



# Evaluación de las variaciones de la volemia en las distintas maniobras empleadas durante la hemodiálisis

E. Coll, M. Vallès, P. Torquet, J. Bronsoms, G. Maté y J. M. Mauri

Servicio de Nefrología. Hospital Josep Trueta. Girona.

## RESUMEN

La hipotensión intradiálisis está íntimamente ligada a la hipovolemia y asociada al grado de ultrafiltración. Las maniobras utilizadas para corregir la hipotensión son: la maniobra de Trendelenburg, la infusión de suero salino isotónico o expansores del plasma y el cese de la ultrafiltración. El objetivo de dicho estudio es cuantificar el efecto en la volemia de las distintas maniobras empleadas para la corrección de la hipovolemia mediante el dispositivo del Crit-Line.

Hemos evaluado 32 pacientes en programa de hemodiálisis estable durante 5 sesiones de hemodiálisis consecutivas.

Las maniobras evaluadas han sido: administración de suero fisiológico, expansores del plasma, suero salino hipertónico, la maniobra de Trendelenburg y el cese de la ultrafiltración. Se valora la máxima volemia conseguida tras el inicio de la maniobra y el tiempo transcurrido hasta recuperar la volemia basal.

**Resultados:** El suero fisiológico produce un incremento de la volemia al final de la tercera hora del 2,9%, superior a la primera (2,6%) y segunda horas (2,4%). La maniobra de Trendelenburg al final de la primera hora consigue un incremento mínimo de la volemia del 0,4%. La administración de expansores del plasma al final de la tercera hora produce el mayor incremento de la volemia, del 3,1%, y el más duradero (37 minutos). El cese de la ultrafiltración al final de la primera y tercera horas consigue un incremento de la volemia (del 2% y del 2,3%, respectivamente). Finalmente, la administración de suero salino hipertónico produce un mínimo incremento de la volemia del 0,7%.

**Conclusión:** La infusión rápida de suero fisiológico y expansores del plasma son las maniobras más rápidas, eficaces y duraderas para la expansión de la volemia, seguidas del cese de la ultrafiltración. La maniobra de Trendelenburg y la administración de suero fisiológico hipertónico son maniobras muy poco eficaces en la recuperación rápida de la volemia.

Palabras clave: **Volemia. Hipotensión. Hemodiálisis. Crit-line.**

Recibido: 12-XII-2003.

En versión definitiva: 10-V-2004.

Aceptado: 10-V-2004.

**Correspondencia:** Dra. Elisabet Coll  
Servicio de Nefrología  
Hospital Clínic de Barcelona  
Villarroel, 170  
08036 Barcelona  
E-mail: ecoll@terra.com

## EVALUATION OF PLASMA VOLUME VARIATION DURING DIFFERENT HEMODIALYSIS MANEUVERS

### SUMMARY

*Intradialytic hypotension is closely linked to hypovolemia and ascribed to the degree of ultrafiltration. Among the maneuvers used to recovery hypotension, we have the Trendelenburg position, the infusion of isotonic saline serum or plasma extenders as well as shutting of the ultrafiltration. The objective of this study is to quantify the influence that the different maneuvers employed for recovery hypovolemia will have on blood volume, employing the Crit-Line system.*

*We have studied 32 hemodialysis patients over 5 consecutive hemodialysis sessions. The different maneuvers evaluated were: administration of saline serum, plasma extenders, Trendelenburg position, shutting off the ultrafiltration and administration of hypertonic saline serum.*

**Results:** *The administration of saline serum causes an increase of 2.9% in blood volume at the end of the third hour, which is higher than the increase achieved in the first hour (2.6%) and second hour (2.4%). The Trendelenburg position achieves a minimal blood volume increase of 0.4%. The administration of plasma extenders achieves the most significant increase in blood volume of 3.1% and the longer lasting one as well (37 minutes). The cessation of ultrafiltration at the end of the first and third hours, achieves a blood volume increase of 2% and 2.3% respectively. Lastly, the administration of hypertonic saline serum causes a minimal blood volume increase of 0.7%.*

**Conclusion:** *The infusion of isotonic saline serum and plasma extenders, are the quickest, most efficient and long lasting maneuvers for blood volume expansion, followed by the cessation of ultrafiltration. In concerning to quick plasma volume recovery, the Trendelenburg position and the administration of hypertonic saline serum are not very efficient maneuvers.*

Key words: **Volemia. Hypotension. Hemodialysis. Crit-line.**

### INTRODUCCIÓN

La hipotensión se produce en el 10-50% de las sesiones de hemodiálisis, siendo una de las complicaciones más frecuentes de dicha técnica<sup>1,2</sup>. La mayoría de las hipotensiones producidas por la diálisis se atribuyen a una ultrafiltración excesiva o a una velocidad de ultrafiltración excesiva. Steuer y cols. han demostrado que los calambres musculares y el mareo ocurren en el 28% de las sesiones de hemodiálisis y que en todos los casos dichos síntomas van precedidos de una disminución pronunciada en la volemia<sup>3</sup>.

En estudios previos se ha demostrado la existencia de una volemia límite por debajo de la cual se produce la hipotensión. En este sentido Daugirdas y cols., usando albúmina marcada objetivaron la existencia de un volumen sanguíneo por debajo del cual se producía la hipotensión<sup>2,4-7</sup>. Kim y cols. objetivaron lo mismo usando hematíes marcados<sup>8</sup>. Una alternativa a los parámetros clínicos y a las técnicas de radioisótopos para evaluar la volemia del pa-

ciente, es el uso de un instrumento no invasivo que permita conocer las variaciones de la volemia en todo momento durante la sesión de hemodiálisis<sup>9-12</sup>. La monitorización de los cambios en la volemia con el dispositivo del Crit-Line ha sido utilizada por Steuer y cols. para la determinación del hematocrito límite, a partir del cual el paciente experimentaba síntomas intradiálisis relacionados con la hipotensión provocada por la hipovolemia<sup>13</sup>. Por otro lado Ookawara y cols. objetivaron con el Crit-Line un rápido incremento en la volemia en pacientes antes de iniciar la hemodiálisis al pasar de la posición de bipedestación a decúbito supino<sup>14</sup>.

Cuando se produce una hipotensión intradiálisis, las maniobras empleadas para una recuperación rápida de la volemia son el cese de la ultrafiltración, la maniobra del Trendelenburg, la infusión de suero salino o expansores del plasma.

El objetivo de dicho estudio es cuantificar, mediante el dispositivo no invasivo del Crit-Line, los cambios producidos en la volemia con las distintas

maniobras empleadas para la corrección de la misma y comparar la efectividad de dichas maniobras cuando se utilizan en distintos tiempos de la sesión de hemodiálisis.

## MATERIAL Y MÉTODOS

Hemos estudiado 32 pacientes con insuficiencia renal crónica terminal en tratamiento sustitutivo con hemodiálisis. Se monitorizaron hasta cinco sesiones de hemodiálisis consecutivas mediante el instrumento Crit-Line®, para determinar los cambios en la volemia aplicando las distintas maniobras de recuperación de la misma. Se desecharon las sesiones en las que hubo manifestaciones clínicas de hipovolemia aguda. Para evaluar la homogeneidad respecto a las sesiones de hemodiálisis en cuanto al grado de ultrafiltración, primero evaluamos una sesión de diálisis basal con el instrumento Crit-Line y posteriormente se compararon tanto el peso como la ultrafiltración con las sesiones de hemodiálisis a las que aplicamos las distintas maniobras de la volemia. Las sesiones de hemodiálisis se realizaron de acuerdo con la prescripción normal usando los monitores 2008E y 3008E de Fresenius a flujos de entre 350-500 ml/min según las posibilidades del acceso vascular, que se mantuvieron constantes en cada paciente durante las cinco sesiones de diálisis, y con la misma membrana para cada paciente (PAN, cupramonio de ralon, polisulfona) ajustándolo a su peso seco. La temperatura del líquido de diálisis era de 36,5 °C y el tampón utilizado fue el bicarbonato. La conductividad del líquido de diálisis era de 140 y se mantuvo constante durante toda la sesión. La ultrafiltración se calculó en función del peso seco de cada paciente, que no varió a lo largo del estudio. Las velocidades de ultrafiltración se mantuvieron constantes durante la sesión. Los pacientes se hallaban en decúbito supino durante toda la sesión de diálisis.

Las maniobras que hemos analizado son las siguientes: administración de 100 cc de suero fisiológico en cada hora de hemodiálisis; maniobra de Trendelenburg partiendo de la posición de decúbito supino en la primera hora; maniobra de Trendelenburg junto a la administración de 100 cc de suero fisiológico en la tercera hora de hemodiálisis; administración de 10 cc de suero salino hipertónico (NaCl 20%) en la primera hora; administración de 100 cc del expansor de volumen Gelafundina® en la tercera hora; y supresión de la ultrafiltración durante 10 minutos en la primera hora y en la tercera hora a 13 pacientes (fig. 1).

El estudio fue aprobado por el Comité Ético del hospital y obtuvimos el consentimiento informado de cada uno de los pacientes. Con el instrumento

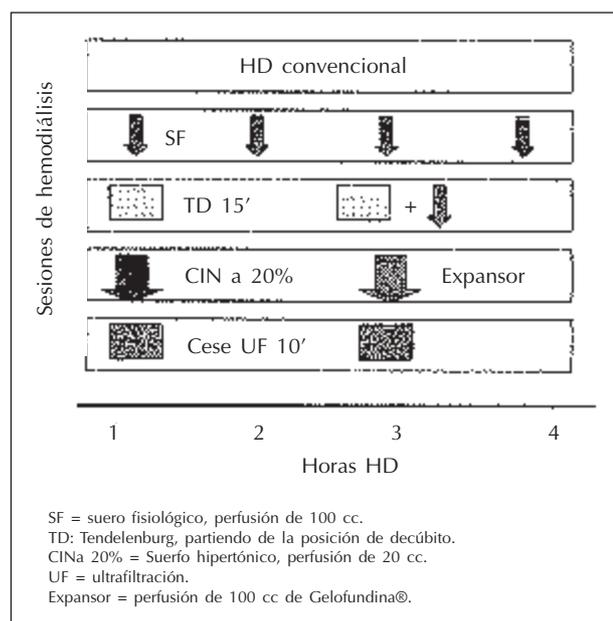


Fig. 1.—Diseño del estudio. Secuencia de maniobras empleadas.

Crit-Line determinamos los cambios en la volemia así como el tiempo de duración de dichos cambios. El Crit-Line es un instrumento que gracias a un sistema de emisión y recepción de dos haces de rayos infrarrojos puede medir y registrar la concentración de los hematíes cada segundo. Dado que el volumen de hematíes permanece constante durante la hemodiálisis, los cambios en el hematocrito están inversamente relacionados con los cambios en la volemia<sup>15,16</sup>. Posteriormente informatiza los datos y emite un resultado de las lecturas realizadas on-line, permitiendo conocer el hematocrito, y como consecuencia, las variaciones de la volemia que ocurren en el espacio intravascular cada 20 segundos durante toda la sesión de hemodiálisis<sup>17</sup>. El incremento de la volemia lo definimos como la variación máxima de la volemia desde el inicio de la maniobra hasta los siguientes 15 minutos. El tiempo de recuperación de la volemia es el tiempo que transcurre entre el inicio de la maniobra y el retorno a la misma volemia que había al inicio de la maniobra.

## Método estadístico

Se realizó un análisis estadístico descriptivo utilizando las variables continuas como media y desviación standard o mediana (valores máximo y mínimo) según su distribución. Las variables categóricas se expresaron como porcentajes. Se compararon las variables continuas con la *t* de Student, con la *U* de

**Tabla I.** Incremento máximo de la volemia y tiempo de recuperación de la misma con las distintas maniobras

Maniobra	Intervención (hora)	Número pacientes	↑ Volemia %	Tiempo recuperación (minutos)
SIF	1. <sup>a</sup>	21	2,6 ± 1,2	18,3 ± 7
	2. <sup>a</sup>	21	2,4 ± 0,9	16,7 ± 8,8
	3. <sup>a</sup>	21	2,9 ± 0,6	15,8 ± 8,2
	4. <sup>a</sup>	21	2,5 ± 1,1	12,3 ± 8,4
TDL	1. <sup>a</sup>	25	0,4 ± 0,7	–
TDL + SF	3. <sup>a</sup>	29	2,8 ± 1,2	20,3 ± 8,6
CINa 20%	1. <sup>a</sup>	21	0,7 ± 0,5	4,3 ± 3,5
Gelofundina*	3. <sup>a</sup>	25	3,1 ± 0,8	37 ± 12,3
Cese UF	1. <sup>a</sup>	13	2 ± 0,7	10 ± 2,3
	3. <sup>a</sup>	13	2,3 ± 0,8	10,7 ± 3,3

\* La valoración del cambio en la volemia con gelofundina es a mínimos, ya que cuatro pacientes finalizan la sesión sin haber recuperado la volemia SF = suero fisiológico. TDL = Trendelenburg. UF = ultrafiltración.

Mann-Whitney y con Anova para medidas repetidas para el estudio de la ultrafiltración en las diversas sesiones practicadas en cada paciente, o para datos independientes con la corrección de Scheffé al comparar el efecto de las diversas maniobras sobre la intensidad o el tiempo de recuperación. Las relaciones se consideraron significativas si el valor de la *p* fue inferior a 0,05. Los análisis estadísticos se realizaron con el paquete estadístico SPSS.

## RESULTADOS

Hemos evaluado 32 pacientes en programa de hemodiálisis, 22 hombres y 10 mujeres, con una edad de 64 años (rango 28-84) con un peso seco medio de 64,6 ± 13 kg y con una ultrafiltración media de 3,1 ± 1,2 kg. No hubo diferencias significativas en el peso pre-hemodiálisis ni en la ultrafiltración entre la sesión basal y el resto de sesiones.

La duración de cada sesión de diálisis fue de 4 horas en 26 pacientes y de 3 horas y media en los 6 restantes.

En la tabla I se reflejan los resultados de los cambios de la volemia con las distintas maniobras utilizadas. La disponibilidad de aparatos de medición impidió estudiar en algunos casos todas las maniobras previstas y en otros casos se anularon sesiones de estudio por aparición de signos clínicos de hipovolemia.

Con la perfusión de 100 cc de suero fisiológico obtuvimos un incremento máximo de la volemia a los 2 minutos de la perfusión. El incremento fue más importante al final de la tercera hora, sobre todo respecto a la primera y segunda horas (*p* < 0,05). El tiempo de recuperación fue más prolongado al final de la primera hora (18,3 minutos). Las variaciones de la volemia secundarias a la maniobra de Tren-

delenburg al final de la primera hora fueron casi inapreciables. Los resultados conseguidos fueron inferiores a los presentados con la administración de suero fisiológico al final de la primera hora (*p* < 0,001) y también inferiores a los conseguidos al parar la ultrafiltración durante la primera hora (*p* < 0,001). Cuando asociamos la administración de suero fisiológico a la maniobra de Trendelenburg al final de la tercera hora, observamos variaciones de la volemia similares a las conseguidas con suero fisiológico sólo al final de la tercera hora.

La administración de suero salino hipertónico al final de la primera hora, inicialmente provocó un descenso de la volemia seguido de un mínimo incremento de la volemia (0,7%) de corta duración (4,3 minutos).

La supresión de la ultrafiltración al final de la primera hora consiguió un incremento de la volemia superior al conseguido con la maniobra del Trendelenburg (*p* < 0,001). Cuando dicho cese se produce al final de la tercera hora, el incremento de la volemia fue inferior al conseguido con suero fisiológico y Gelafundina® (*p* < 0,05) administrados en la tercera hora.

La administración de Gelafundina® al final de la tercera hora fue la maniobra más efectiva consiguiendo un incremento de la volemia superior al conseguido con el suero fisiológico al final de la tercera hora y de mayor duración (cuatro pacientes finalizaron la sesión sin haber recuperado la volemia basal) (fig. 2).

## DISCUSIÓN

La monitorización continua de las variaciones del hematocrito durante la hemodiálisis permite conocer en todo momento las variaciones del volumen intravascular y objetivar a partir de qué hematocri-

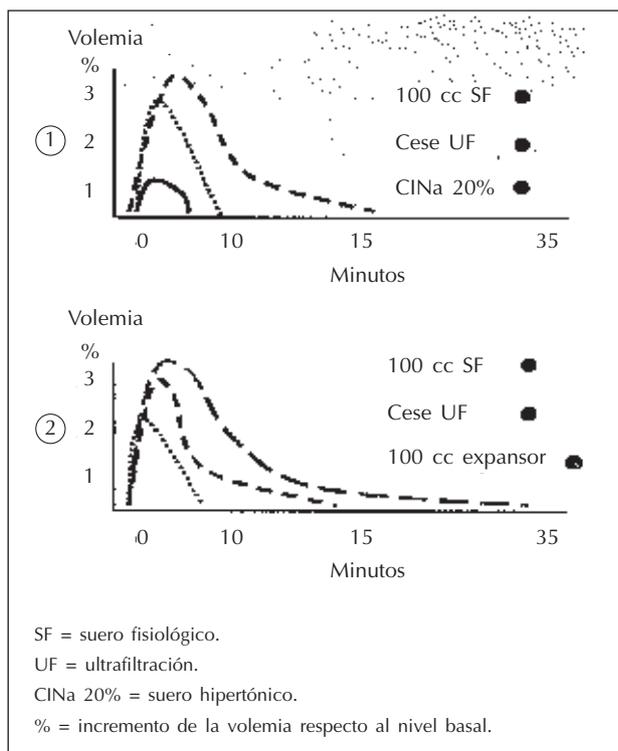


Fig. 2. — 1. Cambios de la volemia en la primera hora. 2. Cambios de la volemia en la tercera hora.

to límite o disminución de la volemia un paciente comienza a presentar eventos mórbidos. Asimismo en nuestro estudio, dicha monitorización nos ha permitido conocer cuáles de las maniobras aplicadas para el tratamiento de la hipovolemia son las más eficaces en cuanto a intensidad y duración. Otros estudios han demostrado que no sólo la determinación de un hematocrito límite, sino que también la velocidad de disminución de la volemia es un buen indicador del momento que comienza la morbilidad<sup>8,18</sup>.

Sin embargo, recientemente Mitra y cols. han puesto en entredicho la utilidad del hematocrito como referencia para la medición de los cambios de la volemia durante la hemodiálisis, puesto que mediante mediciones directas del hematocrito y de la volemia han objetivado el paso de volumen desde la micro a la macrocirculación, de forma que el concepto de que el hematocrito se mantiene constante durante la hemodiálisis no sería real<sup>19</sup>.

Los datos obtenidos en nuestro estudio demuestran que la administración de suero fisiológico o expansores del plasma, seguidos de la supresión de la ultrafiltración, son más eficaces que la maniobra del Trendelenburg o la administración de suero fisiológico

hipertónico a la hora de incrementar la volemia de manera rápida.

Dado que en todos los casos la ultrafiltración se mantuvo constante durante la sesión de hemodiálisis, los cambios producidos en la volemia (previos a las maniobras de recuperación de la volemia) eran secundarios a la alteración de la velocidad del «refilling» plasmático. El «refilling» o rellenado vascular es el mecanismo compensatorio consistente en el paso de líquido del espacio intersticial al espacio intravascular por osmosis de cara a equilibrar la pérdida de líquido del espacio intravascular y así mantener la volemia<sup>20,21</sup>. El «refilling» es un dato fundamental para conocer cómo se está compensando internamente la ultrafiltración aplicada al paciente.

Cuando el «refilling» es igual en ritmo y volumen al ultrafiltrado durante la diálisis no se apreciarán cambios en la volemia; mientras que si la ultrafiltración es superior al «refilling» se reducirá el volumen plasmático. Cuando finalmente el «refilling» disminuye hasta el punto de no poder compensar la ultrafiltración, aparecen los síntomas con la hemodiálisis.

La maniobra de Trendelenburg favorece el retorno venoso, disminuye la presión hidráulica del vaso sanguíneo y mejora el paso del líquido hacia el espacio intravascular o el «refilling». Por lo tanto, el aumento de la volemia durante la posición de Trendelenburg es altamente dependiente del estado de hidratación del paciente. En nuestro grupo de pacientes la maniobra de Trendelenburg al final de la primera hora produce un mínimo cambio en la volemia (solamente un incremento del 0,4%). Steuer y cols. objetivaron que los cambios en la volemia provocados al final de la primera hora con la maniobra de Trendelenburg (+ 3,39% ± 2,44%) eran superiores a los producidos con la misma maniobra al final de la segunda hora (un incremento del 6% en un paciente, un incremento del 1,5% en otro paciente)<sup>22</sup>. Es posible que dicha maniobra fuera más eficaz en sus pacientes dado que partían de una posición basal de estar sentados. A medida que avanza la hemodiálisis, el espacio intersticial está más deplecionado por lo que disminuye el «refilling», disminuyendo los incrementos de la volemia durante la maniobra de Trendelenburg. Además la velocidad de «refilling» casi siempre es más pequeña que la velocidad de ultrafiltración, por lo que casi siempre se produce hipovolemia durante la hemodiálisis, el problema es el límite de tolerancia vascular a la misma.

El cese de la ultrafiltración tiene un gran efecto sobre la volemia, dejándole en manos de la capacidad de «refilling» del propio individuo. Aunque consigne, en general, incrementos significativos y

## E. COLL y cols.

duraderos de la volemia, son algo inferiores a la administración de fluidos endovenosos.

La administración de suero fisiológico produce un incremento inmediato y significativo de la volemia que se mantiene más de 15 minutos. Los fluidos endovenosos replecionan el volumen intravascular inmediatamente después de infundidos, causando una espícula en el monitor del «Crit-Line» inmediatamente después de la infusión. La infusión de expansores del plasma tiene un efecto añadido sobre el «refilling» que la hace más potente y duradera.

Mientras que la infusión de soluciones endovenosas son muy efectivas y presentan un efecto duradero sobre la volemia, la administración de suero salino hipertónico (maniobra utilizada como prevención de la hipovolemia y no para su recuperación) tuvo un mínimo incremento sobre el incremento de la volemia y de muy poca duración. Van der Sande y cols. también objetivaron una escasa repercusión del suero salino hipertónico en la volemia<sup>23</sup>.

Otros estudios han evaluado la influencia de la administración de otros fluidos sobre la volemia tales como la glucosa hipertónica (muy efectiva probablemente por su efecto específico sobre la disminución del tono vascular)<sup>24</sup> y el HES al 10% (coloide muy efectivo por su efecto oncótico similar a la albúmina)<sup>23</sup>.

En otros estudios<sup>22</sup> se ha objetivado que la administración de fluidos por vía oral produce un incremento en la volemia aunque mínimo si se comparaba con la infusión de fluidos endovenosos; también se ha visto que la ingesta de comida parece tener un ligero efecto negativo sobre la volemia.

El conocimiento de como se comporta la volemia durante la diálisis ha permitido la realización de técnicas que logran mantener el pool de agua y de sodio estables, tales como el sistema de «biofeedback» (Diacontrol<sup>TM</sup>) que es capaz de determinar la conductividad plasmática y permite regular adecuadamente el pool total de sodio y agua corporal mediante el ajuste del peso seco y la concentración de sodio plasmático<sup>25</sup>. Asimismo también se ha objetivado una menor disminución de la volemia y del gasto cardíaco en las diálisis con perfil de sodio respecto a las diálisis con sodio constante<sup>26</sup>.

En conclusión, las maniobras más rápidas, eficaces y duraderas para la expansión de la volemia son la infusión rápida de suero fisiológico y expansores del plasma, seguidas del cese de la ultrafiltración, mientras que la maniobra de Trendelenburg y la administración de suero fisiológico hipertónico son menos eficaces, más lentas y menos duraderas. La maniobra de Trendelenburg es una maniobra muy poco efectiva partiendo de la posición de decúbito,

por lo que no debería haceremos perder el tiempo ante una emergencia como es la hipotensión intra-diálisis.

Asimismo, otra gran aportación de dicho estudio es el hecho de poder conocer como cambia la volemia de forma más precisa ante unas maniobras de recuperación. Ello representa un avance si lo comparamos con los parámetros clínicos clásicos como el tiempo de desaparición de las rampas o la recuperación de la presión arterial.

## BIBLIOGRAFÍA

1. Kaufman AM, Polaschegg HD, Levin NW: Common clinical problems during hemodialysis, in Nissenson AR. Fine RN (eds): *Dialysis therapy* (2nd Ed), Philadelphia: Hanley & Belfus 109-111, 1993.
2. Daugirdas JT: Preventing and managing hypotension. *Sem Dial* 7(4): 276-283, 1994.
3. Steuer RR, Leopoldt JK, Cheung AK, Harris DH, Conis JM: Hematocrit as an indicator of blood volume and a predictor of intradialytic morbid events. *ASAIO J* 40: M691-M696, 1994.
4. Daugirdas JT, Purandare VV, Ing TS, Chen WT, Popli S, Hano JE, Klok MA: Ultrafiltration hemodynamics in an animal model: effect of a decreasing plasma sodium level. *ASAIO Trans* 30: 603-609, 1984.
5. Daugirdas JT, Razma PE: Effect of hyponatremia on response to volumen depletion in uremic dogs. *J Lab Clin Med* 109: 8-12, 1987.
6. Daugirdas JT, Ing TS, Chen WT, Vestal RE, Izzo JL, Hano JE, Liu P: Ultrafiltration hemodynamics in conscious, uremic dogs: effect of using a bicarbonate buffered plasma resembling dialysate. *ASAIO Trans* 28: 528-533, 1982.
7. Daugirdas JT, Ing TS, Chen WT, Vestal RE, Izzo JL, Hano JE, Norusis MJ: Hemodynamic response to volume depletion in acutely uremic dogs. *Am J Physiol* 247: H229-H236, 1984.
8. Kim KE, Neff MA, Cohen BA, Somerstein MI, Chinitz JO, Onesti GA, Swartz CH: Blood volume changes and hypotension during hemodialysis. *ASAIO Trans* 14: 508-514, 1970.
9. Baranski J, Mehta R: Improved fluid management on hemodialysis using a blood volume monitor. *J Am Soc Nephrol* 5: 509, 1994 (abstr).
10. Boggard HK, Devries PJM: Assessment refill and hypovolemia by continuous surveillance of blood volume and extracellular fluid volume. *Nephrol Dial Transplant* 9: 1283-1287, 1994.
11. Mancini E, Santora P, Spangano M, Paolini F, Rossi M, Zucchelli P: Continuous online optical absorbance recording of blood volume changes during hemodialysis. *Artif Organs* 17 (8): 691-694, 1993.
12. Stiller S, Schalemborg U, Gladziwa U, Ernst E, Mann H: Short hemodialysis with continuous blood volume control. *Int J Artif Organs* 1312: 83-86, 1990.
13. Steuer RR, Leopoldt JK, Cheung AK, Senekjian HO, Conis JM: Reducing symptoms during hemodialysis by continuously monitoring the hematocrit. *Am J Kidney Dis* 27: 525-532, 1996.
14. Ookawara S, Suzuki M, Yahagi T, Saitou M, Tabei K: Effect of postural change on blood volume in long-term hemodialysis patients. *Nephron* 87: 27-34, 2001.
15. Swartz RD, Somermeyer MG, Hsu CH: Preservation of plasma volume during hemodialysis depends on dialysate osmolality. *Am J Nephrol* 2: 189-194, 1982.

16. Fleming SJ, Wilkinson JS, Aldridge C, Greenwood RN, Muggleston SD, Baker LR, Cattel WR: Dialysis-induced change in blood volume calculated from packed cell volume. *Clin Nephrol* 29: 63-68, 1988.
17. Steuer R, Harris D, Conis J: A new optical technique for monitoring hematocrit and circulating blood volume: its application in renal dialysis. *Dial Transplant* 22: 260-265, 1993.
18. De Vries JPPM, Kouw PM, Van der Meer NJM, Olthof CG, Oe LP, Donker AJM, De Vries PMJM: Non-invasive monitoring of blood volume during hemodialysis: its relation with post-dialytic dry weight. *Kidney Int* 44: 851-854, 1993.
19. Mitra S, Chamney P, Greenwood R, Farrington K: The relationship between systemic and whole-body hematocrit is not constant during ultrafiltration on hemodialysis. *J Am Soc Nephrol* 15: 463-469, 2004.
20. Scheneditz D, Roob J, Oswald M, Poggitsch H, Moser M, Kenner T, Binswanger U: Nature and rate of vascular refilling during hemodialysis and ultrafiltration. *Kidney Int* 42: 1425-1433, 1992.
21. Röckel A, Abdelhamid S, Fiegel M, Mentz M, Walb D, Scheneditz D: Characterization of «refilling types» by continuous blood volume monitoring during hemodialysis. *Kidney Int* 43: S67-S69, 1993.
22. Steuer R, Harris D, Conis J: Instantaneous changes in circulating blood volume due to various physiological maneuvers. *Dial Transplant* 23: 643-646, 1994.
23. Van der Sande FM, Luik AJ, Kooman JP, Verstappen V, Leunissen KM: Effect of intravenous fluids on blood pressure course during hemodialysis in hypotensive prone patients. *J Am Soc Nephrol* 11: 550-555, 2000.
24. Nette RW, Krepel HP, Van den Meiracker AH, Weimar W, Zietse R: Specific effect of the infusion of glucose on blood volume during haemodialysis. *Nephrol Dial Transplant* 17: 1275-1280, 2002.
25. Hernández-Jaras J, García-Pérez H, Torregrosa E, Calvo C, Cerrillo V: Utilidad del módulo de «Biofeed-back» DialControl™ en la programación automática de la conductividad plasmática y la transferencia de masa iónica. *Nefrología* 23: 62-70, 2003.
26. Coli L, Ursino M, Donati G, Cianciolo G, Soverini ML, Baraldi O, La Manna G, Feliciangeli G, Scolari MP, Stefoni S: Clinical application of sodium profiling in the treatment of intradialytic hypotension. *Int J Artif Organs* 26: 715-722, 2003.