

Evaluación del agua corporal medida por bioimpedancia eléctrica en adultos jóvenes sanos y su correlación estimada según formulaciones convencionales

Evaluation of body water measured by electric bio impedance in young healthy adults and its estimated correlation using conventional formula

Joseph Arturo Gallardo Castro ^a, José Aarón Zapata Negreiros ^a, Juan Oscar Lluncor Vásquez ^{1,b,2}, Javier Antonio Cieza Zevallos ^{1,c,2,d}

RESUMEN

Objetivos: Comparar la precisión de las fórmulas antropométricas de Watson, Hume-Weyers, y el basado en el porcentaje del peso según sexo, para estimar el agua corporal total en relación a la medida por bioimpedancia eléctrica considerando ésta como gold standard. **Material y métodos:** Se enrolaron 17 voluntarios sanos entre 21 a 29 años de edad, con antropometría normal y en condiciones de vida cotidiana. Para evaluar la precisión en la estimación del agua corporal se usó la t de Student pareada y para estimar el error sistemático se usó el análisis de regresión lineal y la correlación de Pearson. **Resultados:** El agua corporal promedio según la bioimpedancia eléctrica fue $35,46 \pm 6,71$ litros y según fórmulas de Watson $37,28 \pm 7,10$ litros; de Hume-Weyers $36,46 \pm 5,83$ litros y según el peso y sexo fue $36,88 \pm 7,47$ litros. En el análisis pareado la fórmula de Watson subestimó el agua corporal total, pero todas tuvieron buena correlación lineal con la bioimpedancia. La fórmula de Humes-Weyers mostró un menor error sistemático con respecto a la bioimpedancia. **Conclusiones:** Este estudio mostró que la fórmula de Hume-Weyers es la que brinda mayor precisión en la estimación del agua corporal.

PALABRAS CLAVE: Agua corporal, antropometría, impedancia eléctrica. (Fuente: DeCS BIREME).

SUMMARY

Objectives: To compare the precision of Watson's, Hume-Weyers' anthropometric formula and that based on the body percentage by gender to estimate de total body water in relation to that measured by electric bio impedance considering the latter as the gold standard. **Methods:** 17 healthy volunteers with normal anthropometric values between 21 and 29 years were recruited. Paired students' t-test was used to evaluate the precision in the estimation of body water, and logistic regression analysis and Pearson's correlation was used to evaluate systematic error. **Results:** Mean body water was 5.83 liters by electric bio impedance and 36.88 ± 7.47 liters by weight and sex. The Watson's formula sub-estimated the body water in the paired analysis, but all had good correlation with bio

1 Facultad de Medicina Alberto Hurtado, Universidad Peruana Cayetano Heredia. Lima, Perú.

2 Hospital Nacional Cayetano Heredia. Lima, Perú.

a Médico General;

b Médico Residente Nefrología;

c Profesor Principal;

d Médico Nefrólogo

impedance. The Humes-Weyers' formula showed minor systematic error compared to bio impedance. **Conclusions:** This study shows that Humes-Weyers' formula provides the best precision in estimating body water.

KEYWORDS: Total body water, anthropometry, electrical impedance. (**Source:** MeSH NLM).

INTRODUCCIÓN

El agua es el elemento más abundante en el cuerpo y en ella se realizan la mayor parte de reacciones bioquímicas siendo el principal regulador del medio interno. El agua corporal total se mantiene constante en personas sanas, fluctuando alrededor del 5% en relación a procesos fisiológicos normales, pero se altera cuando existen enfermedades que afectan el medio interno como las alteraciones hidroeléctricas, las hemorragias y la insuficiencia renal, entre otras patologías (1).

De otro lado, la alteración del agua corporal total afecta en gran medida a la salud como se observa en la práctica clínica, por lo cual es importante tener una aproximación certera del agua corporal total como patrón referencial del estado de salud o enfermedad; agregando que su estimación es importante para tratamientos con soluciones parenterales, correcciones hidroelectrolíticas y del estado ácido-base, así como evaluaciones farmacocinéticas, entre otros.

La determinación más exacta del agua corporal se realiza utilizando la técnica de la medición con dióxido de deuterio diluido, cuyo error es menor de 0,1% (2,3). Este es un método exacto y preciso, pero requiere tiempo y es de alto costo (3). Otra técnica cuyo uso ha sido validado, es el análisis de la impedancia eléctrica. Esta técnica se fundamenta en la resistencia de las células al paso de una corriente eléctrica. En ese sentido, la masa magra o libre de grasa, que contienen la mayoría de fluidos y electrolitos corporales, es un buen conductor eléctrico, es decir presenta baja impedancia. En contraste, la masa grasa que actúa como un aislante presenta alta impedancia (2,4). El valor de la impedancia corporal proporciona una estimación directa del agua corporal total.

Los estudios previamente mencionados demuestran ser muy exactos; sin embargo, por ser relativamente costosos o de difícil uso no son fácilmente accesibles a las poblaciones en vías de desarrollo como la nuestra, razón por la cual se han desarrollado diversas fórmulas para estimar el agua corporal usando las medidas antropométricas de la persona. Dentro de las fórmulas antropométricas usadas internacionalmente tenemos la de Watson (5) y la de Hume-Weyers (6), las cuales

fueron desarrolladas utilizando métodos de regresión lineal en población sin alteración hídrica clínica evidenciable. Sin embargo, Basile (7) mostró que las ecuaciones antropométricas para la estimación del agua corporal total sólo debían utilizar en poblaciones específicas para evaluar diferencias individuales, no para comparaciones entre poblaciones. Estas fórmulas provienen de poblaciones con diferentes estilos de vida, contextura, peso y talla que la nuestra y no han sido validadas en nuestra población, por lo que en nuestro medio se usa masivamente el cálculo fisiológico de acuerdo a una estimación que considera una proporción fija del peso: 60% para varones y 50% para mujeres.

Si bien esto puede ser muy operativo en la práctica clínica diaria, no sabemos en qué medida se subestima o sobrestima los valores reales del agua corporal. Por lo antes señalado, surge la primera interrogante relativa a si en individuos jóvenes sanos de nuestra población, las fórmulas antropométricas internacionales de Watson y Hume-Weyers (5,6), así como el uso del porcentaje del peso según el sexo, son adecuadas.

El objetivo del estudio fue determinar en jóvenes sanos, el grado de exactitud de las diversas estimaciones del agua corporal mediante las formulaciones más usadas en la práctica clínica diaria, considerando la medición del agua corporal por impedancia eléctrica como el gold estándar.

MATERIAL Y MÉTODOS

Estudio descriptivo, transversal y comparativo en el que se utilizó voluntarios sanos procedentes de la población de estudiantes de Medicina de la Facultad de Medicina Alberto Hurtado. El estudio fue revisado y aprobado por el Comité Institucional de Ética de la Universidad Peruana Cayetano Heredia. Se definió voluntario sano como la persona asintomática, sin evidencia de trastornos hemodinámicos, ni de trastornos hídricos quien hubiera pasado recientemente su examen médico anual programado sin haberseles detectado enfermedad clínica.

Se calculó un tamaño de muestra considerando que el estudio fue evaluar si existen diferencias entre valores pareados y con una desviación estándar de

INVESTIGACIÓN ORIGINAL / ORIGINAL RESEARCH

acuerdo a conceptos estandarizados ya definidos (8). Para nuestro caso, se usaron los valores de desviación estándar igual a 0,14, α 0,05 (confianza del 95%), β 0,8 (potencia igual a 80%) y una Δ (diferencia máxima aceptable) de 0,10 que significa el punto a partir del cual las diferencias tienen relevancia clínica. Al aplicar la fórmula, nuestro tamaño de muestra obtenido fue 17. La técnica de selección de voluntarios fue a través del muestreo por conveniencia.

Para la recolección de datos, se entrevistó a cada voluntario explicando el objetivo y procedimiento a realizar y se entregó una ficha informativa. Luego de la aceptación verbal de participar en el estudio, se procedió a las mediciones antropométricas de peso y talla en condiciones estándar usando una balanza de pie previamente calibrada y se midió el perímetro de la cintura y de la cadera tomando como punto de reparo para el perímetro de la cintura la última costilla flotante y para la cadera, los glúteos.

Para la medición de la impedancia eléctrica se utilizó la máquina BODYSTAT® 1500 MDD y se siguieron los procesos estandarizados internacionalmente y los recomendados por el fabricante, colocándose los electrodos a la altura de la cabeza del cúbito derecho, a la altura de la segunda articulación metacarpo falángica derecha, a la altura del tobillo derecho (entre ambos maléolos) y a la altura de la segunda articulación metatarso-falángica derecha. Luego de introducir los datos de cada voluntario, se le instruyó para mantenerse tranquilo e inmóvil. Una vez efectuada la primera medición, se tomó nota del valor de agua corporal tanto en porcentaje como en volumen expresado en litros. Finalmente, se retiraron los cables y electrodos del sujeto en estudio y se dio por concluido el procedimiento.

Los datos fueron almacenados de manera anónima en una hoja de cálculo electrónica y solamente fueron incluidos voluntarios de ambos sexos con un índice de masa corporal (IMC) entre 19 y 25 kg/m². Para el análisis de datos se utilizó el programa informático

SPSS Statistics v. 18. Simultáneamente y sin saber los resultados de la medición del agua corporal por el método de impedancia, se calculó el agua corporal total según las fórmulas de Watson y Hume-Weyers (5,6) y la que utiliza el 60% del peso para varones y 50% para mujeres (P1) de la siguiente manera:

- Fórmula de Watson en varones = $2,447 - (0,09156 \times \text{edad}) + (0,1074 \times \text{talla}) + (0,3362 \times \text{peso})$
- Fórmula de Watson en mujeres = $-2,097 + (0,1069 \times \text{talla}) + (0,2466 \times \text{peso})$
- Fórmula de Hume en varones = $(0,194786 \times \text{talla}) + (0,296785 \times \text{peso}) - 14,012934$
- Fórmula de Hume en mujeres = $(0,34454 \times \text{talla}) + (0,183809 \times \text{peso}) - 35,270121$
- Formula P1 = $K * \text{Peso}$; donde $K = 0,6$ si es varón ó $0,5$ si es mujer

El análisis de los datos comparó, mediante la t pareada de student, la diferencia obtenida para cada sujeto entre el agua corporal estimada en cada fórmula y su respectivo valor de la bioimpedancia. Se aceptó una significancia estadística de $p < 0,05$ para rechazar la hipótesis nula. Finalmente, se realizó el análisis de regresión lineal considerando como variable independiente el agua corporal según la impedancia eléctrica y como variable dependiente el agua corporal según la fórmula antropométrica.

RESULTADOS

Los voluntarios fueron 11 varones y 6 mujeres con un promedio de edad de $23,8 \pm 1,86$ años, talla $168,29 \pm 9,37$ cm, peso $64,49 \pm 8,99$ kg, superficie corporal $1,73 \pm 0,16$ m² e IMC $22,68 \pm 1,53$ kg/m². En la tabla 1 se presentan los resultados de las mediciones del agua corporal según la bioimpedancia eléctrica y las diferentes formulaciones propuestas para su estimación del total de los sujetos estudiados y según el sexo. No hubo diferencias estadísticas al comparar los promedios entre las diversas formulaciones y la medición por bioimpedancia según la t pareada de student.

Tabla 1. Valor del agua corporal medido por Bioimpedancia eléctrica y estimado según las fórmulas propuestas en jóvenes sanos y según el sexo.

	Varones (n=11)	Mujeres (n=6)	Total (n=17)
Bioimpedancia	39,97 \pm 3,77	27,82 \pm 2,23	35,68 \pm 6,79
Fórmula de Watson	42,19 \pm 3,09	28,44 \pm 0,62	37,34 \pm 7,20
Según Porcentaje del Peso	41,59 \pm 4,43	27,83 \pm 1,12	36,73 \pm 7,66
Según Fórmula Hume	40,36 \pm 3,34	29,63 \pm 1,14	36,57 \pm 5,95

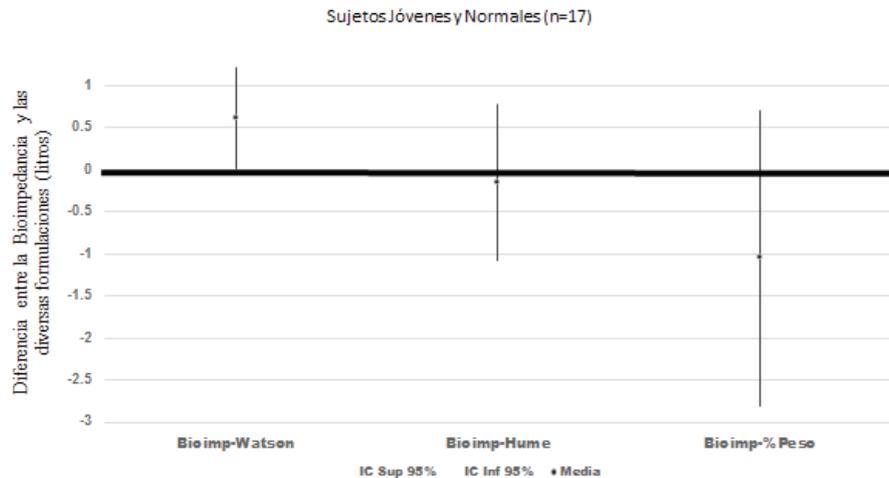


Gráfico 1. Diferencia observada del valor del agua corporal medido por Bioimpedancia eléctrica y su estimación según las diversas fórmulas propuestas para cada persona estudiada.

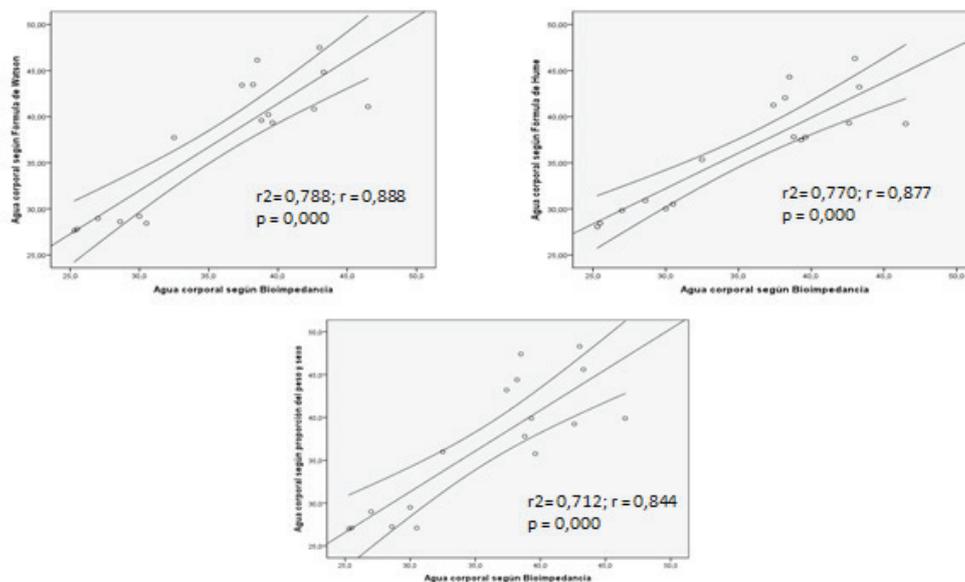


Gráfico 2. Correlación lineal del agua corporal medida por Bioimpedancia eléctrica y su estimación según las diversas formulaciones para cada sujeto estudiado.

El gráfico 1 muestra la diferencia observada entre la estimación del agua corporal calculada según la Bioimpedancia eléctrica y las diversas fórmulas propuestas para cada persona estudiada. La única formulación que mostró ser diferente estadísticamente en relación a la medición realizada con bioimpedancia fue la fórmula propuesta por Watson, la misma que subestimó el valor del agua corporal.

Los índices de correlación halladas entre el agua corporal medida por la bioimpedancia eléctrica y la estimada por las diversas fórmulas fueron: $r=0,888$ para la fórmula de Watson, $r=0,877$ para la de Hume, y $r=0,844$ para la fórmula del cálculo del agua corporal en función del porcentaje del peso corporal de la persona. En el gráfico 2, se presenta la correlación del agua corporal medida por bioimpedancia y las fórmulas de Watson, Hume y el agua corporal asumida del peso corporal y sexo de la persona.

DISCUSIÓN

El estudio fue diseñado para evaluar la precisión de las fórmulas antropométricas en la estimación del agua corporal total en nuestra población peruana joven y sana, evitando generar sesgos provenientes de las costumbres alimentarias de cada población (9,10). Este es un lógico primer paso, para determinar luego si estas formulaciones funcionarían en otras condiciones diferentes de masa corporal, estados socio económico, edad y enfermedad, en quienes finalmente es más relevante conocer su contenido acuoso. Subrayamos que no ha sido el propósito del estudio desarrollar fórmula alguna, como otros estudios parecidos (1), que tienen un tamaño muestral mucho mayor, sino conocer la precisión de propuestas aceptadas como válidas en otros ámbitos.

No haber enrolado voluntarios de otros grupos etarios podría ser objetado como limitante, pero debe recordarse que para estudiar población sana, el grupo ideal es de adultos jóvenes sanos, grupo ideal que elimina el sesgo de las enfermedades crónicas.

Nuestros resultados muestran que todas las propuestas tienen una buena correlación con la medición del agua corporal por el método de la bioimpedancia eléctrica. Pero al contrastar el dato pareado para cada sujeto entre cada fórmula y el valor obtenido por la bioimpedancia, la propuesta de Watson mostró diferencia significativa como se aprecia en el gráfico 1. Johansson (11), halló que las fórmulas antropométricas tienden a sobreestimar el agua corporal total en pacientes obesos en diálisis peritoneal y en personas con sobrehidratación, y tiende a subestimarla en delgados. Esta situación no fue observada en nuestro estudio por el hecho que la población seleccionada estuvo excluida de estas condiciones, sin embargo la fórmula de Watson sí subestimó el agua corporal en nuestro estudio de jóvenes sanos.

La fórmula de Hume-Weyers, mostró un valor de regresión lineal muy similar a la fórmula de Watson, pero no mostró diferencias estadísticas en relación a la medida individual del agua corporal con la Bioimpedancia. Es interesante reconocer que para determinar esta fórmula propuesta en el año 1971 (5), la muestra fue muy similar al de nuestro estudio, con la única diferencia que la recolección de los voluntarios provino de pacientes de un hospital inglés sin evidencia de retención de fluidos ni malnutrición, mientras que nuestra muestra fue realizada en jóvenes universitarios

sanos. En contraposición, Watson en 1980 recolectó la información a partir de las publicaciones existentes hasta esa fecha sobre agua corporal total, en la literatura mundial (excluyendo la asiática), recabando la edad, sexo, peso y talla de los sujetos incluidos en esos estudios.

El cálculo del agua corporal en función del peso y sexo de cada sujeto en esta muestra, tampoco mostró ser diferente al agua medida por bioimpedancia, pero fue menos precisa en el valor de su correlación con la bioimpedancia; sin embargo, debe aceptarse que ésta última forma de estimar el agua corporal es mucho más práctica.

Nuestro estudio permite concluir que la fórmula de Hume-Weyers para medir el agua corporal es la que ha mostrado mayores ventajas en la estimación del agua corporal en una muestra de jóvenes peruanos sanos, dado que su correlación con el Gold Estándar ha sido muy buena y no ha diferido estadísticamente en el cálculo del agua corporal con la medición hecha por bioimpedancia; por ello recomendaríamos su uso en personas con estas características. No debiera inferirse que esto es válido para personas con sobrepeso, obesidad, adelgazamiento marcado o sobrehidratación probable, para quienes debieran hacerse las observaciones pertinentes.

Declaración de financiamiento y de conflictos de intereses:

El estudio fue financiado por los autores, declaran no tener conflictos de interés.

Contribución de autoría:

JAGC, JAZN, JOLV y JACZ, participaron en el diseño del estudio, recolección de los datos, interpretación de los resultados y aprobación de la versión a ser publicada.

Correspondencia:

Javier Cieza Zevallos
javier.cieza@upch.pe

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Lee S, Song J, Kim G, Lee K, Kim M. Assessment of total body water from anthropometry-based equations using bioelectrical impedance as reference in Korean adult control and haemodialysis subjects.

- Nephrol Dial Transplant. 2001; 16(1):91-7.
2. Woodrow G, Oldroyd B, Wright A, Coward W, Truscott J. Comparison of anthropometric equations for estimation of total body. Nephrol Dial Transplant. 2003; 18(2):384-389.
 3. Sanchez A, Adela M. Uso de la bioimpedancia eléctrica para la estimación de la composición corporal en niños y adolescentes. Anales venezolanos de Nutrición. 2009; 22(2):105-110.
 4. Piers L, Soares M, Frandsen S, O'Dea K. Indirect estimates of body composition are useful for groups but unreliable in individuals. Int J Obes Relat Metab Disord. 2000; 24(9):1145-1152.
 5. Watson P, Watson I, Batt R. Total body water volumes for adult males and females estimated from simple anthropometric measurements. Am J Clin Nutr. 1980; 33(1):27-39.
 6. Hume R, Weyers E. Relationship between total body water and surface area in normal and obese subjects. J Clin Pathol. 1971; 24(3):234-8.
 7. Basile C, Vernaglione L, Bellizzi V, Lomonte C, Rubino A, D'Ambrosio N, et al. Total body water in health and disease: Have anthropometric equations any meaning? Nephrol Dial Transplant 2008; 23(6):1997-2002.
 8. Salkind NJ. Muestreo y generalizabilidad. En: Salkind NJ. Métodos de investigación. 3rd ed. Ciudad de México: Prentice Hall; 1999.p. 400.
 9. Altman P. Blood and other body fluids. Washington: Federation of American Societies for Experimental Biology; 1961.
 10. Brouns F. Necesidades nutricionales de los atletas. Barcelona: Editorial Paidotribo; 2001.p. 67.
 11. Johansson AC, Samuelsson O, Attman PO, Bosaeus I, Haraldsson B. Limitations in anthropometric calculations of total body water in patients on peritoneal dialysis. J Am Soc Nephrol. 2001; 12(3):568-573.

Recibido: 01/03/2016

Aceptado: 24/06/2016