

Ventajas de los biosensores en hemodiálisis

Advantages of biosensors in haemodialysis

Dr. Leonardo Curbelo Rodríguez; Dra. Amarilis Marcano Díaz; Dra. Osmeida Pedroso Alfonso

Hospital Universitario Manuel Ascunce Domenech. Camagüey, Cuba.

RESUMEN

Fundamento: los avances tecnológicos en el campo de la electrónica y la informática han proporcionado grandes mejoras en la seguridad y tolerancia a la hemodiálisis. La incorporación de biosensores que informan del desarrollo de la sesión de hemodiálisis en tiempo real ha supuesto una novedad relevante.

Objetivo: profundizar sobre la utilidad y los principios de los biosensores aplicados a las máquinas actuales de la hemodiálisis.

Método: se realizó una revisión de investigaciones publicadas en revista de nefrología biomed.uninet; asn-online.org y scielo., libros, revistas y manuales de funcionamiento de las máquinas de hemodiálisis seleccionándose 34 artículos científicos sobre los biosensores y su empleo.

Desarrollo:revisión de los avances tecnológicos en las máquinas de hemodiálisis, los biosensores existentes, con las señales captadas por el sensor, su equivalente biológico y la señal clínica que nos aportan.

Conclusiones: los biosensores son monitores que, a través de señales fisicoquímicas obtenidas del circuito extracorpóreo de sangre o del baño de diálisis, proporcionan datos de la eficacia de la sesión de hemodiálisis o de los cambios que produce en el medio interno del enfermo.

DeCS: TÉCNICAS BIOSENSIBLES/utilización; DIÁLISIS RENAL; COMPARTIMENTOS DE LÍQUIDOS CORPORALES; RESULTADO DEL TRATAMIENTO; LITERATURA DE REVISIÓN COMO ASUNTO.

ABSTRACT

Background: technological advances in the fields of electronics and computer science have provided great improvements concerning safety and tolerance to haemodialysis. The incorporation of biosensors that inform about the progress of the haemodialysis session in real time has meant a significant innovation.

Objective: to look in depth at the usefulness and principles of biosensors applied to current haemodialysis machines.

Method: a review of researches published in nephrology journals, biomed.uninet, as-online.org, Scielo, books, other journals, and training manuals about the workings of haemodialysis machines, was made. Thirty-four scientific articles related to biosensors and the instructions for their use, were selected.

Development: a review of the technological advances related to haemodialysis machines, the existing biosensors, the signals received by the sensor, the biological equivalent and the clinical signal they contribute with, was made.

Conclusions: biosensors are monitors that, by means of physical-chemical signals obtained from the extracorporeal circuit of blood or of the dialysis bath, provide information of the effectiveness of the session of haemodialysis or of the changes that it produces in the organism of the patient.

DeCS: BIOSENSING TECHNIQUES/utilization; RENAL DIÁLISIS; BODY FLUID COMPARTMENTS; TREATMENT OUTCOME; REVIEW LITERATURE AS TEPIC.

INTRODUCCIÓN

Aunque los principios básicos de funcionamiento de la máquina de hemodiálisis no han variado desde los primeros monitores utilizados hace 40 años, los avances tecnológicos en el campo de la electrónica y la informática han proporcionado grandes mejoras en seguridad y tolerancia.¹

La incorporación de biosensores que informan del desarrollo de la sesión de hemodiálisis en tiempo real ha supuesto una novedad relevante.²

Los biosensores son el fundamento de nuevos sistemas de control automático que modifican los parámetros de la sesión de hemodiálisis en función de la respuesta del enfermo.^{3,4}

Las diferentes máquinas están confeccionadas para la hemodiálisis convencional y se introducen modificaciones para el uso de sodio variable, ultrafiltración controlada o manual, uso de diferentes membranas semipermeables o métodos de tratamiento, uso de diferentes concentrados de acetato o bicarbonato y reposición de soluciones, variabilidades del flujo sanguíneo y del líquido de diálisis, uso de simple o doble puntura, monitor de presión sanguínea para el monitoreo de la presión arterial durante el proceder, monitor de temperatura para el monitoreo de la temperatura y a la vez permite calcular la recirculación del acceso vascular, por mecanismo de termo dilución.⁵

El monitor de hemodiálisis es una máquina automática que controla el funcionamiento de dos sistemas de transporte de fluidos: un circuito para la circulación extracorpórea de la sangre y otro para la preparación y circulación de la solución o baño de diálisis. Este último circuito recibe el nombre de circuito de diálisis.⁶

Durante las sesiones de hemodiálisis, el circuito extracorpóreo sanguíneo forma parte del sistema cardiovascular del paciente. Por ello, el control y el análisis de determinadas variables en los circuitos permitirán conocer alteraciones que se produzcan en los enfermos o en su medio interno.⁷

Debido al avance tecnológico que han experimentado las máquinas de hemodiálisis en los últimos años, mejorando el monitoreo de los parámetros durante el tratamiento y garantizando mayor seguridad para los pacientes el propósito de esta revisión es profundizar en el conocimiento de la utilidad de estos biosensores.

MÉTODOS

Se realizó una revisión sistemática de textos y artículos científicos sobre investigaciones del tema, seleccionándose 34 de ellos, los cuales fueron buscados en revista de nefrología, biomed.uninet; asn-online.org y scielo se escogieron aquellos que abordaban los principios de funcionamientos de las nuevas máquinas de hemodiálisis, así como las ventajas de estos monitores para lograr mayor estabilidad de los enfermos en hemodiálisis, además de revisar los manuales de funcionamiento de los riñones artificiales fressenius 4008-S y 5008.^{5,6}

DESARROLLO

Durante las sesiones de hemodiálisis, el circuito extracorpóreo sanguíneo forma parte del sistema cardiovascular del paciente. Por ello, el control y el análisis de determinadas variables en los circuitos permitirán conocer alteraciones que se produzcan en los enfermos o en su medio interno.⁶

La última década del siglo xx supuso un gran avance en este sentido. Aparecieron los primeros *biosensores*, que controlan y analizan las variaciones de determinados parámetros, tanto en el circuito de sangre como en el de baño de hemodiálisis, e incluso pueden responder de forma automática ante determinadas circunstancias mediante servomecanismos o *biofeedback*.^{7,8}

Los biosensores son detectores no invasivos y no pueden estar en contacto directo con la sangre. Los biosensores de volumen sanguíneo y de balance térmico reciben las señales a través de las líneas del circuito de sangre. En los otros dos, el receptor del biosensor está en contacto con el baño de diálisis. El biosensor da información en tiempo real y de forma repetida.^{9,10}

Existen cuatro tipos de biosensores disponibles en la actualidad que permiten detectar los cambios durante la hemodiálisis: el de volumen sanguíneo, de dialisancia iónica, de cinética de la urea, de balance térmico y el monitor de presión arterial.

Monitor de volumen sanguíneo

Con el fin de controlar o evitar las hipotensiones en hemodiálisis, se ideó un sensor que controlase las variaciones del hematocrito o la viscosidad sanguínea.

Estos métodos indirectos de control de las variaciones de la volemia se basan en la ley de conservación de masas:

Si la cantidad de una sustancia X no sufre variación durante la sesión de diálisis, las variaciones en su concentración serán exclusivamente debidas a la modificaciones del volumen en el que está disuelta. Así, el hematocrito o si la viscosidad aumenta es porque la volemia ha descendido en igual porcentaje, y a la inversa.¹¹

El biosensor de volumen sanguíneo es un emisor/detector de dos haces de rayos infrarrojos, que analiza la absorción y dispersión de la luz transmitida a través de la sangre entera en el momento en que atraviesa una cámara rígida. Este analiza las variaciones de viscosidad mediante rayos ultrasonidos.¹²

Una reducción porcentual elevada del volumen de sangre realizada en poco tiempo, indicará que la hipovolemia es inminente y que el paciente está sufriendo una ultrafiltración muy superior al relleno vascular. Por el contrario, si la volemia crece o se mantiene constante, nos inclinaremos a pensar que podemos hacer mayores balances negativos, sin esperar cambios sustanciales hemodinámicos.¹³

Rangos de ultrafiltración que superen los 0,25 ml/min/kg de peso, parecen incrementar exponencialmente los episodios de hipotensión sintomática. Un descenso moderado y progresivo de un 1-3 % por cada litro de balance negativo, hasta un determinado límite, será soportado mucho mejor por el paciente. Los descensos de volemia pueden ser inicialmente mayores, pero al final de la sesión de hemodiálisis, cuando las reservas acuosas intersticiales se agotan, no se soportan ni variaciones mínimas en la volemia.^{12,13}

La ultrafiltración provoca un descenso del volumen sanguíneo durante la hemodiálisis, que es compensado en parte por el relleno vascular. Estas modificaciones se reflejan en cambios en el hematocrito y en las concentraciones de hemoglobina y proteínas.¹³

La ultrafiltración debe estar limitada al ritmo e intensidad del relleno vascular de cada paciente, en cada momento. Se sabe que las variaciones del sodio de diálisis modifican la natremia y ésta, a su vez, el relleno vascular, así como la actividad del sistema nervioso autónomo, la hemodinámica o las resistencias periféricas.¹⁴

Bajo estos principios, se ha diseñado el sistema de control biofeedback Hemocontrol. El sistema controla la volemia mediante dos variables independientes: ultrafiltración y conductividad.

El control de los cambios en la volemia lo realiza por la medición continua de la hemoglobina mediante un sistema óptico de absorbancia.

Se definen previamente:

1. Los márgenes de conductividad máxima y mínima que se van a utilizar, y la conductividad equivalente final según el modelo matemático cinético bicompartimental de sodio descrito por Pedrini.¹³
2. El rango de ultrafiltración máxima y mínima que se va a poder realizar y el volumen total que se va a extraer.
3. El ratio de contracción porcentual de volemia por litro ultrafiltrado (normalmente entre 1 y 3 de decremento porcentual de volemia por litro ultrafiltrado).

Con estos datos, el *software* del sistema elaborará una curva-perfil de contracción permitida de la volemia durante la sesión de diálisis.

En cada momento se realiza la ultrafiltración máxima posible, y si se contrae la volemia demasiado, el sistema responde bajando la ultrafiltración o aumentando conductividad para mejorar el relleno vascular, siempre que no realice balance positivo de sodio, según un modelo matemático de conductividad equivalente, por lo que en la última hora no realiza elevaciones de conductividad y mantiene la volemia únicamente variando las ultrafiltraciones.¹⁴

Hay dos tipos de biosensores de volumen sanguíneo. El más usado consiste en un sistema de emisión-recepción, a través de la línea arterial, de un haz de luz monocromática, cuya adsorción óptica depende fundamentalmente de la concentración de hemoglobina o del hematocrito. El otro procedimiento está basado en el estudio de

la velocidad de transmisión de ondas ultrasónicas en la sangre, que depende de la concentración de proteínas.¹²

Estos biosensores monitorizan de forma continua el proceso de hemoconcentración, que es inversamente proporcional a la disminución del volumen de sangre circulante. Mediante el procesado de estos datos, el monitor informa del descenso relativo del volumen de sangre (expresado en porcentaje), pero no de su valor absoluto. El estudio del modelo de descenso del volumen sanguíneo a lo largo de la sesión de hemodiálisis puede predecir la aparición de episodios de hipotensión en algunos enfermos.

Este monitor permite la obtención exacta de:

- 1- Los cambios relativos en el volumen de la sangre.
- 2- El valor de hematocrito.
- 3- El valor de hemoglobina.
- 4- Un control individualizado y volumen dependiente de la tasa de ultrafiltración durante el tratamiento de hemodiálisis.

Con esta opción es posible prevenir ahora la hipotensión sintomática producida por un retiro excesivo de líquido sin la necesidad de suministrar sodio adicional al paciente.¹²⁻

14

Monitor de dialisancia iónica

El monitor de dialisancia iónica es un biosensor que mide la conductividad del baño de diálisis a la entrada y a la salida del dializador. Con estos datos, calcula la dialisancia iónica y la conductividad de la sangre de forma no invasiva. La conductividad de un fluido es proporcional a su contenido de iones. Como el ión más frecuente en el baño de diálisis y en la sangre es el sodio, la conductividad es un buen marcador de su concentración.^{6,15}

El soluto con mayor presencia en el baño de hemodiálisis es el cloruro sódico, que representa el 94 % de su conductividad global, la dialisancia iónica global es fundamentalmente debida a la dialisancia de cloruro sódico. Y como los pesos moleculares de la urea y del cloruro sódico son similares (60 frente a 58), el aclaramiento de urea es similar a la dialisancia de cloruro sódico.¹⁶

La monitorización estándar de la conductividad, tanto a la entrada como a la salida del dializador, permite calcular la dialisancia iónica y la conductividad plasmática del paciente, e incluso el balance iónico global.¹⁷

La dialisancia iónica es equivalente al aclaramiento de urea (K) corregido por la recirculación. Introduciendo el valor del volumen de distribución de la urea del enfermo (V), el monitor de dialisancia iónica proporciona el aclaramiento fraccional de urea (Kt/V) de cada sesión de hemodiálisis en tiempo real, de forma automática, sin precisar muestras de sangre ni reactivos.

La medida de la dialisancia iónica tiene en cuenta la recirculación del acceso vascular, y su valor disminuye al invertir la posición de las líneas arterial y venosa. Esta variación de la dialisancia iónica depende del flujo del acceso vascular y permite su cálculo.¹⁸

El monitor de dialisancia iónica calcula el valor de la conductividad del plasma, que es un fiel reflejo de la concentración plasmática de sodio. Este es el fundamento del desarrollo de un biocontrol que modifica automáticamente la conductividad del baño de diálisis en función de los valores de la conductividad plasmática, para conseguir que el enfermo finalice la hemodiálisis con una conductividad plasmática determinada. Se tiene en cuenta la relación lineal existente entre conductividad y concentración de sodio, este biocontrol permite prescribir la concentración plasmática de sodio al finalizar la hemodiálisis.

El sistema investiga los aclaramientos de urea realizados a lo largo de la sesión de diálisis y sus variaciones, obviando la recirculación del acceso y con el flujo sanguíneo efectivo. Con ello se obtiene un Kt real de cada diálisis y sin necesidad de realizar muestras analíticas.¹⁶

El *online clearance monitoring* es un módulo opcional que puede integrarse a las máquinas de hemodiálisis.

El monitor de aclaramiento en línea permite la monitorización continua de:

- 1- El aclaramiento efectivo de urea in vivo (K).
- 2- El plasma depurado acumulado de urea (Kt).
- 3- La dosis diálisis administrada hasta el momento (Kt/V).

- 4- La concentración de sodio plasmático durante el tratamiento.

Ventajas de esta técnica:

- 1- No es invasiva.
- 2- Completamente automática.
- 3- No causa costos adicionales al tratamiento.
- 4- No requiere de material desechable, ni causa esfuerzos adicionales al personal o de laboratorio.

Este módulo también se puede emplear en la hemodiafiltración en línea en modo pre o post-dilución. ¹⁵⁻¹⁷

Funcionamiento del monitor de aclaramiento de urea: en la búsqueda de un método para monitorizar el aclaramiento, se consideró una sustancia presente en grandes cantidades en el líquido de diálisis, y los cambios en concentración medidos por medio de sensores en la máquina, esta sustancia es el ión sodio. Los iones de sodio representan la mayor proporción de electrolitos de libre movilidad en el líquido de diálisis y, por tanto, determinan la conductividad de este. A pesar de que el pequeño ión de sodio, de carga positiva, difiere de la molécula de urea (sin carga y de mayor dimensión) ambas partículas presentan características difusivas en vivo y en vitro comparables a través de una membrana sintética de diálisis. Por ejemplo su coeficiente difusivo específico es prácticamente idéntico a 37 grados centígrados (Na^+ : $1,94 \times 10,5 \text{ cm}^2/\text{segundo}$, Urea: $2,20 \times 10,5 \text{ cm}^2/\text{segundo}$). ¹⁸

Por medio de la determinación indirecta de las concentraciones de iones en la solución de hemodiálisis (medición de la conductividad a la entrada y salida del dializador) es técnicamente posible determinar el perfil de difusión de los iones de sodio a través de la membrana de diálisis y por tanto calcular la denominada dialisancia o el aclaramiento iónico (D). En base a la dialisancia de los iones de sodio se puede determinar la difusibilidad de la urea a través de la membrana (permeabilidad) y por tanto el aclaramiento de urea. Con relación al margen de error por este método y los análisis de sangre es de solo un 5 %. ¹⁹⁻²¹

Monitor de urea

Mediante la cuantificación de la urea eliminada en una sesión de diálisis se pueden obtener numerosos parámetros relacionados con la eficacia de la hemodiálisis y el estado de nutrición proteica. Hay dos biosensores que estiman la concentración de urea en el baño fluente y la cantidad de urea eliminada, sin tener que recoger el dializado.^{22,23}

Un procedimiento consiste en hacer que el baño fluente atraviese un cartucho de ureasa que transforma una sustancia electroneutra (urea) en otra con carga eléctrica (amonio). El cambio de conductividad del baño fluente al atravesar el cartucho de ureasa es un índice de la concentración de urea. El otro biosensor no consume reactivos: la adsorción de una radiación ultravioleta por el baño fluente depende de la concentración de productos nitrogenados. A partir de este dato, se calcula la concentración de urea. Mediciones muy frecuentes son procesadas, y con el análisis de la curva correspondiente el biosensor proporciona información de la masa de urea eliminada, del Kt/V y de la tasa de catabolismo proteico.^{24,25}

Monitor de temperatura de la sangre (BTM)

El monitor de temperatura mide la temperatura de la sangre al principio y al final del circuito extracorpóreo, mediante termosensores colocados alrededor de la línea arterial y de la línea venosa. Con este dispositivo se puede medir la recirculación y el flujo del acceso vascular por una técnica de termodilución. La temperatura de la sangre en la línea arterial, corregida por la recirculación, es equivalente a la temperatura corporal central. El biosensor de temperatura informa de la evolución de la temperatura corporal central a lo largo de la sesión de hemodiálisis y del balance de energía del enfermo.²⁶

Los datos proporcionados por el biosensor de temperatura son la vía aferente de un biocontrol en el que, mediante modificaciones de la temperatura del baño, se puede programar una hemodiálisis para que no se produzcan variaciones de la temperatura corporal central (hemodiálisis isotérmica) o para que el balance de energía sea neutro (hemodiálisis termo neutra). La hemodiálisis isotérmica proporciona más estabilidad hemodinámica y mejor tolerancia que la hemodiálisis termoneutra y su consecución es el principal objetivo de este biocontrol.²⁷

Este sistema está compuesto por dos sensores que monitorizan en todo momento la temperatura sanguínea en las líneas arterial y venosa, de forma no invasiva. ²⁸

Esto permite cuantificar los efectos de la hemodiálisis sobre la temperatura corporal central y realizar balances de energía. Podremos realizar hemodiálisis termoneutras, cuya finalidad es conseguir balances energéticos igual a cero, o hemodiálisis isotérmica, cuyo objetivo es mantener estable la temperatura corporal central. ²⁷⁻²⁹

También permite conocer la recirculación del acceso, mediante un bolo térmico producido en el baño y enviado al acceso por la línea venosa, que valora porcentualmente cuanto vuelve por rama arterial. ³⁰⁻³⁴

Monitor de presión sanguínea

Es un monitor de presión sanguínea totalmente automatizado y no invasivo.

Funciones:

- 1- Nos mide las presiones sistólicas y diastólicas durante el proceder de hemodiálisis.
- 2- Nos informa la presión arterial media.
- 3- Nos informa sobre el pulso arterial durante la hemodiálisis.
- 4- Permite llevar a cabo mediciones a intervalos preseleccionados, 5, 15, 30, 60 minutos. ^{5,6}

CONCLUSIONES

Los biosensores son monitores que, a través de señales fisicoquímicas obtenidas del circuito extracorpóreo de sangre o del baño de diálisis, proporcionan datos de la eficacia de la sesión de hemodiálisis o de los cambios que produce en el medio interno del enfermo, esto permite realizar ajuste durante el tratamiento con el objetivo de prevenir complicaciones y lograr una mayor efectividad del tratamiento mejorando la biocompatibilidad de la hemodiálisis. En la presente investigación se abordan los biosensores existentes en las máquinas de hemodiálisis actuales y la información clínica que nos proporcionan.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Solozabal Campos CA. Monitores de hemodiálisis. Desinfección. Biosensores. En: Jofre R, López Gómez JM, Luño L, Pérez García R, Rodríguez Benítez P, editores. Tratado de Hemodiálisis. 2a ed. médica Jims [s.l.]; 2006. p. 157-82.
2. Sociedad Española de Nefrología. Guías de Acceso Vascular en Hemodiálisis. Rev Soc Esp Nefrol. 2008;24:21-3.
3. Kumar V, Depner T, Besarab A, Ananthakrishnan S. Arteriovenous Access for Hemodialysis. En: Daurgidas JT, Blake PG, Ing TS, editores. Manual de diálisis. 4ª ed. Philadelphia: Lippincott Williams & Wilkins; 2008. p. 104-25.
4. Himmelfarb J, Chuang P, Schulman G. Hemodiálisis. En: Brenner BM, editor. The Kidney. Vol 1. 8 th ed. Philadelphia. Brenner and Rector's. Saunders; 2007. p. 1974-85.
5. Manual del usuario monitor 4008 S. Munich: Fresenius Medical Care; 2007.
6. Manual del usuario sistema terapéutico 5008. Munich: Fresenius Medical Care; 2009.
7. Fernández Avellano V, Soto Álvarez S, Arenas Garcías M. Dosis de diálisis medida por dialisancia iónica (Kt). Estudio comparativo con el Kt/V. Factores que influyen en la dosis de diálisis alcanzada. Rev Soc Esp Nefrol. 2009;12(2):97-102.
8. Maduell F. Guías SEN. Guías de centros de hemodiálisis. Nefrología [Internet] 2006 [citado 12 Mar 2013];26(Supl.8):[aprox. 15 p.]. Disponible en: <http://www.revistanefrologia.com/revistas/P7-E270/P7-E270-S140-A4586.pdf>
9. Pérez García R. Guías de gestión de calidad del líquido de diálisis (LD) [Internet]. Madrid: Sociedad Española de Nefrología; 2006 [citado 12 Mar 2013]. Disponible en: http://nefrologia12octubre.com/LinkClick.aspx?link=documentos/gua_calidad_agua_mar06.pdf & tabid=86 & mid=411
10. Maduell F, Navarro V. Medida y control de la eficacia en hemodiálisis. Diálisis adecuada. Monitorización continua. En: Jofré R, López Gómez JM, Luño J, Pérez García R, Rodríguez Benítez P, editores. Tratado de hemodiálisis. 2da ed. Madrid: Médica Jims; 2008. p. 243-53.
11. de Vries JP, Olthof CG, Visser V, Kouw PM, van Es A, Donker JM, et al. Continuous measurement of blood volume during hemodialysis by an optical method. ASAIO J. 2008;38(3):181-5.

12. Schneditz D, Poggitsch H, Horina J, Binswanger U. A blood protein monitor for the continuous measurement of blood volume changes during hemodialysis. *Kidney Int.* 2007;38:342-6.
13. Pedrini L, Ponti R, Faran P, Cozzi G, Locatelli F. Sodium modelling in hemodiafiltration. *Kidney Int.* 2009;40:532-52.
14. Cheung Alfred K. Hemodialysis and hemofiltration. En: Sabatini Sandra, Egnoyan Garabet, Donadio James V, Massry Shaul G, Mitch William G, editor. *Primer on kidney diseases*. 2nd ed. Philadelphia: Academic Press; 2010. p. 408-15.
15. Mercadal L, Ridel C, Petitclerc T. Ionic Dialysance: Principle and review of its clinical relevance for quantification of hemodialysis efficiency. *Hemodialysis International.* 2005;9:111-9.
16. Teruel Jordán L, Fernández Lucas M, Rodríguez Gonzalez R, López Sanchez J, Marcén Rivera R. Relación entre la dialisancia iónica y el aclaramiento de urea. *Nefrología.* 2009;20(2):198-230.
17. Tam VK. The mathematical basis, clinical application and limitations of ionic dialysance. *Hong Kong J Nephrol.* 2010;6:56-59.
18. Di Filippo S, Manzoni C, Andrulli S, Pontoriero G, Dell´Oro C, La Milia V, et al. How to determine ionic dialysance for the online assessment of delivered dialysis dose. *Kidney Int.* 2008;59:774-82.
19. Di Filippo S, Manzoni C, Andrulli S, Pontoriero G, Dell´Oro C, La Milia V, et al. Ionic dialysance allows an adequate estimate of urea distribution volume in hemodialysis patients. *Kidney Int.* 2004;66:786-91.
20. Fernandez Alvarez V, Soto Garcia S, Arenas Lugo M. Dosis de diálisis medida por dialisancia iónica (Kt). Estudio comparativo con el Kt/V. Factores que influyen en la dosis de diálisis alcanzada. *Rev Soc Esp Nefrol.* 2009;12(2):97-102.
21. Merino Gonzalez JL, Teruel Jordán L, Galeano Garcías G, Fernández Lucas M, Ocaña Lucas J, Rivera Rodríguez M, et al. Medición del flujo del acceso vascular con dialisancia iónica. *Nefrología.* 2006;26:481-5.
22. National Kidney Foundation.KDOQI.Clinical Practice Guidelines and Clinical Practice Recommendations for 2006 Updates: Hemodialysis Adequacy, Peritoneal Dialysis Adequacy and Vascular Access. *Am J Kidney Dis.* 2006;48(Suppl 1):S1-S322.
23. Rodríguez Hernández JA, González Parra E, Gutiérrez Julián JM. Guías SEN del acceso vascular. *Nefrología.* 2005;25(Supl 1):34-47.
24. Carbayo Mendez N, Montesinos Alvarez I, Davia Lugo C. Medidas de recirculación en fístulas arterio-venosas radiocefálicas. Valoración comparativa de dos métodos. En: Carbayo Mendez N, Montesinos Alvarez I, Davia Lugo C, editores. *Salamanca: Libro de*

comunicaciones del XXI Congreso de la Sociedad Española de Enfermería Nefrológica; 2011. p. 29-50.

25. Sánchez Villar I, Cabello Gonzalez O, Valido Pérez P. Supervivencia de la FAVI y sesión de hemodiálisis ¿Cómo se relacionan? En: Sánchez Villar I, Cabello Gonzalez O, Valido Pérez P, editores. San Sebastián: Libro de comunicaciones del XXXIII Congreso de la Sociedad Española de Enfermería Nefrológica; 2008. p. 195-200.

26. Port F, Ashby V, Dhingra R, Roys E, Wolfe R. Dialysis dose and body mass index are strongly associated with survival in hemodialysis patients. *J Am Soc Nephrol.* 2002;13:1061-6.

27. National Kidney Foundation. KDOQI. Clinical Practice Guidelines and Clinical Practice Recommendations for 2006 Updates: Hemodialysis Adequacy, Peritoneal Dialysis. *Am J kidney Dis.* 2006;12:1040-56.

28. Kuhlmann U, Goldau R, Samadi N, Graf T, Gross M, Orlandini G, et al. Accuracy and safety of Online Clearance Monitoring base don conductivity variation. *Nephrol Dial Transplant.* 2010;16:1053-8.

29. Giorgi M, Herrero JA, Ramos F. Medición del flujo del acceso vascular mediante monitor de temperatura sanguínea y dialisancia iónica. *Nefrología.* 2007;27(Supl 4):65.

30. Rollán de la Sota MJ. Cálculo de Recirculación de Fístulas Arteriovenosas para Hemodiálisis. Valoración mediante 2 métodos [CD-ROM]. España: Comunicaciones Presentadas al XXXIV Congreso Nacional SEDEN; 2009.

31. Allon M, Robbin ML. Hemodialysis vascular access monitoring: current concepts. *Hemodial Int.* 2009;13(2):153-62.

32. Van der Sande FM, Kooman JP, Burema JHGA, Hameleers P, Kerkhofs AMM, Barendregt JM, et al. Effect of dialysate temperature on energy balance during haemodialysis: quantification of energy transfer from the extracorporeal circuit to the patient. *Am J Kidney Dis.* 2009;33:1115-21.

33. Ortiz-Herrasti E, Martínez Cercós AC, García León J. Control clínico del acceso vascular. *Angiología.* 2005;57(Supl 2):583-92.

34. Maggiore Q, Pizzarelli F, Santoro A, Panzetta G, Bonforte G, Hannedouche T, et al. The effects of control of thermal balance on vascular stability in hemodialysis patients: results of the European Randomized Clinical Trial. *Am J Kidney Dis.* 2010;40:280-90.

Recibido: 21 de enero de 2014

Aprobado: 3 de marzo de 2014

Dr. Leonardo Curbelo Rodríguez. Especialista de II Grado en Nefrología. Máster en Urgencias Médicas. Profesor Instructor. Hospital Universitario Manuel Ascunce Domenech. Camagüey, Cuba. Email: curbelo@finlay.cmw.sld.cu