

Usos de la bioimpedancia en la determinación del estado de hidratación en pacientes hospitalizados

Castaño Loaiza Camila, Galvis Montoya Stephany,¹ Uribe Gil Gildardo de Jesús²

RESUMEN

La bioimpedancia es un método doblemente indirecto de evaluación de la composición corporal, la cual consiste en el paso de una o varias corrientes eléctricas de un punto A a un punto B y la medición de las fuerzas de oposición que pone el cuerpo al paso de estas, que dependerán de la cantidad de agua corporal total y de su distribución, la cual está directamente relacionada con el volumen de masa muscular. Por otra parte, el tejido adiposo es un aislante natural de la corriente eléctrica y hace que esta no logre atravesarla; en concreto, consiste en la oposición que ofrece un tejido biológico al paso de una o varias corrientes eléctricas alternas. Se analizaron trabajos de diferentes autores, obtenidos después de aplicar la ecuación “Bioimpedance AND Water AND Humans” y seleccionados según el contenido de los artículos. La determinación ideal de las variables de hidratación dependerá del dispositivo de bioimpedancia que se use, además de otros factores, los cuales serán determinados por este mismo. El entorno hospitalario requiere un método preciso y efectivo para la determinación de la hidratación, porque un error puede repercutir en la calidad del tratamiento. Se requieren más investigaciones de la determinación del agua corporal total y su distribución en ambientes hospitalarios y en patologías específicas, para que se pueda convertir en una herramienta que pueda reemplazar los métodos actuales; no obstante, se recomienda su uso, especialmente con dispositivos multifrecuencia, en compañía de otros parámetros y en casos específicos.

Palabras clave: agua corporal, líquido extracelular, líquido intracelular, impedancia eléctrica.

-
1. Estudiantes del programa de Nutrición y Dietética. Universidad Libre Seccional Pereira.
 2. Profesor del programa de Nutrición y Dietética. Universidad Libre Seccional Pereira.

Uses of bioimpedance in determining hydration status in hospitalized patients

ABSTRACT

Bioimpedance is a doubly indirect method of evaluating body composition, which consists of the passage of one or several electrical currents from point A to point B and the measurement of the opposition forces that the body puts at the passage of the same, which will depend on the amount of total body water and its distribution, which is directly related to the volume of muscle mass. On the other hand, adipose tissue is a natural insulator of electrical current, preventing it from passing through it; Specifically, it consists of the opposition offered by a biological tissue to the passage of one or more alternating electrical currents. Texts by different authors were analyzed, obtained after applying the equation “Bioimpedance AND Water AND Humans” and selected according to the content of the articles. The ideal determination of the hydration variables will depend on the bioimpedance device that is used, in addition to other factors, which will be determined by it. The hospital environment requires a precise and effective method for the determination of hydration, because an error can affect the quality of treatment. More research is required on the determination of total body water and its distribution in hospital environments and in specific pathologies, so that it can become a tool that can replace current methods; however, its use is recommended, especially with multifrequency devices. together with other parameters and in specific cases.

Keywords: body water, extracellular fluid, intracellular fluid, electrical impedance.

INTRODUCCIÓN

La bioimpedancia logró su primera aplicación clínica en 1929 gracias a Lueg y Grassheim quienes hicieron un análisis de resistencia bioeléctrica (BIA).⁶ A lo largo de los años, ha habido diferentes creaciones y cambios en su maquinaria y funcionalidad; en la actualidad, esta técnica suministra información sobre la composición corporal. Consiste en la medición del paso de una o varias corrientes eléctricas de baja intensidad de un punto A a un punto B del cuerpo por medio de electrodos, permitiendo evaluar las fuerzas de oposición que oponen los tejidos biológicos (resistencia) y la membrana celular (reactancia).

Según Serme,⁷ la oposición corporal depende de la cantidad de agua que tenga el organismo. La BIA puede ser de tipo monofrecuencia (SF-BIA), la cual se caracteriza por estimar los datos a una frecuencia de 50 kHz, y la de tipo multifrecuencia (MF-BIA), la cual estima los diferentes parámetros a frecuencias entre 5 y 1000 kHz, según el dispositivo usado.⁸ Se ha descrito una mejor precisión y un sesgo menor de los aparatos multifrecuencia para las estimaciones de agua extracelular (AEC) respecto de los aparatos monofrecuencia.³⁴

Además de la BIA, existen varios tipos de técnicas relacionadas con el paso de corrientes eléctricas, entre ellas el vector de análisis de bioimpedancia eléctrica

(BIVA), que, según Sergas¹⁰ “es un nuevo tipo de análisis de la bioimpedancia en la que, además de la resistencia, se tiene en cuenta la reactancia, y con ambas se obtiene el vector de impedancia Z que es representado gráficamente mediante el gráfico RXc ”. Según cómo se encuentre el vector con el gráfico, pueden establecer el grado de hidratación y nutrición de los individuos. También está la espectroscopia de impedancia (BIS), que, según Lexequías et al.,¹¹ es un método electroquímico, consistente una técnica para la caracterización de electrolitos, el tamizaje de productos alimenticios, la clasificación de microorganismos y el estudio de los tejidos o composición de la sangre.

Todos los métodos nombrados evalúan el agua corporal total (TBW, por sus siglas en inglés). Este es un componente que predomina en las células corporales, ayuda al transporte de nutrientes, retira los residuos de las células e interviene en el control de la temperatura corporal.¹² Además, el agua en el cuerpo está clasificada en agua intracelular (ICW, por sus siglas en inglés) que, según Corbella et al.,¹³ es el agua que contienen las células y ocupa más cantidad en el organismo y agua extracelular (ECW, por sus siglas en inglés) (plasma, linfa, secreciones).

Cuando las personas tienen un desequilibrio en el contenido de TBW, se puede producir la sobrecarga de líquidos (OH), que, según Arias González et al.,¹⁴ es

una descomposición aguda al acumularse gran cantidad de líquidos, pudiéndose asociar a una enfermedad.

La hidratación “es un estado consistente en reponer los líquidos corporales que se pierden a través del sudor, al exhalar aire y al eliminar residuos”.¹⁵ Y la deshidratación, según la Cátedra Internacional de Estudios Avanzados en Hidratación (CIEAH), sucede cuando el cuerpo se encuentra en un desequilibrio hídrico, en que el organismo pierde más agua de la que se ingiere.

Usualmente, se acompaña de alteraciones en los electrolitos o minerales.¹⁶ Además, el individuo puede encontrarse en un estado de hipohidratación, el cual “es la pérdida de agua corporal en un porcentaje mayor del 2 % de la masa corporal, y viene dada tanto por la sudoración como por la falta de una hidratación correcta”.¹⁷ O si el paciente es enfermo renal encontrarse en un estado de sobrehidratación absoluta, que, según la Revista SEDEN, “es la diferencia entre el peso prediálisis y el peso normohidratado dado por el BCM”; y la sobrehidratación relativa “es la sobrehidratación normalizada al ECW del paciente”.¹⁸ Estos individuos pueden entrar en estados críticos por su TBW, pudiendo hacer de ellos pacientes hospitalizados, los cuales, según García,¹⁹ “se refiere a una persona ingresada en el hospital para pasar la noche, ya brevemente, ya por un periodo prolongado.”¹⁹

Existen diferentes pruebas para determinar el agua corporal en ambientes clínicos,

entre las cuales están las de laboratorio que son invasivas y costosas; las urinarias y de composición de la saliva que tienen una variación y eficacia inapropiadas; las técnicas de radiografía, ecografía y cateterismo que tienen precios elevados, además de realizar un diagnóstico tardío de los estados de hidratación y las pruebas subjetivas, como el cuestionario de la sed, autoinformadas, examen físico y escala de Armstrong, las cuales carecen de sensibilidad.

En ese sentido, se propone la BIA multifrecuencia, multialgoritmo, como una opción para estimar el TBW, la ICW y la ECW, ya que es una técnica precisa, sensible, práctica, simple, rápida, no invasiva, segura, económica y de fácil portabilidad, por lo que se propone la realización de investigaciones en ambientes hospitalarios y enfermedades específicas, con el fin de lograr recopilar información suficiente para demostrar que la bioimpedancia es sólida para evaluar TBW y ECW, lo que la convertiría en el método más atractivo en todos los entornos posibles.⁵

MATERIALES Y MÉTODOS

Se realizó una búsqueda sistemática de la literatura de acuerdo con las recomendaciones y la lista de verificación de Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analysis (PRISMA) con los idiomas inglés y español sin incluir metanálisis. Se buscó en cuatro bases de datos: PubMed, ScienceDirect, Cochrane Library, Oxford,

con artículos publicados desde 2017 hasta 2022 con uso de la ecuación de búsqueda “Bioimpedance AND Water AND Humans”.

Búsqueda y estudio de literatura

Un total de 2.677 referencias se encontraron en las cuatro bases de datos. De ellas, 14 de los estudios cumplieron con los criterios de inclusión (Figura 1).

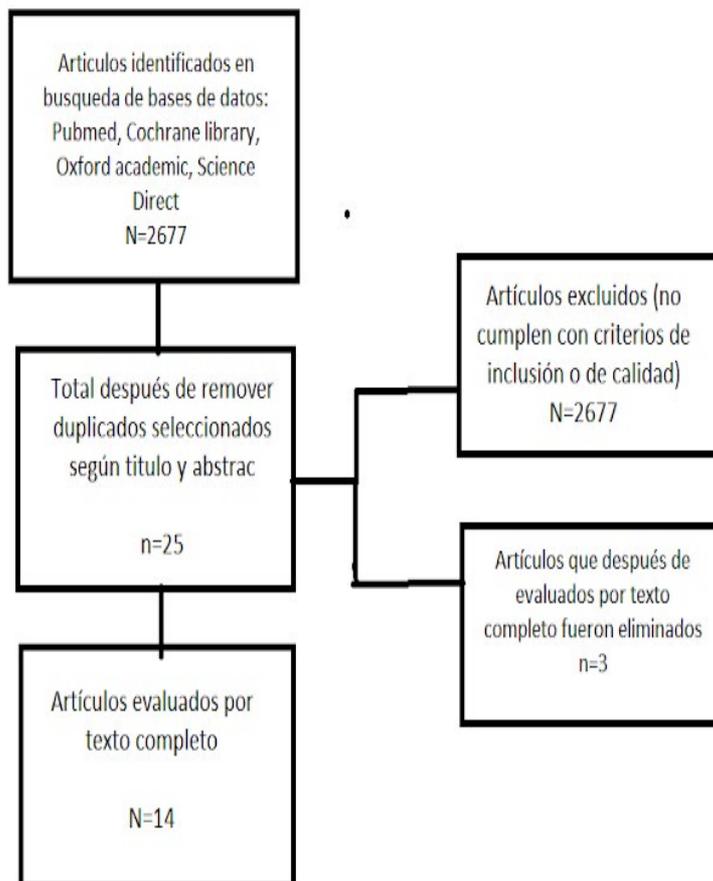
Criterios de inclusión

Se incluyeron estudios que se llevaron a cabo en adultos mayores de 18 años y que evidencian el uso de la bioimpedancia relacionado con el estado de hidratación corporal.

Criterios de exclusión

Se excluyeron los estudios realizados en niños, embarazadas y deportistas.

Figura 1. Proceso metodológico de la selección de la literatura estudiada



DISCUSIÓN

Tipo de intervención

En los artículos estudiados, se encontraron diferentes tipos de bioimpedancia, tales como BIS,^{5,21,22} BIA,^{23,24,25,26,27,29,30,31,32} BIVA,^{5,28} MF-BIA³³ y SF-BIA,²¹ todo esto en pacientes con diferentes patologías y en población sana. En la mayoría de los artículos, se comparaba la bioimpedancia con otros métodos, según los individuos evaluados; no obstante, pocos artículos contaban con la información del tipo de BIA utilizado, por lo que se cree que fueron dispositivos monofrecuencia.

Bioimpedancia como método diagnóstico de hidratación

BIS

Se encontró que la BIS subestima los valores de ECW en pacientes en UCI, debido a un traumatismo mayor o en sepsis,²¹ o, simplemente, subestimando el ECW (-1L) y sobreestimando el TBW en personas con aumento de adiposidad (+2l);⁵ sin embargo, este método se usó en pacientes sanos y con diálisis, en quienes mejoró un 24 % la sensibilidad de las predicciones de ECW a 0,6L, debido a que las mediciones de adiposidad con índice de masa corporal no diferencian de forma fiable la composición corporal.⁵

También se evaluó el volumen de fluidos (TBW y ECW), los cuales fueron igual de precisos que el método de dilución de isótopos; sin embargo, hay un sesgo en

la predicción de ECW.⁵ Estos hallazgos también se encontraron usando BIA (sin especificar si fue mono- o multifrecuencia), encontrando una parecida funcionalidad en la predicción de TBW poblacional.⁵

Por otro lado, se encontró que el uso de BIS se asoció a mayor reducción de la sobrehidratación en pacientes que no estaban con una función renal residual y con reducción de la presión arterial (PA), en comparación con otros métodos de BIA.²²

BIA

Se encontró que la BIA es usada como nuevo método para la predicción del linfedema ginecológico a través de la evaluación de líquidos diarios, porque detecta el linfedema con una sensibilidad del 73 % y una especificidad del 84 %, debido a que su predicción se logra cuando el ECW aumenta en relación con el TBW, concomitante con una disminución del ángulo de fase; pese a que este estudio no evaluó el equilibrio de volumen hídrico, brinda información concisa sobre la relación adecuada que deben tener algunos parámetros de hidratación.²³

Se pudo establecer en algunos artículos que la BIA evalúa de forma adecuada el contenido de agua corporal total, el ECW y el ICW en pacientes diagnosticados con cirrosis, insuficiencia renal y síntomas de enfermedades cardiovasculares;²⁴ aunque otros estudios concluyeron que la BIA tiene algunas limitaciones, especialmente en pacientes en UCI

(tenían más variabilidad en las medidas y mayores niveles de líquido);²⁵ en los adultos mayores en el diagnóstico de deshidratación general o para detectar cambios en el estado de hidratación en TBW con una diferencia media del 4,1 %; pero sí ayuda a tener unos buenos parámetros en la normohidratación.²⁶ No obstante, es importante especificar que ninguno de los artículos estudiados especificaron si el dispositivo utilizado fue mono- o multifrecuencia, lo que, sin duda, es una limitación general de las publicaciones.

Se encontró que BIA puede compararse con otros métodos para estimar hidratación, pero que tiene poca precisión y confiabilidad para la detección de deshidratación e hidratación debido al aumento en la cantidad de ECW en pacientes con condiciones patológicas, desequilibrio hidroelectrolítico y acumulación de ECW, especialmente en pacientes con sarcopenia;²⁷ no obstante, tampoco se deja claro si esto es aplicable para todos los tipos de BIA o solo para la BIA monofrecuencia.

Además, se demostró que el TBW en pacientes con hipernatremia puede ser estimada con una fórmula convencional y bioimpedancia, pues se mostró una correlación positiva ($r = 0,861$, $p < 0,001$); sin embargo, al realizar el gráfico de Bland-Altman, hubo un sesgo proporcional ($r = 0,617$, $p < 0,001$). Al medir con BIA el ICW, indicó una correlación significativa con el TBW, calculada con la fórmula convencional ($r = 0,679$, $p < 0,001$), pero

al relacionar este resultado en el gráfico Bland-Altman, el agua intercelular medida con BIA subestimó el agua corporal total ($r = 0,32$, $p = 0,84$), aunque el resultado no es significativo,²⁹ del mismo modo la sobrehidratación absoluta y relativa son significativamente más bajas en la medida por BIA que en el grupo de evaluación clínica estándar obteniendo un valor ($p = 0,003$).^{29,30} Aparte, se mostró una relación significativamente inversa entre FFM (masa libre de grasa) y ECW ($p = 0,03$), ICW ($p = 0,001$, TBW ($p = 0,001$). La diferencia de medición para FFM mostró una relación positiva con ECW/ICW $p = 0,001$ y HO (sobrecarga de líquidos) $p = 0,001$.³¹

También se demuestra que fue significativamente mayor la cantidad de sobrehidratación ($p = 0,016$) y el número de pacientes con sobrehidratación grave ($p = 0,04$) al final del estudio. Además, en el grupo clínico que se comparó con el grupo que tenía el método BIA, la acumulación de líquido durante la interdiálisis fue significativamente menor (0,013).

Los eventos hipovolémicos fueron significativamente mayores en el grupo de BIA con un valor $p = 0,002$, la sobrecarga de líquidos fue significativamente menor en el grupo clínico (0,013), hubo menos sobrehidratación en los grupos clínicos, además esto conllevó que el grupo que fue evaluado con BIA tuviera más eventos adversos; sin embargo, su análisis mostró la reducción de presión arterial (PA), más reducción de eventos cardiovascular y morbilidades intradiálisis.³²

Por último, solo dos artículos mencionaron el tipo de frecuencia utilizado en cada estudio, con los siguientes resultados sobre BIA:

MF-BIA

El 49 % de la población evaluada en el artículo tenían una relación ECW-ICW anormalmente alta, a su vez, el estado de hidratación global se correlacionó negativamente con la albuminemia ($p = 0,01$) y sodio sérico con un valor de ($p = 0,03$); además, la enfermedad renal asociada a diabetes suele acompañarse con una mayor sobrecarga de líquidos; por último, el aumento de la relación ECW-ICW se asocia con una albuminemia significativamente más baja y es menor de ($p = 0,001$).³³

SF-BIA

Se produjeron sobreestimaciones significativas de TBW en pacientes con poscirugía cardíaca y el balance de líquidos fue sobreestimado por este método.²¹

BIVA

Por este método, se encontró un análisis entre el estado nutricional de la población y su equilibrio hídrico con un 84 % de sensibilidad y un 87 % de especificidad en población global y en riesgo, aumentó un 100 % de sensibilidad para el diagnóstico de desnutrición en pacientes con sobrecarga de líquidos y mejoró un 98 % la especificidad del diagnóstico en los pacientes normohidratados, lo que puede indicar que la BIVA es más preciso que

los métodos mencionados para estimar sobrecarga de líquidos y garantizar un buen pronóstico en pacientes hospitalizados.²⁸

También de encontró que BIVA es una técnica adecuada para clasificar hidratación y examinar los efectos de los tratamientos en pacientes con enfermedad renal y alteraciones hemodinámicas.⁵

ANÁLISIS DE RESULTADOS

La mayoría de los artículos que evaluaron BIA no indican la frecuencia utilizada; por ende, no se pueden otorgar argumentos concretos frente a este método. Sin embargo, el uso de la BIA multifrecuencia es relativamente nuevo y tiene la capacidad de evaluar variables del cuerpo humano más allá de los componentes corporales, entre los que se encuentran el ángulo de fase (AF), el índice de impedancia (IR), la masa celular corporal (MCC), el índice de la masa libre de grasa (FFMI), el índice de masa muscular apendicular (ASMI), que permiten diagnosticar, pronosticar o predecir enfermedades o muerte, por lo que se recomienda el uso de estos dispositivos para realizar una mejor valoración individual.⁷

Se puede evaluar el TBW mediante la bioimpedancia,²⁹ pero esto no indica que sea un método óptimo, ya que, al utilizarlo, no se evidencian mejoras, de hecho, hubo mayor acumulación de líquidos en las interdiálisis, mayores eventos hipovolémicos, más sobrehidratación y, por tanto, tuvieron más eventos adversos en el grupo evaluado por BIA.³²

La sobrecarga de líquidos es menor en el grupo clínico que en el grupo evaluado por BIA³² y la sobrecarga de líquidos tiene una relación positiva, lo cual indica un valor mayor por BIA.³¹ Sin embargo, se indica que, cuando se mide la sobrehidratación absoluta y relativa en enfermedad renal, esta es más baja en BIA.²⁹

Se indicó que, cuando se mide el ICW por BIA, puede representar el TBW, el cual fue evaluado con la fórmula de Watson. Por último, a mayor cantidad de masa libre de grasa, mayor es la relación de ECW-ICW.²⁹

El método BIS subestima los valores de ECW, además, indica que las personas con aumento de adiposidad sobreestiman la toma de TBW; sin embargo, en personas sanas, se comparó el volumen de fluidos con el método de dilución de isótopos, en los cuales estos dos otorgan resultados similares.²¹ El uso de BIS, junto con prácticas clínicas en pacientes con enfermedad renal, se asocia a una mayor reducción de la sobrehidratación.²² Se estima de manera adecuada ECW a frecuencias menores de 50 kHz, y a frecuencias mayores o iguales a 50 kHz se estima TBW de manera adecuada, debido a que la multifrecuencia permite atravesar las membranas celulares.²⁵ Se indica que BIA logra estimar adecuadamente TBW a causa de que gracias a esto se hace un buen diagnóstico para la predicción del linfedema ginecológico porque estima ECW, el cual tiene un valor aumentado en relación con el TBW,²³ aunque no proporciona una medida de volumen

cuantitativa del linfedema, sino un índice de la medida que es favorable.²³ Esto tiene concordancia, ya que BIA toma adecuadamente el contenido de TBW, ECW, ICW, aunque también indica que hay limitaciones en este método.²⁴

Por otro lado, BIA no puede distinguir la deshidratación en pacientes adultos mayores,²⁶ lo cual es verídico debido a que esta población tiene una disminución en su TBW, el cual es menor del 50 % (34).

El valor aumentado de ECW puede brindar información sobre el desequilibrio hidroelectrolítico. Se infiere que los pacientes con patologías como linfedema, sarcopenia, cáncer o que tengan un desequilibrio hidroelectrolítico causan un aumento en el ECW.²⁷

Se deduce que los pacientes renales tienen una relación ECW-ICW anormalmente alta, la cual se debe a que gran parte de esta población se encuentra en estado de sobrehidratación, el cual era un total del 56,3 %, además, a mayor estado de hidratación, menor albuminemia, correlacionándose de manera positiva, ya que estos individuos están en un estado de sobrehidratación constante.³³

Puntualmente, en el método de monofrecuencia, o llamado SF-BIA, se infiere que la sobreestimación del TBW se debe a que maneja frecuencias menores de 50 kHz, las cuales no atraviesan la membrana celular, haciendo inviable la toma de líquidos corporales a excepción

del ECW en pacientes, por consecuencia, sobreestima el balance de fluidos.²¹

CONCLUSIONES

Se invita a los investigadores a declarar el tipo de BIA usada en su metodología, con el fin de llegar a conclusiones mucho más acertadas, además, se requiere mayor evidencia científica para determinar cuál es el tipo de bioimpedancia más confiable en sus resultados, pues los estudios evaluados en este artículo tienen discrepancias con respecto al uso de estos dispositivos en la valoración de la hidratación en pacientes hospitalizados. El 35 % de los artículos arrojó resultados que establecen que BIA subestima el ECW y el TBW, mientras el otro 35 % expresó que se sobrestima el TBW, de modo que esto es contradictorio, y a la vez confirma su poca confiabilidad. El 30 % restante indica que la bioimpedancia puede ser útil para estimar la carga de líquidos corporales.

De acuerdo con los estudios revisados, la bioimpedancia es un método complejo, debido a que cada dispositivo de BIA cuenta con un protocolo ideal para evitar procedimientos inexactos, con el fin de que la información sea tomada de manera correcta, debido a que son sensibles a variaciones ambientales y físicas. Por ende, es de suma importancia conocer las especificaciones del fabricante, los diferentes algoritmos o ecuaciones de cálculo suministrados por cada fabricante, a qué frecuencia trabaja y en qué población es indicada. Por ejemplo, la mayoría de

los dispositivos de múltiple frecuencia deben evaluar a los individuos en horas de la mañana, sin haber ingerido líquidos, ni haber realizado actividad física. Además, algunos dispositivos no evalúan a mujeres con menorrea, niños, gestantes y personas con marcapasos o placas metálicas. Algunos protocolos cuentan con procesos complicados, lo cual hace que no se puedan implementar en su totalidad en los pacientes hospitalizados.

Se encontró que la BIA es adecuada para evaluar el estado de hidratación en algunas poblaciones, como los pacientes con linfedema ginecológico, prediciendo esta inflamación por medio de la evaluación de líquidos. También en enfermedad renal puede clasificar hidratación y examinar los efectos de los tratamientos implementados con más eficiencia, debido a que estos pacientes suelen tener retención de líquidos a causa de la diálisis y el edema causado por ese procedimiento no se detecta hasta que el líquido intersticial aumenta al 30 % de los niveles normales. Además de hacer un seguimiento de líquidos adecuado a los pacientes que tienen hipernatremia, los cuales se encuentran con deficiencia de agua corporal total y es necesario un control.

Según los hallazgos y con la limitación de que los estudios encontrados no especifican el tipo de frecuencia con el que se han realizado, la BIVA es el tipo de BIA más recomendable, debido a que los hallazgos muestran alta sensibilidad y especificidad en el diagnóstico de hidratación.

REFERENCIAS

1. Sedapar. El agua en nuestro cuerpo [internet]. 2016. <https://www.sedapar.com.pe/portal-maestro/el-agua-y-la-vida/el-agua-en-nuestro-cuerpo>
2. San Miguel-Simbrón JL, Urteaga-Mamani NA, Muñoz-Vera M. Agua corporal total y composición corporal: Efecto del ejercicio de 30 minutos y rehidratación con agua en adultos residentes permanentes de gran altitud, La Paz- Bolivia. *Cuad Hosp Clín.* 2020;61(2):33-46. http://www.scielo.org.bo/pdf/chc/v61n2/v61n2_a05.pdf
3. Armstrong LE. Assessing hydration status: the elusive gold standard. *J Am Coll Nutr.* 2007;26(sup5):575S-584S. <https://doi.org/10.1080/07315724.2007.10719661>
4. Chevront SN, Kenefick RW. Dehydration: physiology, assessment, and performance effects. *Compr Physiol.* 2011;4(1):257-285. <https://doi.org/10.1002/cphy.c130017>
5. Lukaski HC, Vega Diaz N, Talluri A, et al. Classification of hydration in clinical conditions: indirect and direct approaches using bioimpedance. *Nutrients.* 2019;11(4):809. <https://doi.org/10.3390/nu11040809>
6. Historia de la impedancia bioeléctrica [internet]. 2023. <https://1library.co/article/historia-de-la-impedancia-bioel%C3%A9ctrica-marco-te%C3%B3rico.yjd779py>
7. Serme. Estudios de bioimpedancia [internet]. 2019. <https://serme.com.mx/especialidades-medicas/estudios-de-bioimpedancia/>
8. López-Gómez JM. Bioimpedancia. En: Lorenzo V., López Gómez JM, editores. *Nefrología al día* [internet]. <https://www.nefrologiaaldia.org/98>
9. Fresenius Medical Care. BCM - Body Composition Monitor [internet]. 2023. <https://www.freseniusmedicalcare.com/en/body-composition-monitor#:~:text=The%20BCM%20-%20Body%20Composition%20Monitor%20was%20specifically%20designed%20to%20determine,an%20individual%20patient's%20fluid%20status>
10. Einöder Moreno M, Atienza Merino G. Bioimpedancia vectorial en la valoración nutricional y del balance hídrico de pacientes con insuficiencia renal crónica. Santiago de Compostela: Consellería de Sanidade, Axencia de Avaliación de Tecnoloxías Sanitarias de Galicia; 2011. <https://www.sergas.es/docs/Avalia-t/avalia-t201001-3bioimpedancia-vectorial.pdf>

11. Lexequíás C, Urcia B, Franco B, et al. Desarrollo de un espectrómetro de impedancia eléctrica portátil para análisis y caracterización del tejido sanguíneo. *Revista de Investigación de Física*. 2021;24(1):9-16. <https://pdfs.semanticscholar.org/f61c/9d185cféb0c3fd0379aa133f5264928acda8.pdf>
12. International Chair for Advanced Studies on Hydration. *Hidratación* [internet]. 2016. <https://cieah.ulpgc.es/es/hidratacion-humana/hidratacion>
13. González Corbella MJ. El agua. *Offarm*. 2006;25(8):80-87. <https://www.elsevier.es/es-revista-offarm-4-articulo-el-agua-13094130>
14. Arias González A, Tlacuílo Morales Á, Sánchez Torres DF. Sobrecarga de fluidos en pacientes hospitalizados en una institución de segundo nivel en México. *Rev CONAMED*. 2020;25(3):107-114. <https://www.medigraphic.com/pdfs/conamed/con-2020/con203a.pdf>
15. Texas.gov. La importancia de la hidratación [internet]. 2023. <https://www.hhs.texas.gov/sites/default/files/documents/services/health/texercise/importance-of-hydration-es.pdf>
16. International Chair for Advanced Studies on Hydration. *Deshidratación* [internet]. 2016. <https://cieah.ulpgc.es/es/hidratacion-humana/deshidratacion>
17. Ruiz A. La hipohidratación (beber poco durante el ejercicio), una posible causa de la muerte súbita en deportistas [internet]. 2016. <https://www.todomountainbike.net/general/la-hipohidratacion-beber-poco-durante-el-ejercicio-una-posible-causa-de-la-muerte-subita-en-deportistas>
18. Domínguez Tapiador B, Campos Rodríguez de Guzmán H, Fernández Melero A, et al. Valoración del estado de hidratación de nuestros pacientes desde la implantación de BCM. *Enferm Nefrol*. 2015;18(suppl 1):72. https://scielo.isciii.es/pdf/enfrol/v18s1/55_comunicacion.pdf
19. García B. Pacientes hospitalizados y ambulatorios: comparación de dos tipos de atención médica [internet]. 2021. <https://www.saludiarario.com/pacientes-hospitalizados-y-ambulatorios-comparacion-de-dos-tipos-de-atencion-medica/>
20. Mundi MS, Patel JJ, Martindale R. Body composition technology: implications for the ICU. *Nutr Clin Pract*. 2019;34(1):48-58. <https://doi.org/10.1002/ncp.10230>

21. Tabinor M, Davies SJ. The use of bioimpedance spectroscopy to guide fluid management in patients receiving dialysis. *Curr Opin Nephrol Hypertens.* 2018;27(6):406-412. DOI: 10.1097/MNH.0000000000000445
22. Asklöf M, Kjølhede P, Wodlin NB, et al. Bioelectrical impedance analysis; a new method to evaluate lymphoedema, fluid status, and tissue damage after gynaecological surgery: a systematic review. *Eur J Obstet Gynecol Reprod Biol.* 2018;228:111-119. <https://doi.org/10.1016/j.ejogrb.2018.06.024>
23. Piasecki R, Michalak A, Cichoż-Lach H. The role of electrical bioimpedance in the evaluation of the hydration status of patients with liver cirrhosis. *Pol Merkur Lekarski.* 2018;45(267):122-125.
24. Madsen JM, Wichmann S, Bestle MH, et al. Bioimpedance as a measure of fluid status in critically ill patients: a systematic review. *Acta Anaesthesiol Scand.* 2021;65(9):1155-1167. <https://doi.org/10.1111/aas.13924>
25. Alsanie S, Lim S, Wootton SA. Examining the utility of bioelectrical impedance analysis for detecting low-intake dehydration in older adults in clinical care settings: A systematic review. 2022. <https://doi.org/10.21203/rs.3.rs-1173867/v1>
26. Valentino NP, Gomes TLN, Barreto CS, et al. Low phase angle is associated with the risk for sarcopenia in unselected patients with cancer: effects of hydration. *Nutrition.* 2021;84:111122. <https://doi.org/10.1016/j.nut.2020.111122>
27. Dehesa-López E, Martínez-Felix JI, Inzunza-Soto MY, et al. Clinical impact of disease-related malnutrition and fluid overload assessment via bioimpedance vector analysis in hospitalized patients. *Clin Nutr ESPEN.* 2020;39:131-136. <https://doi.org/10.1016/j.clnesp.2020.07.006>
28. Yoon S, Lee J-W, Jeon H-I, et al. Sp063role of bioelectrical impedance analysis for estimating body water content in hypernatremia patients. *Nephrol Dial Transplant.* 2019;34(Supplement_1):gfz103-SP063. <https://doi.org/10.1093/ndt/gfz103.SP063>
29. Scotland G, Cruickshank M, Jacobsen E, et al. Multiple-frequency bioimpedance devices for fluid management in people with chronic kidney disease receiving dialysis: a systematic review and economic evaluation. *Health Technol Assess.* 2018;22(1):1-138. doi: 10.3310/hta22010

30. Zhou Y, Höglund P, Clyne N. Comparison of DEXA and bioimpedance for body composition measurements in nondialysis patients with CKD. *J Ren Nutr.* 2019;29(1):33-38. <https://doi.org/10.1053/j.jrn.2018.05.003>
31. Sommerer C, Felten P, Toernig J, et al. Bioimpedance analysis is not superior to clinical assessment in determining hydration status: a prospective randomized-controlled trial in a Western dialysis population. *Hemodial Int.* 2021;25(3):380-390. <https://doi.org/10.1111/hdi.12919>
32. Andronesi A, Robe C, Berbecar V, et al. Sp081 Assessment of body composition in patients with chronic kidney disease using multiple-frequency bioelectrical impedance analysis. *Nephrol Dial Transplant.* 2017;32(suppl_3):iii131-iii132. <https://doi.org/10.1093/ndt/gfx140.SP080>
33. Aquae foundation. ¿Cuál es el porcentaje de agua en el cuerpo humano? [internet]. 2023. <https://www.fundacionaquae.org/wiki/porcentaje-agua-cuerpo-humano/>
34. Hannan WJ, Cowen SJ, Plester CE, et al. Comparison of bioimpedance spectroscopy and multi-frequency bio-impedance analysis for the assessment of extracellular and total body water in surgical patients. *Clin Sci (Lond).* 1995;89(6):651-658. <https://doi.org/10.1042/cs0890651>