

Sistema Ultracontrol® en la clínica diaria de la hemodiafiltración en línea posdilucional: volumen de infusión alcanzado y aplicabilidad con distintos dializadores

M. Albalate Ramón, R. Pérez García, P. de Sequera Ortiz, R. Alcázar Arroyo, E. Corchete Prats, M. Puerta Carretero, M. Ortega Díaz, A. Mosse

Servicio de Nefrología. Hospital Infanta Leonor. Madrid

Nefrología 2011;31(6):683-9

doi:10.3265/Nefrologia.pre2011.Sep.11122

RESUMEN

Introducción: Estudios recientes indican que los beneficios en la supervivencia con hemodiafiltración en línea posdilucional (HDFOL-post) se logran si el volumen de infusión (Vinf) es superior a 20 l por sesión, cifra que no es fácil lograr por los problemas que genera la hemoconcentración. Hoy día contamos con técnicas automáticas que logran un mayor rendimiento minimizando el número de alarmas como el Ultracontrol® (UltraC). **Objetivo:** El objetivo ha sido, en una primera parte, evaluar el UltraC para conocer qué rendimiento logra (expresado como la fracción de filtración [FF] y el Vinf) y los problemas que presenta y, en una segunda parte, estudiar su funcionamiento con cuatro dializadores diferentes. **Material y métodos:** *Primera parte.* Nueve pacientes fueron transferidos a HDFOL-post con UltraC. Se recogieron todas las sesiones correspondientes a los tres primeros meses con HDF-OL y al mes previo en HD. *Segunda parte.* 18 pacientes en tratamiento crónico con HDFOL-post fueron sometidos a diálisis una semana con cada uno de estos dializadores: FX1000, FX800, Polyflux210 y Elisio 210H. **Resultados:** *Primera parte.* En tres pacientes surgieron problemas asociados a PTM y Psist inadecuadas que se resolvieron pasando a control-presión. Los valores medios obtenidos fueron: Qb máximo 441 (21) (rango 350-490) ml/min, Vinf 26,3 (3,3) l/sesión, FF 30,6% (2,5), KT 59,9 (5) l/sesión, y aumento del KT del 12% respecto al de HD. *Segunda parte.* Polyflux210 fue el dializador que precisó menos retiradas de UltraC. Las presiones recogidas tanto PTM como Psist fueron distintas y deter-

minaron la necesidad de retirada del sistema. El KT fue adecuado. **Conclusiones:** a) El sistema UltraC alcanza FF del 30% consiguiendo Vinf adecuados con mínimas alarmas, y b) Dializadores con prestaciones depurativas adecuadas pueden no ser útiles para realizar HDF-OL con UltraC porque sus condiciones flujodinámicas generan alarmas que impiden la aplicación automatizada aunque el rendimiento final sea semejante

Palabras clave: Hemodiafiltración. Ultracontrol®. Infusión. Dializador. Alarmas.

Clinical application of Ultracontrol®: infusion volume and use with different dialyzers

ABSTRACT

Introduction: Recent studies indicate that the survival benefit with post-dilution on line hemodiafiltration (OL-HDF-post) are achieved if the infusion volume (Vinf) is greater than 20 l per session, a goal that is not easily achieved due to hemoconcentration problems. Today we have automated techniques to achieve higher performance minimizing the number of alarms as Ultracontrol® (UltraC). The objective in the first part of study was to evaluate the UltraC performance (expressed as the filtration fraction (FF) and Vinf) and which problems it presents, and in the second part, to study its performance with four different dialyzers. **Material and methods:** 1st period. Nine patients were transferred to OL-HDF-post with UltraC. The first 3 months on OL-HDF all sessions were recorded and compared with hemodialysis sessions in the previous month. 2nd part: 18 patients on chronic OL-HDF-post were dialyzed for a week with each of these dialyzer: FX1000, FX800, Elisio210H and Polyflux210. **Results:** 1st period: In 3 patients, problems associated with inappropriate pressures emerged. In 3 patients there were problems associated with in-

Correspondencia: Marta Albalate Ramón
Servicio de Nefrología.
Hospital Infanta Leonor. Avda. Gran Vía del Este, 80.
28032 Madrid.
malbalater@senefro.org

adequate PTM and Psist that resolved changing to pressure control. Mean values were: maximum Qb 441 (21) (range 350-490) ml/min, Vinf 26.3 (3.3) l/session, FF 30.6 (2.5)%, KT 59.9 (5) l/session. KT increase of 12% compared to HD. 2nd part: Polyflux210 required less UltraC withdrawals than the others. Different PTM or Psist were found and determined the need for removal of the system. The KT was adequate. **Conclusions:** a) The UltraC system reaches FF of 30% with minimal alarms and Vinf higher than 20 l. b) Structural characteristics of dialysers can limit their use with UltraC although they managed to desirable KT and Vinf in a manual way.

Keywords: Hemodiafiltration. Ultracontrol®. Infusion. Dialyzer. Alarm.

INTRODUCCIÓN

La hemodiafiltración en línea (HDF-OL) es la técnica de hemodiálisis (HD) más completa con la que contamos actualmente, ya que es capaz de eliminar cantidades significativas de toxinas urémicas de peso molecular pequeño, mediano y grande, en relación directa con el volumen de transporte convectivo que se consigue¹. La HD convencional, en cambio, sólo elimina moléculas pequeñas y una pequeña cantidad de moléculas medias. Estas ventajas depurativas tienen un coste económico similar al de la HD de alto flujo.

Estudios recientes han encontrado una mejoría significativa de la supervivencia en los pacientes en los que se consigue un mayor número de litros de transporte convectivo por sesión de HDF-OL. Revisando la bibliografía encontramos en primer lugar datos provenientes del estudio observacional

DOPPS², en el que la diferencia en la supervivencia entre los pacientes en HDF-OL con más de 15 l/sesión respecto a los de un volumen menor era de un 35 %. En 2011 se han presentado los resultados de dos estudios aleatorizados. Uno de ellos es el estudio CONTRAST³ que muestra una mejor supervivencia (*Hazard ratio* [HR] 0,66, p = 0,03) si se logran más de 20,3 l/sesión, reduciéndose fundamentalmente las causas de mortalidad cardiovascular (HR = 0,41). El otro es el Turkish HDF Study⁴ que sitúa el transporte convectivo necesario para disminuir la mortalidad en un volumen de infusión (Vinf) de 17,4 l/sesión (HR 0,54; p = 0,02). Parece, por tanto, que la consecución de un Vinf por encima de 20 l es la meta que debe alcanzarse en la HDF-OL posdilucional (HDF-OL post), sin que sepamos dónde se encuentra el techo a partir del cual no se logra un mayor beneficio.

La dificultad de conseguir estos volúmenes en la HDF-OL post estriba en los problemas técnicos que desencadena la hemoconcentración. Para evitarla se acepta como segura una ratio máxima del 25% entre el flujo de ultrafiltración (FUF) y el flujo sanguíneo (Qb), relación denominada fracción de filtración (FF) (ver anexo 1 para explicación de abreviaturas). Así, el Qb es un factor limitante a la hora de conseguir el objetivo de Vinf junto, claro está, con la duración de la sesión. Sirva como ejemplo que si el Qb real es 250 ml/min en una sesión de 240 minutos, el Vinf será de 15 l, muy por debajo de los 20 l/sesión. Hoy día, tras optimizar el Qb y el tiempo, contamos con técnicas automáticas de HDF-OL posdilucional que pueden conseguir un mayor rendimiento de transporte convectivo. A pesar de la importancia de estos sistemas, existe poca bibliografía al respecto y referida al sistema utilizado por Fresenius⁵.

ANEXO 1. Siglas y definiciones

Siglas	Unidades	Definición
FUF	ml/min	Flujo de ultrafiltración: es el flujo total ultrafiltrado. Se compone de la ultrafiltración programada en función de la ganancia de peso y la ultrafiltración correspondiente al líquido infundido
FF	%	Fracción de filtración: es (FUF x 100)/Qb
Vinf	ml/min	Flujo de infusión: es el flujo del líquido de infusión
PTM	mmHg	Presión transmembrana (véase anexo 2)
Psist	mmHg	Presión prefiltro o sistema
Qb	ml/min	Flujo de sangre
VUF	l/sesión	Volumen de ultrafiltración: es el volumen que se ultrafiltra para alcanzar el peso seco y que corresponde a la ganancia de peso
Vinf	l/sesión	Volumen de infusión: es el volumen total de líquido infundido durante la sesión
VUFt	l/sesión	Volumen ultrafiltrado total: es el volumen que proviene de la suma del VUF y el Vinf
VSA	l/sesión	Volumen de sangre acumulado: es el volumen total de sangre que pasa por el dializador durante la sesión

Gambro® ha desarrollado un sistema automático de HDFOL-post denominado Ultracontrol® (UltraC). Se basa en el sistema de control-presión, que permite fijar la PTM (ver anexo 2). En el sistema control-presión la PTM va a ser constante y el flujo de infusión (Finf) va a variar, generalmente disminuyendo, en función de las condiciones de la membrana y del dializador a lo largo de la diálisis. Con el UltraC, unos biosensores detectan los cambios inducidos en el FUF al subir la PTM (figura 1). Si el aumento en el FUF es importante, mantiene el cambio; si el aumento en la PTM no favorece el aumento del FUF esa presión es la que fija. Si comparamos con el control volumen clásico el FUF es fijo y si es alto las presiones irán aumentando generando alarmas y otros problemas a lo largo de la sesión. Por tanto, la diferencia fundamental al llevar a cabo un tratamiento automatizado de estas características es que la sesión de HDFOL-post logra el mejor rendimiento sin que se produzcan alarmas de PTM y sin coagulaciones en el dializador.

En la HDF-OL post no sólo hay que tener en cuenta las características reológicas de la sangre sino también las condiciones hidráulicas de los dializadores. Dichas características vienen determinadas no sólo por la membrana, sino también por el diseño del capilar y del dializador y de hecho es esta conformación la que determina las presiones a lo largo del dializador. Como se ve en la fórmula de Hagen-Poiseuille (ver anexo 3) el radio interno del capilar (elevado a la cuarta potencia) es determinante, ya que pequeños cambios en el diámetro van a producir grandes cambios en la presiones⁶. Por tanto, el diseño del dializador es fundamental para que una determinada técnica como el UltraC funcione adecuadamente, con el fin de optimizar la eficacia, evitar alarmas y facilitar el trabajo de enfermería.

Basándonos en estas premisas, el objetivo de este trabajo ha sido evaluar el UltraC como técnica de HDF-OL post. En primer lugar, quisimos conocer su rendimiento, expresado como la FF y el Vinf, valorando si la FF lograda superaba el 25% clásico y el Vinf los 20 l. En la segunda parte estudiamos cómo se adapta el UltraC a cuatro dializadores diferentes.

MATERIAL Y MÉTODOS

Se realizó un estudio prospectivo, observacional, que comprendía dos partes. En ambas, todos los pacientes tenían como pauta tres días por semana con una duración media de 240 minutos (225-300 minutos).

Las siglas empleadas y sus definiciones se exponen en el anexo 1.

Primera parte. Valoración de la FF y Vinf logrado con UltraC

Se estudiaron nueve pacientes (7 hombres y 2 mujeres, 60 [13] años, 76 [9] kg, que llevaban más de tres meses en tratamiento con HD de alto flujo y que fueron transferidos a HDF-OL-post por indicación médica. Se recogieron todas las sesiones correspondientes al mes previo en HD de alto flujo y a los tres primeros meses con HDF-OL. Todos tenían una fístula arteriovenosa como acceso vascular.

Todos fueron dializados en máquinas con UltraC, AK200US®. Se mantuvo el mismo dializador de alto flujo que tenían en HD (Polyflux210H®), Qb, Qd, tiempo y las demás características de diálisis. El Qb utilizado fue el máximo que facilitase el acceso vascular, sin que la presión en la línea arterial descendiese de 220 mmHg.

Se recogieron de cada sesión: Qb ml/min, VSA (l/sesión), VUF (l/sesión), Finf máxima (ml/min), Vinf (l/sesión); VUFt (l/sesión), KT (l/sesión, dialisancia iónica), PTM (mmHg), Psist (mmHg) y las complicaciones técnicas y coagulación del sistema aparecidas durante los primeros tres meses de tratamiento.

Comparamos si la FF era superior al 25% que se ajusta en el control-volumen clásico y si el Vinf logrado era superior a los 20 l.

ANEXO 2. Siglas y definiciones

Para comprender el sistema de UltraC es importante recordar los elementos que determinan la PTM. La PTM puede calcularse como:

$$PTM = (Pse + Pss)/2 - (Pde + Pds)/2$$

donde Pse y Pss son las presiones a la entrada y salida de la sangre del dializador y Pde y Pds las presiones a la entrada y salida del líquido de diálisis. Aunque este cálculo con 4 puntos de medida es más preciso habitualmente no se utiliza por la ausencia de sensores en los cuatro puntos y tenemos:

$$PTM_{2_puntos} = Pss - Pds \text{ (subestima el valor y es la habitualmente utilizada)}$$

$$PTM_{3_puntos} = (Pse + Pss)/2 - Pds \text{ (sobrestima)}$$

El monitor AK200US® determina la PTM en dos puntos y añade otra determinación que es la Pse (llamada presión sistema [Psist]) que, aunque no participa en el sistema de *feedback* de control de la PTM, nos aporta una información adicional muy importante. Dicha presión suele ir aumentando a lo largo de la sesión y no sólo la determina la reología sino también las condiciones hidráulicas del dializador. Esta presión es la que mejor predice la aparición de alarmas y complicaciones por hemoconcentración

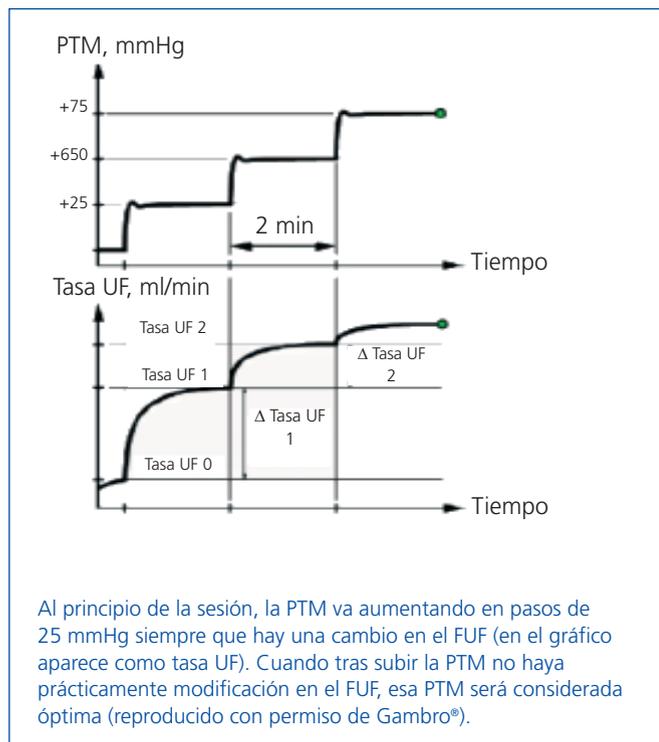


Figura 1. Gráfico de funcionamiento de UltraC.

Segunda parte. Utilidad de UltraC con diferentes dializadores

Se estudiaron 18 pacientes (17 hombres y una mujer, 66 [7,5] años) que estaban recibiendo tratamiento crónico con HDFOL-post desde hacía más de tres meses en máquinas AK200US®.

ANEXO 3. Ecuación de Hagen-Poiseuille

$$\Delta P = \frac{8\eta \times Q_b \times L}{N \times r^4 \times \pi}$$

Donde ΔP es la caída de presión entre los extremos, η es la viscosidad, Q_b el flujo de sangre, L , N y r son, respectivamente, la longitud, el número y el radio de fibras

Tabla 1. Características recogidas de los fabricantes de los dializadores

	FX1000	FX800	Polyflux 210H	Elisio 210 H
Material	Helixona	Helixona	Poliamida	PES
Kuf (ml/h/mmHg)	75	63	85	82
Superficie (m ²)	2,2	1,8	2,1	2,1
Diámetro pared/luz (μ)	35/210	35/210	50/215	40/200
Longitud (cm)	200	200	285	286
ΔP sangre (mmHg)	43 (Qb 300)	51 (Qb 300)	<140 (Qb 400)	65 (Qb 200)

PES: polietersulfona; Kuf: coeficiente de ultrafiltración; DP sangre: caída de presión en el lado de la sangre (entre paréntesis el Qb, flujo de sangre).

El acceso vascular era un catéter tunelizado en tres de ellos.

Todos fueron sometidos a diálisis una semana con cada uno de los dializadores recogidos en la tabla 1, manteniendo constantes los demás parámetros de diálisis.

Se recogieron en cada sesión: Psist, PTM, Vinf, KT, número de retiradas de UltraC, coagulaciones del filtro y hemoglobina y proteínas de la semana de inicio.

En ambas partes del estudio se calculó la FF.

En todos los casos, el personal de enfermería conectaba el sistema UltraC al inicio de la sesión de HDFOL-post, fijando los sistemas de alarma en PTM >300 o PSist >700 mmHg. En el caso de que apareciesen estas alarmas y no se resolvieran, se retiraba UltraC y se pasaba a utilizar el sistema control-presión, en el que se mantiene fija la PTM en unos valores que aseguren una Psist <700 mmHg y un Finf adecuado.

Estadística

Todos los datos se recogieron en una base de datos para realizar el análisis estadístico con SPSS 15.0. Se presentan los datos como la media y desviación estándar (DE). Las comparaciones se hicieron mediante estudio de muestras pareadas (Friedman y t pareada).

RESULTADOS

Primera fase. Valoración de la FF y Vinf logrado con UltraC

En seis pacientes el UltraC funcionó sin incidencias y en tres surgieron problemas técnicos, en dos asociados a Psist superiores a 700 mmHg y en uno por PTM mayor de 300 mmHg. En estos tres pacientes se pasó a utilizar el control-presión. A partir de este ajuste el número de incidencias en las sesiones de los nueve pacientes fue menor del 5%.

Tabla 2. Resultados de la utilización de HDF-OL con UltraC durante tres meses

	HD	HDF-OL primer mes	HDF-OL tercer mes
VSA (l)	95,3 (6,8)	94,1 (7,5)	98,2 (5,2)
UF total (l)	2,9 (0,8)	3,1 (0,7)	3,2 (0,8)
FUF máx (ml/min)		121,1 (10,6)	127,3 (12,5)
Vinf (l/sesión)		25,1 (2,7)	27,1(2,3)
VUFt (l/sesión)		28,2 (2,6)	30,3 (2,3)
FF		29,9 (2,3)	30,8 (2,5)
KT (l)	53,8 (5,1)	59,2 (6,7)	59,6 (4,2)
PTM inicial (mmHg)		122,8 (54,5)	153,5 (29,2)
PTM máx.(mmHg)		191,6 (52)	187,3 (43,1)
Psist máx. (mmHg)		493,4 (99,4)	527,9 (113,9)

Se expresan como la media de los valores obtenidos durante todas las sesiones del período del último mes en HD, HDF-OL primer mes y HDF-OL tercer mes.

VSA: volumen de sangre acumulado; UF: ultrafiltración; Vinf máx: volumen de infusión máximo; VInf: volumen de infusión total; FF: fracción de filtración; KT: dialisancia ionica; PTM: presión transmembrana; Psist: presión sistema o prefiltro; FUF: flujo de UF.

Los resultados obtenidos en los nueve pacientes en el primer y en el tercer mes del estudio aparecen recogidos en la tabla 2.

Los valores medios obtenidos durante los tres meses fueron: Qb máximo 441 (21) ml/min (rango 350-490), VSA 96,2 l/sesión (7,7), VUF 3,2 l/sesión (0,8), Vinf 26,3 l/sesión (3,3), VUFt 29,5 l/sesión (3,4), FF 30,6% (2,5), PTM máxima 190,8 mmHg (125-301), Psist máxima 496,5 mmHg (94,6). El KT aumentó en un 12% respecto al de HD de alto flujo (53,8 [5,1] frente a 59,9 [5] l/sesión).

Segunda fase. Utilidad de UltraC con diferentes dializadores

Los valores medios y rangos de Hb y proteínas fueron, respectivamente, 12,1 (10,5-13,7) y 6,4 (5,9-7,3) g/dl. La

PTM y Psist máximas aparecen en la tabla 3. Los resultados fueron significativamente distintos con el dializador Elisio.

Hubo que retirar el UltraC en todas las sesiones en nueve, ocho, cuatro y dos pacientes con los dializadores Elisio, FX 1000, FX800 y Polyflux, respectivamente. El dializador que precisó menos retiradas de UltraC pasando a control-presión fue Polyflux, seguido de los FX y del Elisio. La media de sesiones en las que se precisó retirada aparece en la tabla 4.

A pesar del cambio a control-presión con todos los dializadores se obtuvieron Vinf y KT adecuados (tabla 3), sin diferencias en la coagulación del sistema. Los más elevados fueron los logrados con el dializador FX1000 y los más bajos con el FX800.

Tabla 3. Resultados de la utilización de UltraC con distintos dializadores

	FX1000	FX800	Polyflux 210H	Elisio 210 H
PTM (mmHg)	262,5 (12,7)	265,8 (100,9)	219,4 (55,1) ^c	174,7 (65,4) ^{a,b}
Psist (mmHg)	574,9 (108,1)	571 (154,5)	580,3 (96,6)	699,8 (59) ^{a,b,c}
Vinf (l)	29,7 (1,6) ^{a,b}	25 (3,2) ^d	27 (5)	25,9 (4,3)
KT (l)	63,8 (4,1) ^{a,b}	58,4 (5,2)	58,3 (5,3)	58,9 (5,3)
FF	30,7 (3,4) ^{a,b}	25,6 (2,8) ^d	27,6 (4,8)	26,6 (4,47)

PTM: ^a p<0,004 Elisio frente a FX800; ^b p<0,000 Elisio frente a Polyflux y FX 1000; ^c p<0,008 Polyflux frente a FX1000.

Psist: ^a p<0,000 Elisio frente a Polyflux; ^b p<0,04 Elisio frente a FX800; ^c p<0,02 Elisio frente a FX1000.

Vinf: ^a p<0,001 FX 1000 frente a Elisio y FX800; ^b p<0,02 FX1000 frente a Polyflux; ^d p<0,04 FX 800 frente a Polyflux y Elisio.

KT: ^a p<0,01 FX 1000 frente a Elisio; ^b p<0,006 FX1000 frente a Polyflux y FX800.

FF: ^a p<0,002 FX 1000 frente a Elisio y FX800; ^b p<0,03 FX1000 frente a Polyflux; ^d p<0,04 FX 800 frente a Polyflux y Elisio.

Tabla 4. Retiradas de UltraC según dializador

	FX1000	FX800	Polyflux210H	Elisio
N.º medio de sesiones (DS)	2,3 (0,9)	1,7 (1) ^b	0,82 (1) ^{bc}	2,3 (0,8)
N.º total sesiones con retirada UC (%)	37 (68,5)	29 (53,7)	8 (14,8)	40 (74)

^a p <0,000 Polyflux frente a Elisio y FX1000; ^b p <0,000 FX800 frente a Elisio. ^c p <0,02 Polyflux frente a FX800.

DISCUSIÓN

Nuestro trabajo muestra cómo el sistema automatizado de UltraC logra en cuatro horas de diálisis unos volúmenes de infusión en torno a 26 l, con una FF muy superior al 25% y con un pequeño número de alarmas, lo que facilita la aplicación de la técnica y una buena calidad en la diálisis aportada. Si sumamos la UF destinada a mantener el peso seco, se consiguen volúmenes de transporte convectivo de unos 30 l por sesión. Con este volumen se superan claramente los 20 l con los que, de acuerdo a los estudios antes citados, se logran beneficios en la supervivencia con estas técnicas convectivas.

UltraC va midiendo de forma periódica la PTM y ajustando el FUF, lo que lleva a un tratamiento «individualizado», en el que la técnica se adapta a cada paciente y a los cambios que se van produciendo a lo largo de la sesión. Este ajuste hace que el Vinf sea máximo y superior al obtenido con la HDF-OL clásica en la que se prefija un porcentaje del flujo sanguíneo (con UltraC se logra una FF casi del 30% del Qb).

Por otra parte, la información que aporta medir la Psist es fundamental. La integración de la Psist sobrestimaría la PTM y resultaría en una disminución en el margen de la maniobra de la técnica. Así, su uso como una información externa nos habla de cambios dentro del dializador a lo largo de la sesión que podrían facilitar su coagulación, y permite anticiparnos a eventos que pueden no ser detectables sólo con la PTM. La medición de la Psist favorece actuaciones más precoces del personal de enfermería evitando las alarmas continuas, la coagulación del sistema y logrando un Vinf adecuado.

Revisando la bibliografía sobre el sistema UltraC y su uso práctico sólo un trabajo de Teatini, et al. describe su eficacia⁷. En él se explica claramente la ventaja de pasar a un sistema como UltraC, aunque los Vinf que consigue son inferiores a los que obtenemos nosotros en la práctica diaria debido a que trabajan con Qb no superiores a 300 ml/min. En esta publicación, no se describe el papel que tiene en su funcionamiento la Psist y sólo muestra el resultado de un dializador, situación que es poco usual en la práctica diaria de las unidades de diálisis, donde se suelen utilizar dializadores distintos. La lectura de este trabajo, con los Vinf que alcanzan, obliga a reflexionar sobre la necesidad de tener en cuenta todos los elementos con los que trabajamos para lograr Vinf superiores a 20 l, ya que podemos contar con una técnica muy buena y no rentabilizarla por no alcanzar los Qb necesarios para que el FUF sea alto⁸.

Asimismo, existe una escasa bibliografía dedicada a otros sistemas automáticos como el de Fresenius®, con el que se hace una prescripción automática del Finf si se especifican los valores de hematocrito y proteínas totales. Con esta aplicación también se consigue un aumento del Finf, con incremento del transporte convectivo y sin aumento del número de alarmas, lo que refuerza el uso de estos sistemas automáticos⁵.

La segunda parte de nuestro trabajo muestra que aunque con todos los dializadores obtuvimos un KT y un Vinf adecuado, el número de alarmas fue sensiblemente diferente. Dichas alarmas obligaban a la retirada de UltraC y a pasar a control-presión, lo que aumenta la carga de trabajo y subraya la importancia de elegir el dializador que mejor se adapte a la técnica que queramos usar. El dializador Polyflux, también diseñado por Gambro, era el que menos alarmas producía y mejor se adaptaba a la técnica, como era de prever. En cambio, el diseño del dializador Elisio con un diámetro de fibra más estrecho y largo, óptimo para una HD de alto flujo o para el control-presión, no lo es para trabajar con el UltraC. La máquina AK-200US, como se ha dicho, aporta una información adicional que es la Psist y ya en la primera hora de la sesión con el dializador Elisio se encontraban unas Psist muy elevadas que obligaban a cambiar a control-presión aunque las PTM no fueran elevadas. Estas alarmas de Psist estaban determinadas por el diseño del dializador, ya que por la ecuación de Hagen-Poiseuille, un radio más pequeño de la fibra induce una mayor presión. En cambio, con los otros dializadores, incluyendo el Polyflux, la Psist se iba elevando a lo largo de la sesión, lo que indica un cambio en las condiciones dentro del filtro y anticipa la posible coagulación parcial o total del filtro. Así, la Psist ofrece una información adicional a la PTM que previene la aparición de complicaciones. En otras máquinas, como la 5008, integran la Psist dentro de la PTM, pero no informan de ésta al usuario.

En cualquier caso, aunque el número de alarmas con UltraC fue alto y obligó a cambiar a control-presión, la eficacia de la técnica fue buena, ya que con todos los dializadores obtuvimos tanto Vinf como KT adecuados. Las diferencias que encontramos en estos parámetros a favor del dializador FX1000 las atribuimos a que es un dializador de mayor superficie que los anteriores, y lo contrario con FX800, que es más pequeño. Está claro que el dializador es determinante en estas técnicas. Pequeños cambios en el diámetro de la fibra influirán en el número de alarmas, y pequeños cambios en la superficie determinarán cambios en el KT y en el Vinf que, aunque parezcan poco relevantes, implican un incremen-

to en la dosis de diálisis semanal administrada y, probablemente, efectos a largo plazo en términos de supervivencia. Estos hallazgos nos llevan a reflexionar sobre la necesidad de sacar la máxima rentabilidad a los dispositivos con los que trabajamos diariamente, conociendo sus aspectos técnicos y su mejor aplicación, ya que no sólo su composición determina sus características⁹. Así, aunque todos los dializadores utilizados logran una buena eficacia, desde el punto de vista práctico el dializador que debería elegirse para emplear el sistema UltraC es el Polyflux y si se decide usar otro dializador desde el principio de la sesión sería conveniente usar control-presión para disminuir el número de alarmas.

Un último matiz técnico a comentar de la HDF-OL es la pérdida de albúmina. Dicha pérdida depende del dializador^{10,11}, pero también algunos autores la relacionan con la aplicación de una PTM alta en los 30 primeros minutos de la HDFOL¹². El sistema UltraC en su funcionamiento habitual comienza con una PTM que va aumentando progresivamente durante los primeros 30 minutos, en un intento por evitar dicha pérdida.

Para finalizar, además de los objetivos técnicos, lograr que la HDF-OL post sea fácil de utilizar es fundamental para su implantación y extensión. Por eso, que las alarmas sean las menos posibles facilita el trabajo de enfermería en el día a día. Desde ese punto de vista, UltraC cumple las expectativas, ya que en los pacientes en los que aparecen alarmas permite la retirada del sistema pasando a control-presión indicando ya una PTM a fijar para obtener un Vinf adecuado.

Como conclusión, el UltraC es un medio óptimo para conseguir Vinf superiores a 20 l. Dializadores con prestaciones depurativas adecuadas pueden no ser útiles para realizar HDF-OL con UltraC porque sus condiciones flujodinámicas generan PSist elevadas que impiden su aplicación automatizada, aunque el rendimiento final sea semejante. La adecuación de los dializadores a la técnica facilita el trabajo de enfermería, posibilitando una mejor aplicación y extensión de la HDF-OL.

Conflictos de intereses

La Dra. M. Albaete ha participado como ponente en reuniones organizadas por Gambro® y Fresenius®.

El Dr. R. Pérez García y la Dra. P. de Sequera han participado como ponentes en reuniones organizadas por Gambro®, Fresenius® y Bellco®, y son asesores de FMC.

Agradecimientos

A todo el personal de enfermería de la Unidad de Hemodiálisis del Hospital Infanta Leonor.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Meert N, Eloit S, Waterloos M, Van Landschoot M, Dhondt A, Glorieux G, et al. Effective removal of protein-bound uraemic solutes by different convective strategies: a prospective trial. *Nephrol Dial Transplant* 2009;24:562-70.
2. Canaud B, Bragg-Gresham JL, Marshall MR, Desmeules S, Gillespie BW, Depner T, et al. Mortality risk for patients receiving hemodiafiltration versus hemodialysis: European results from DOPPS. *Kidney Int* 2006;69:2087-93.
3. Grooteman M, Dorpe R, Bots M, Penne L, Van der Weerd L, Mazairac A, et al. Online hemodiafiltration versus low-flux hemodialysis: effects on all-cause mortality and cardiovascular events in a randomized controlled trial. The convective transport study (CONTRAST). [LBCT3]. ERA-EDTA 2011.
4. Ok E, Asci G, Ok E, Kircell FI, Yilmaz M, Hur E, et al. Comparison of postdilution on-line hemodiafiltration and hemodialysis (Turkish HDF Study) [LBCT2]. ERA-EDTA 2011.
5. Maduell F, Arias M, Garro J, Vera M, Fontseré N, Barros X, et al. Pauta de infusión manual automatizada: una forma práctica de prescribir la hemodiafiltración on-line posdilucional. *Nefrología* 2010;30:349-53.
6. Ronco C, Brendolan A, Lupi A, Metry G, Levin N. Effects of a reduced inner diameter of hollow fibers in hemodialyzers. *Kidney Int* 2000;58:809-17.
7. Teatini U, Steckiph D, Romei G. Evaluation of a new online hemodiafiltration mode with automated pressure control of convection. *Blood Purif* 2011;31:259-67.
8. Penne E, Van der Weerd C, Bots M, Van den Dorpel A, Grooteman M, Levesque R, et al. Patient- and treatment-related determinants of convective volume in post-dilution haemodiafiltration in clinical practice. *Nephrol Dial Transplant* 2009;24:3493-9.
9. Ouseph R, Hutchison C, Ward R. Differences in solute removal by two high-flux membranes of nominally similar synthetic polymers. *Nephrol Dial Transplant* 2008;23:1704-12.
10. Maduell F, Navarro V, Hernández-Jaras J, Calvo C. Comparación de dializadores en hemodiafiltración en línea. *Nefrología* 2000;20:269-76.
11. Ahrenholz PG, Winkler RE, Michelsen A, Lang DA, Bowry SK. Dialysis membrane-dependent removal of middle molecules during hemodiafiltration: the beta2-microglobulin/albumin relationship. *Clin Nephrol* 2004;62:21-8.
12. Kim ST, Yamamoto C, Taoka M, Takasugi M. Programmed filtration, a new method for removing large molecules and regulating albumin leakage during hemodiafiltration treatment. *Am J Kidney Dis* 2001;38(Supl 1):S220-S223.