlación lineal obtenida para el porcentaje de grasa, con un coeficiente de correlación $r = 0,73$ ($p = 0,0009$). La Figura 6 muestra la correlación lineal obtenida para el índice FFMI, con un coeficiente de correlación $r = 0,86$ ($p = 0,00001$). Ambas correlaciones fueron obtenidas por el método de los mínimos cuadrados.

Las Figuras 7 y 8 muestran los diagramas de Bland-Altman de las estimaciones realizadas con los dos métodos de análisis (SFBIA y BIS). El análisis Bland-Altman en el porcentaje de grasa muestra un error medio de -3,5% (de SFBIA respecto a BIS), el límite inferior del límite de concordancia del 95% está en -18,8% y el límite superior en 11,7%, con el 100% de las medidas dentro de dicho intervalo de confianza. El análisis Bland-Altman en el índice FFMI indica un error medio de 0,8 kg/m² (de SFBIA respecto a BIS), el límite inferior del límite de concordancia del 95% está en -3,5 kg/m² y el límite superior en 5,1 kg/m², con el 94% de las medidas dentro de dicho intervalo de confianza.

Tabla 1: Características antropométricas básicas de la muestra (valor medio ± desviación estándar).

	Grupo I	Grupo II	Grupo III	Global
Miembros	6	10	5	21
Edad (años)	59 ± 5	58 ± 13	48 ± 11	56 ± 11
Sexo (hombres)	50%	80%	60%	66,7%
Peso (kg)	74,5 ± 15,3	80,9 ± 24,8	78,4 ± 16,3	78,5 ± 20,7
Estatura (cm)	165,5 ± 14	163,5 ± 11	167,2 ± 12,4	165 ± 12,3
IMC	27,2 ± 4,7	30,3 ± 8,6	27,6 ± 2,7	28,8 ± 6,7
Perímetro cintura (cm)	101,5 ± 14,2	104,2 ± 18,1	95,2 ± 9,3	101,3 ± 15,7
Perímetro cadera (cm)	103,5 ± 6,9	104,5 ± 15,7	102,2 ± 7,9	103,7 ± 12,1
Agua corporal total (l) (SFBIA)	38,4 ± 6,4	42,5 ± 10,6	40,1 ± 7,5	40,8 ± 9
Agua corporal total (l) (BIS)	34,1 ± 5,3	37,7 ± 12,0	38,7 ± 8	36,9 ± 9,8
% de agua corporal (SFBIA)	52,4 ± 6,9	53,7 ± 6,8	51,7 ± 5,4	52,8 ± 6,5
% de agua corporal (BIS)	46,8 ± 7,6	46,9 ± 5,6	49,7 ± 5,3	47,5 ± 6,3
Sobrehidratación (l)	0,8 ± 1,1	1,5 ± 1,6	-0,4 ± 0,6	0,7 ± 1,9
Masa grasa (kg) (SFBIA)	24,9 ± 9,0	25,7 ± 14,6	25,2 ± 9,0	25,4 ± 12,0
Masa grasa (kg) (BIS)	27,2 ± 11,6	29,5 ± 11,1	24,6 ± 9,5	27,7 ± 11,1
% grasa (SFBIA)	33,7 ± 9,8	30 ± 10,2	31,5 ± 9,4	31,3 ± 10
% grasa (BIS)	35,3 ± 10	36 ± 8,3	30,9 ± 8,2	34,6 ± 9
Masa libre de grasa (SFBIA)	49,6 ± 11,8	55,3 ± 13,8	53,1 ± 13,3	53,3 ± 15,8
Masa libre de grasa (BIS)	47,3 ± 7,9	51,4 ± 17,3	53,8 ± 11,4	50,8 ± 14
FFMI (SFBIA)	17,6 ± 2,2	20,5 ± 3,8	18,9 ± 2,5	19,3 ± 3,4
FFMI (BIS)	17,1 ± 0,7	19,1 ± 5,3	19 ± 1,7	18,5 ± 3,9

Figura 1. Ejemplos de estimaciones en los pacientes incluidos en el programa de Rehabilitación Respiratoria.

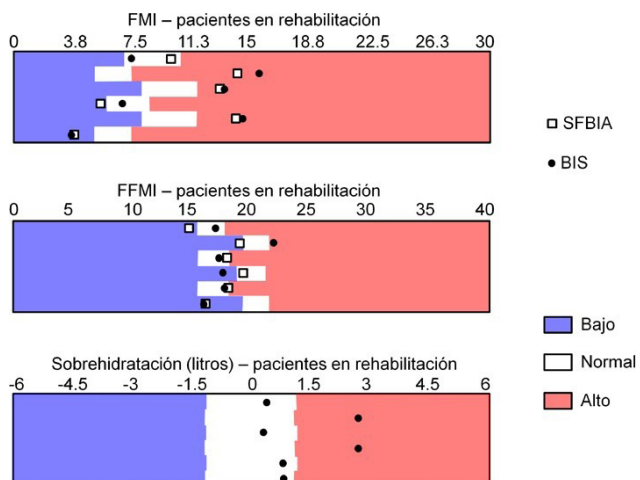


Figura 2. Ejemplos de estimaciones en los pacientes hospitalizados en la planta de Neumología.

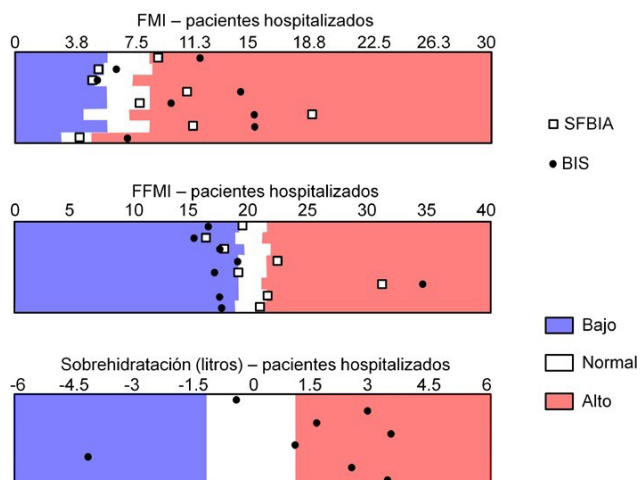


Figura 3: Comparativa de los dos métodos de análisis (BIS y SFBIA) respecto del porcentaje de grasa.

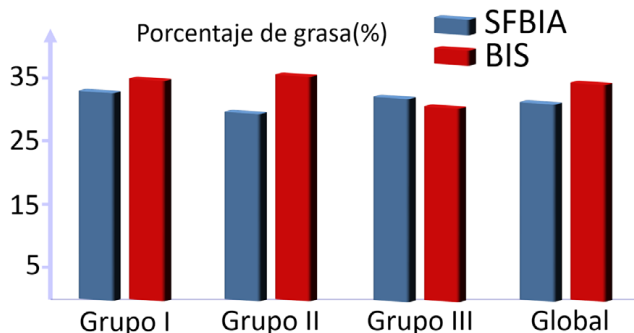


Figura 4: Comparativa de los dos métodos de análisis (SFBIA y BIS) respecto del índice FFMI.

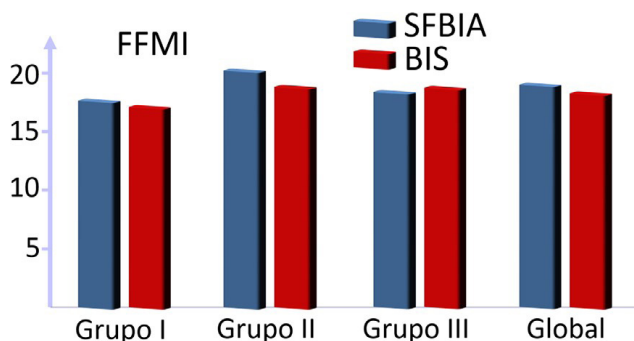


Figura 5: Correlación en el porcentaje de grasa obtenido por los dos métodos de análisis (SFBIA y BIS).

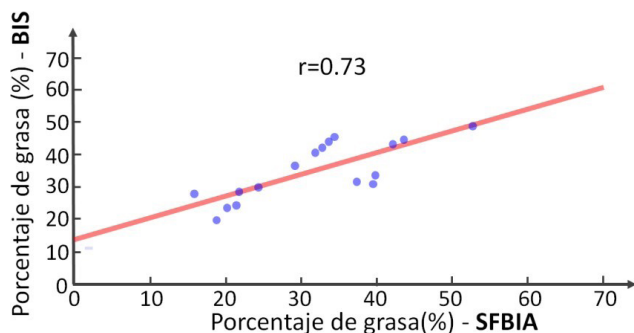


Figura 6: Correlación en el índice FFMI obtenido por los dos métodos de análisis (SFBIA y BIS).

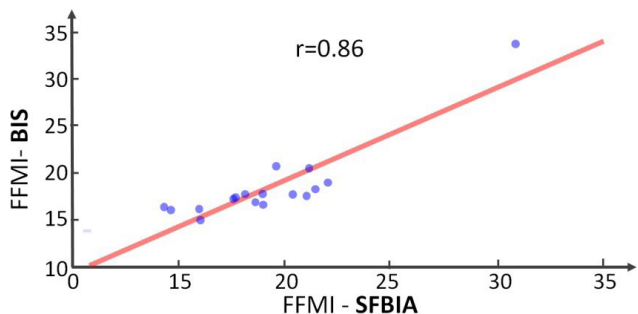


Figura 7: Diagrama de Bland-Altman en el porcentaje de grasa obtenido por los dos métodos de análisis (SFBIA y BIS).

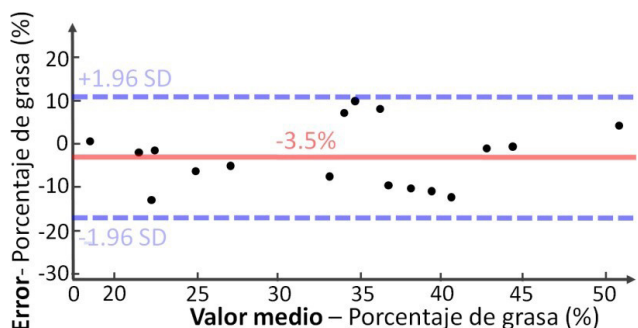
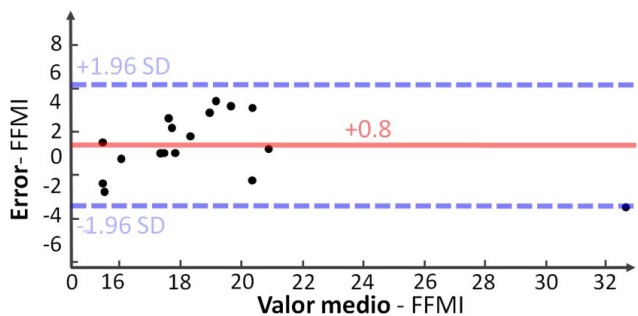


Figura 8: Diagrama de Bland-Altman en el índice FFMI obtenido por los dos métodos de análisis (SFBIA y BIS).



DISCUSIÓN

La evaluación nutricional es un aspecto fundamental en el seguimiento rutinario de pacientes con enfermedades respiratorias. Este trabajo muestra unos primeros resultados de un estudio comparativo de los dos métodos más comunes de estimación de la composición corporal mediante el análisis de la bioimpedancia: SFBIA y BIS. A pesar de que el tamaño de la muestra es pequeño (16 pacientes con EPOC y 5 voluntarios sanos), como se trata de un estudio cuasiexperimental es posible inferir algunas conclusiones sobre la población estudiada.

Una cuestión interesante en la que el presente estudio puede aportar conocimiento es que hay que considerar que, si los métodos de análisis son aplicados en grupos poblacionales diferentes, como sujetos con estados de hidratación alterados, con diferentes proporciones de masa grasa, o con geometrías y distribuciones anatómicas diferentes, se pueden llegar a producir errores considerables. Es un error bastante común suponer que todas las técnicas de bioimpedancia son las mismas pero, aunque SFBIA y BIS se basan en los mismos principios a la hora de determinar la composición corporal, cada método tiene sus propias premisas¹⁹. SFBIA mide la bioimpedancia en una única frecuencia, generalmente a 50 kHz, y emplea ecuaciones obtenidas por regresión lineal para calcular la cantidad de agua total, la masa libre de grasa y la masa grasa. La principal desventaja del método SFBIA es que las ecuaciones de predicción son específicas de los dispositivos y de las poblaciones empleadas en el estudio de regresión, de modo que no serían aplicables para grupos poblacionales diferentes, con diferentes características antropométricas, diferentes proporciones de masa grasa, geometrías y distribuciones anatómicas distintas, o en estados nutricionales o de hidratación alterados, ya que en estos casos podrían llegar a producirse importantes errores en las estimaciones. Este es el motivo de la multitud de ecuaciones propuestas para el método SFBIA, cada una obtenida por regresión comparando respecto a un patrón estándar de composición corporal en un estudio clínico para una población determinada¹³. Además, debido al empleo de una única frecuencia, SFBIA no permite diferenciar de forma teórica entre el agua intracelular (ICW) y el agua extracelular (ECW).

El método BIS, en cambio, realiza medidas de bioimpedancia en múltiples frecuencias, lo que permite emplear modelos matemáticos que asumen de forma explícita la estimación de los compartimentos de ECW e ICW¹⁹. Esto se traduce en una mayor precisión en las estimaciones y en una mayor especificidad para diferentes grupos

poblacionales, que ha llevado a la técnica BIS a ser considerada como alternativa al estándar de oro en la estimación de la composición corporal²⁰. Los fundamentos teóricos más sólidos de la técnica BIS la hacen más independiente de las características antropométricas de los usuarios²¹. La capacidad de estimar ICW es clínicamente muy relevante, ya que proporciona una estimación de la masa celular corporal, reflejando la cantidad de tejidos metabólicamente activos^{13,14,16}. Como contrapartida, los dispositivos BIS tienen un coste más elevado que los dispositivos SFBIA. El precio de mercado de un dispositivo BIS validado para uso clínico está por encima de 10.000 euros, mientras que el coste de un dispositivo SFBIA, normalmente, está por debajo de los 3.000 euros. Esta es la razón por la cual los dispositivos SFBIA son empleados en la mayoría de los estudios clínicos realizados sobre pacientes respiratorios, en detrimento de los que emplean dispositivos BIS.

Otros hallazgos están relacionados con la valoración nutricional de la población del estudio. De acuerdo con nuestros resultados, los pacientes incluidos en el programa de Rehabilitación Respiratoria mostraron un estado de hidratación mayoritariamente normal y un exceso de grasa en el 50% de los casos, en comparación con el grupo control y con los valores de referencia. El índice FFMI superaba los índices establecidos como normales, de 17 kg/m² para hombres, y 15 kg/m² para mujeres¹² pero, aun así, eran inferiores a los del grupo de control sanos. El exceso de grasa y la disminución de la masa magra son rasgos ya descritos en la literatura para pacientes con EPOC¹², aunque la mayoría de los estudios realizaron la evaluación de la composición corporal mediante el análisis de bioimpedancia monofrecuencia. Esto dificulta la comparación de nuestros resultados con los de otros autores. En un estudio muy reciente de una muestra muy amplia de pacientes con EPOC y utilizando la bioimpedanciometría multifrecuencia, entre otros hallazgos, la FMI era superior en los pacientes comparado con el grupo de sanos, mientras que el FFMI era significativamente inferior²². Así pues, nuestros resultados son muy similares a los de este estudio, donde los autores concluyen que la bioimpedanciometría multifrecuencia es un método muy fiable para evaluar la composición corporal que permite detectar pacientes malnutridos que incluso no tengan un bajo peso. Con respecto a los pacientes hospitalizados en la planta de Neumología, el método BIS mostró un exceso de grasa y superior en media al de los otros grupos. Sin embargo, la masa grasa estaba disminuida según la valoración del método de SFBIA, y con un valor medio por debajo de los otros dos grupos. Lo más destacable

en este grupo de pacientes fue la sobrehidratación, una condición muy común en pacientes ingresados graves y que es un predictor significativo de morbilidad y mortalidad²³. Finalmente, los sujetos sanos control mantuvieron sus niveles nutricionales y de hidratación dentro de la normalidad en los dos métodos analizados.

En definitiva, concluimos que en nuestra muestra de pacientes, los métodos SFBIA y BIS han mostrado una buena correlación y una concordancia moderada para la valoración de la composición corporal. En la mayoría de los casos, el método SFBIA subestimó el porcentaje de grasa y sobreestimó la masa magra comparado con el método BIS, lo que concuerda con resultados obtenidos por otros autores²³. Las mayores discrepancias entre ambos métodos fueron observadas en los casos extremos de composición corporal.

AGRADECIMIENTOS

Todos los autores han participado de forma activa en el desarrollo de este trabajo, el cual ha sido financiado por la Asociación de Neumología y Cirugía Torácica del Sur (NEUMOSUR), con la Beca n° 7.2012. También ha colaborado la Fundación Progreso y Salud (Junta de Andalucía), bajo los proyectos PI-0010-2013, PI-0041-2014 y PIN- 0394-2017, y el Fondo de Investigaciones Sanitarias, Instituto de Salud Carlos III, bajo los proyectos PI15/00306 y DTS15/00195.

BIBLIOGRAFÍA

1. Global Strategy for the Diagnosis, Management and Prevention of COPD Global Initiative for Chronic Obstructive Lung Disease (GOLD) 2018 URL: <http://www.goldcopd.org> (Último acceso, marzo 2018)
2. Negewo NA, McDonald VM, Gibson PG. Comorbidity in chronic obstructive pulmonary disease *Respiratory Investigation* 2015; 53 (6): 249-258.
3. Calder PC, Laviano A, Lonnqvist F et al. Targeted medical nutrition for cachexia in chronic obstructive pulmonary disease: a randomized, controlled trial *Journal of Cachexia, Sarcopenia and Muscle* 2018; 9 (1): 28-40.
4. de Blasio F, Di Gregorio A, de Blasio F et al. Malnutrition and sarcopenia assessment in patients with chronic obstructive pulmonary disease according to international diagnostic criteria, and evaluation of raw BIA variables *Respiratory Medicine* 2018; 134: 1-5.
5. Yoshimura K, Sato S, Muro S et al. Interdependence of physical inactivity, loss of muscle mass and low dietary intake: Extrapulmonary manifestations in older chronic obstructive pulmonary disease patients *Geriatrics and Gerontology International* 2018; 18 (1): 88-94.
6. Matkovic Z, Cvetko D, Rahelic D et al. Nutritional Status of Patients with Chronic Obstructive Pulmonary Disease in Relation to their Physical Performance *COPD: Journal of Chronic Obstructive Pulmonary Disease* 2017; 14 (6): 626-634.
7. Raguso CA, Luthy C. Nutritional status in chronic obstructive pulmonary disease: Role of hypoxia *Nutrition* 2011; 27: 138-143.
8. Samp JC, Joo MJ, Schumock GT et al. Predicting acute exacerbations in chronic obstructive pulmonary disease *Journal of Managed Care and Specialty Pharmacy* 2018; 24 (3): 265-279.
9. Ramires BR, De Oliveira EP, Pimentel GD et al. Resting energy expenditure and carbohydrate oxidation are higher in elderly patients with COPD: A case control study *Nutrition Journal* 2012; 11.
10. Maia I, Xará S, Dias I et al. Nutritional Screening of Pulmonology Department Inpatients *Revista Portuguesa de Pneumologia* 2014.
11. D'Ávila Melo SM, Melo VA, Menezes RS et al. Effects of progressive increase in body weight on lung function in six groups of body mass index *Revista da Associação Médica Brasileira* 2011; 57: 499-505.
12. Schols AM, Ferreira IM, Franssen FM. Nutritional assessment and therapy in COPD: a European Respiratory Society statement *Eur Respir J* 2014; 44: 1504-1520.
13. Roa LM, Naranjo D, Reina LJ et al. Applications of bioimpedance to end stage renal disease (ESRD) *Studies in Computational Intelligence* 2013; 404: 689-769.
14. Haverkort EB, Reijven PLM, Binnekade JM et al. Bioelectrical impedance analysis to estimate body composition in surgical and oncological patients: A systematic review *European Journal of Clinical Nutrition*, 2015; 69 (1): 3-13.
15. Lukaski HC. Body Composition: Health and Performance in Exercise and Sport *CRC Press Taylor & Francis Group* 2017: 1-388.
16. Valtuille RA. Bioimpedance to assess body composition in chronic kidney disease: When technology can help solve a clinical problem *Medical Science Technology* 2017; 58: 119-127.
17. de Blasio F, Alicante P, Gregorio A et al. Systematic review on the use of bioelectrical impedance analysis in chronic obstructive pulmonary disease *European Respiratory Journal* 2017; 50: PA1093.
18. Ingadottir AR, Beck AM, Baldwin C et al. Two components of the new ESPEN diagnostic criteria for malnutrition are independent predictors of lung

function in hospitalized patients with chronic obstructive pulmonary disease (COPD) *Clinical Nutrition*, 2018; Artículo en prensa.

19. Teigen LM, Kuchnia AJ, Mourtzakis M et al. The Use of Technology for Estimating Body Composition: Strengths and Weaknesses of Common Modalities in a Clinical Setting *Nutrition in Clinical Practice* 2017; 32 (1):20- 29.
20. Ismail AH, Leonhardt S. Simulating non-specific influences of body posture and temperature on thigh-bioimpedance spectroscopy during continuous monitoring applications *Journal of Physics: Conference Series* 2013; 434.
21. Yamada Y, Watanabe Y, Ikenaga M et al. Comparison of single-or multifrequency bioelectrical impedance analysis and spectroscopy for assessment of appendicular skeletal muscle in the elderly *Journal of Applied Physiology* 2013; 115 (6): 812-818.
22. De Blasio F, de Blasio F, Miracco Berlingieri J et al. Evaluation of body composition in COPD patients using multifrequency bioelectrical impedance analysis *International Journal of COPD* 2016; 11: 2419–2426.
23. Cloetens L, Johansson-Persson A, Hellegren H et al. Assessment of body composition in subjects with metabolic syndrome comparing single-frequency bioelectrical impedance analysis and bioelectrical spectroscopy *Metabolic Syndrome and Related Disorders* 2015; 13 (2): 91-98.