



# Aplicaciones médico-nutricionales de la impedancia bioeléctrica (BIA) en el paciente críticamente enfermo: una revisión narrativa

*Medical and nutritional applications of bioelectric impedance (BIA) in the critically ill patient: A narrative review*

*Aplicações médico-nutricionais da impedância bioelétrica (BIA) no paciente criticamente doente: uma revisão narrativa*

Fernando José Pereira Paternina<sup>1\*</sup>, Mateo Londoño Pereira<sup>1,2</sup>, Jeniffer Liliana Jáuregui Durán<sup>3</sup>, Janeth Barbosa Barbosa<sup>4</sup>.

Recibido: 28 de diciembre de 2022. Aceptado para publicación: 21 de marzo de 2023.

Publicado en línea: 23 de marzo de 2023.

<https://doi.org/10.35454/rncm.v6n2.478>

## Resumen

En la última década, la evaluación de la composición corporal en pacientes críticos se ha convertido en un elemento clave debido a su relación con los resultados clínicos. La bioimpedancia (BIA) es una herramienta disponible para medir la composición corporal, promovida por su bajo costo, seguridad y facilidad de uso en comparación con otros dispositivos. En el mercado existen diversos equipos de BIA que utilizan diferentes corrientes, generalmente de 50 kilohercios (kHz). Hay varios parámetros para conocer las condiciones musculares, como la impedancia, el ángulo de fase (PhA) y la relación entre la reactancia (R) y la resistencia (Xc). El PhA mide la R y Xc del músculo, debido a que proporciona información sobre la cantidad y el estado de la membrana celular del músculo esquelético. Se ha propuesto que el PhA sea un marcador pronóstico en pacientes críticos cuando su valor oscila entre 4,1° y 6°. La técnica de medición debe estandarizarse y validarse para la población específica, lo que permitiría comparar los resultados entre estudios. La BIA tiene una gran aplicabilidad en pacientes críticos para identificar el riesgo nutricional, realizar seguimiento de una intervención y evaluar su impacto en los

## Summary

Evaluation of body composition in critically ill patients has become a key component over the last decade due to its relationship with clinical outcomes. Bioelectrical impedance analysis (BIA) is one of the available tools for measuring body composition, promoted for its low cost, safety, and ease of use compared to other devices. There are a variety of BIA devices on the market that use different currents, typically 50 kilohertz (kHz). There are several parameters for assessing muscle conditions, including impedance, phase angle (PhA), and the ratio between reactance (R) and resistance (Xc). PhA measures muscle R and Xc and provides information about the quantity and state of the skeletal muscle cell membrane. A PhA value between 4.1° and 6° has been proposed as a prognostic marker in critically ill patients. The measurement technique must be standardized and validated for the specific population to allow for comparison across studies. BIA has broad applicability in critically ill patients for nutritional risk identification, tracking intervention progress, and assessing impact on clinical outcomes. Additionally, BIA serves as a prognostic factor, as it identifies patients with a high risk of admission to

## Resumo

Na última década, a avaliação da composição corporal em pacientes críticos tornou-se um elemento chave devido à sua relação com os resultados clínicos. A bioimpedância (BIA) é uma ferramenta disponível para medir a composição corporal, promovida por seu baixo custo, segurança e facilidade de uso em comparação com outros dispositivos. Existem diversos equipamentos BIA no mercado que utilizam diferentes correntes, geralmente 50 kilohertz (kHz). Existem vários parâmetros para conhecer as condições musculares, como impedância, ângulo de fase (PhA) e a relação entre reatância (R) e resistência (Xc). O PhA mede a R e a Xc do músculo, fornecendo informações sobre a quantidade e o estado da membrana celular do músculo esquelético. Tem sido proposto que o PhA seja um marcador prognóstico em pacientes críticos quando seu valor varie entre 4,1° e 6°. A BIA tem grande aplicabilidade em pacientes críticos para identificar o risco nutricional, monitorar uma intervenção e avaliar seu impacto nos desfechos clínicos. A técnica de medição deve ser padronizada e validada para a população específica, o que permitiria a comparação dos resultados entre os estudos. Além disso, a BIA



desenlaces clínicos. Además, la BIA ayuda como factor pronóstico para identificar a aquellos pacientes con alto riesgo de admisión a la unidad de cuidados intensivos (UCI), estancia prolongada en la UCI y hospitalización, ventilación mecánica, deterioro funcional y mortalidad. Conocer la evidencia existente sobre las aplicaciones de la BIA y su relación con los resultados clínicos en pacientes críticos es fundamental para la toma de decisiones.

**Palabras clave:** enfermedad crítica, impedancia eléctrica, estado nutricional, composición corporal, desenlaces de cuidados críticos.

the intensive care unit (ICU), prolonged ICU stay and hospitalization, mechanical ventilation, functional impairment and mortality. Understanding the evidence on BIA applications and its relationship to clinical outcomes in critically ill patients is necessary for decision-making.

**Keywords:** Critical Illness; Electric Impedance; Nutritional Status; Body Composition; Critical Care Outcomes.

ajuda como um fator prognóstico para identificar os pacientes com alto risco de internação na unidade de terapia intensiva (UTI), permanência prolongada na UTI e hospitalização, ventilação mecânica, deterioração funcional e mortalidade. Conhecer a evidência existente sobre as aplicações da BIA e sua relação com os resultados clínicos em pacientes críticos é essencial para tomada de decisões.

**Palavras-chave:** enfermidade crítica, impedância elétrica, estado nutricional, composição corporal, resultados de cuidados críticos.

<sup>1</sup> Grupo de Soporte Metabólico y Nutricional, Clínica Las Américas AUNA. Medellín, Colombia.

<sup>2</sup> Facultad de Medicina, Universidad CES. Medellín, Colombia.

<sup>3</sup> Equipo Soporte Nutricional y Metabólico, Fundación Hospital San Pedro. Pasto, Colombia.

<sup>4</sup> Grupo de Investigación Fundación AUNA Ideas. Medellín, Colombia.

\*Correspondencia: Fernando José Pereira Paternina. drfernandopereira@gmail.com

## INTRODUCCIÓN

En la búsqueda de una terapia médico-nutricional más objetiva y personalizada, que impacte de manera favorable en los desenlaces de los pacientes críticamente enfermos, se han venido desarrollando, validando e implementando en los últimos años diferentes tecnologías para la evaluación de la composición corporal (contribución relativa de grasa, músculo, huesos y agua de un individuo al volumen corporal)<sup>(1)</sup>; teniendo presente las limitaciones y sesgos relacionados con el empleo de métodos tradicionales como la antropometría o la valoración nutricional subjetiva en pacientes gravemente enfermos.

Algunas de estas herramientas o tecnologías son la absorciometría de rayos X de energía dual (DXA), tomografía axial computarizada (TAC), imagen por resonancia magnética (RM) y análisis de impedancia bioeléctrica (BIA). Aunque es común disponer de estos equipos en hospitales de referencia, se identifican limitaciones para su uso en la estimación de la composición corporal, asociadas con altos costos, exposición a radiación, ausencia de personal entrenado y tiempos prolongados. La BIA ha cobrado especial relevancia porque representa un método factible, rápido, seguro, relativamente económico y confiable para este fin<sup>(1,2)</sup>.

La BIA permite conocer la composición corporal y, de este modo, individualizar, optimizar y monitorizar la terapia nutricional, el manejo de fluidos y la dosificación de los medicamentos. Además, al evaluar la masa muscular al ingreso y los cambios presentados durante la estancia, favorece la identificación y oportuna intervención de pacientes con mayor riesgo de desenlaces adversos, teniendo en consideración de que el desgaste muscular en la UCI tiene una relación estrecha con mortalidad, discapacidad funcional (incluso años después del alta) y pérdida de independencia y calidad de vida<sup>(3)</sup>.

Comprender los fundamentos teóricos y el respaldo científico de esta herramienta se hace indispensable para el profesional que brinda la terapia nutricional en el área de cuidados intensivos. Por consiguiente, el objetivo de esta revisión narrativa es describir la evidencia científica disponible relacionada con las aplicaciones clínicas, nutricionales y funcionales de la BIA en pacientes críticamente enfermos.

## METODOLOGÍA

Con el objetivo de garantizar un adecuado balance entre la sensibilidad (captar la mayor cantidad de resultados relevantes) y la precisión (evitar los estudios irrelevantes) de la búsqueda, se planteó la siguiente estrategia:

se realizó una búsqueda bibliográfica en dos bases de datos representativas, *Medline* (PubMed) y *Science Direct*, con una combinación de términos MeSH y libres con los respectivos operadores booleanos: ((*Electric Impedance OR Bioelectric Impedance OR Bioimpedance OR Bioelectrical Impedance OR Phase Angle*) AND (*Critical Care OR Intensive Care Unit OR Critical Illness OR Critically Ill*)) AND (*Body Composition*). De 342 artículos identificados inicialmente, se seleccionaron 16 estudios originales que cumplieran los siguientes criterios de inclusión definidos por los investigadores: año de publicación: artículos publicados en los últimos 7 años (2016-2022); idioma: inglés; población: adultos ( $\geq 18$  años) admitidos a la UCI con cualquier diagnóstico; tipo de estudio: diseños observacionales prospectivos; desenlaces de interés: estado nutricional, hidratación, días de ventilación mecánica, funcionalidad, mortalidad y días de estancia hospitalaria y en UCI (Figura 1).

## ANÁLISIS Y DISCUSIÓN

### Generalidades del análisis de composición corporal por impedancia bioeléctrica

La medición de la composición corporal en los pacientes críticamente enfermos ha cobrado importancia en los últimos años, para guiar el tratamiento nutricional y

optimizar el estado de hidratación de los pacientes. La BIA es una de las técnicas más utilizadas para la evaluación de la composición corporal; su principio se basa en la suma de la resistencia (R) y la reactancia (Xc) de los tejidos a una corriente<sup>(4)</sup>.

La R es la oposición que un fluido ejerce sobre la corriente y la Xc es la barrera que ejercen las células sobre el cambio generado por la corriente. La corriente fluye fácilmente cuando viaja en ambiente líquido; como el músculo contiene grandes cantidades de agua, es buen conductor de corriente, de ahí que, a mayor cantidad de músculo, menor resistencia. Mientras que la Xc se refiere al almacenamiento de la energía por parte de la célula, que depende en gran medida de la capacitancia de la membrana y aumenta proporcionalmente al número de células<sup>(4)</sup>.

Los parámetros más estudiados para conocer las condiciones del músculo en el paciente crítico a través de la BIA son el ángulo de fase (PhA) y la relación de impedancia (IR)<sup>(5)</sup>.

### Relación de impedancia = (R/Xc)

Es un parámetro de la impedancia utilizado en investigación como marcador del estado nutricional o gravedad de la enfermedad. Valores cercanos a 1 se han asociado con pobre estado nutricional, edema posquirúrgico y deterioro de la función renal y cardíaca. Una

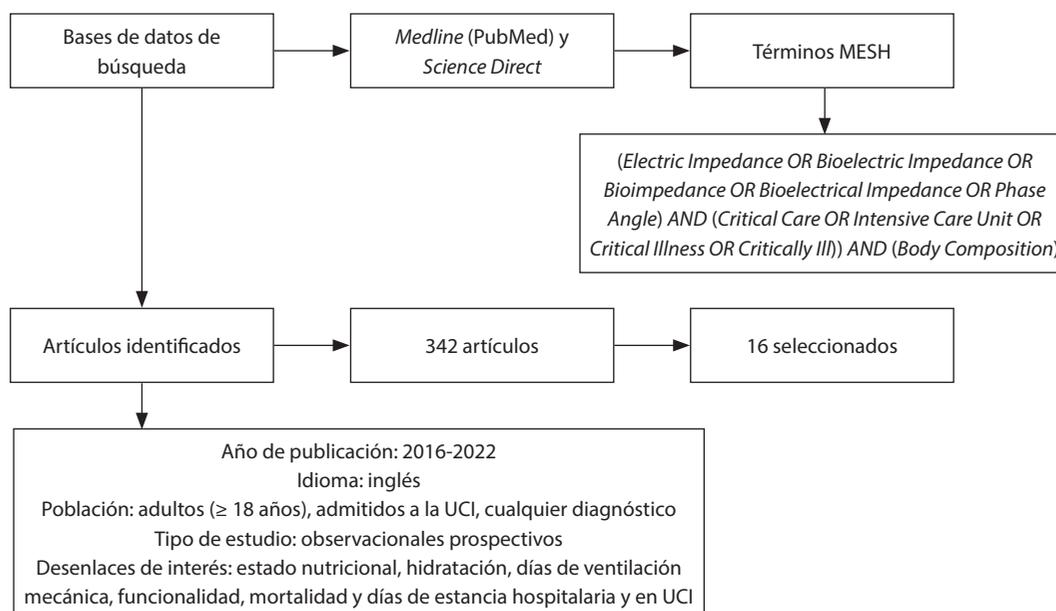


Figura 1. Flujograma de la metodología.

ventaja de este parámetro es que no necesita ecuaciones de regresión de una población específica y evita errores de estimación de todo el cuerpo; sin embargo, se sugiere contar con puntos de corte de referencia<sup>(6)</sup>.

### Ángulo de fase

El PhA mide la tangente que se produce entre la Xc y la R, al pasar la corriente eléctrica por los tejidos. El resultado brinda un informe de las condiciones de la membrana celular en cuanto al tamaño, calidad y estado de hidratación<sup>(7)</sup>. Dicho de otra manera; un PhA alto significa una gran masa celular corporal y una membrana celular intacta, como se observa en la Figura 2<sup>(1)</sup>. En el paciente crítico, la resistencia está asociada al grado de edema y la reactancia a la gravedad de la enfermedad<sup>(8)</sup>.

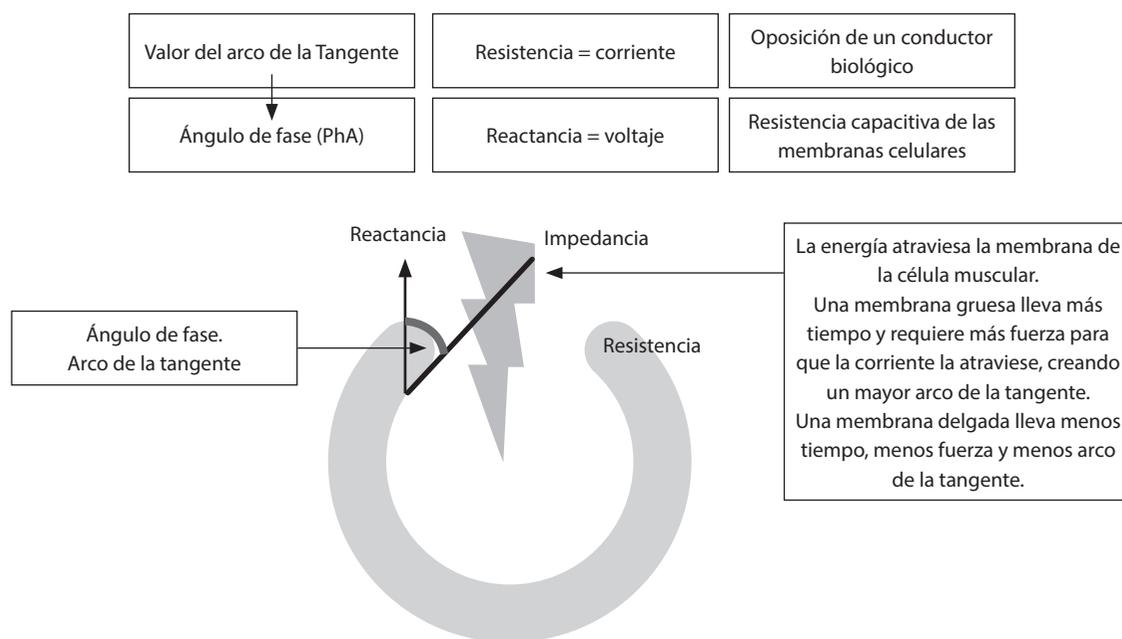
Actualmente, no existe un punto de corte definido del PhA para el paciente crítico que indique un adecuado estado nutricional y pronostique resultados. Sin embargo, se conoce que un PhA bajo es signo de malnutrición presente en el 36 % de los pacientes críticos y es predictor independiente de mortalidad en pacientes de UCI mixta. Además, tiene una relación significativa con la edad, sexo e índice de masa corporal (IMC), que se consideran los mayores determinantes del PhA en sujetos sanos y hospitalizados<sup>(9)</sup>.

La presencia de una enfermedad maligna activa en la admisión a la UCI resulta en un PhA bajo. Por tanto, se ha sugerido que el PhA puede identificar pacientes con alteraciones de la salud, caracterizadas por un aumento del riesgo de malnutrición, alteración de la integridad celular y de la funcionalidad corporal<sup>(9)</sup>.

### Tipos de bioimpedanciómetros: ventajas y desventajas

Diferentes dispositivos se utilizan para la medición de la BIA, existen los monofrecuencia (SFBIA) y multifrecuencia, que proporcionan información del contenido de agua extracelular y contenido de agua celular total, respectivamente. Los equipos con frecuencia de 50 kHz son los más empleados, porque con frecuencias mayores no se ha observado que mejoren los datos<sup>(7)</sup>.

En esta revisión se describen algunos equipos de acuerdo con sus características, ventajas y limitaciones que, en general, permiten hacer un acercamiento a la composición corporal y los cambios asociados a la patología. En este orden de ideas, siguen ganando espacio los equipos multifrecuencia y segmentarios, pero se requiere de un protocolo validado de aplicación en diferentes grupos poblacionales, con estandarización en tipos y tamaños de electrodos, filtros en manejos



**Figura 2.** El PhA es la relación entre la resistencia y la reactancia. La BIA pasa energía a través de los tejidos; según la calidad y tamaño de la membrana celular, produce una resistencia y reactancia, lo que origina un arco de la tangente que equivale al ángulo de fase y proporciona información de la composición corporal.

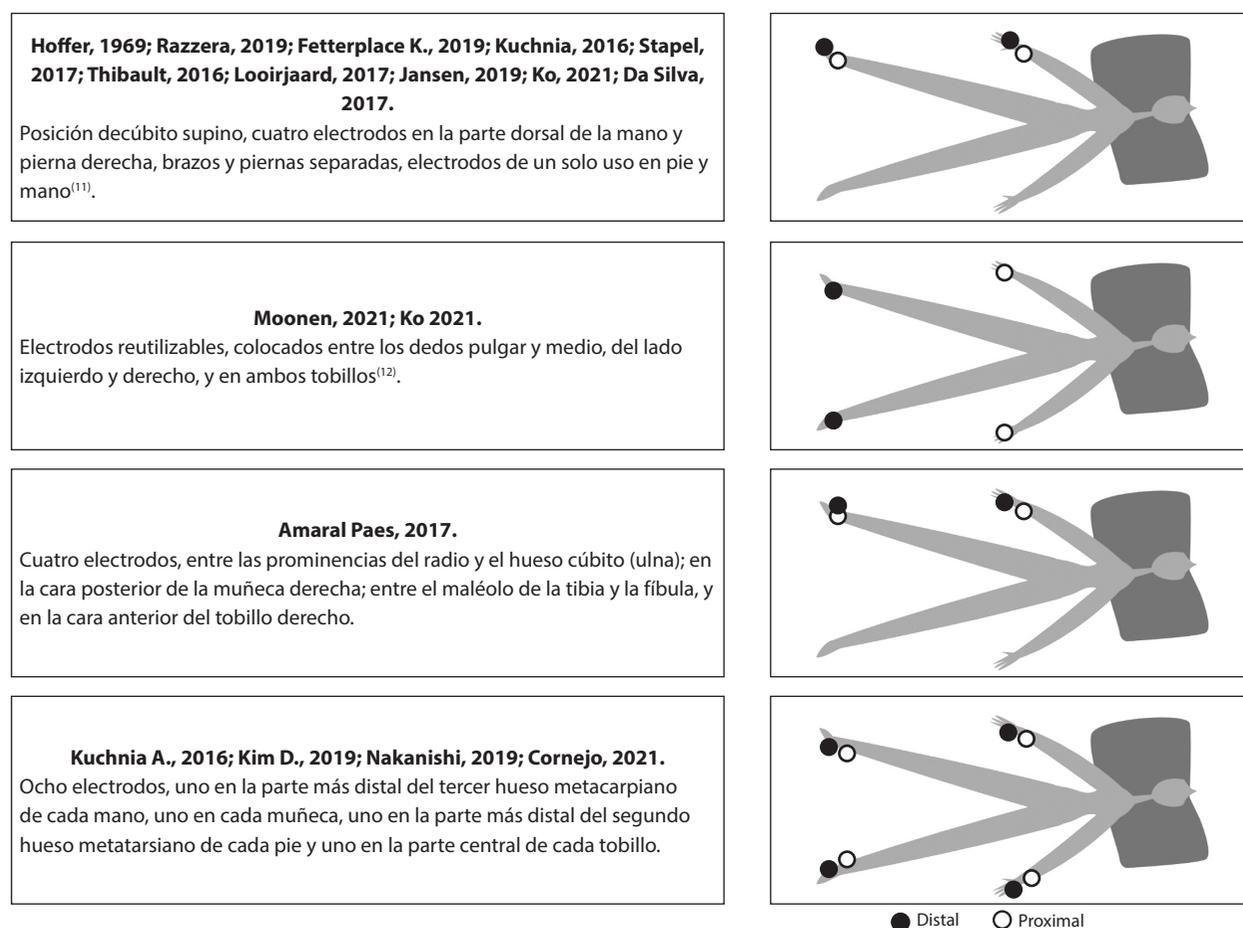
de interferencia de impedancia y la optimización de la distribución de corriente como principales aspectos a unificar, de modo que permitan discriminar resultados predictivos precisos y confiables. Por su parte, la BIA espectroscópica requiere de un análisis mucho más profundo y amplio que permita generar un consenso para su aplicabilidad<sup>(1,4,5,7,8)</sup>. En la Tabla 1 se resumen los diferentes tipos de dispositivos disponibles en el mercado, tipo de frecuencia que utilizan, electrodos, puntos anatómicos, tipo de análisis que arroja, aplicación clínica recomendada y limitantes para su uso.

### Estandarización en la técnica: clave para una medición exacta

Independientemente del equipo de BIA a utilizar, la medición se debe estandarizar, dado que un error en

centímetros en la ubicación del electrodo puede dar lugar a una variación del 2 % de la resistencia<sup>(10)</sup>.

En 1969, Hoffer validó la técnica para personas sanas. Los parámetros contenidos en esta propuesta son la posición decúbito supino, cuatro electrodos (dos en la parte dorsal de la mano y dos en pierna derecha), brazos y piernas separadas, piel seca, peso tomado en la cama o estimado, estatura y electrodos de un solo uso en pie y mano (Figura 3)<sup>(11)</sup>. Por su parte, Moonen HP y colaboradores realizaron las mediciones de BIA con el paciente en posición supina con electrodos reutilizables, colocados en los dedos pulgar, medio izquierdo y derecho, así como en ambos tobillos<sup>(12)</sup>. Difiere de la técnica de Hoffer en cuanto a los puntos anatómicos utilizados y a electrodos reutilizables. Una limitación que posee la técnica de Hoffer es que analiza el cuerpo como un único cilindro del área transversal uniforme,



**Figura 3.** Puntos anatómicos de colocación de electrodos para toma de BIA.

**Tabla 1. Dispositivos de bioimpedancia disponibles en el mercado, aplicaciones y limitaciones**

Principio de BIA	Frecuencia	Fundamento	Equipo	Características/electrodos	Disposición anatómica	Tipo de análisis	Aplicación clínica	Limitaciones
<p>Parámetros dependientes de la frecuencia: resistencia u oposición al flujo de corriente y reactancia, que es el retraso en la conducción causado por las membranas celulares, interfaces y sustancias no iónicas. El tejido graso, el hueso y los espacios llenos de aire conducen mal las corrientes eléctricas, mientras que los tejidos ricos en agua y electrolitos y espacios densos, como el músculo y la sangre, son excelentes conductores de corriente eléctrica.</p>	Monofrecuencia	Medición de la impedancia corporal en una sola frecuencia; 50 kHz	3M Red Dot T; 3M Health Care, Borken, Alemania 50 kHz. Portátil AKERN BIA 101 Anniversary Edition (GLNP Life Sciences, AKERN, Florencia, Italia) 50 kHz. Portátil BIA-450 (Biodynamics Corporation, Washington, EE. UU.) 50 kHz. Portátil (BIA 101 Whole Body Bioimpedance Vector Analyzer (AKERN, Italia) 50 kHz. Portátil	4	Ubicados en muñeca y tobillos. Tecnología convencional	Estimación de cambios de hidratación tisular y masa celular corporal BCM	- Evaluación de FM y FFM en varias condiciones clínicas	Debido al uso de una sola frecuencia, es teóricamente incapaz de diferenciar entre el agua intracelular (ICW) y celular (ECW).
	Multifrecuencia	Medición de la impedancia corporal en múltiples frecuencias: 1, 5, 50, 100, 200 y 500 kHz	InBody S10, InBody Co, Ltd. Portátil AKERN BIA 101 Anniversary edition (GLNP Life Sciences, AKERN, Florencia, Italia)	8	Ubicados en muñeca, tobillos y tronco; 5 cilindros. Tecnología convergente.	Predicción específica de acuerdo con el grupo poblacional.	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Evaluación de paciente con incremento de ECW (retención de líquidos, malnutrición).</li> <li>- Determinación del agua corporal total en pacientes sanos, obesos y ERC.</li> <li>- Valor pronóstico del ángulo de fase.</li> </ul>	Se debe seguir un protocolo de medición estandarizado y validado para obtener resultados válidos.

**Tabla 1. Dispositivos de bioimpedancia disponibles en el mercado, aplicaciones y limitaciones**  
(continuación)

Principio de BIA	Frecuencia	Fundamento	Equipo	Características/electrodos	Disposición anatómica	Tipo de análisis	Aplicación clínica	Limitaciones
Parámetros dependientes de la frecuencia: resistencia u oposición al flujo de corriente y reactancia, que es el retraso en la conducción causado por las membranas celulares, interfaces y sustancias no iónicas.	Segmentaria	Medición de la impedancia de tronco y las extremidades	BIA segmentario (InBody S10, InBody Corp., Seúl, Corea del Sur), corriente alterna de 50 kHz. Portátil	8	Para medir la impedancia de la pierna, algunos autores colocaron el electrodo sensor en la línea media anterior del muslo, en el mismo plano que el pliegue glúteo. Para medir el maletero, localizaron el electrodo de detección superior en la muesca esternal y en la parte anterior del hombro.	Composición corporal precedida en su mayor parte por impedancia de brazo y pierna.	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Composición corporal en enfermedad neuromuscular.</li> <li>- Determinación de la variación del fluido en la región pulmonar y abdominal del tronco.</li> <li>- Determinación de las variaciones de fluido en UCI, hemodiálisis, ascitis y posquirúrgico.</li> </ul>	Se requiere de una estandarización previa con su respectiva validación en grupos poblacionales, especialmente cuando hay diferentes enfoques patológicos para su uso.
El tejido graso, el hueso y los espacios llenos de aire conducen mal las corrientes eléctricas, mientras que los tejidos ricos en agua y electrolitos y espacios densos, como el músculo y la sangre, son excelentes conductores de corriente eléctrica.	Espectroscópica	Medición de la resistencia de trayectoria de la corriente		Medición entre 0 y frecuencias infinitas para predecir ECW y TBW		Detección de las propiedades eléctricas del tejido alterado	- Se requiere validación de la determinación de variaciones de fluido.	El modelo matemático necesita valoración en enfermedades.

Adaptada de<sup>(1,4,5,7,8)</sup>.

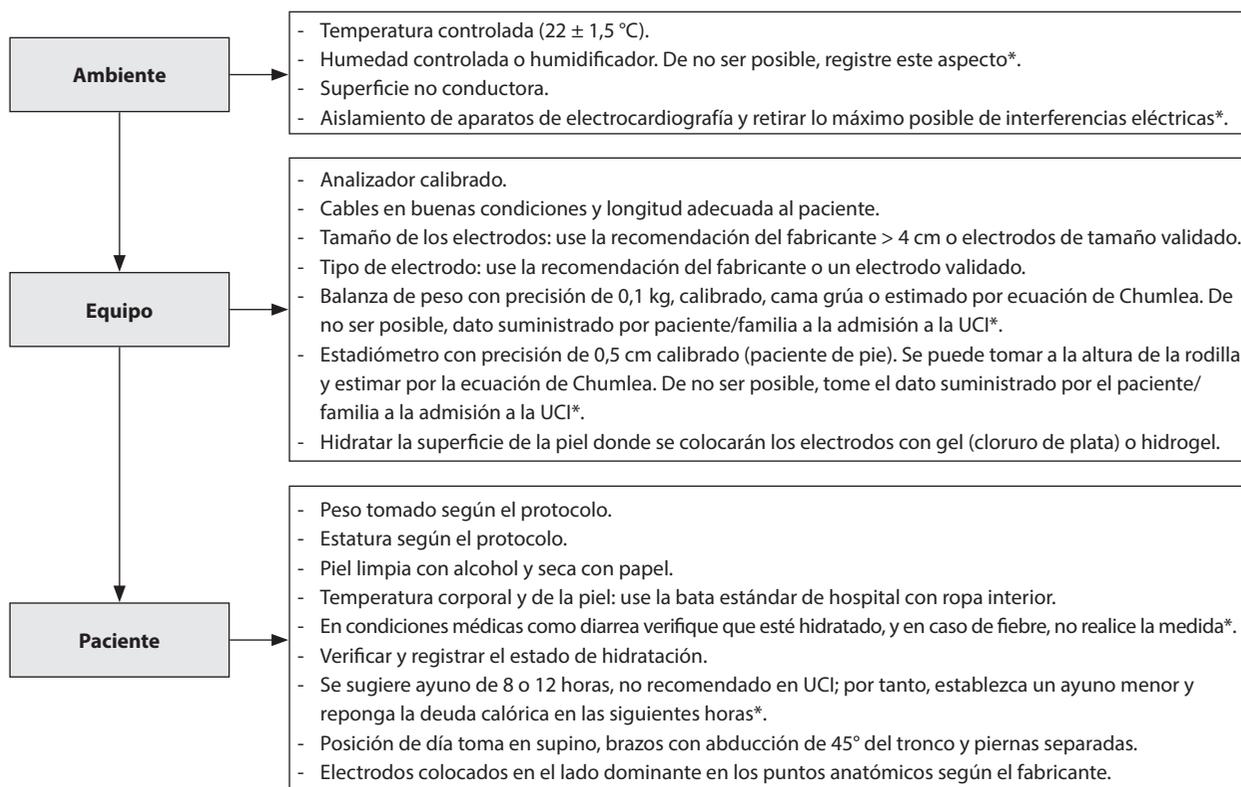
en lugar de abordarlo como la unión de cinco cilindros de áreas diferentes<sup>(11)</sup>.

La estandarización en la medición de la BIA en el paciente crítico es fundamental para permitir comparaciones entre el sujeto y poblaciones. Según las guías de la Sociedad Europea de Nutrición Clínica y Metabolismo (ESPEN) de 2004, condiciones como la estatura, el peso, la posición del sujeto, el ejercicio físico, el consumo dietético y la temperatura de la piel pueden afectar los resultados; por tanto, se deben considerar al momento de la medición<sup>(4)</sup>.

González Correa y colaboradores publicaron una propuesta para estandarizar la técnica para la medición de la BIA, en la que consideraron datos del paciente previos a la cita, preparación del equipo, del medio ambiente y del paciente. Algunas variables posiblemente no son aplicables al paciente crítico, por lo que se deben ajustar<sup>(13)</sup>. Las variables que aplican al paciente crítico se resumen en la Figura 4.

Los puntos anatómicos dependen del equipo que se va a utilizar, por lo cual existen diferencias entre los estudios realizados; algunos autores utilizan cuatro electrodos sobre el hemicuerpo derecho; dos en la muñeca (uno en la apófisis estiloides del cúbito y el otro detrás de los metacarpianos) y dos electrodos en el pie (uno en el tobillo, en la línea media entre el maléolo medio-lateral y el otro detrás del metatarsiano)<sup>(7)</sup>. Otros colocan los electrodos en las plantas de los pies y las manos, con limitantes por la resistencia que presentan el paso de la corriente dada por el grosor y humedad de la piel. Otra técnica es la mano a mano: la corriente pasa principalmente por el segmento superior y subvalora el segmento inferior<sup>(10)</sup>.

Actualmente no hay consenso para la colocación de los electrodos; razón por la que debemos seguir las recomendaciones del fabricante<sup>(10)</sup>. Este protocolo plantea un problema con el paciente crítico como el ayuno de 8 a 12 horas y la utilización de diuréticos, que



**Figura 4.** Lista de chequeo para la medición de BIA. \*Modificaciones realizadas al protocolo original de Gonzales y colaboradores<sup>(13)</sup>, para adaptarlo a la realidad del paciente crítico. El protocolo original es para el paciente ambulatorio.

frecuentemente son administrados; por tanto, se debe tener cuidado al momento de interpretar los resultados.

## APLICACIONES DE LA BIOIMPEDANCIA EN EL PACIENTE CRÍTICO

### Impedancia bioeléctrica y estado de hidratación

La administración de líquidos es, con frecuencia, necesaria para la estabilización hemodinámica de pacientes con sepsis grave y choque séptico. El tratamiento de estas patologías es habitualmente dirigido con base en metas. Sin embargo, una consecuencia de la excesiva administración de fluidos es el riesgo de desarrollar sobrecarga hídrica. Hay correlación entre el balance hídrico y la BIA<sup>(1,14)</sup>.

La sobrehidratación en la UCI se asocia positivamente con resultados adversos, pero los métodos actuales para evaluar el estado del volumen (peso del paciente, balance acumulado de líquidos, presión venosa central) tienen sus limitaciones. Un análisis de vectores de impedancia bioeléctrica (BIVA) de sobrehidratación en los primeros 5 días en la UCI se ha observado en no sobrevivientes a 60 días. BIVA predice mejor la mortalidad que un balance acumulado de líquidos.

El exceso de volumen se acumula principalmente como agua extracelular (ECW), la sobrehidratación se puede calcular como la diferencia entre ECW y su relación con el agua corporal total (ECW/TBW). Esta distribución se puede evaluar mediante BIA. Una relación ECW/TBW saludable varía ligeramente entre las fuentes y los fabricantes de dispositivos, pero oscila entre 0,36 y 0,40. Una relación ECW/TBW de más de 0,40 se considera indicativa de sobrehidratación del compartimiento extracelular. La relación ECW/TBW es más alta en los no sobrevivientes de UCI y se correlaciona con una duración más prolongada de la ventilación mecánica<sup>(15)</sup>. Se cuenta con reportes de asociación de ECW/TBW por SF-BIA superior a 0,39 en el día 1 de la UCI con un mayor número de días de ventilación mecánica, independientemente de la puntuación APACHE II<sup>(16)</sup>.

En pacientes en la UCI con terapia continua de reemplazo renal (TRRC), un corte para la relación por BIA segmentario multifrecuencia (SMMF/BIA) ECW/TBW de 0,413 predijo mortalidad a los 28 días, con una sensibilidad del 71,4 % y especificidad del 70,6 %<sup>(17)</sup>.

En los días 1 y 3 de la UCI, la bioimpedancia espectroscópica (BIS)-BIS-OH (sobrehidratación) (> 1

litro) se asoció significativamente con la mortalidad hospitalaria. El estado de volemia al tercer día se asoció con la duración de la ventilación mecánica y la estancia en la UCI. Se observaron más días sin UCI y sin ventilador entre los pacientes con estado de hidratación normal en el día 3 (OH < 1 a 1 L)<sup>(1,18)</sup>.

### Valoración del estado nutricional y estimación de la composición corporal

La respuesta metabólica a la enfermedad crítica, especialmente en su fase aguda (*flow*), se caracteriza por el incremento del gasto cardíaco, consumo de oxígeno y aumento de las demandas metabólicas, con la consecuente oxidación de fuentes energéticas como carbohidratos, aminoácidos y ácidos grasos<sup>(19,20)</sup>. Este incremento de las demandas de energía y nutrientes, sumado a la inanición y la inmovilidad del paciente crítico, puede conducir a pérdida de masa libre de grasa y condicionar la aparición de desnutrición, cuya prevalencia en la UCI oscila entre el 38 % y el 78 %<sup>(21)</sup>, y afecta principalmente a países en vías de desarrollo<sup>(22)</sup>.

El estado nutricional está relacionado con la capacidad de respuesta del organismo a la enfermedad crítica y, por ende, con la supervivencia y otros desenlaces clínicos; estudios demuestran que la desnutrición es un factor pronóstico que incide en mayores tasas de mortalidad y complicaciones infecciosas, así como en aumento de la estancia en UCI y la duración de la ventilación mecánica<sup>(22,23)</sup>. Por consiguiente, se hace indispensable la monitorización objetiva del estado nutricional y la composición corporal en pacientes críticamente enfermos, por métodos fiables y reproducibles como la bioimpedancia<sup>(24)</sup>.

Específicamente, la medición del PhA se ha empleado en diferentes estudios para identificar pacientes en riesgo o con desnutrición y para predecir desenlaces nutricionales, funcionales y clínicos, dada su capacidad de reflejar la masa libre de grasa y la integridad celular<sup>(25)</sup>. En este sentido, Razzera y colaboradores, en un estudio de cohorte prospectiva con pacientes adultos críticamente enfermos (n: 89), encontraron que el punto de corte de ángulo de fase < 5,5° mostró una precisión del 79 % para identificar pacientes con alto riesgo nutricional y que se benefician del inicio oportuno del soporte nutricional especializado, al comparar con la herramienta NUTRIC Score (curva ROC: 0,79; intervalo de confianza [IC] del 95 %: 0,588-0,830)<sup>(26)</sup>.

De manera similar, Barbosa y colaboradores, por medio de un estudio de cohorte prospectiva en una

población de 160 pacientes en la UCI médico-quirúrgica, establecieron un punto de corte de PhA para la clasificación de desnutrición de  $\leq 4,4^\circ$ , dada su asociación positiva con mortalidad a 28 días (*odds ratio* [OR] = 2,58; IC: 1,18-5,65;  $p = 0,017$ )<sup>(27)</sup>. Con base en este punto de corte, la prevalencia de desnutrición en las primeras 48 horas de estancia en la UCI fue del 33,8 %<sup>(27)</sup>.

Algunos autores recomiendan el uso del ángulo de fase estandarizado (SPA) (PhA empleado para proporcionar el valor estándar de referencia para hombres, mujeres, adultos o condiciones de actividad física con el objetivo de hacer comparaciones entre estos grupos en estudios clínicos; se obtiene dividiendo los PhA medios específicos de edad y sexo por sus desviaciones estándar) para la identificación de la desnutrición, dadas las variaciones que pueden presentarse en el PhA (sin ajustar) de acuerdo con el sexo y edad de los pacientes<sup>(28)</sup>. Un estudio en 169 pacientes críticos demostró que un SPA  $< -1,65^\circ$  en las primeras 48 horas de ingreso a la UCI se asoció con una probabilidad incrementada de tener desnutrición (OR = 2,79; IC: 1,39-5,61;  $p = 0,004$ )<sup>(28)</sup>.

De acuerdo con la evidencia disponible, se recomienda que los pacientes críticos con bajos niveles de PhA reciban una evaluación e intervención nutricional oportunas, por un profesional en nutrición clínica, teniendo en cuenta que la pérdida de masa libre de grasa tiene una asociación positiva con malos desenlaces clínicos como la mortalidad<sup>(29,30)</sup>. Asimismo, se recomienda que a los pacientes con terapia nutricional se les realice una monitorización frecuente del PhA para evaluar la efectividad de la intervención<sup>(29)</sup>.

En relación con la capacidad pronóstica de algunos parámetros de la bioimpedancia, como el PhA, para la predicción de la baja muscularidad al comparar con otros métodos de evaluación de la composición corporal, se han publicado algunos estudios. Entre ellos, el estudio de Kuchnia y colaboradores con 171 pacientes críticos, que pretendía evaluar si el PhA y el IR predecían la baja área muscular por TAC, definida con los siguientes puntos de corte:  $< 110 \text{ cm}^2$  para mujeres y  $< 170 \text{ cm}^2$  para hombres<sup>(31)</sup>. Los autores concluyen que los valores de PhA bajos se asociaron con menor área de la sección transversal del músculo esquelético y predijeron la baja área muscular (curva ROC: 0,78).

Se reportaron hallazgos similares en el estudio de Looijaard y colaboradores en 110 pacientes críticamente enfermos, que tenía como objetivo determinar la relación entre los parámetros de BIA y TAC, y se encontró que el ángulo de fase se correlacionó con el

área muscular esquelética ( $r = 0,542$ ,  $p < 0,0001$ ). Por tanto, concluyeron que tanto la bioimpedancia como la TAC permiten la identificación de la población de pacientes críticos con baja masa muscular<sup>(32)</sup>.

## Predicción de desenlaces clínicos y funcionales

Como se mencionó anteriormente, el PhA se utiliza como indicador de masa celular corporal y se ha demostrado que los valores bajos se asocian con morbimortalidad en pacientes críticos, por lo que se propone como un indicador para la predicción de desenlaces<sup>(33-35)</sup>. El punto de corte aún no está definido, pues existe una gran variabilidad entre ellos.

Ko SK y colaboradores demostraron que el PhA es un factor pronóstico importante para desenlaces en pacientes críticamente enfermos, al encontrar una asociación con menor mortalidad hospitalaria (OR: 0,42; IC: 0,18-0,96;  $p = 0,042$ ) y menor estancia en la UCI en los pacientes con un PhA  $> 3,5^\circ$ , comparado con aquellos con PhA menor (5,6 días frente a 9,8 días;  $p = 0,016$ )<sup>(36)</sup>.

En cuanto a la mortalidad, Da Silva Passos y colaboradores<sup>(27)</sup>, en un estudio de cohorte prospectiva de 160 pacientes de UCI médica y quirúrgica, lograron demostrar que el PhA  $< 4,4^\circ$  se asoció con mayor mortalidad a los 28 días (31,5 % frente a 15,1 %;  $p = 0,015$ ) (riesgo relativo [RR]: 2,08; IC: 1,14-3,79;  $p = 0,016$ ). Asimismo, Stapel y colaboradores<sup>(37)</sup>, en un estudio prospectivo observacional y multicéntrico, observaron que el PhA al ingreso a la UCI con un punto de corte  $< 4,8^\circ$  se asoció de manera independiente con mortalidad a 90 días (OR ajustado: 3,65; IC: 1,34-9,93;  $p = 0,011$ ). La mortalidad entre el grupo de pacientes con PhA  $< 4,8^\circ$  al ingreso continuó aumentando hasta los 90 días del estudio, mientras que en el grupo con PhA mayor no aumentó después de 28 días<sup>(37)</sup>.

En una revisión sistemática de Garlini y colaboradores se documentaron diferencias en los desenlaces entre los diferentes estudios analizados para observar asociaciones entre el PhA y la mortalidad de los pacientes<sup>(38)</sup>. Según el estudio de Lee<sup>(15)</sup>, el PhA fue significativamente diferente entre el grupo de sobrevivientes y el de fallecidos ( $4,1^\circ \pm 1,3^\circ$  frente a  $3,2^\circ \pm 1,5^\circ$ ;  $p < 0,0001$ ); y se destaca una asociación fuerte con mortalidad (OR: 0,53; IC: 0,38-0,71;  $p = 0,001$ ). Por su parte, Thibault y colaboradores<sup>(29)</sup>, con un punto de corte de  $4,1^\circ$ , mostró que por cada grado de aumento del PhA disminuye en un 14 % el riesgo de mortalidad (OR: 0,86; IC: 0,78-0,96;  $p = 0,008$ )<sup>(29)</sup>.

Amaral Paes y colaboradores realizaron en 2018 un estudio prospectivo en pacientes críticos oncológicos del Instituto Nacional del Cáncer (INCA) de Río de Janeiro, Brasil, con 31 pacientes admitidos en la UCI. Reportaron una correlación inversa y significativa entre PhA y estancia hospitalaria ( $r = -0,496$ ;  $p = 0,004$ ), estancia en la UCI ( $r = -0,463$ ;  $p = 0,008$ ), tiempo de ventilación mecánica ( $r = -0,428$ ;  $p = 0,016$ ) y gravedad de la enfermedad ( $r = 0,579$ ;  $p = 0,0008$ ). Obtuvieron una mejor sensibilidad (88,9 %) y especificidad (77,3 %) al considerar el punto de corte de PhA  $\leq 3,8^\circ$  (IC: 0,73-0,99) para la predicción de mortalidad<sup>(39)</sup>.

Se conoce también el impacto de la baja masa muscular sobre la ventilación mecánica, lo cual fue analizado por Thibault, quien observó un peor pronóstico para la ventilación mecánica en pacientes con un PhA bajo y enfermedades crónicas<sup>(29)</sup>. Da Silva y colaboradores comentaron que por cada minuto más de duración de la ventilación mecánica disminuye el PhA en 0,00015° y más de 12 horas de duración de la ventilación afecta significativamente la masa muscular<sup>(27)</sup>.

Moonen y colaboradores<sup>(40)</sup>, en un trabajo prospectivo de 150 pacientes con enfermedad por coronavirus de 2019 (COVID-19) de Países Bajos, reportaron una asociación independiente e inversa del PhA al ingreso hospitalario, con riesgo de admisión a la UCI (OR: 0,531; IC: 0,285-0,989;  $p = 0,021$ ), complicaciones (OR: 0,579; IC: 0,344-0,973;  $p = 0,031$ ) y días de estancia hospitalaria (OR: 0,875; IC: 0,765-1,001) en pacientes con COVID-19. Los autores concluyeron que la adición del PhA a una escala de riesgo a la admisión a la UCI puede ser un marcador valioso para predecir resultados adversos en pacientes de COVID-19.

También se ha utilizado el SPA como marcador del estado de la masa muscular para predecir resultados. Un estudio con 169 pacientes críticos en dos hospitales de Brasil encontró una correlación débil e inversa del SPA con estancia hospitalaria ( $r = -0,159$ ;  $p = 0,040$ ), estancia en la UCI ( $r = -0,159$ ;  $p = 0,039$ ) y días de ventilación mecánica ( $r = -0,169$ ;  $p = 0,048$ ). Después de ajustar por APACHE y hospital de origen, no se asoció un SPA bajo, con estancia en la UCI, ni duración de la ventilación mecánica, pero un SPA bajo aumentó el riesgo de hospitalización prolongada (OR: 2,26; IC: 1,182-4,343;  $p = 0,014$ )<sup>(28)</sup>.

Igualmente, el estudio de Razzera y colaboradores demostró que la estancia hospitalaria aumentó en los pacientes con PhA  $< 5,5^\circ$ , comparado con los pacientes con PhA mayor (RR: 2,18; IC: 1,39-3,40); sin embargo, no logró demostrar que el PhA fuera predic-

tor de mortalidad<sup>(26)</sup>, probablemente por el punto de corte del PhA que se utilizó.

El resultado del análisis de las curvas ROC para los parámetros de impedancia, el PhA y la IR, con baja muscularidad por TAC realizado por Kuchnia<sup>(31)</sup>, diagnosticó adecuadamente baja musculatura en el 78 % y 76 % de las veces, respectivamente. Además, fueron capaces de predecir el egreso vivo de UCI (c-index 0,611;  $p = 0,008$  para PhA y c-index = 0,608;  $p = 0,009$  para IR).

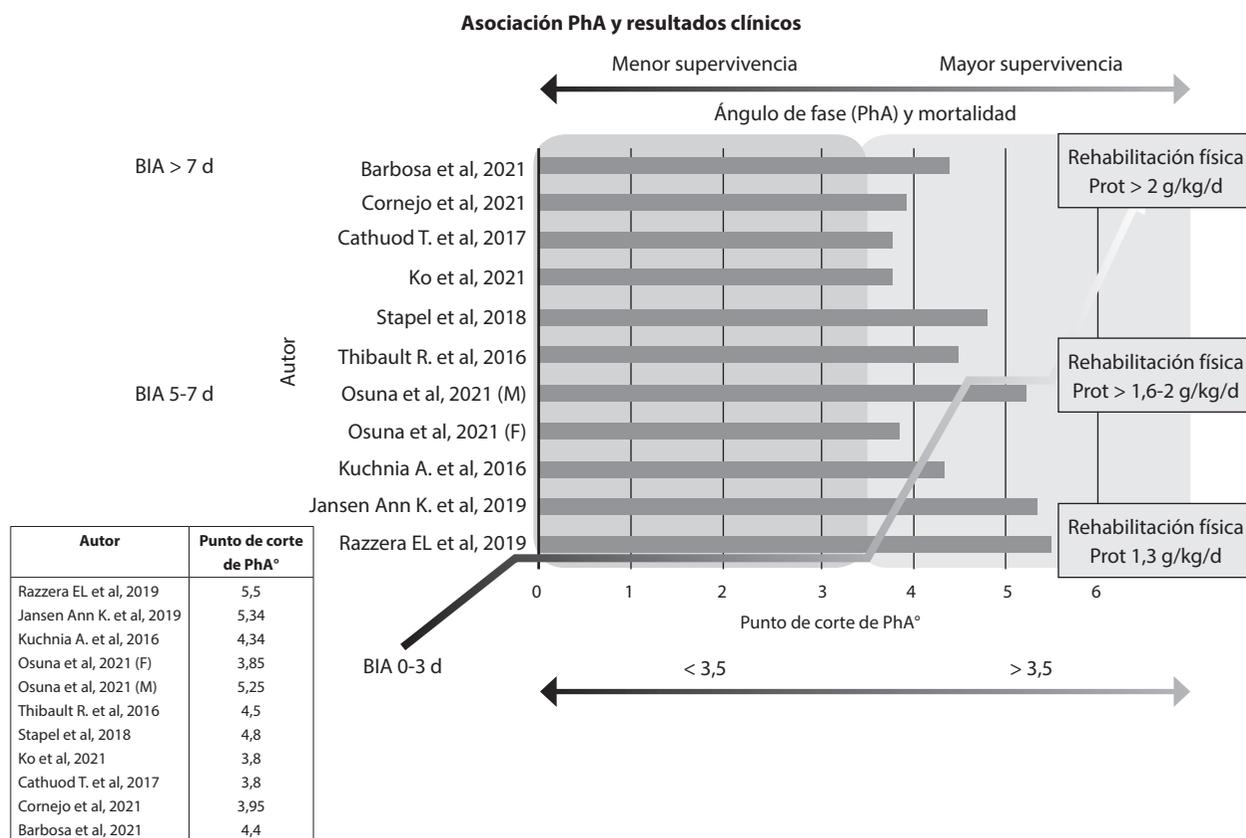
Un reciente estudio prospectivo de Osuna y colaboradores en 2021<sup>(30)</sup>, en pacientes con soporte ventilatorio mecánico por infección grave por COVID-19, identificó como predictores significativos de mortalidad a 60 días el SPA (OR: 0,45;  $p = 0,001$ ), la relación agua extracelular/agua corporal total (ECW/TBW; OR: 3,25;  $p = 0,002$ ) y el PhA (OR: 0,36; IC: 0,19-0,68;  $p = 0,002$ ). De este modo, se convierte en una herramienta útil para medir y predecir resultados, sugerida como parte de la evaluación nutricional y del riesgo de mortalidad<sup>(30)</sup>.

Los pacientes críticos habitualmente desarrollan debilidad muscular asociada con disminución de la capacidad funcional. Un análisis *post hoc* de tres estudios multicéntricos reportó la asociación entre un PhA alto y una IR baja, con una mayor fuerza física según DEMMI (*Morton mobility index*) al egreso de la UCI ( $p = 0,64$ ;  $p = 0,011$ ) y egreso hospitalario ( $p = 0,60$ ;  $p = 0,01$ )<sup>(34)</sup>.

La fragilidad causada por la enfermedad evaluada por KMBI (Korean modified Barthel index) presentó una correlación positiva significativamente con PhA ( $r = 0,4$ ;  $p < 0,001$ ), en pacientes médicos críticamente enfermos; los pacientes que sobrevivieron con un PhA  $\geq 3,5^\circ$  tuvieron menos fragilidad<sup>(36)</sup>.

A pesar de la heterogeneidad en los estudios, estos coinciden en que el punto de corte de PhA  $< 3,5^\circ$  en adultos críticos se asoció con mayor mortalidad (Figura 5). Esto difiere con lo encontrado por Garlini y colaboradores en su revisión sistemática, en la que se reportó un rango de PhA entre 4,1° y 6° para predecir la mortalidad en el paciente crítico<sup>(38)</sup>.

En general, la mayoría de los estudios han encontrado asociación entre el PhA y la mortalidad; por tanto, el PhA puede ser un marcador pronóstico de resultados adversos en el paciente crítico; y definir el punto de corte en este tipo de paciente es importante. Su medición debe considerarse parte del protocolo de intervención nutricional para la evaluación y seguimiento de los pacientes, de esta manera se toman medidas más rápidas y se previene la debilidad adquirida en la UCI,



**Figura 5.** Estudios BIA con cortes de PhA/desenlaces (< 3,5 mayor mortalidad) y propuesta de análisis con plan de intervención (aporte proteico y rehabilitación). Póster presentado en el 32º Congreso Nacional de Nutrición Clínica, Pereira, Londoño, Járegui y Barbosa; Asociación ángulo de fase (PhA) y resultados clínicos (Estudios desde el 2016). Análisis de 11 estudios, en los que el punto de corte de PhA > 3,5° se asoció con menor mortalidad. Propuesta de estrategia escalonada acorde al reporte inicial de PhA, en el que proporcionalmente al aporte proteico en conjunto con una óptima rehabilitación física se espera encontrar mejores tendencias en los valores medidos de PhA y desenlaces clínicos.

junto con otras intervenciones que impliquen o procuren optimizar la actividad física y tengan en cuenta a la masa muscular en uno de los pilares de atención del paciente en la UCI. Se pueden observar en la Tabla 2 los resultados de los diferentes estudios observacionales analizados para la presente revisión.

### LIMITACIONES

Se considera que la BIA tiene una alta fiabilidad y reproducibilidad<sup>(41)</sup>; sin embargo, no se encuentra exenta de limitaciones, que deben considerarse para asegurar una adecuada y objetiva valoración del riesgo nutricional y de la composición corporal.

Por un lado, es bien conocido que la obtención de algunos parámetros nutricionales de la BIA es dependiente de ecuaciones de regresión, muchas de ellas

validadas en población sana, eutrófica, del ámbito ambulatorio y que asumen un estado normal de hidratación; en el cual la relación agua intracelular-extracelular permanece constante y la corriente bioeléctrica se conduce uniformemente<sup>(8,42)</sup>. Estos supuestos no pueden extrapolarse al paciente crítico debido a los cambios pronunciados en los electrolitos y en la distribución de los fluidos corporales entre los compartimentos intracelular y extracelular. De igual manera, en el contexto de pacientes críticos con obesidad, sobrehidratación o con patologías que cursan con expansión del agua extracelular como la insuficiencia renal o cardíaca, los resultados pueden resultar inapropiados, por lo que se recomienda cautela en su interpretación<sup>(8)</sup>.

Pese a que se ha sugerido utilizar parámetros crudos que no dependan de ecuaciones y que sean indepen-

**Tabla 2. Ángulo de fase y resultados clínicos en el paciente crítico**

Autor, año, país	Población y tamaño de muestra	Resultados
Ko SJ. <i>et al</i> , 2021, Corea <sup>(36)</sup>	n = 97, UCI médica	<ul style="list-style-type: none"> <li>- PhA &gt; 3,5 al ingreso a la UCI, se asoció a menor mortalidad hospitalaria (OR: 0,42; IC 95 %: 0,18-0,96; <math>p = 0,042</math>) y disminución de los días de estancia (5,6 días frente a 9,8 días; <math>p = 0,016</math>) en comparación con pacientes con PhA bajo.</li> <li>- El PhA es un importante factor pronóstico de desenlaces en el paciente críticamente enfermo; un PhA bajo estuvo asociado a mayor mortalidad y duración de la estancia en la UCI.</li> <li>- Existe correlación entre la escala de fragilidad y el PhA (<math>r = 0,4</math>; <math>p &lt; 0,001</math>).</li> </ul>
Da Silva Passos LB <i>et al</i> , 2021, Brasil <sup>(27)</sup>	n = 160, UCI médico-quirúrgica	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Entre los pacientes incluidos, los no sobrevivientes presentaron un valor promedio de PhA más bajo que los sobrevivientes (4,4 + 1,5° frente a 4,9 + 1,2°; <math>p = 0,041</math>).</li> <li>- Mayor sobrevida a 28 días en pacientes con PhA &gt; 4,4 (<math>p = 0,020</math>). Los pacientes malnutridos (por PhA) presentaron mayor mortalidad a los 28 días comparado con los bien nutridos (31,5 frente a 15,1 %; <math>p = 0,015</math>), con RR 2,08 (IC 95 %: 1,14-3,79; <math>p = 0,016</math>)</li> </ul>
Stapel SN <i>et al</i> , 2018, Holanda <sup>(37)</sup>	n = 196, UCI mixta	<ul style="list-style-type: none"> <li>- PhA entre sobrevivientes y no sobrevivientes fue más alto significativamente, el AUC del PhA para predecir mortalidad fue de 0,70 (IC: 0,59-0,80).</li> <li>- PhA está asociada con mortalidad a 90 días (OR: 0,56; IC: 0,38-0,77; <math>p = 0,001</math>).</li> <li>- El PhA &lt; 4,8° a la admisión a UCI fue predictor independiente de mortalidad a 90 días (OR ajustado = 3,65; IC: 1,34-9,93; <math>p = 0,011</math>).</li> <li>- Este marcador puede ayudar a la evaluación del riesgo de mortalidad a largo plazo en los pacientes en estado crítico.</li> </ul>
Lee Y <i>et al</i> , 2015, Corea <sup>(15)</sup>	n = 241, UCI mixta	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Hay diferencias en PhA entre sobrevivientes y no sobrevivientes (<math>p &lt; 0,01</math>), puede predecir mortalidad.</li> </ul>
Thibault R. <i>et al</i> , 2016, Francia <sup>(29)</sup>	n = 931, UCI mixta	<ul style="list-style-type: none"> <li>- PhA al ingreso fue más bajo en los que murieron, comparado con los sobrevivientes.</li> <li>- PhA del día 1 se asoció independientemente con mortalidad a los 28 días.</li> <li>- La baja masa libre de grasa a la admisión a la UCI está asociada con mortalidad a los 28 días.</li> <li>- Por cada grado de aumento del PhA se disminuye el 14 % el riesgo de mortalidad (OR: 0,86; IC 95 %: 0,78-0,96; <math>p = 0,008</math>).</li> </ul>
Do Amaral Paes TC <i>et al</i> , 2018, Francia <sup>(39)</sup>	n = 31, UCI oncológica	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Se observaron correlaciones negativas y significativas entre PhA con tiempo de estancia hospitalaria, tiempo de estancia en UCI y tiempo total.</li> <li>- Hay correlación (+) entre PhA y albúmina. La PhA se asoció significativamente a muerte.</li> <li>- Los pacientes con un PhA <math>\leq 3,8^\circ</math> presentaron un tiempo de supervivencia significativamente menor que aquellos con una PhA &gt; 3,8°.</li> <li>- PhA es un marcador pronóstico.</li> </ul>
Moonen HP <i>et al</i> , 2021, Holanda <sup>(40)</sup>	n = 154, COVID-19 críticos	<ul style="list-style-type: none"> <li>- El PhA se correlacionó inversamente como un factor independiente de riesgo de admisión a la UCI (OR: 0,531; <math>p = 0,021</math>), complicaciones (OR: 0,579; <math>p = 0,031</math>), días de estancia hospitalaria (OR: 0,875; <math>p = 0,037</math>) y escala de riesgo de resultados compuestos (0,502; <math>p = 0,012</math>). Según la curva ROC, el PhA puede ser adicionado a la medición de la escala de riesgo, mejora el poder discriminatorio de los resultados compuestos de malo a regular (morbilidad, admisión UCI y mortalidad), comparado con predictores individuales (AUC: 0,79; IC 95 %: 0,71-0,87).</li> </ul>
Jansen AK <i>et al</i> , 2019, Brasil <sup>(28)</sup>	n = 169, UCI mixta	<ul style="list-style-type: none"> <li>- El valor pronóstico del AFS presentó una correlación inversa débil, pero significativa, con días de estancia en la UCI, estancia hospitalaria y duración de la ventilación mecánica.</li> <li>- El AFS bajo aumenta la probabilidad de hospitalización prolongada cerca de 2,3 veces, considerando la gravedad de la enfermedad.</li> </ul>
Razzera EL <i>et al</i> , 2020, Brasil <sup>(26)</sup>	n = 89, UCI mixta (médica y quirúrgica)	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Punto de corte de PhA &lt; 5,5 muestra una precisión del 79 % para identificar pacientes a alto riesgo nutricional y fue asociado con dos veces más riesgo de prolongada estancia en la UCI (mayor de 5 días)</li> </ul>
Kuchnia A <i>et al</i> , 2017, Holanda <sup>(31)</sup>	n = 171, UCI mixta	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Bajos valores de PhA están asociados con bajos valores de área muscular evaluados por TAC. El PhA y la relación de impedancia son capaces de predecir el egreso vivo de la UCI y pueden ser potenciales marcadores para determinar el estado nutricional y monitorizar la adecuación de la intervención nutricional.</li> </ul>

**Tabla 2. Ángulo de fase y resultados clínicos en el paciente crítico**  
(continuación)

Autor, año, país	Población y tamaño de muestra	Resultados
Osuna-Padilla IA <i>et al</i> , 2021, México <sup>(30)</sup>	n = 67, COVID-19 críticos	- Bajos niveles de PhA pueden ser predictores de mortalidad a los 60 días, en pacientes críticos con COVID-19. Este marcador biológico debe ser incorporado como parte de la evaluación nutricional y del riesgo de mortalidad. No se asoció a días de estancia hospitalaria ni días con VM.
Baldwin C. <i>et al</i> , 2019, Australia <sup>(34)</sup>	Retrospectivo, <i>post hoc</i> de un análisis prospectivo	- Analizó la asociación entre parámetros (PhA, masa libre de grasa, masa grasa) de la bioimpedancia espectroscópica y fuerza y función física en sobrevivientes en tres unidades de cuidados intensivos (UCI A, B y C). La función y fuerza muscular se midió con la escala de Council Medical Research (MRC-ss) y escala de prueba de función física de la UCI (PFIT-s). No reportó una asociación entre los parámetros de masa libre de grasa, peso corporal total y masa grasa, con MRC-ss y PFIT-s al despertar o al alta de la UCI cuando se agruparon los datos; por el contrario, hubo una asociación entre el PhA crudo bajo y RI alta, al egreso de la UCI, y pueden identificar debilidad muscular y alteración de la funcionalidad. Y el valor BIS puede ser utilizado como indicador de recuperación temprana cuando no es posible utilizar pruebas de funcionalidad y de fuerza muscular.

AFS: ángulo de fase estandarizado; PhA: ángulo de fase.

dientes del peso y la talla, como el PhA, su interpretación debe igualmente acompañarse del estado de hidratación del paciente<sup>(41)</sup>. Posiblemente la BIA pueda ser más útil al ingreso a la UCI o en la admisión temprana, antes de que ocurran cambios importantes en los fluidos corporales, así como también en el momento de traslado a salas de menor complejidad, cuando el estado de hidratación está normalizado<sup>(42)</sup>.

Por otro lado, deberán considerarse limitaciones técnico-prácticas como dificultad para posicionar adecuadamente al paciente para las medidas supinas (de modo que se cumpla el protocolo de separación de brazos y piernas desde el tronco), pobre integridad de la piel con dificultad para el posicionamiento de electrodos, temperatura elevada, posible interferencia de otros dispositivos médicos cercanos, diferencias en las medidas según el tipo de bioimpedanciómetro utilizado (se recomienda el seguimiento con la misma referencia) y la necesidad de operadores entrenados y certificados<sup>(41,43)</sup>.

## CONCLUSIÓN

La bioimpedancia constituye una importante herramienta diagnóstica y pronóstica para la evaluación de la composición corporal en pacientes críticos; es segura,

simple, rápida, económica y se encuentra validada para la valoración del estado nutricional y la predicción de importantes desenlaces de riesgo como la mortalidad; y el ángulo de fase es el parámetro de mayor asociación. Sin embargo, pese a su suficiencia y objetividad, se requieren más estudios clínicos que confirmen los resultados obtenidos previamente, de modo que permitan correlacionar de manera directa puntos de corte poblacionales como valor predictivo en pacientes con estancia en las UCI. Además, se debe lograr una unificación de criterios tanto en los puntos de corte para los diferentes grupos poblacionales como en el tipo de dispositivos y técnicas utilizadas para este fin.

## PUNTOS CLAVE

- La evaluación objetiva de la composición corporal permite individualizar, optimizar y monitorizar el manejo nutricional y médico (medicamentos y terapia de fluidos) en la unidad de cuidados intensivos (UCI), y esto ofrece beneficios clínicos para los pacientes.
- La bioimpedancia es una herramienta validada, segura, no invasiva, fácil de realizar, relativamente económica, fiable y reproducible para la evaluación de la composición corporal de los pacientes crítica-

mente enfermos, que ofrece ventajas significativas sobre la antropometría y la valoración subjetiva.

- La bioimpedancia combina las medidas de resistencia y reactancia a una corriente para proporcionar información de los compartimentos corporales; a partir de estas medidas es posible calcular indicadores como el ángulo de fase, estrechamente relacionado con la integridad celular y los resultados clínicos.
- Pese a la heterogeneidad en los puntos de corte, la disminución del ángulo de fase en el paciente crítico se relaciona de manera significativa e independiente con desnutrición y aumento de mortalidad, estancia en la UCI y ventilación mecánica prolongada.
- Se identifican limitantes relacionadas con la ausencia de un consenso para la estandarización de la técnica y el equipo de medición y la necesidad de validar puntos de corte del ángulo de fase para cada población.

### Declaración de autoría

Todos los autores revisaron el manuscrito, acordaron ser plenamente responsables de garantizar la integridad y precisión del trabajo, y leyeron y aprobaron el manuscrito final.

### Conflictos de interés

Los autores declaran no tener conflictos de intereses.

### Fuentes de financiación

El presente estudio no tuvo financiación.

### Referencias bibliográficas

1. Moonen HPFX, Van Zanten ARH. Bioelectric impedance analysis for body composition measurement and other potential clinical applications in critical illness. *Curr Opin Crit Care*. 2021;27(4):344-353. doi: 10.1097/MCC.0000000000000840
2. Lambell KJ, Tatucu-Babet OA, Chapple LA, Gantner D, Ridley EJ. Nutrition therapy in critical illness: a review of the literature for clinicians. *Crit Care*. 2020;24(1):35. doi: 10.1186/s13054-020-2739-4
3. Chapple LS, Parry SM, Schaller SJ. Attenuating Muscle Mass Loss in Critical Illness: the Role of Nutrition and Exercise. *Curr Osteoporos Rep*. 2022;20(5):290-308. doi: 10.1007/s11914-022-00746-7
4. Kyle UG, Bosaeus I, De Lorenzo AD, Deurenberg P, Elia M, Gómez JM, et al. Bioelectrical impedance analysis-part I: review of principles and methods. *Clin Nutr*. 2004;23(5):1226-43. doi: 10.1016/j.clnu.2004.06.004
5. Mialich MS, Faccioli Sicchieric JM, Jordao Junior AA. Analysis of Body Composition: A Critical Review of the Use of Bioelectrical Impedance Analysis. *International J Clin Nutr*. 2014;2(1):1-10. doi: 10.12691/ijcn-2-1-1
6. Earthman CP. Body Composition Tools for Assessment of Adult Malnutrition at the Bedside: A Tutorial on Research Considerations and Clinical Applications. *JPEN J Parenter Enteral Nutr*. 2015;39(7):787-822. doi: 10.1177/0148607115595227
7. Mulasi U, Kuchnia AJ, Cole AJ, Earthman CP. Bioimpedance at the bedside: current applications, limitations, and opportunities. *Nutr Clin Pract*. 2015;30(2):180-93. doi: 10.1177/0884533614568155
8. Mundi MS, Patel JJ, Martindale R. Body Composition Technology: Implications for the ICU. *Nutr Clin Pract*. 2019;34(1):48-58. doi: 10.1002/ncp.10230
9. Buter H, Veenstra JA, Koopmans M, Boerma CE. Phase angle is related to outcome after ICU admission; an observational study. *Clin Nutr ESPEN*. 2018;23:61-66. doi: 10.1016/j.clnesp.2017.12.008
10. Aristizábal Rivera JC. Conferencia. Bioimpedancia: principios y aplicaciones para el estudio de la composición corporal en adultos. *Perspectivas En Nutrición Humana*. 2019;167-76. doi: 10.17533/udea.penh.338147
11. Hoffer EC, Meador CK, Simpson DC. Correlation of whole-body impedance with total body water volume. *J Appl Physiol*. 1969;27(4):531-4. doi: 10.1152/jap.1969.27.4.531
12. Moonen HP, Hermans AJ, Jans I, van Zanten AR. Protein requirements and provision in hospitalized COVID-19 ward and ICU patients: Agreement between calculations based on body weight and height, and measured bioimpedance lean body mass. *Clin Nutr ESPEN*. 2022;49:474-482. doi: 10.1016/j.clnesp.2022.03.001
13. González-Correa CH, Caicedo-Eraso JC. Bioelectrical impedance analysis (BIA) equations validation against hydrodensitometry in a Colombian population. *J Phys Conf Ser*. 2013; 434:012065. doi: 10.1088/1742-6596/434/1/012065
14. Ramírez VMS, Morales PII, Hernández PJJ, Salazar SS. Análisis comparativo del agua extracelular medida por bioimpedanciometría y calculada por balance hídrico en pacientes críticos del Departamento de Medicina Intensiva del Hospital Central Militar. *Rev Sanid Milit Mex*. 2017;71(5):409-415.
15. Lee Y, Kwon O, Shin CS, Lee SM. Use of bioelectrical impedance analysis for the assessment of nutritional status in critically ill patients. *Clin Nutr Res*. 2015;4(1):32-40. doi:10.7762/cnr.2015.4.1.32
16. Slobod D, Yao H, Mardini J, Natkaniec J, Correa JA, Jayaraman D, et al. Bioimpedance-measured volume overload predicts longer duration of mechanical ventilation in intensive care unit patients. *Can J Anaesth*. 2019;66(12):1458-1463. doi: 10.1007/s12630-019-01450-4
17. Park KH, Shin JH, Hwang JH, Kim SH. Utility of Volume Assessment Using Bioelectrical Impedance Analysis in Critically Ill Patients Receiving Continuous Renal

- Replacement Therapy: A Prospective Observational Study. *Korean J Crit Care Med.* 2017;32(3):256-264. doi: 10.4266/kjccm.2017.00136
18. Yang SF, Tseng CM, Liu IF, Tsai SH, Kuo WS, Tsao TP. Clinical Significance of Bioimpedance Spectroscopy in Critically Ill Patients. *J Intensive Care Med.* 2019;34(6):495-502. doi: 10.1177/0885066617702591
  19. Cuthbertson DP, Angeles Valero Zanuy MA, León Sanz ML. Post-shock metabolic response. 1942. *Nutr Hosp.* 2001;16(5):176-82.
  20. Sharma K, Mogensen KM, Robinson MK. Pathophysiology of Critical Illness and Role of Nutrition. *Nutr Clin Pract.* 2019;34(1):12-22. doi: 10.1002/ncp.10232
  21. Lew CCH, Yandell R, Fraser RJL, Chua AP, Chong MFF, Miller M. Association Between Malnutrition and Clinical Outcomes in the Intensive Care Unit: A Systematic Review. *JPEN J Parenter Enteral Nutr.* 2017;41(5):744-758. doi: 10.1177/0148607115625638
  22. Mohialdeen Gubari MI, Hosseinzadeh-Attar MJ, Hosseini M, Mohialdeen FA, Othman H, Hama-Ghareeb KA, et al. Nutritional Status in Intensive Care Unit: A Meta-Analysis and Systematic Review. *Galen Med J.* 2020;9:e1678. doi: 10.31661/gmj.v9i0.1678
  23. Hill A, Elke G, Weimann A. Nutrition in the Intensive Care Unit-A Narrative Review. *Nutrients.* 2021;13(8):2851. doi: 10.3390/nu13082851
  24. Sociedad Argentina de Terapia Intensiva (SATI). Soporte Nutricional y Metabolismo en Cuidados Críticos. Ciudad Autónoma de Buenos Aires: Médica Panamericana; 2021.
  25. Berger MM, Reintam-Blaser A, Calder PC, Casaer M, Hiesmayr MJ, Mayer K, et al. Monitoring nutrition in the ICU. *Clin Nutr.* 2019;38(2):584-593. doi: 10.1016/j.clnu.2018.07.009
  26. Razzera EL, Marcadenti A, Rovedder SW, Alves FD, Fink JDS, Silva FM. Parameters of Bioelectrical Impedance Are Good Predictors of Nutrition Risk, Length of Stay, and Mortality in Critically Ill Patients: A Prospective Cohort Study. *JPEN J Parenter Enteral Nutr.* 2020;44(5):849-854. doi: 10.1002/jpen
  27. da Silva Passos LB, Macedo TAA, De-Souza DA. Nutritional state assessed by ultrasonography, but not by bioelectric impedance, predicts 28-day mortality in critically ill patients. Prospective cohort study. *Clin Nutr.* 2021;40(12):5742-5750. doi: 10.1016/j.clnu.2021.10.015
  28. Jansen AK, Gattermann T, da Silva Fink J, Saldanha MF, Dias Nascimento Rocha C, de Souza Moreira TH, et al. Low standardized phase angle predicts prolonged hospitalization in critically ill patients. *Clin Nutr ESPEN.* 2019;34:68-72. doi: 10.1016/j.clnesp.2019.08.011
  29. Thibault R, Makhlof AM, Mulliez A, Cristina Gonzalez M, Kekstas G, Kozjek NR, et al. Fat-free mass at admission predicts 28-day mortality in intensive care unit patients: the international prospective observational study Phase Angle Project. *Intensive Care Med.* 2016;42(9):1445-53. doi: 10.1007/s00134-016-4468-3
  30. Osuna-Padilla IA, Rodríguez-Moguel NC, Rodríguez-Llamazares S, Aguilar-Vargas A, Casas-Aparicio GA, Ríos-Ayala MA, et al. Low phase angle is associated with 60-day mortality in critically ill patients with COVID-19. *JPEN J Parenter Enteral Nutr.* 2022;46(4):828-835. doi: 10.1002/jpen.2236
  31. Kuchnia A, Earthman C, Teigen L, Cole A, Mourtzakis M, Paris M, et al. Evaluation of Bioelectrical Impedance Analysis in Critically Ill Patients: Results of a Multicenter Prospective Study. *JPEN J Parenter Enteral Nutr.* 2017;41(7):1131-1138. doi: 10.1177/0148607116651063
  32. Looijaard WGPM, Stapel SN, Dekker IM, Rusticus H, Rimmelzwaal S, Girbes ARJ, et al. Identifying critically ill patients with low muscle mass: Agreement between bioelectrical impedance analysis and computed tomography. *Clin Nutr.* 2020;39(6):1809-1817. doi: 10.1016/j.clnu.2019.07.020
  33. Norman K, Stobäus N, Pirlich M, Bosy-Westphal A. Bioelectrical phase angle and impedance vector analysis--clinical relevance and applicability of impedance parameters. *Clin Nutr.* 2012;31(6):854-61. doi: 10.1016/j.clnu.2012.05.008
  34. Baldwin CE, Fetterplace K, Beach L, Kayambu G, Paratz J, Earthman C, et al. Early Detection of Muscle Weakness and Functional Limitations in the Critically Ill: A Retrospective Evaluation of Bioimpedance Spectroscopy. *JPEN J Parenter Enteral Nutr.* 2020;44(5):837-848. doi: 10.1002/jpen.1719
  35. da Silva TK, Berbigier MC, Rubin Bde A, Moraes RB, Corrêa Souza G, Schweigert Perry ID. Phase angle as a prognostic marker in patients with critical illness. *Nutr Clin Pract.* 2015;30(2):261-5. doi: 10.1177/0884533615572150
  36. Ko SJ, Cho J, Choi SM, Park YS, Lee CH, Lee SM, et al. Phase Angle and Frailty Are Important Prognostic Factors in Critically Ill Medical Patients: A Prospective Cohort Study. *J Nutr Health Aging.* 2021;25(2):218-223. doi: 10.1007/s12603-020-1487-0
  37. Stapel SN, Looijaard WGPM, Dekker IM, Girbes ARJ, Weijs PJM, Oudemans-van Straaten HM. Bioelectrical impedance analysis-derived phase angle at admission as a predictor of 90-day mortality in intensive care patients. *Eur J Clin Nutr.* 2018;72(7):1019-1025. doi: 10.1038/s41430-018-0167-1
  38. Garlini LM, Alves FD, Ceretta LB, Perry IS, Souza GC, Clausell NO. Phase angle and mortality: a systematic review. *Eur J Clin Nutr.* 2019;73(4):495-508. doi: 10.1038/s41430-018-0159-1
  39. do Amaral Paes TC, de Oliveira KCC, de Carvalho Padilha P, Peres WAF. Phase angle assessment in critically ill cancer patients: Relationship with the nutritional status, prognostic factors and death. *J Crit Care.* 2018;44:430-435. doi: 10.1016/j.jcrrc.2018.01.006
  40. Moonen HP, Bos AE, Hermans AJ, Stikkelman E, van Zanten FJ, van Zanten AR. Bioelectric impedance body composition and phase angle in relation to 90-day adverse outcome in hospitalized COVID-19 ward and ICU patients: The prospective

- BIAC-19 study. Clin Nutr ESPEN. 2021;46:185-192. doi: 10.1016/j.clnesp.2021.10.010
41. Lukaski HC, Kyle UG, Kondrup J. Assessment of adult malnutrition and prognosis with bioelectrical impedance analysis: phase angle and impedance ratio. Curr Opin Clin Nutr Metab Care. 2017;20(5):330-339. doi: 10.1097/MCO.0000000000000387
42. Looijaard WGPM, Molinger J, Weijs PJM. Measuring and monitoring lean body mass in critical illness. Curr Opin Crit Care. 2018;24(4):241-247. doi: 10.1097/MCC.0000000000000511
43. Price KL, Earthman CP. Update on body composition tools in clinical settings: computed tomography, ultrasound, and bioimpedance applications for assessment and monitoring. Eur J Clin Nutr. 2019;73(2):187-193. doi: 10.1038/s41430-018-0360-2