

[r e v i s i ó n]

Implicaciones del análisis de bioimpedancia y del ángulo de fase en la valoración nutricional del paciente con demencia

Implications of bioimpedance analysis and phase angle in the nutritional assessment of patients with dementia

Paz Redondo-del-Río y Beatriz de Mateo Silleras

Área de Nutrición y Bromatología, Facultad de Medicina, Universidad de Valladolid, Valladolid. España

Cómo citar este trabajo

- Redondo-del Río-P, De Mateo Silleras B. Implicaciones del análisis de bioimpedancia y del ángulo de fase en la valoración nutricional del paciente con demencia. Nutr Clin Med 2024;18(2):101-112

Palabras clave

Demencia, análisis de impedancia bioeléctrica (BIA), ángulo de fase, estado nutricional, envejecimiento.

>>RESUMEN

La demencia, enfermedad de prevalencia creciente en el colectivo geriátrico, se considera como uno de los principales problemas de salud pública a nivel mundial. Se sabe que la edad es el principal factor de riesgo de deterioro cognitivo, pero la demencia no es una consecuencia natural del envejecimiento, sino que hay múltiples factores que influyen en su aparición y desarrollo. También se sabe que existe una relación recíproca entre el deterioro funcional y cognitivo y el estado nutricional, por lo que en los pacientes geriátricos con demencia es muy importante realizar una valoración y un seguimiento del estado nutricional en el contexto de la valoración geriátrica integral. En esta situación, conside-

rando la importancia que tiene el mantenimiento de la movilidad y de la independencia funcional, parece necesario incluir en la valoración del estado nutricional geriátrica el análisis de la composición corporal. Para ello se puede utilizar el análisis de impedancia bioeléctrica (BIA), que es una técnica sencilla, rápida, inocua, reproducible y coste-eficiente y, en consecuencia, fácil de aplicar en las personas mayores.

El BIA es un método indirecto de evaluación de la composición corporal en el que se mide la oposición de los tejidos al paso de una corriente eléctrica alterna de una determinada frecuencia y muy baja intensidad. Existen diferentes tipos de BIA en función de la frecuencia de la corriente (BIA monofrecuencia, multifrecuencia, espectroscópico), de la parte del cuerpo analizada (BIA de cuerpo entero, segmental, localizada) y del modo de interpretación de los resultados (BIA convencional, vectorial [BIVA], BIVA específico). Por otra parte, en los últimos años ha cobrado creciente interés un parámetro

Correspondencia

Paz Redondo-del-Río
Email: paz.redondo@uva.es

Obra bajo Licencia Creative Commons Reconocimiento-
NoComercial-CompartirIgual 4.0 Internacional.

Más información:

<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/>



eléctrico, el ángulo de fase (relación entre los componentes de la impedancia, resistencia y reactancia), porque su interpretación no depende de modelos predictivos, y se considera como un indicador de integridad celular, función celular y masa celular activa.

En pacientes geriátricos con demencia la aplicación del BIA convencional permite estimar la masa libre de grasa, la masa grasa y la masa muscular, por lo que puede ser útil para el diagnóstico de desnutrición y sarcopenia. En aquellos sujetos en los que se incumplan los supuestos del BIA convencional, el BIVA permite la evaluación del estado nutricional y de hidratación; la modalidad específica del BIVA, más precisa para evaluar el compartimento grasa y la relación entre compartimentos hídricos, permite la discriminación de sujetos con desnutrición, obesidad, sarcopenia y obesidad sarcopénica.

El ángulo de fase puede ser un indicador muy útil para monitorizar el estado nutricional en pacientes geriátricos con demencia, lo que permitiría un abordaje temprano de las alteraciones nutricionales y la consecuente reducción del deterioro funcional y la morbimortalidad, lo que contribuiría a mejorar la calidad de vida de los mayores.

Nutr Clin Med 2024; 18 (2): 101-112

DOI: 10.7400/NCM.2024.18.2.5135

Key words

Dementia, bioelectrical impedance analysis (BIA), phase angle, nutritional assessment, aging.

<<ABSTRACT

Dementia, a condition with rising prevalence among the elderly population, is regarded as a significant global public health concern. It is well known that age is the main risk factor for cognitive decline; however, dementia is not a natural consequence of aging, as there are multiple factors that influence its onset and development. It is also well established that there is a reciprocal relationship between functional and cognitive decline and nutritional status. Therefore, in geriatric patients with dementia, it is essential to assess and monitor nutritional status within the context

of a comprehensive geriatric assessment. In this situation, given the importance of preserving mobility and functional independence, incorporating body composition analysis into the nutritional assessment of geriatric patients appears to be essential. Bioelectrical impedance analysis (BIA) can be used for this purpose, as it is a simple, quick, non-invasive, reproducible, and cost-effective technique, making it easy to apply in older adults.

BIA is an indirect technique for assessing body composition by measuring the resistance of tissues to the flow of an alternating electrical current at a specific frequency and very low intensity. There are different types of BIA depending on the current frequency (single-frequency BIA, multi-frequency BIA, spectroscopic BIA), the part of the body analyzed (whole-body BIA, segmental BIA, localized BIA), and the method of interpreting the results (conventional BIA, vectorial BIA [BIVA], specific BIVA). Additionally, in recent years, increasing interest has been given to an electrical parameter, the phase angle (the ratio between the components of impedance, resistance, and reactance), because its interpretation does not depend on predictive models and is considered an indicator of cellular integrity, function, and active cellular mass.

In geriatric patients with dementia using conventional BIA enables the estimation of fat-free mass, fat mass, and muscle mass, making it valuable for diagnosing malnutrition and sarcopenia. For individuals where the conventional BIA assumptions are not applicable, BIVA can assess nutritional and hydration status. The specific BIVA approach, which offers greater accuracy in evaluating fat compartments and the distribution of water compartments, helps distinguish individuals with malnutrition, obesity, sarcopenia, and sarcopenic obesity.

The phase angle may be a very useful indicator for monitoring nutritional status in geriatric patients with dementia, enabling early intervention in nutritional imbalances and consequently reducing functional decline and morbidity and mortality, which could contribute to improving the quality of life in older adults.

Nutr Clin Med 2024; 18 (2): 101-112

DOI: 10.7400/NCM.2024.18.2.5135

>>EL PACIENTE CON DEMENCIA

En la actualidad la demencia está considerada como uno de los principales problemas de salud pública a nivel mundial por su elevada prevalen-

cia, la alta carga de la enfermedad y las consecuencias sociales y económicas para el entorno¹. Según datos de la Organización Mundial de la Salud, si las tasas de prevalencia no cambian, se estima que en 2050 habrá unos 139 millones de personas

afectadas². Es obvio que la demencia produce una pérdida de años de vida saludable o, lo que es lo mismo, un aumento de los años vividos con discapacidad, lo que deteriora severamente la calidad de vida de las personas mayores. Sin embargo, hay que destacar que la demencia no es una consecuencia natural del envejecimiento.

Diversos estudios han evidenciado la influencia de distintos factores sobre la aparición y el desarrollo de la demencia. Entre estos destacan los factores de riesgo asociados al estilo de vida (inactividad física, consumo de tabaco, alimentación poco saludable y/o abuso de alcohol)³, la presencia de otras enfermedades crónicas no transmisibles, principalmente enfermedades metabólicas (hipertensión, diabetes, hipercolesterolemia, obesidad)⁴, el aislamiento social y la inactividad cognitiva⁵.

Con independencia del resto de factores de riesgo, en las últimas décadas diversos investigadores han puesto de manifiesto que abordar la prevención y la mejora en el tratamiento de las enfermedades metabólicas y cardiovasculares podría ser uno de los puntos clave para establecer las tendencias futuras en la prevalencia de la demencia^{2,6,7}.

Hay que tener presente que la demencia, *per se*, es un factor de riesgo de malnutrición en los pacientes geriátricos, ya que, junto con los factores propios del envejecimiento y los derivados de la pluripatología característica de estos pacientes, en los mayores con demencia pueden aparecer otros problemas que condicionen que estas personas se olviden de comer y/o que pierdan el apetito y/o las habilidades para comer; además, las alteraciones conductuales, la agitación y la hiperactividad pueden dificultar la ingesta y aumentar los requerimientos de energía⁸. En el paciente geriátrico con demencia la presencia de desnutrición y la pérdida de peso derivada implican una pérdida de masa muscular, lo que favorece el deterioro funcional y la fragilidad, creando un círculo vicioso que favorece una mayor morbimortalidad^{9,10}.

Los pacientes con demencia también pueden presentar un elevado riesgo de otros problemas nutricionales, como sarcopenia y obesidad. En estudios realizados por nuestro grupo en pacientes institucionalizados con demencia, se encontró que coexistían valores de índice de

masa corporal normales y/o disminuidos con porcentajes elevados de masa grasa y una masa libre de grasa considerablemente deplecionada¹¹. En línea con estos hallazgos, recientes trabajos muestran que más de la mitad de los pacientes con demencia moderada presentan baja fuerza y masa muscular, y que muchos de los pacientes sarcopénicos con demencia son, además, obesos; es decir, un alto porcentaje de los pacientes con obesidad sarcopénica tiene demencia¹².

Teniendo en cuenta lo anteriormente expuesto, y considerando que la relación entre el estado nutricional y el deterioro funcional y cognitivo es recíproca, se destaca la importancia de realizar una valoración del estado nutricional en el contexto de la valoración geriátrica integral en las personas mayores institucionalizadas. El objetivo es identificar precozmente las alteraciones nutricionales y adaptar e individualizar las intervenciones para poder prevenir, en la medida de lo posible, el deterioro de la función cognitiva; y en el caso de los pacientes geriátricos con demencia, además, puede ser de utilidad para predecir la progresión de la enfermedad^{13,14}.

Resulta evidente que el análisis de la composición corporal ocupa un lugar importante en la valoración del estado nutricional geriátrico. Por una parte, hay que tener en cuenta los cambios en los compartimentos corporales derivados del propio proceso de envejecimiento (aumento de la masa grasa en detrimento de la masa libre de grasa); y, por otra parte, los causados por las alteraciones nutricionales y/o por las enfermedades y síndromes geriátricos que pueden afectar a este colectivo (disminución de la masa muscular esquelética, aumento de la adiposidad, especialmente a nivel central, disminución de la masa ósea, etc.). En la práctica clínica la valoración del estado nutricional geriátrico requiere de una metodología sencilla y accesible; en lo que a composición corporal y a valoración nutricional se refiere, disponer de técnicas sencillas, rápidas, inocuas y coste-eficientes, como es el análisis de impedancia bioeléctrica (BIA), puede ofrecer un amplio abanico de posibilidades en el colectivo geriátrico.

>> ANÁLISIS DE IMPEDANCIA BIOELÉCTRICA

El BIA es un método indirecto de evaluación de la composición corporal en el que se

mide la oposición de los tejidos al paso de una corriente eléctrica alterna de una determinada frecuencia y muy baja intensidad; es decir, la impedancia (Z). En el cuerpo humano la impedancia depende de la conductividad de los tejidos: los que son ricos en agua y electrolitos, como el músculo, son buenos conductores de la corriente eléctrica, mientras que los tejidos graso y óseo y los espacios aéreos son malos conductores (mayor resistencia al paso de la corriente)^{15,16}. La impedancia se puede descomponer en dos componentes: la resistencia (R) al flujo de la corriente a través de las soluciones electrolíticas intra- y extracelulares y la reactancia (X_c), que refleja el retraso que se produce en el flujo de la corriente al atravesar las membranas celulares. La relación entre ambas se llama ángulo de fase (PhA), y se calcula como el arco tangente de X_c/R .

Para la evaluación de la composición corporal el BIA se basa en la Ley de Ohm (la resistencia de un conductor de material homogéneo y área de sección transversal uniforme es proporcional a su longitud e inversamente proporcional a su área transversal), y asume que el cuerpo humano es ese conductor cilíndrico homogéneo. A partir de los datos eléctricos obtenidos en el BIA (R y X_c) se pueden estimar volúmenes y compartimentos corporales. El agua corporal total es el máximo componente de la masa libre de grasa

(MLG), y es el compartimento que mejor conduce la corriente eléctrica en el organismo. Para estimar los diferentes compartimentos corporales (generalmente agua corporal total, MLG, masa muscular) se emplean ecuaciones predictivas o modelos multivariantes de regresión obtenidos al comparar los resultados del BIA en una población determinada con los resultados medidos con una técnica de referencia en la misma población^{15,17}; y se asume que la hidratación de la MLG es constante.

Existen diferentes tipos de BIA (figura 1), atendiendo a distintos criterios. En función de la frecuencia de corriente utilizada se distinguen:

- BIA monofrecuencia: se emplea una corriente alterna de 50 KHz y baja intensidad (fija).
- BIA multifrecuencia: se inyecta corriente a varias frecuencias fijas (multifrecuencia); o corriente de un espectro múltiple de frecuencias, entre 1 y 1000 kHz (BIA espectroscópico o BIS).

Según la disposición de los electrodos y la parte del cuerpo analizada, existen:

- BIA de cuerpo entero: es el más utilizado (para BIA monofrecuencia, bioimpedancia vectorial [BIVA], BIA multifrecuencia y BIS). Lo

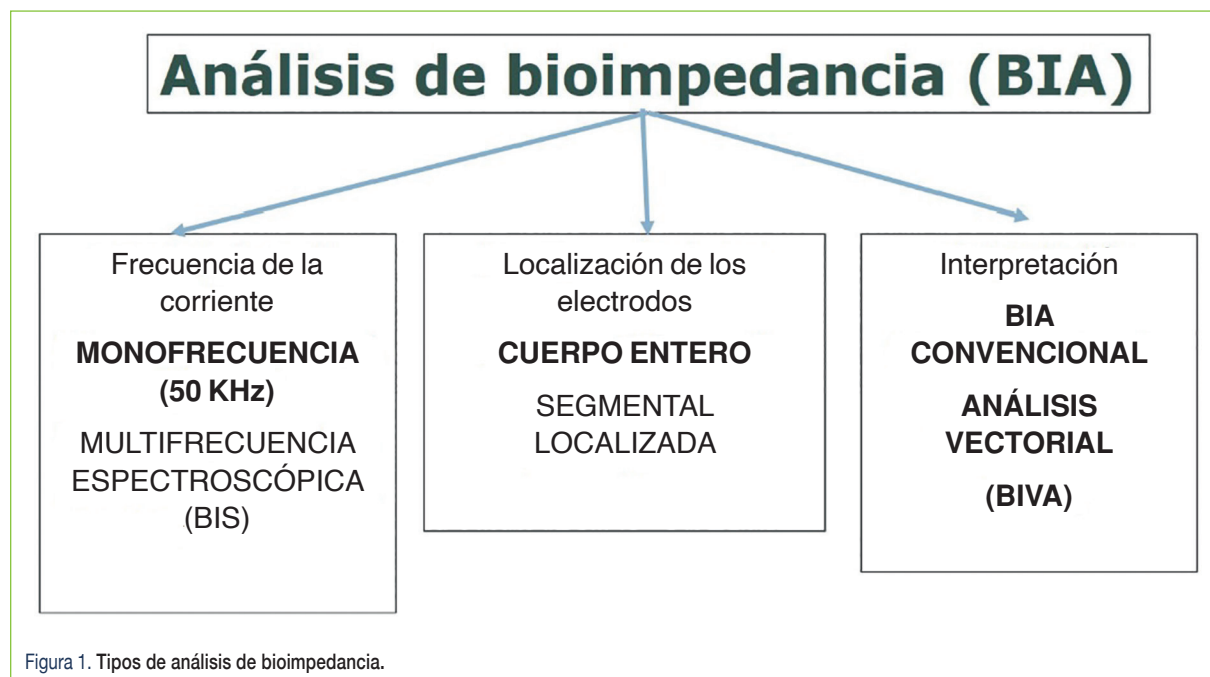


Figura 1. Tipos de análisis de bioimpedancia.

más habitual es emplear una configuración tetrapolar de electrodos, colocando dos electrodos inyectores (por los que se introduce la corriente), uno en la mano (en la línea metacarpofalángica) y otro en el pie (en la línea metatarsfalángica) del hemicuerpo derecho; y dos electrodos detectores (los que recogen el voltaje), colocados a 5 cm de los electrodos señal, en la muñeca (en la línea media entre los procesos estiloides) y en el tobillo (en la línea media entre los maléolos), siguiendo el protocolo de Lukaski¹⁷.

- BIA segmental: este método se basa en la diferente contribución de los distintos segmentos corporales a la impedancia total. Sin embargo, no hay consenso sobre la disposición de los electrodos¹⁸.
- BIA localizada: esta modalidad evalúa segmentos corporales definidos (piernas, muslos, brazos, antebrazos, abdomen, etc.)^{19,20}. Este método se ha empleado para determinar la masa grasa (MG) abdominal²¹ y para evaluar la recuperación neuromuscular²².

El BIA más habitualmente empleado es el monofrecuencia, a 50 kHz, de cuerpo entero, con una configuración de electrodos tetrapolar mano-pie, según el protocolo de Lukaski¹⁷, como se ha explicado anteriormente. Los resultados de este análisis se pueden interpretar de diferentes maneras:

- BIA convencional: esta modalidad es la que emplea modelos predictivos para estimar cuantitativamente el agua corporal total, la MLG (e indirectamente, la MG), la masa muscular esquelética (MME), la masa muscular esquelética apendicular (MMEA), etc. Como ya se ha comentado, esta modalidad asume que el cuerpo humano es un cilindro homogéneo, condición que se incumple en casos de anomalías en la geometría corporal (miembros amputados, etc.)¹⁵, y que la hidratación de la MLG es constante (73,2 %), lo que no se cumple en patologías que cursan con alteraciones hídricas; además, la hidratación de la MLG también varía con la edad^{15,23}.

Estos dos supuestos hacen que para estimar la composición corporal a partir de BIA sea imprescindible aplicar modelos predictivos

desarrollados en poblaciones similares a la que se esté valorando (del mismo género, etnia, edad, situación fisiológica y patológica)^{18,24}, y que se aplique estrictamente el mismo protocolo de medida en las mismas condiciones^{25,26}. La mayoría de las ecuaciones publicadas se han obtenido a partir de poblaciones sanas, de diferentes etnias y edades, con valores de índice de masa corporal de entre 16 y 34 kg/m²^{15,18}.

- BIA vectorial (BIVA): esta modalidad no emplea modelos predictivos, por lo que se considera un método de análisis semicuantitativo que permite evaluar el estado de hidratación y la masa celular corporal. Para ello se dibujan los dos componentes del vector impedancia de un sujeto normalizados por la talla (R/H y Xc/H) en un gráfico R/H-Xc/H de la población de referencia (edad, etnia y sexo específica). Este BIVA-Graph está formado por tres elipses concéntricas que corresponden al 50 %, 75 % y 95 % de la distribución normal de los valores de la población de referencia, y se llaman elipses de tolerancia (figura 2). Se considera que, si los vectores se sitúan fuera de la elipse del 75 %, la impedancia no es normal¹⁶. La longitud del vector refleja el estado de hidratación, puesto que indica cambios en la R, que es la que se relaciona inversamente con el agua corporal; así, los desplazamientos del vector a lo largo del eje mayor de las elipses indican cambios en el estado de hidratación: un acortamiento indica sobrehidratación y

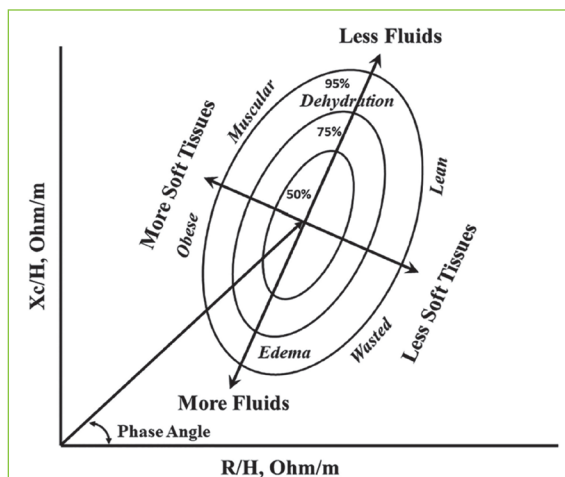


Figura 2. Representación gráfica del vector de impedancia Z mediante gráfico R/H-Xc/H e interpretación del estado de hidratación y masa celular. H: altura (m); R: resistencia (Ohm); Xc: reactancia (Ohm). Tomada de ²⁸.

un alargamiento sugiere deshidratación. Por otra parte, la dirección del vector (cambios en la X_c y en el PhA) indica la cantidad de masa celular corporal, ya que la X_c se asocia directamente con esta; desplazamientos del vector a lo largo del eje menor indican cambios en la masa celular corporal: un PhA pequeño indica malnutrición, caquexia o anorexia, mientras que se observa un PhA grande en sujetos obesos y atléticos^{16,27,28} (figura 2). Puesto que, a diferencia del BIA, el BIVA no asume ningún supuesto, no está sujeto a las fuentes de error de otras modalidades de BIA (convencional, multifrecuencia o BIS). Pero es fundamental utilizar elipses de tolerancia construidas a partir de poblaciones similares²⁹⁻³².

Otra modalidad de BIVA menos empleada, pero también prometedora, es el BIVA específico (BIVAsp)³³. En este caso, las variables eléctricas de un individuo, R y X_c , se ajustan por la talla y la sección o volumen, transformándose en resistividad (R_{sp}) y reactividad (X_{csp}) o resistencia y reactancia específicas, respectivamente. Para calcular los valores corporales totales de R_{sp} y X_{csp} se asume que los brazos aportan el 45 % del total de R_{sp} y X_{csp} ; las piernas, el 45 %; y el tronco, el 10 % restante. El BIVAsp se interpreta de la misma manera que el BIVA, empleando un BIVAsp-Graph. Este ajuste permite una evaluación más precisa de la MG y de la relación entre el agua extracelular y el agua intracelular³⁴.

- Ángulo de fase (PhA): como ya se ha comentado, refleja la relación entre la R y la X_c , se calcula como el arco tangente de X_c/R , y se expresa en grados. El PhA es un indicador de integridad celular, función celular y masa celular activa³⁵. La interpretación de esta variable eléctrica tampoco depende de modelos predictivos, por lo que es muy útil en la valoración de sujetos que no cumplen los supuestos del BIA. Es importante tener en cuenta que el PhA, en situaciones de salud, depende de la edad (se reduce en los sujetos mayores), el sexo (es menor en mujeres), la etnia (menor en asiáticos, mayor en hispanos) y la MLG y masa muscular (son directamente proporcionales)^{36,37}. Por eso es fundamental comparar los valores de los pacientes con los de poblaciones de referencia específicas³⁸.

Se ha documentado la utilidad del PhA como indicador del estado nutricional y funcional^{35,39}, como indicador de inflamación y daño oxidativo⁴⁰, como factor predictivo de mortalidad y riesgo de complicaciones en distintas patologías^{18,41-43}, como factor pronóstico en distintos tipos de cáncer⁴⁴ y como indicador de supervivencia⁴⁵.

El análisis de bioimpedancia, por tanto, es un método sencillo, rápido, seguro, no invasivo, reproducible, portátil y coste-eficiente¹⁸.

>> APLICACIÓN DEL ANÁLISIS DE BIOIMPEDANCIA ELÉCTRICA EN PACIENTES CON DEMENCIA

Los pacientes con demencia, como se ha explicado anteriormente, son generalmente sujetos de edad avanzada y elevado riesgo de desnutrición, entre otras comorbilidades. Por eso el análisis de bioimpedancia puede emplearse de diferentes maneras y con distintos objetivos dentro de la valoración geriátrica integral de este colectivo.

Análisis de bioimpedancia eléctrica convencional

A pesar de las limitaciones del análisis convencional de bioimpedancia antes comentadas y de la pérdida de validez de las ecuaciones predictivas en situaciones de desequilibrio hídrico, frecuentes en la población de edad avanzada, el cálculo de algunos compartimentos corporales mediante esta técnica a partir de modelos de estimación sigue siendo una de las aplicaciones más habituales del BIA. De hecho, muchas de estas variables se incluyen en las guías internacionales para establecer el diagnóstico de desnutrición o sarcopenia.

El Grupo de Trabajo Europeo sobre Sarcopenia en Personas Mayores (European Working Group of Sarcopenia in Older People, EWGSOP)⁴⁶ establece el cálculo de la masa muscular para confirmar el diagnóstico de sarcopenia. Para ello, se debe calcular la MME o la MMEA y emplear los puntos de corte específicos para estas medidas normalizadas por la talla (H): índice de MME (MME/H^2) e índice de MMEA ($MMEA/H^2$). Y, puesto que las técnicas de referencia para determinar estos compartimentos (resonancia magnética de imagen y tomografía computarizada) son

complejas y caras, y no se emplean en la práctica clínica habitual, el EWGSOP recomienda utilizar como técnicas la absorciometría dual de rayos X o el BIA. Si se utiliza BIA, se debe estimar la MMEA empleando fórmulas específicas para cada población; en el caso de la población mayor europea, la fórmula de Sergi⁴⁷.

Por otra parte, el grupo de trabajo para el diagnóstico de desnutrición de la Sociedad Europea de Nutrición Clínica y Metabolismo (ESPEN) establece en su consenso⁴⁸ distintas posibilidades para el diagnóstico de desnutrición. Una de ellas es la combinación de una pérdida involuntaria de peso mayor del 10 % en un tiempo indefinido, o mayor del 5 % en los últimos 3 meses, junto con un índice de MLG menor de 15 kg/m² en mujeres o de 17 kg/m² en varones. La MLG, según este consenso, puede determinarse por BIA, absorciometría dual de rayos X, tomografía computarizada, ultrasonidos o resonancia magnética de imagen. Es habitual estimar la MLG por BIA empleando fórmulas obtenidas en poblaciones similares a la del estudio. En población caucásica europea suele utilizarse la fórmula de Kyle⁴⁹.

Más recientemente, la Iniciativa de Liderazgo Mundial sobre la Malnutrición (Global Leadership Initiative on Malnutrition, GLIM)⁵⁰ estableció unos nuevos criterios para el diagnóstico de desnutrición en adultos en entornos clínicos a nivel mundial, los llamados criterios GLIM. Para el diagnóstico de desnutrición un paciente debe tener al menos un criterio etiológico (reducción de la ingesta o asimilación de alimentos e inflamación o carga de enfermedad) y un criterio fenotípico (pérdida involuntaria de peso, índice de masa corporal reducido y masa muscular disminuida). Para estimar la masa muscular el grupo recomienda emplear técnicas como absorciometría dual de rayos X, BIA, ultrasonidos, tomografía computarizada o resonancia magnética de imagen, y medir la MMEA o la MLG, con las mismas indicaciones del EWGSOP en cuanto a los puntos de corte de los índices de MMEA y MLG y modelos predictivos para su estimación.

Aunque se sabe que los pacientes mayores con deterioro cognitivo tienen un elevado riesgo de desnutrición, se han descrito valores de prevalencia de ambas condiciones muy dispares⁵¹⁻⁵³. Esto se debe, en parte, a los criterios diagnósticos empleados por los distintos autores. Pero

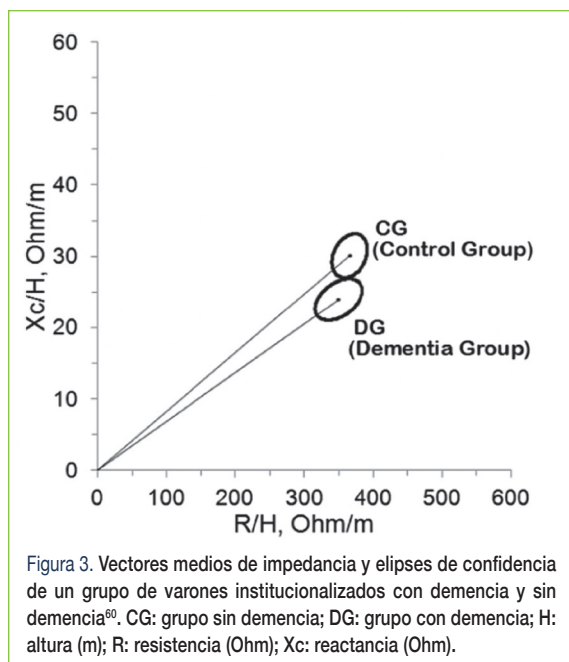
también a las diferencias en los sujetos estudiados: etnia; comorbilidad; pacientes hospitalizados, institucionalizados o sujetos que viven en la comunidad; estado funcional; deterioro cognitivo; situación de movilidad y dependencia; etc.

Un reciente estudio publicado por nuestro grupo⁵⁴ analizó la capacidad diagnóstica de los criterios GLIM (utilizando distintos indicadores para evaluar la pérdida de masa muscular) y de los criterios ESPEN para el diagnóstico de desnutrición en una muestra de pacientes psicogerítricos institucionalizados (52,2 % con demencia). En estos sujetos con elevada comorbilidad, discapacidad y fragilidad, los criterios que incluían el índice de MLG calculado por BIA para evaluar la pérdida de masa muscular fueron los más adecuados, ya que permitieron diferenciar de forma significativa a los sujetos desnutridos de los no desnutridos, tanto en el índice de masa corporal como en la composición corporal (MLG, MG y MMEA). Además, fueron los únicos criterios de todos los evaluados que permitieron discriminar a los sujetos desnutridos y no desnutridos en función del PhA.

Análisis vectorial de bioimpedancia

Durante el envejecimiento se producen importantes alteraciones en la composición corporal, como una reducción en la masa muscular y un aumento de la masa grasa, lo que puede aumentar el riesgo de sarcopenia, discapacidad y dependencia, por un lado; y de obesidad y enfermedades crónicas no transmisibles, por otro. Por eso es fundamental evaluar de forma temprana las alteraciones en la composición corporal en los adultos mayores. Sin embargo, en esta población no siempre se cumplen los supuestos que asume el análisis de bioimpedancia convencional.

Se ha demostrado que la modalidad vectorial de bioimpedancia permite evaluar los tejidos blandos, el estado de hidratación y la integridad celular en sujetos de edad avanzada^{23,55}. Así, el BIVA es capaz de detectar una pérdida de masa muscular y desequilibrio hídrico en sujetos mayores sanos con peso normal e incluso con sobrepeso⁵⁶. Y también refleja estos cambios en pacientes con distintos grados y tipos de demencia, desde sus estadios más tempranos, mostrando diferencias entre el deterioro cognitivo leve y la enfermedad de Alzheimer⁵⁷⁻⁵⁹. Distintos estudios han documentado que, en personas mayores, sanas y con



distintos grados de demencia, el BIVA incluso permite detectar pequeños cambios en la composición corporal y en el estado de hidratación que no son evidenciados por BIA convencional⁵⁹⁻⁶² (figura 3).

Por otra parte, también se ha documentado una asociación entre los vectores de impedancia y la fuerza prensil manual en adultos (independientemente del sexo y la edad)⁶³, por lo que también es una técnica útil para la evaluación de la función muscular. Algunos estudios han demostrado su capacidad para detectar sarcopenia en sujetos mayores⁶⁴, aunque otros solo lo han evidenciado en mujeres, pero no en varones⁶⁵.

Análisis de bioimpedancia eléctrica vectorial específica

El BIVAsp es una técnica útil para evaluar el estado nutricional en pacientes muy mayores⁶⁶. Además, esta modalidad de BIA ha demostrado mayor precisión que el BIVA clásico en la estimación del porcentaje de MG y de la relación entre el agua extracelular y el agua intracelular³³, incluso en sujetos mayores³⁴. Un reciente estudio demostró la utilidad del BIVAsp para discriminar sujetos con sarcopenia y obesidad sarcopénica⁶⁷.

El BIVA específico también identifica mejor que el BIVA clásico los cambios bioeléctricos asociados

con indicadores psicofuncionales y nutricionales en personas mayores institucionalizadas con demencia⁶⁸, como una menor MLG y mayor porcentaje de MG en pacientes con enfermedad de Alzheimer^{69,70}.

Ángulo de fase

Diversos estudios han evidenciado una asociación entre el PhA y algunos síndromes geriátricos, como desnutrición, sarcopenia y fragilidad.

La desnutrición se caracteriza por una reducción en la masa celular y la pérdida de agua intracelular (con un aumento en el agua extracelular)³⁵. Por eso, en esta situación el PhA disminuye, lo que ha sido documentado en múltiples estudios⁷¹. Y algunos autores han establecido un punto de corte para el PhA como predictor de desnutrición en pacientes mayores: 4,03° en varones y 3,65° en mujeres⁷². Sin embargo, hay que tener en cuenta que la desnutrición es un fenómeno muy complejo en el que pueden coexistir otras situaciones, como la inflamación o procesos catabólicos relacionados con la enfermedad, factores asociados también con el PhA. Por lo que, aunque en la desnutrición el PhA se reduzca, un PhA bajo no puede interpretarse como un indicador exclusivo de desnutrición⁷¹.

Se ha estudiado ampliamente la relación entre el PhA y la sarcopenia, y la variable eléctrica se ha asociado tanto con la masa muscular, como con la calidad muscular⁷³ y la función (especialmente con la fuerza prensil)⁶³. Una revisión sistemática reciente evidenció que el PhA estaba reducido en pacientes con sarcopenia, y que la prevalencia de sarcopenia era mayor en pacientes con un menor PhA⁷⁴. También se han publicado puntos de corte del PhA para detectar sarcopenia, pero tampoco hay acuerdo en su valor: desde 3,55° en mujeres, hasta 5,05° en varones⁷⁴. Pero aún no hay un consenso sobre si el PhA es un indicador de masa muscular reducida, de baja calidad muscular o una combinación de ambos⁶⁷. Igual que ocurriría con la desnutrición, un PhA reducido no puede considerarse como indicador exclusivo de sarcopenia⁷¹.

El PhA también se ha evaluado en pacientes con demencia, y se ha visto que tienen menor PhA, cuando se comparan con sujetos sanos o con la población de referencia, como el grupo de pacientes psicogerítricos institucionalizados estudiados por nuestro grupo^{45,54}; en esta mues-

tra de pacientes también se observaron diferencias estadísticamente significativas en el valor del PhA entre los pacientes desnutridos y no desnutridos. Yamada y su grupo⁷⁵ también han descrito un menor PhA en pacientes con enfermedad de Alzheimer, que, además, se reduce a medida que empeora la función cognitiva (aunque esto último solo se observó en varones).

Por último, el PhA ha demostrado ser un indicador de supervivencia útil en pacientes psicogerítricos de edad avanzada: un valor del PhA por debajo de 4,25° duplica el riesgo de mortalidad, independientemente de la edad, el estado funcional y nutricional y la patología psiquiátrica⁴⁵. En estos sujetos, el riesgo de mortalidad fue mayor en los pacientes con demencia respecto a los esquizofrénicos.

En resumen, aunque el PhA es altamente predictivo de la mortalidad, un PhA bajo no puede interpretarse exclusivamente como un indicador de una condición específica, sino que indica fundamentalmente mayor riesgo⁷¹.

>>REFLESIONES Y CONCLUSIONES

La aplicación del análisis convencional de bioimpedancia puede ser útil para el diagnóstico de

desnutrición y sarcopenia en pacientes psicogerítricos. En aquellos sujetos en los que exista un desequilibrio hídrico o alguna patología que curse, además, con alteración de la masa celular, o en incumplimientos de los supuestos del BIA, la interpretación vectorial del BIA permite la evaluación del estado nutricional y de hidratación de los pacientes. La modalidad específica del BIVA es más precisa en la evaluación del compartimento graso y de la relación entre el agua extracelular e intracelular. Además, esta modalidad permite la discriminación de sujetos con desnutrición, obesidad, sarcopenia y obesidad sarcopénica.

El PhA puede ser un indicador de elevada utilidad para monitorizar el estado nutricional en pacientes mayores con demencia, lo que permitiría, de una manera rápida y sencilla, plantear un abordaje temprano de la desnutrición y, consecuentemente, reducir la morbimortalidad, el deterioro funcional y las hospitalizaciones de estos pacientes, mejorando su calidad de vida. Además, el PhA ha demostrado ser un indicador de supervivencia en estos sujetos, por lo que su determinación desde el ingreso y a lo largo del tiempo puede ayudar a establecer el tratamiento más adecuado para estos pacientes (nutricional, fisioterapia, etc.).

>>BIBLIOGRAFÍA

1. Organización Mundial de la Salud [Internet]. Demencia; 15 de marzo de 2023. Disponible en: <https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/dementia> [consultado 22/07/2024].
2. GBD 2019 Dementia Forecasting Collaborators. Estimation of the global prevalence of dementia in 2019 and forecasted prevalence in 2050: an analysis for the Global Burden of Disease Study 2019. *Lancet Public Health*. 2022;7(2):e105-25.
3. Dominguez LJ, Veronese N, Vernuccio L, Catanese G, Inzerillo F, Salemi G, et al. Nutrition, Physical Activity, and Other Lifestyle Factors in the Prevention of Cognitive Decline and Dementia. *Nutrients*. 2021;13(11):4080.
4. Zhou S, Tu L, Chen W, Yan G, Guo H, Wang X, et al. Alzheimer's disease, a metabolic disorder: Clinical advances and basic model studies (Review). *Exp Ther Med*. 2023;27(2):63.
5. Directrices de la OMS para la reducción de los riesgos de deterioro cognitivo y demencia [Internet]. Washington, D.C.: Organización Panamericana de la Salud; 2020. Disponible en: <https://iris.paho.org/handle/10665.2/52426/07/>
6. Livingston G, Huntley J, Sommerlad A, Ames D, Ballard C, Banerjee S, et al. Dementia prevention, intervention, and care: 2020 report of the Lancet Commission. *Lancet*. 2020;396(10248):413-46. Fe de erratas en: *Lancet*. 2023;402(10408):1132.
7. Kivipelto M, Mangialasche F, Snyder HM, Allegri R, Andrieu S, Arai H, et al. World-Wide FINGERS Network: A global approach to risk reduction and prevention of dementia. *Alzheimers Dement*. 2020;16(7):1078-94.
8. Camina Martín MA, Barrera Ortega S, Domínguez Rodríguez L, Couceiro Muiño C, De Mateo Silleras B, Redondo del Río MP. Presencia de malnutrición y riesgo de malnutrición en ancianos institucionalizados con demencia en función del tipo y estadio evolutivo. *Nutr Hosp*. 2012;27(2):434-40.
9. Martinis I, Vrca A, Bevanda M, Botić-Štefanec S, Bađak J, Kušter D, et al. Nutritional Assessment of Patients with Primary Progressive Dementia at the Time of Diagnosis. *Psychiatr Danub*. 2021;33(Suppl 13):226-35.
10. Volkert D, Chourdakis M, Faxen-Irving G, Frühwald T, Landi F, Suominen MH, et al. ESPEN guidelines on nutrition in dementia. *Clin Nutr*. 2015;34(6):1052-73.

11. Camina Martín MA, De Mateo Silleras B, Carreño Enciso L, De la Cruz Marcos S, Miján de la Torre A, Redondo del Río MP. Cambios en la composición corporal en función del grado de demencia en un grupo de ancianos institucionalizados. *Nutr Hosp*. 2013;28(4):1093-101.
12. Chou HH, Lai TJ, Yen CH, Chang PS, Pan JC, Lin PT. Sarcopenic Obesity Tendency and Nutritional Status Is Related to the Risk of Sarcopenia, Frailty, Depression and Quality of Life in Patients with Dementia. *Int J Environ Res Public Health*. 2022;19(5):2492.
13. Izquierdo Delgado E, Gutiérrez Ríos R, Andrés Calvo M, Repiso Gento I, Castrillo Sanz A, Rodríguez Herrero R, et al. Nutritional status assessment in Alzheimer disease and its influence on disease progression. *Neurologia (Engl Ed)*. 2022;37(9):735-47.
14. Doorduijn AS, De van der Schueren MAE, Van de Rest O, De Leeuw FA, Hendriksen HMA, Teunissen CE, et al. Nutritional Status Is Associated With Clinical Progression in Alzheimer's Disease: The NUDAD Project. *J Am Med Dir Assoc*. 2023;24(5):638-44.e1.
15. Kyle UG, Bosaeus I, De Lorenzo AD, Deurenberg P, Elia M, Gómez JM, et al. The ESPEN Working Group. Bioelectrical impedance analysis, part I: review of principles and methods. *Clin Nutr*. 2004;23:1226-43.
16. Piccoli A, Nescolarde LD, Rosell J. Análisis convencional y vectorial de impedancia en la práctica clínica. *Nefrologia*. 2002;23:228-36.
17. Lukaski HC. Assessment of body composition using tetrapolar impedance analysis. En: Whitehead RG, Prentice A, editores. *New techniques in nutritional research*. San Diego: Academic Press; 1991; pp. 303-15.
18. Kyle UG, Bosaeus I, De Lorenzo AD, Deurenberg P, Elia M, Gómez JM, et al.; The ESPEN Working Group. Bioelectrical impedance analysis, part II: utilization in clinical practice. *Clin Nutr*. 2004;23:1430-53.
19. Jafarpour M, Li J, White JK, Rutkove SB. Optimizing electrode configuration for electrical impedance measurements of muscle via the finite element method. *IEEE Trans Biomed Eng*. 2013;60(5):1446-52.
20. Nescolarde L, Yanguas J, Lukaski H, Alomar X, Rosell-Ferrer J, Rodas G. Localized bioimpedance to assess muscle injury. *Physiol Meas*. 2013;34(2):237-45.
21. Scharfetter H, Schlager T, Stollberger R, Felsberger R, Hutten H, Hinghofer-Szalkay H. Assessing abdominal fatness with local bioimpedance analysis: basics and experimental findings. *Int J Obesity Rel Metab Disord*. 2001;25:502-11.
22. Rutkove SB, Aaron R, Shiffman CA. Localized bioimpedance analysis in the evaluation of neuromuscular disease. *Muscle Nerve*. 2000;25:390-7.
23. Norman K, Smoliner C, Valentini L, Lochs K, Pirlich M. Is bioelectrical vector analysis of value in the elderly with malnutrition and impaired functionality? *Nutrition*. 2007;23:564-9.
24. Sergi G, De Rui M, Stubbs B, Veronese N. Measurement of lean body mass using bioelectrical impedance analysis: a consideration of the pros and cons. *Aging Clin Exp Res*. 2017;29:591-7.
25. Lukaski HC, García-Almeida JM. Phase angle in applications of bioimpedance in health and disease. *Rev Endocr Metab Disord*. 2023;24(3):367-70.
26. Bellido D, García-García C, Talluri A, Lukaski HC, García-Almeida JM. Future lines of research on phase angle: Strengths and limitations. *Rev Endocr Metab Disord*. 2023;24(3):563-83.
27. Lukaski HC, Vega Diaz N, Talluri A, Nescolarde L. Classification of hydration in clinical conditions: Indirect and direct approaches using bioimpedance. *Nutrients*. 2019;11(4):809.
28. Lukaski HC, Talluri A. Phase angle as an index of physiological status: validating bioelectrical assessments of hydration and cell mass in health and disease. *Rev Endocr Metab Disord*. 2023;24(3):371-9.
29. Piccoli A, Rossi B, Pillon L, Buccianto G. A new method for monitoring body fluid variation by bioimpedance analysis: the RXc graph. *Kidney Int*. 1994;46:534-9.
30. Piccoli A, Nigrelli S, Caberlotto A, Bottazzo S, Rossi B, Pillon L, et al. Bivariate normal values of the bioelectrical impedance vector in adult and elderly populations. *Am J Clin Nutr*. 1995;61:269-70.
31. Piccoli A, Pillon L, Dumler F. Impedance vector distribution by sex, race, body mass index, and age in the United States: standard reference intervals as bivariate Z scores. *Nutrition*. 2002;18(2):153-67.
32. Campa F, Coratella G, Cerullo G, Stagi S, Paoli S, Marini S, et al. New bioelectrical impedance vector references and phase angle centile curves in 4,367 adults: The need for an urgent update after 30 years. *Clin Nutr*. 2023;42:1749-58.
33. Buffa R, Saragat B, Cabras S, Rinaldi AC, Marini E. Accuracy of specific BIVA for the assessment of body composition in the United States population. *PLoS One*. 2013;8:e58533.
34. Marini E, Sergi G, Succa V, Saragat B, Sarti S, Coin A, et al. Efficacy of specific bioelectrical impedance vector analysis (BIVA) for assessing body composition in the elderly. *J Nutr Health Aging*. 2013;17:515-21.
35. Norman K, Stobäus N, Pirlich M, Bösby-Westphal A. Bioelectrical phase angle and impedance vector analysis. Clinical relevance and applicability of impedance parameters. *Clin Nutr*. 2012;31:854-61.

36. Gonzalez MC, Barbosa-Silva TG, Bielemann RM, Gallagher D, Heymsfield SB. Phase angle and its determinants in healthy subjects: Influence of body composition. *Am J Clin Nutr.* 2016;103:712-6.
37. Jensen B, Moritoyo T, Kaufer-Horwitz M, Peine S, Norman K, Maisch MJ, et al. Ethnic differences in fat and muscle mass and their implication for interpretation of bioelectrical impedance vector analysis. *Appl Physiol Nutr Metab.* 2019;44(6):619-26.
38. Mattiello R, Amaral MA, Mundstock E, Ziegelmann PK, Barbosa MV, Duncan BB. Reference values for the phase angle of the electrical bioimpedance: Systematic review and meta-analysis involving more than 250,000 subjects. *Clin Nutr.* 2020;39:1411-7.
39. Speranza E, Santarpia L, Marra M, Di Vincenzo O, Naccarato M, De Caprio C, et al. Nutritional screening and anthropometry in patients admitted from the Emergency Department. *Front Nutr.* 2022;9:816167.
40. Da Silva BR, Orsso CE, Gonzalez MC, Sicchieri JMF, Mialich MS, Jordao AA, et al. Phase angle and cellular health: inflammation and oxidative damage. *Rev Endocr Metab Disord.* 2023;24(3):543-62.
41. Vega MM, García Almeida JM, Vegas I, Muñoz-Garach A, Gómez AM, Cornejo I, et al. Revisión sobre los fundamentos teórico-prácticos del ángulo de fase y su valor pronóstico en la práctica clínica. *Nutr Clin Med.* 2017;11(3):129-48.
42. Wilhelm-Leen ER, Hall YN, Horwitz RI, Chertow GM. Phase angle, frailty and mortality in older adults. *J Gen Intern Med.* 2014;29:147-54.
43. Garlini LM, Alves FD, Ceretta LB, Perry IS, Souza GC, Poli de Figueiredo CE. Phase angle and mortality: a systematic review. *Eur J Clin Nutr.* 2019;73:495-508.
44. Amano K, Bruera E, Hui D. Diagnostic and prognostic utility of phase angle in patients with cancer. *Rev Endocr Metab Disord.* 2023;24(3):479-89.
45. Barrera Ortega S, Redondo Del Río P, Carreño Enciso L, De la Cruz Marcos S, Massia MN, De Mateo Silleras B. Phase angle as a prognostic indicator of survival in institutionalized psychogeriatric patients. *Nutrients.* 2023;15(9):2139.
46. Cruz-Jentoft AJ, Bahat G, Bauer J, Boirie Y, Bruyère O, Cederholm T, et al.; Writing Group for the European Working Group on Sarcopenia in Older People 2 (EWGSOP2), and the Extended Group for EWGSOP2. Sarcopenia: revised European consensus on definition and diagnosis. *Age Ageing.* 2019;48(1):16-31.
47. Sergi G, De Rui M, Veronese N, Bolzetta F, Berton L, Carraro S, et al. Assessing appendicular skeletal muscle mass with bioelectrical impedance analysis in free-living Caucasian older adults. *Clin Nutr.* 2015;34(4):667-73.
48. Cederholm T, Bosaeus I, Barazzoni R, Bauer J, Van Gossum A, Klek S, et al. Diagnostic criteria for malnutrition. An ESPEN Consensus Statement. *Clin Nutr.* 2015;34(3):335-40.
49. Kyle UG, Genton L, Slosman DO, Pichard C. Fat-free and fat mass percentiles in 5225 healthy subjects aged 15 to 98 years. *Nutrition.* 2001;17(7-8):534-41.
50. Cederholm T, Jensen GL, Correia MITD, Gonzalez MC, Fukushima R, Higashiguchi T, et al. GLIM Criteria for the diagnosis of malnutrition: A consensus report from the Global Clinical Nutrition Community. *JPEN J Parenter Enteral Nutr.* 2019;43(1):32-40.
51. Cederholm T, Barazzoni R. Validity and feasibility of the global leadership initiative on malnutrition diagnostic concept in older people: a literature review from August 2021 to August 2022. *Curr Opin Clin Nutr Metab Care.* 2023;26(1):23-31.
52. Huo Z, Chong F, Yin L, Lu Z, Liu J, Xu H. Accuracy of the GLIM criteria for diagnosing malnutrition: A systematic review and meta-analysis. *Clin Nutr.* 2022;41(6):1208-17.
53. Wolters M, Volkert D, Streicher M, Kiesswetter E, Torbahn G, O'Connor EM, et al.; MaNuEL consortium. Prevalence of malnutrition using harmonized definitions in older adults from different settings. A MaNuEL study. *Clin Nutr.* 2019;38(5):2389-98.
54. De Mateo Silleras B, Barrera Ortega S, Carreño Enciso L, De la Cruz Marcos S, Redondo Del Río P. Prevalence of malnutrition in a group of institutionalized psychogeriatric patients using different diagnostic criteria. *Nutrients.* 2024;16(8):1116.
55. Guida B, Laccetti R, Gerardi C, Trio R, Perrino NR, Strazzullo P, et al. Bioelectrical impedance analysis and age-related differences of body composition in the elderly. *Nutr Metab Cardiovasc Dis.* 2007;17(3):175-80.
56. Goes AC, Santos MA, Oliveira RS, Oliveira JS, Roriz AKC, De Oliveira CC. The use of bioelectrical impedance vector analysis for a nutritional evaluation of older adults in the community. *Exp Gerontol.* 2021;147:111276.
57. Cova I, Pomati S, Maggiore L, Forcella M, Cucumo V, Ghiretti R, et al. Nutritional status and body composition by bioelectrical impedance vector analysis: A cross sectional study in mild cognitive impairment and Alzheimer's disease. *PLoS One.* 2017;12(2):e0171331.
58. Saragat B, Buffa R, Mereu E, Succa V, Cabras S, Mereu RM, et al. Nutritional and psycho-functional status in elderly patients with Alzheimer's disease. *J Nutr Health Aging.* 2012;16(3):231-6.
59. Buffa R, Mereu RM, Putzu PF, Floris G, Marini E. Bioelectrical impedance vector analysis detects low body cell mass and dehydration in patients with Alzheimer's disease. *J Nutr Health Aging.* 2010;14(10):823-7.

60. Camina Martín MA, De Mateo Silleras B, Nescolarde Selva L, Barrera Ortega S, Domínguez Rodríguez L, Redondo del Río MP. Bioimpedance vector analysis and conventional bioimpedance to assess body composition in older adults with dementia. *Nutrition*. 2015;31(1):155-9.
61. Camina Martín MA, De Mateo Silleras B, Redondo del Río MP. Body composition analysis in older adults with dementia. *Anthropometry and bioelectrical impedance analysis: a critical review*. *Eur J Clin Nutr*. 2014;68:1228-33.
62. Redondo del Río MP, Camina Martín MA, Moya Gago L, De la Cruz Marcos S, Malafarina V, De Mateo Silleras B. Vector bioimpedance detects situations of malnutrition not identified by the indicators commonly used in geriatric nutritional assessment: A pilot study. *Exp Gerontol*. 2016;85:108-11.
63. Norman K, Pirlich M, Sorensen J, Christensen P, Kemps M, Schütz T, et al. Bioimpedance vector analysis as a measure of muscle function. *Clin Nutr*. 2009;28(1):78-82.
64. Marini E, Buffa R, Saragat B, Coin A, Toffanello ED, Berton L, et al. The potential of classic and specific bioelectrical impedance vector analysis for the assessment of sarcopenia and sarcopenic obesity. *Clin Interv Aging*. 2012;7:585-91.
65. Rossini-Venturini AC, Abdalla PP, Fassini PG, Dos Santos AP, Tasinafo Junior MF, Alves TC, et al. Association between classic and specific bioimpedance vector analysis and sarcopenia in older adults: a cross-sectional study. *BMC Sports Sci Med Rehabil*. 2022;14(1):170.
66. Bonaccorsi G, Santomauro F, Lorini C, Indiani L, Pellegrino E, Pasquini G, et al.; Mugello Study Working Group. Risk of malnutrition in a sample of nonagenarians: Specific versus classic bioelectrical impedance vector analysis. *Nutrition*. 2016;32(3):368-74.
67. Marini E, Sulis S, Vorobel'ová L, Stagi S. Specific bioelectrical vectors pattern in individuals with sarcopenic obesity. *Clin Nutr*. 2024;43(3):620-8.
68. Camina Martín MA, De Mateo Silleras B, Barrera Ortega MS, Domínguez Rodríguez L, Redondo del Río MP. Specific bioelectrical impedance vector analysis (BIVA) is more accurate than classic BIVA to detect changes in body composition and in nutritional status in institutionalised elderly with dementia. *Exp Gerontol*. 2014;57:264-71.
69. Buffa R, Mereu E, Putzu P, Mereu RM, Marini E. Lower lean mass and higher percent fat mass in patients with Alzheimer's disease. *Exp Gerontol*. 2014;58:30-3. Fe de erratas en: *Exp Gerontol*. 2018;110:309.
70. Mereu E, Succa V, Buffa R, Sanna C, Mereu RM, Catte O, et al. Total body and arm bioimpedance in patients with Alzheimer's disease. *Exp Gerontol*. 2018;102:145-8.
71. Norman K, Herpich C, Müller-Werdan U. Role of phase angle in older adults with focus on the geriatric syndromes sarcopenia and frailty. *Rev Endocr Metab Disord*. 2023;24(3):429-37.
72. Kubo Y, Noritake K, Nakashima D, Fujii K, Yamada K. Relationship between nutritional status and phase angle as a noninvasive method to predict malnutrition by sex in older inpatients. *Nagoya J Med Sci*. 2021;83(1):31-40.
73. Akamatsu Y, Kusakabe T, Arai H, Yamamoto Y, Nakao K, Ikeue K, et al. Phase angle from bioelectrical impedance analysis is a useful indicator of muscle quality. *J Cachexia Sarcopenia Muscle*. 2022;13(1):180-9.
74. Di Vincenzo O, Marra M, Di Gregorio A, Pasanisi F, Scalfi L. Bioelectrical impedance analysis (BIA)-derived phase angle in sarcopenia: A systematic review. *Clin Nutr*. 2021;40(5):3052-61.
75. Yamada Y, Watanabe K, Fujisawa C, Komiya H, Nakashima H, Tajima T, et al. Relationship between cognitive function and phase angle measured with a bioelectrical impedance system. *Eur Geriatr Med*. 2024;15(1):201-8.