

Primera versión: 27 de agosto de 2002
 Versión definitiva: 18 de diciembre de 2002
 Aceptado: 7 de enero de 2003

Rosario Vázquez,¹
 Héctor Pérez Grovas,²
 María de Jesús
 Ventura,³
 Ramón Paniagua³

Agua corporal total en pacientes en hemodiálisis. Diferentes métodos de medición

RESUMEN

Introducción: si bien algunos de los métodos para la estimación del agua corporal total resultan complejos o imprecisos, en el paciente urémico dicha determinación es útil para valorar la prescripción de diálisis y la expansión de volumen. Objetivos: conocer la utilidad de diferentes métodos para medir el agua corporal total, el efecto que tiene el edema en los resultados obtenidos con dichos métodos y la precisión de éstos para identificar variaciones inducidas por la ultrafiltración de agua durante la hemodiálisis. Material y métodos: estudio transversal de pacientes con insuficiencia renal crónica integrados a un programa de hemodiálisis regular, sin complicaciones agudas. Antes y después de la hemodiálisis se calculó el agua corporal total según porcentaje fijo del peso corporal, porcentaje del peso corporal por sexo, superficie corporal, fórmula de Watson e impedancia bioeléctrica. Resultados: se estudiaron 31 pacientes. Los valores más altos de agua corporal total correspondieron a los estimados por porcentaje fijo del peso ($30.1 \pm 6.7\%$) y los más bajos a los calculados por superficie corporal ($27.1 \pm 5.9\%$). La correlación fue significativa con todos los métodos ($r = 0.80$ a 0.98), pero la presencia de edema incrementó la dispersión de los resultados, particularmente cuando se utilizó porcentaje fijo del peso. Por ultrafiltración se extrajeron 2.5 ± 1.5 L, volumen identificado con mayor precisión mediante impedancia bioeléctrica. La correlación entre el volumen extraído y el calculado fue de $r = 0.70$. Conclusión: la impedancia bioeléctrica fue el método menos afectado por la presencia de edema y el que tuvo mejor correlación con los cambios inducidos por la ultrafiltración.

SUMMARY

Introduction: Measurements of total body water (TBW) are useful to evaluate dialysis prescription and volume expansion in uremic patients, but some methods are complex or imprecise. Objective: Our objective was to assess usefulness of different methods for measuring TBW, edema effect, and precision for detecting ultrafiltration-induced variations. Material and Methods: We conducted a cross-sectional study of patients on chronic hemodialysis without acute complications. Prior to and after hemodialysis session, TBW was measured by body weight percentage, body weight percentage by gender, body surface area, Watson method, and bioelectric impedance (IBE). These were analyzed stratifying for edema and by capacity for detecting ultrafiltration-induced TBW variations. Results: Thirty one patients were studied. Highest values of TBW corresponded to assessment by fixed weight percentage ($30.1 \pm 6.7\%$) and lowest to assessment by body surface area ($27.1 \pm 5.9\%$). Correlations were significant among all tested methods ($r = 0.80$ to 0.98), but edema increased resulting dispersion, particularly when TBW was calculated as fixed body weight percentage. Ultrafiltration volume of 2.5 ± 1.5 L was induced. IBE was the method that detected more precisely induced variation; correlation coefficient between ultrafiltration volume and measured volume was $r = 0.70$. Conclusions: IBE was the method least affected by edema. It also had best correlation with TBW changes induced by ultrafiltration. Therefore, IBE is the most reliable method to measure TBW.

¹Hospital General
 de Zona 192,
 Instituto Mexicano
 del Seguro Social,
 Ecatepec,
 Estado de México

²Departamento
 de Nefrología,
 Instituto Nacional
 de Cardiología
 "Ignacio Chávez",
 Distrito Federal
³Unidad
 de Investigación
 en Enfermedades
 Nefrológicas,
 Hospital
 de Especialidades,
 Centro Médico Nacional
 Siglo XXI,

Instituto Mexicano
 del Seguro Social,
 Distrito Federal

Comunicación con:
 Ramón Paniagua.

Tel.: (01 55) 5627 6967.
 Fax: 5761 1725.
 Correo electrónico:
 jrpaniagua@terra.com.mx

Palabras clave

- ✓ insuficiencia renal crónica
- ✓ hemodiálisis
- ✓ ultrafiltración
- ✓ impedancia eléctrica

Key words

- ✓ kidney failure, chronic
- ✓ hemodialysis
- ✓ ultrafiltration
- ✓ electric impedance

Introducción

La composición corporal es una de las determinaciones aceptadas para evaluar el estado nutricional.¹ En nefrología, la composición corporal y la determinación de agua corporal total (ACT) se emplean también como referentes para definir el tratamiento dialítico, el cual se prescribe utilizando el índice Kt/V, donde:

$$Kt = \text{depuración de urea}$$

V = volumen de distribución de urea, que es similar al del agua corporal total.^{2,3}

La medición precisa de V, y por lo tanto también de ACT, es todavía motivo de controversia.^{4,5} En la práctica cotidiana se puede calcular a partir de un porcentaje fijo del peso, porcentaje del peso ideal para cada sexo, la su-

perficie corporal o la combinación de varios parámetros.⁶⁻⁸

Dado que en la composición corporal del paciente urémico existen cambios secundarios a la desnutrición o a la retención de líquidos, con o sin edema aparente,⁹⁻¹¹ las mediciones señaladas — aunque fáciles de obtener— pueden no ser precisas puesto que los parámetros de referencia se obtienen de población sana. Recientemente se ha popularizado la *impedancia bioeléctrica* (IBE) para medir ACT y la composición corporal, y se han formulado recomendaciones y factores de corrección para su empleo en pacientes urémicos.¹²⁻¹⁴

El propósito del presente estudio es comparar los resultados en el cálculo de ACT por diferentes métodos de uso clínico, identificar el efecto que tiene el edema sobre dichas mediciones y la precisión con que se identifican las variaciones inducidas por ultrafiltración durante la hemodiálisis.

Cuadro I
Características de 31 pacientes con insuficiencia renal crónica integrados al programa de hemodiálisis

Edad (años)	32.4 ± 11.4
Sexo	
masculino	12
femenino	19
Diabetes mellitus	2
Edema	
Moderado	7
Severo	5
Peso (kg)	54.6 ± 11.7
Estatura (cm)	154.7 ± 7.9
Superficie corporal (m ²)	1.4 ± 0.2
Tiempo en hemodiálisis (meses)	8.6 ± 5.9
Albúmina (g/dL)	3.3 ± 0.5

Material y métodos

Se estudió a pacientes adultos con insuficiencia renal crónica integrados en el programa de hemodiálisis del Departamento de Nefrología, Instituto Nacional de Cardiología "Ignacio Chávez". Todos recibían tratamiento en la unidad como externos. La selección fue aleatoria, sin importar edad, sexo, causa de la insuficiencia renal crónica, tipo de acceso vascular o tiempo en hemodiálisis. Únicamente se solicitó a los pacientes que el día del estudio acudieran a su sesión regular sin haber tomado alimento en las últimas 12 horas. Antes de ser conectados al dializador se registró talla, peso y medición de pliegues cutáneos (Plicómetro tipo Lange) y de composición corporal con impedanciómetro (Bio-

Cuadro II
Características de 31 pacientes con insuficiencia renal crónica integrados al programa de hemodiálisis, distribuidos por presencia y grado de edema

	n	Edad	Peso	Talla	SC	TAS (mm Hg)	TAD (mm Hg)
Sin edema	19	31.3 ± 9.9	52.3 ± 9.9	154.3 ± 9.3	1.36 ± 0.16	148 ± 33	87 ± 18
Moderado	7	37.7 ± 16.1	56.7 ± 15.6	156.4 ± 5.1	1.41 ± 0.18	149 ± 23	87 ± 22
Severo	5	29.2 ± 29.2	60.2 ± 12.3	154.1 ± 6.1	1.45 ± 0.15	142 ± 39	80 ± 25

SC = superficie corporal

TAS = presión arterial sistólica

TAD = presión arterial diastólica

Cuadro III

Estimación del agua corporal total según cinco posibilidades y su variación según presencia y grado de edema, en 31 pacientes con insuficiencia renal crónica integrados al programa de hemodiálisis

	n	58 % PC	IBE	% PCS	ASC	Fórmulas de Watson
Sin edema	19	30.1 ± 5.6	29.0 ± 5.5	30.0 ± 6.6	26.6 ± 4.9	29.5 ± 5.9
Moderado	7	32.9 ± 9.1	29.5 ± 7.1	32.2 ± 10.0	27.4 ± 5.8	29.6 ± 7.0
Severo	5	34.9 ± 7.1	30.8 ± 3.6	34.3 ± 6.6	28.3 ± 3.6	31.6 ± 5.0
Total	31	30.1 ± 6.7	29.4 ± 5.5	31.2 ± 7.4	27.1 ± 4.8	29.8 ± 5.9

58 % PC = 58 % del peso corporal.

IBE = impedancia bioeléctrica.

% PCS =porcentaje del peso según sexo: 55 % en mujeres y 60 % en hombres.

ASC = agua corporal calculada por superficie corporal.

dinamics, Seattle, WA, USA). Antes y después de la hemodiálisis se tomaron muestras de sangre venosa sin estasis; a los 30 minutos de terminada la sesión se obtuvo una muestra adicional. La cuantificación de nitrógeno de urea y creatinina se llevó a cabo por métodos estándar (Beckman 70, USA), y la de sodio y potasio mediante flamometría (IL 550, Chicago IL, USA).

La estimación se efectuó considerando que el agua corporal:

- Representa 58 % del peso corporal (porcentaje fijo).⁶
 - Constituye 55 % del peso corporal de la mujer y 60 % del peso corporal del hombre (porcentaje según sexo).⁶
 - Está en función de la superficie corporal, y se calcula mediante las siguientes fórmulas:⁷

$$-14.0129 + 0.1948 \text{ (estatura)} + 0.2968 \text{ (peso)}$$

Hombres

$$-35.2701 + 0.3445 (\text{estatura}) + 0.1838 (\text{peso})$$

Mujeres

Otras dos maneras de calcular el agua fueron la impedancia bioeléctrica¹² y las fórmulas propuestas por Watson.^{6,8}

$$2.447 - 0.09516(\text{edad}) + 0.1074(\text{estatura}) + 0.3362(\text{peso})$$

Hombres

$$-2.097 + 0.1069(\text{estatura}) + 0.2466(\text{peso})$$

Mujeres

Cuadro IV

Diferencias entre los métodos empleados para el cálculo de agua corporal total

	IBE	58 % PC	ASC	Fórmulas de Watson
58 % PC	0.7	0.3	4.4*	0.2
IBE		1.7*	2.4*	0.4
% PCS			4.1*	1.3**
ASC				3.8

$\% PC = 58\% \text{ del peso corporal.}$

$IBE = \text{impedancia bioeléctrica}$

*% PCS = porcentaje del peso según sexo:
55 % en mujeres y 60 % en hombres.*

ASC=agua corporal calculada por superficie corporal.

Los resultados fueron analizados mediante *t* de Student, regresiones lineales múltiples y por pares, y análisis de covarianza, con el programa SPSS, versión 9.0.

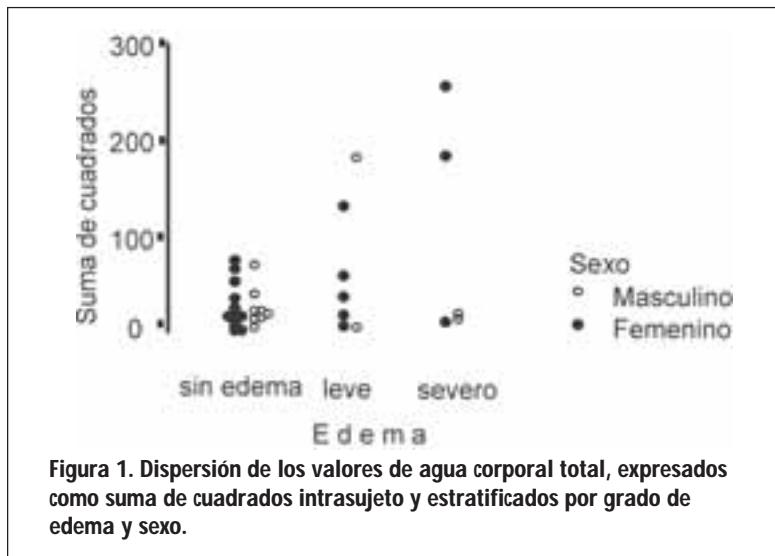
Resultados

El universo de estudio estuvo integrado por 31 pacientes. Los datos demográficos y otros datos se muestran en el cuadro I. En el cuadro II se detallan los datos clínicos principales de los pacientes, distribuidos según la presencia y magnitud del edema. En el cuadro III se encuentran

los valores obtenidos con los diferentes métodos; los más altos correspondieron a los estimados por porcentaje fijo del peso y los más bajos a los calculados por superficie corporal. El edema incrementó las diferencias en los resultados de los distintos métodos.

A pesar de las diferencias identificadas entre los métodos (cuadro IV), todos correlacionaron significativamente (cuadro V). La variabilidad intrapaciente se valoró por la magnitud de la dispersión de los resultados expresada a través de la suma de cuadrados. La presencia de edema tuvo un efecto significativo, aumentando la dispersión entre los diferentes métodos (figura 1).

Para control interno de las mediciones se repitieron éstas después de finalizada la diálisis. Como valor de referencia para efectuar nuevas correlaciones se tomó la cantidad de líquido ultrafiltrado (cuadro VI). El volumen de ultrafiltración fue de 2.52 ± 1.52 L. El valor más alto de correlación entre la variación inducida en ACT por la ultrafiltración y la variación estimada se obtuvo mediante IBE.



Discusión y conclusiones

Los resultados muestran cómo el método utilizado y la presencia de edema afectan significativamente el resultado de la medición de agua corporal total. Al emplear el volumen de ultrafiltración como medida objetiva de referencia,

el procedimiento de medición más preciso resultó ser la impedancia bioeléctrica.

En la práctica clínica no es frecuente la medición del espacio extracelular, en gran medida porque las técnicas de dilución, consideradas estándares de oro, son laboriosas y costosas.¹⁵ Sin embargo, la medición del volumen extracelular permite tener un mejor control de la cantidad de diálisis administrada y, sobre todo, un mejor control de la sobrecarga de líquidos, factor reconocido como uno de los más importantes en el control de la presión arterial y de las complicaciones cardiovasculares en los pacientes en diálisis.^{16,17}

Cuadro V
Correlación entre los métodos empleados para el cálculo de agua corporal total

	58 % PC	IBE	% PCS	ASC
IBE	0.871			
%PCS	0.975	0.919		
ASC	0.879	0.941	0.953	
Fórmulas de Watson	0.797	0.897	0.895	0.976

58 % PC = 58 % del peso corporal.
IBE = impedancia bioeléctrica.
%PCS = porcentaje del peso corporal según sexo: 55 % en mujeres y 60 % en hombres.
ASC = agua corporal calculada por superficie corporal.

Infortunadamente, los procedimientos accesibles para evaluar ACT no son precisos. Los basados en medidas antropométricas tienen el inconveniente de estar derivados de población sana y con ellos se puede sobreestimar los valores reales;¹⁸ su empleo requiere reajustes para cada sexo y para los diferentes grupos étnicos y etáreos.¹⁹ Incluso mediciones basadas en el espacio de distribución de urea y su depuración durante la diálisis llegan a presentar errores considerables.²⁰

La impedancia bioeléctrica, aplicada desde 1963, constituye una técnica sencilla, rápida y no invasiva para la medición de la composición

Cuadro VI
Coeficientes de correlación entre el volumen de ultrafiltrado y los cambios en agua corporal total estimados por diferentes métodos

Método	r	p
IBE	0.704	< 0.001
58 % PC	0.412	0.021
% PCS	0.621	< 0.001
ASC	0.324	0.059
Fórmulas de Watson	0.054	0.772

58 % PC = 58 % del peso corporal.

IBE = impedancia bioeléctrica.

% PCS = porcentaje del peso corporal según sexo: 55 % en mujeres y 60 % en hombres.

ASC = agua corporal calculada por superficie corporal.

corporal.²¹ Además, tiene una excelente correlación con técnicas de dilución.²²

Los resultados de este estudio demuestran que la estimación de agua corporal total depende en gran medida de la técnica empleada para calcularla y de la presencia de edema. Los cambios agudos en la hidratación generados por la ultrafiltración proporcionan una referencia adecuada para validar la precisión de los diferentes métodos de medición. El que correlacionó mejor con el volumen ultrafiltrado fue la impedancia bioeléctrica, lo cual demuestra que es un método sensible para el control de líquidos en el paciente en hemodiálisis.

Referencias

1. Roubenoff R, Kehayias JJ. The meaning and measurement of lean body mass. Nutr Rev 1991;49: 163-175.
2. Gotch FA, Yarian S, Keen M. A kinetic survey of US hemodialysis prescriptions. Am J Kidney Dis 1990;15:511-515.
3. Nakai S, Shinzato T, Fujita Y, Maeda K. Relationship of protein catabolic rate or Kt/V with morbidity. ASAIO J 1993;39:M602-M605.
4. Tzamaloukas AH. In search of ideal V. Perit Dial Int 1996;16:345-346.
5. Low CL, Bailie GR, Rasmussen R, Eisele G. Variability in creatinine clearance (CCR) and KT/V due to different methods of calculating volume and CCR. Perit Dial Int 1996;16:366-369.
6. Cooper BA, Aslani A, Ryan M, Zhu FYP, Ibels LS, Allen BJ, Pollock CA. Comparing different methods of assessing body composition in end-stage renal failure. Kidney Int 2000;58:408-416.
7. Hume R, Weyers E. Relationship between total body water and surface area in normal and obese subjects. J Clin Pathol 1971;4:234-238.
8. Watson PE, Watson ID, Batt RD. Total body water volumes for adult males and females estimated from simple anthropometric measurements. Am J Clin Nutr 1980;33:27-39.
9. Mitch WE, Wilcox CS. Disorders of body fluids, sodium and potassium in chronic renal failure. Am J Med 1982;72:536-550.
10. Coles GA. Body composition in chronic renal failure. QJM 1972;41:25-47.
11. Tzamaloukas AH. Effect of edema on urea kinetic studies in peritoneal dialysis. Perit Dial Int 1994;14: 398-401.
12. Lukaski HC. Methods for the assessment of human body composition: Traditional and new. Am J Clin Nutr 1987;46:537-556.
13. Piccoli A. Identification of operational clues to dry weight prescription in hemodialysis using bioimpedance vector analysis. Kidney Int 1988;53:1036-1043.
14. Chertow GM, Lazarus JM, Lew NL, Ma L, Lowrie EG. Bioimpedance norms for the hemodialysis population. Kidney Int 1997;52:1617-1621.
15. Sternby J. Significance of distribution volume in dialysis quantification. Semin Dial 2001;14:278-283.
16. Leypoldt JK, Cheung AK, Delmez JA, Gassman JJ, Levin NW, Lewis JAB, et al. The HEMO Study Group: Relationship between volume status and blood pressure during chronic hemodialysis. Kidney Int 2002;61:266-275.
17. Kooman JP, Leunissen KML. Cardiovascular aspects in renal disease. Curr Opin Nephrol Hypertens 1993; 2:791-797.
18. Kloppenburg WD, Stegeman CA, De-Jong PE, Huisman RM. Anthropometry-based equations overestimate the urea distribution volume in hemodialysis patients. Kidney Int 2001;59:1165-1174.
19. Chumlea WC, Guo SS, Zeller CM, Reo NV, Baumgartner RN, Garry PJ, et al. Total body water reference values and prediction equations for adults. Kidney Int 2001;59:2250-2258.
20. Himmelfarb J, Evanson J, Hakim RM, Freedman S, Shyr Y, Ikizler TA. Urea volume of distribution exceeds total body water in patients with acute renal failure. Kidney Int 2002;61:317-323.
21. Thomasset A. Bioelectrical properties of tissue. Lyon Med 1963;22:1325-1352.
22. Jaeger JQ, Mehta RL. Assessment of dry weight in hemodialysis. An overview. J Am Soc Nephrol 1999; 10:392-403.

Rosario Vázquez et al.
Agua corporal total
en pacientes en hemodiálisis