

## Original

## ¿Cuál es el flujo de baño óptimo en la hemodiafiltración on-line posdilucional?

Marta Albalate Ramón\*, Patricia de Sequera Ortiz, Rafael Pérez-García, Elena Corchete Prats, Roberto Alcázar Arroyo, Mayra Ortega Díaz y Marta Puerta Carretero

Servicio de Nefrología, Hospital Infanta Leonor, Madrid, España

## INFORMACIÓN DEL ARTÍCULO

*Historia del artículo:*

Recibido el 10 de diciembre de 2014

Aceptado el 13 de abril de 2015

On-line el 10 de noviembre de 2015

*Palabras clave:*

Flujo de líquido de diálisis

Kt

Hemodiafiltración en línea

Flujo de infusión

## RESUMEN

**Introducción:** En la hemodiafiltración en línea posdilucional (HDFOL) la única recomendación acerca del líquido de diálisis (LD) hace referencia a su pureza. No se ha definido si usar flujos de baño (Qd) elevados tiene alguna utilidad para aumentar el Kt o el volumen de ultrafiltración-infusión (VI).

**Objetivo:** Estudiar cómo influye el Qd en el Kt y en el VI en la HDFOL.

**Material y métodos:** Estudio cruzado prospectivo. Se incluyó a 37 pacientes a los que se les realizaron 6 sesiones de HDFOL con cada Qd: 500, 600 y 700 ml/min. Veintiún pacientes se dializaron en monitor 5008® y 17 con AK-200®. Los dializadores utilizados fueron: 20 con FX800® y 17 con Polyflux-210®. El resto de los parámetros se mantuvieron constantes. Se recogieron del monitor: flujo efectivo de sangre, tiempo efectivo de diálisis, Kt final y VI.

**Resultados:** Encontramos que usando un Qd = 600 o 700 ml/min, el Kt aumentó un 1,7% respecto al uso de Qd = 500 ml/min. Las diferencias de VI no fueron significativas.

Aumentar el Qd de 500 ml/min a 600 y 700 ml/min aumenta el consumo de LD un 20 y un 40%, respectivamente.

**Conclusiones:** En la HDFOL con los monitores y dializadores utilizados no son útiles los Qd superiores a 500 ml/min para aumentar la eficacia del Kt ni el VI, por lo que su utilización implica un despilfarro de un recurso como el agua, tan importante tanto desde el punto de vista ecológico como económico.

© 2015 Sociedad Española de Nefrología. Publicado por Elsevier España, S.L.U. Este es un artículo Open Access bajo la licencia CC BY-NC-ND (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>).

\* Autor para correspondencia.

Correo electrónico: [malbalater@senefro.org](mailto:malbalater@senefro.org) (M. Albalate Ramón).

<http://dx.doi.org/10.1016/j.nefro.2015.04.007>

0211-6995/© 2015 Sociedad Española de Nefrología. Publicado por Elsevier España, S.L.U. Este es un artículo Open Access bajo la licencia CC BY-NC-ND (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>).

## What is the optimum dialysate flow in post-dilution online haemodiafiltration?

### A B S T R A C T

#### Keywords:

Dialysate flow rate  
Kt  
Hemodiafiltration on-line  
Infusion volume

**Introduction:** In post-dilution online hemodiafiltration (OL-HDF), the only recommendation concerning the dialysate, or dialysis fluid, refers to its purity. No study has yet determined whether using a high dialysate flow (Qd) is useful for increasing Kt or ultrafiltration-infusion volume.

**Objective:** Study the influence of Qd on Kt and on infusion volume in OL-HDF.

**Material and methods:** This was a prospective crossover study. There were 37 patients to whom 6 sessions of OL-HDF were administered at 3 different Qds: 500, 600 and 700 ml/min. A 5008® monitor was used for the dialysis in 21 patients, while an AK-200® was used in 17. The dialysers used were: 20 with FX 800® and 17 with Polyflux-210®. The rest of the parameters were kept constant. Monitor data collected were effective blood flow, effective dialysis time, final Kt and infused volume.

**Results:** We found that using a Qd of 600 or 700 ml/min increased Kt by 1.7% compared to using a Qd of 500 ml/min. Differences in infusion volume were not significant. Increasing Qd from 500 ml/min to 600 and 700 ml/min increased dialysate consumption by 20% and 40%, respectively.

**Conclusions:** With the monitors and dialysers currently used in OL-HDF, a Qd higher than 500 ml/min is unhelpful for increasing the efficacy of Kt or infusion volume. Consequently, using a high Qd wastes water, a truly important resource both from the ecological and economic points of view.

© 2015 Sociedad Española de Nefrología. Published by Elsevier España, S.L.U. This is an open access article under the CC BY-NC-ND license (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>).

La hemodiafiltración en línea posdilucional (HDFOL) es una técnica de tratamiento sustitutivo que tiene diversas ventajas respecto a la hemodiálisis (HD): mejoría de la estabilidad hemodinámica, de la respuesta a los agentes estimulantes de la eritropoyesis y a la hormona del crecimiento en niños en diálisis, mayor eliminación de fosfatos y  $\beta$ 2-microglobulina, disminución de la incidencia de la amiloidosis relacionada con la diálisis y de los marcadores-mediadores de inflamación crónica, mejor preservación del estado nutricional y de la función renal residual (FRR), respuesta favorable de la encefalopatía hepática y, en estudios recientes, mejor supervivencia<sup>1</sup>. En ella se usa el propio líquido de diálisis (LD) (ultrapuro) como líquido de reposición y, aunque se considera que es coste-efectiva<sup>2</sup>, su uso en ocasiones se ha limitado por la necesidad de utilizar grandes volúmenes de LD.

En HD para controlar la dosis de diálisis administrada se utilizan el Kt/V o el Kt basados en unos niveles mínimos por debajo de los cuales aumenta la mortalidad. Las guías clínicas recomiendan un Kt/V mínimo de 1,2 o un ratio de reducción de urea del 65%, pero los diferentes monitores de HD han incorporado biosensores que miden de forma no invasiva la dialisancia iónica efectiva que es equivalente al aclaramiento de urea (K). Estos sensores permiten calcular la dosis de diálisis sin carga de trabajo, sin determinaciones analíticas ni coste adicional, evitando los sesgos que conlleva la inclusión del término V (volumen de distribución de urea) y dando una medida real de la dosis de diálisis recibida en cada sesión. En 1999, Lowrie et al. propusieron el Kt como marcador de dosis de diálisis y mortalidad, recomendando un Kt mínimo de 40-45 L para las mujeres y 45-50 para los hombres<sup>3</sup>. En un

estudio de 3.009 pacientes, observaron que un mayor Kt se acompañaba de una mayor supervivencia e individualizaron la prescripción del Kt ajustándola al área de superficie corporal (SC), en una medida tremendamente exigente<sup>4</sup>. Aunque está por aclarar si las dosis de diálisis son las mismas en HDFOL, mientras no contemos con otras evidencias, los pacientes en HDFOL deberían tener los mismos objetivos que los de HD. Además, distintos estudios han mostrado que la cantidad de volumen convectivo administrado parece ser decisivo en la mejora de supervivencia, que fue de 15 l/sesión en el European Dialysis Outcomes and Practice Pattern Study (DOPPS)<sup>5</sup>, 17,4 l/sesión en el estudio turco<sup>6</sup>, 21,9 L en el Convective Transport Study (CONTRAST)<sup>7</sup> y de 23,1 L en el Estudio de Supervivencia de Hemodiafiltración On-Line (ESHOL)<sup>8</sup>. Estos estudios ponen en evidencia la necesidad de alcanzar volúmenes convectivos altos para reducir la mortalidad y, por ello, nosotros, siguiendo los estándares de calidad más exigentes, nos marcamos como objetivo conseguir volúmenes superiores a 24 L.

La dosis de diálisis (o Kt) depende del KoA del dializador, de las condiciones de flujo (sangre [Qb], líquido de diálisis [Qd] y ultrafiltración) y del tiempo de diálisis. Estudios realizados en los años 90 encontraron que el KoA y el aclaramiento podrían aumentar al incrementar el Qd<sup>9,10</sup>. Los resultados de estos estudios en HD llevaron a aumentar el Qd a 700-800 ml/min para mejorar el aclaramiento. Pero en los últimos años los cambios en el diseño de los dializadores (fibras cruzadas con un cierto ángulo u onduladas, con diferente densidad de empaquetado y distribuidores del flujo en la entrada del baño) han mejorado sus prestaciones<sup>11-13</sup>. De este modo, trabajos más recientes han mostrado que con estos dializadores,

aumentar el Qd no modifica prácticamente la eficacia de la HD<sup>14-18</sup>. Pero, ¿qué ocurre en HDFOL? Nosotros no hemos encontrado ningún trabajo que estudie el efecto que tiene utilizar distintos Qd, ni que mencione qué Qd es más adecuado en HDFOL valorando sus efectos sobre el Kt o el VI. Usar un Qd elevado supone un mayor consumo de agua y de concentrados, de modo que esta medida solo debería usarse si se consigue mejorar el resultado de las diálisis en cuanto a Kt o VI. El cuidado de los recursos naturales es vital para la sociedad y en los últimos años se ha tomado plenamente conciencia de la verdadera necesidad de cuidar el agua. En muchos lugares del mundo el agua es un bien escaso y, aunque en las unidades de HD se debería cuidar su consumo, en la mayoría se desperdician grandes volúmenes<sup>19</sup>. Para mejorar, se han propuesto varias soluciones como reciclar el agua rechazada, aunque una medida inicial y básica es no utilizar el agua de forma innecesaria. Saber qué Qd es el óptimo en HDFOL pasa a convertirse en un objetivo básico para lograr un consumo más racional de agua. En el presente estudio nos planteamos estudiar el efecto que tiene el Qd sobre el Kt y el VI en HDFOL.

## Objetivos

1. Estudiar la influencia del Qd (500, 600 y 700 ml/min) en el Kt y VI en HDFOL.
2. Cuantificar el ahorro de agua que conlleva.

## Material y métodos

Se trata de un estudio prospectivo realizado en un único centro de diálisis, con un diseño cruzado. Los sujetos incluidos debían ser mayores de 18 años y llevar en HDFOL más de 3 meses.

Los datos demográficos recogidos fueron: sexo, edad, tiempo en HD y etiología de la enfermedad renal. Se calculó el Kt objetivo (Ktobj) individual ajustado a la SC.

Se incluyó a 37 pacientes (16 mujeres y 21 hombres). Los monitores y dializadores fueron idénticos a lo largo de todo el estudio. Un total de 16 pacientes fueron dializados con AK 200<sup>®</sup> y 21 con Fresenius 5008<sup>®</sup>. Las membranas utilizadas fueron distribuidas de la siguiente manera: 20 FX800<sup>®</sup> y 17 Polyflux 210H<sup>®</sup>. Todos los pacientes fueron dializados en HDFOL tal y como sigue:

- 6 sesiones con Qd a 500 ml/min.
- 6 sesiones con Qd a 600 ml/min.
- 6 sesiones con Qd a 700 ml/min.

Se mantuvieron durante todo el periodo: el tiempo de diálisis, la anticoagulación y el flujo de sangre. Los volúmenes de ultrafiltración fueron ajustados de acuerdo con las necesidades clínicas. Cuando el sistema 5008<sup>®</sup> mide la recirculación, el Qd se incrementa temporalmente a 800 ml/min. Nuestro trabajo rutinario mide la recirculación una vez en la sesión.

Se recogieron directamente desde la pantalla del monitor los siguientes parámetros: flujo de sangre efectivo (Qbe), el Qd, el tiempo efectivo de diálisis, Kt final (Ktf) y VI final.

A partir de los datos recogidos, se calcularon:

1. Los valores medios individuales de Qbe, tiempo efectivo de diálisis, VI y Ktf con cada Qd.
2. Diferencias de Kt: Ktobj-Ktf.
3. Diferencias de VI (objetivo = 24 l): VIobj-VI final.

## Estadística

Las variables cualitativas se muestran con porcentajes y las variables cuantitativas como medias (desviación estándar) o medianas (mínimo-máximo). Los estudios de t-pareada y Anova fueron utilizados para comparar variables cuantitativas. Los test chi-cuadrado fueron utilizados para las variables cualitativas. Un valor de p menor de 0,05 fue considerado como estadísticamente significativo. Los análisis fueron realizados con el programa informático SPSS versión 15.0.

## Resultados

Los 37 pacientes incluidos tenían una mediana de edad de 67,4 años (36-92). La etiología de la ERC era: 13 diabetes mellitus, 7 glomerular, 6 desconocida, 5 vascular, 4 intersticial y 2 poli-quísticos. Un total de 36 se dializaban 3 veces a la semana y un paciente 2 veces a la semana por tener buena función renal residual, que definimos como un aclaramiento medio de urea y creatinina en orina de 24 h superior a 5 ml/min. La duración de la diálisis programada fue 240 min en 7 pacientes, 255 min en 25 pacientes, 270 min en 4 pacientes y 300 min para un paciente. Treinta pacientes se dializaban con fístula y el resto con catéter tunelizado.

Recogimos 565 sesiones: 192 con 500 ml/min, 194 con 600 ml/min y 179 con 700 ml/min. Se excluyeron las sesiones en las que existía desviación en el tiempo de tratamiento prescrito, en el Qb o en las que por problemas técnicos no se había medido K. Todos los pacientes se hicieron al menos 3 sesiones con cada Qd.

## Eficacia de la diálisis

La [tabla 1](#) muestra los resultados obtenidos respecto al Kt y VI: Kt ligeramente más alto si el Qd era más elevado y lo contrario con el VI. El Kt se incrementó un 1,7% (500 frente a 600 o 700 ml/min). No se encontraron diferencias en el Qbe entre los diferentes Qd utilizados, aunque el tiempo efectivo era un minuto inferior con un Qd de 700 ml/min.

En el estudio de la adecuación individual, el Ktobj medio era 49 (4,2) L (36-56,7 L). En la [tabla 1](#) aparece la diferencia entre el Kt alcanzado y el objetivo, con un Kt alcanzado muy por encima del Ktobj ajustado a SC con todos los Qd. Solo un paciente no alcanzó el Ktobj por problemas con su acceso vascular y no logró alcanzarlo con ninguno de los Qd empleados.

No se alcanzaron los 24 L en: 2 pacientes con 500 ml/min (VI medio: 23,7 L), 2 pacientes con 600 ml/min (VI medio: 23,8 L) y en 5 pacientes con 700 ml/min (VI 23,2 L). Solo un paciente tuvo un VI medio «bajo» (20 L). Se trata de un paciente con una amputación bilateral supracondílea, que se dializa por un catéter tunelizado con problemas para lograr Qb superiores a 350 ml/min. No existieron diferencias estadísticamente significativas entre los que no y sí alcanzaban VI con

**Tabla 1 – Resultados de la HDFOL con los diferentes Qd**

Qd	500 ml/min (a) M (DE)	600 ml/min (b) M (DE)	700 ml/min (c) M (DE)	p post-hoc
Tiempo efectivo (min)	246,7(9,6)	246,3 (10,0)	245,0 (10,0)	<0,010 a,c b,c
Qb efectivo (ml/min)	390,0 (33,6)	388,8 (34,7)	387,9 (37,0)	NS
Kt (L)	61,4 (5,9)	62,5 (6,5)	62,9 (7,2)	<0,005 a,c
DifKtobj (L)	12,4 (6,0)	13,4 (6,4)	13,3 (8,0)	NS
VI (L)	27,7 (3,1)	27,7 (3,2)	27,1 (3,4)	<0,009 a,c <0,010 b,c

DifKtobj: diferencia entre el Kt objetivo y Kt final con los diferentes Qd. Abreviaturas: M: media, DE: desviación estándar a: 500 ml/min, b: 600 ml/min y c: 700 ml/min. En la columna de la derecha se señalan las diferencias significativas entre cada pares de grupos (prueba post-hoc).

**Tabla 2 – Resultados de la HDFOL-P con los diferentes monitores, en la columna de la derecha se señalan las diferencias significativas entre cada pares de grupos (prueba post-hoc)**

Qd		500 ml/min (a) M (DE)	600 ml/min (b) M (DE)	700 ml/min (c) M (DE)	p post-hoc
Kt (L)	AK200	59,8 (6,6)	60,8 (7,0)	61,1 (7,5)	<0,008 a,b <0,020 a,c
	5008	62,7 (5,1)	63,8 (5,9)	64,1 (7,0)	<0,020 a,b
VI (L)	AK200	28,9 (3,1)	29,0 (3,3)	28,0 (3,3)	<0,040 a,c <0,040 b,c
	5008	26,9 (3,0)	26,8 (2,8)	26,6 (3,7)	NS

Qd=700 ml/min (el grupo más numeroso) ni en Kt ni tiempo efectivo, aunque el Qbe tendía a ser inferior 376,5 (39,3) vs. 393 (35,2) ml/min. Todos se dializaban en un monitor 5008®.

### Diferencias según monitor

Separamos el resultado por monitores basándonos en los diferentes métodos utilizados para controlar el volumen convectivo y los resultados pueden verse en la [tabla 2](#). Con ambos monitores la tendencia es a un Kt más elevado con Qd más elevado. En cambio, en el VI, mientras con el monitor Fresenius® el VI es similar con cualquier Qd, en el monitor Gambro® el VI era ligeramente inferior si se usaba un Qd más alto.

### Consumo de líquido de diálisis

El consumo calculado de ácido y LD en una sesión de 255 min aparece en la [tabla 3](#). Así con 600 ml/min se necesita un 20% y con 700 ml/min un 40% más de LD que con 500 ml/min.

En la [tabla 3](#) hemos reflejado el exceso de consumo que supone usar 600 o 700 vs. 500 ml/min, no solo por paciente sino en el total de una unidad como la nuestra con 75 enfermos. Es importante resaltar que este consumo hace referencia al LD, no al consumo global de agua, que sería cerca del doble, ya que para formar un litro de LD ultrapuro se precisa desear entre 0,5 y 1 L de agua en el proceso de tratamiento.

Hemos realizado un cálculo parcial del coste de un litro de LD (agua+ácido) para poder calcular el ahorro económico que supondría. Así un litro de LD cuesta 0,03 euros en el monitor Fresenius y 0,02 en Gambro, a coste local. En la [tabla 3](#) se incluye el ahorro económico que supone por paciente/año disminuir el Qd.

## Discusión

El principal resultado de nuestro trabajo es que aumentar el Qd en HDFOL logra una pequeña mejoría en el Kt y no tiene influencia práctica en el VI. Aunque el resultado pueda ser estadísticamente significativo, la relevancia clínica de estas diferencias es más que cuestionable, máxime si se tiene en cuenta el consumo de agua necesario para lograrlo.

La información existente sobre la utilidad de usar un Qd determinado en HDFOL es prácticamente nula. En la mayoría de las unidades se utiliza un Qd de 700 ml/min con la idea de aumentar la eficacia del transporte difusivo, pero la base de este uso no está fundamentada. De hecho, solo hemos encontrado un trabajo acerca del efecto del Qd en la HDFOL. Este trabajo compara HD con HDFOL utilizando autoflujo (AF), sistema que incorporan los monitores 5008® en los que el Qd se ajusta al Qb. Los autores concluyen que con la HDFOL se puede obtener un mejor Kt/V usando menos LD que en HD<sup>20</sup>. Pero no hemos encontrado publicaciones en las que se compare el efecto que tienen distintos Qd sobre la eficacia o el VI en HDFOL, lo que da a nuestro trabajo un carácter novedoso y eminente práctico. Nuestros resultados muestran que, al igual que ocurre en la HD, aumentar el Qd tiene un mínimo efecto sobre la eficacia de la HD, dato que es mucho más relevante si se tiene en cuenta que no está basado en el Kt/V calculado con las concentraciones de urea pre- y posdiálisis o el V introducido en el monitor. Nuestra medida de adecuación se basa en el Kt ajustado a SC, que es una forma tremendamente exigente<sup>21</sup>. Con ello, solo en un paciente con problemas de FAV no se logró el objetivo con ninguno de los Qd utilizados, por lo que no parece que aumentar el Qd sea una medida útil para mejorarlo. Este resultado aboga por no utilizar Qd elevados en la HDFOL con el objetivo de aumentar la eficacia como clásicamente se ha indicado, máxime teniendo en cuenta que la disminución de la mortalidad con esta técnica se relaciona con la cantidad de volumen convectivo administrado. Se podría alegar que con el Qb = 700 ml/min el tiempo efectivo era menor y que al igualar esa diferencia de tiempo se lograría aumentar más Kt. Dado que todos sabemos que prolongar el tiempo se asocia a una mejor supervivencia independientemente de la dosis de diálisis<sup>22</sup>, habría que poner en la balanza el efecto de pérdida de tiempo, posiblemente por controles internos de la máquina vs. mejoría del Kt y, dado que ambas diferencias son mínimas y posiblemente poco relevantes, creemos que usar un Qd superior a 500 ml/min no es una medida eficaz.

**Tabla 3 – Líquido de diálisis consumido con los diferentes flujos de baño**

Qd	LD consumido (l) sesión	Ácido consumido (l)/sesión	Exceso anual LD/pac (l)	Exceso anual con 75 pac (l)	Euros ahorrados Gambro 75 pac/año	Euros ahorrados Fresenius 75 pac/año
500 ml/min	127,5	2,8	-			
600 ml/min	153	3,4	4.056	304.200	9.126	6.084
700 ml/min	178,5	3,9	7.956	596.700	17.901	11.934

El exceso anual/pac: consumo teórico de agua al usar 600 o 700 vs. 500 ml/min en litros.

En cuanto al VI, como era lógico, el Qd prácticamente no tiene influencia. Hoy en día las técnicas automáticas de HDFOL intentan conseguir un mayor rendimiento de transporte convectivo, pero cada monitor tiene diferentes sistemas de control y obtiene resultados diferentes. De hecho «regulan» el VI basándose en métodos que los nefrólogos no siempre conocemos. En cualquier caso, parece claro que usar Qd elevados no tiene repercusión ni utilidad para modificar el VI en la HDFOL. Cuando estudiamos si se logran los objetivos, solo un enfermo quedaba lejos de lograr los 24 l fijados (obteniendo en torno a 20 l) por un problema de Qb al dializarse por un CT. Es interesante tener en cuenta que este paciente tenía una amputación supracondílea bilateral. En el momento actual no contamos con ninguna forma de hacer una prescripción individualizada de VI, como ocurre con el Kt, de acuerdo con la SC. Este hecho nos sirve para reflexionar sobre la necesidad de conocer cuál es el objetivo de VI para cada paciente y desarrollar así una HDFOL plenamente individualizada. Para el resto de los que no lo lograban, aunque estaban cerca, el hecho no dependía tampoco del Qd utilizado. Eran pacientes con un VI muy ajustado a 24 l y quienes, posiblemente aumentando el Qb o el tiempo o revisando si se puede conseguir mejor rendimiento con otro método, lo alcanzarían independientemente del Qd. Finalmente cabe recordar que muchos trabajos incluyen en el volumen convectivo el VI más el volumen de ultrafiltración pautado para lograr el peso seco. Nosotros no hemos sumado el volumen de ultrafiltración, con lo que habríamos alcanzado el objetivo de los 24 l.

No comparamos el Kt ni VI que se obtenía con diferentes monitores, ya que no era el objetivo de nuestro estudio ni estaba diseñado para ello. Creemos que las diferencias observadas en la [tabla 2](#) en cuanto al Kt están de acuerdo con los resultados del trabajo publicado por Maduell et al. que ya mostraba que la dialisancia iónica calculada por los monitores Fresenius era más elevada que la calculada por monitor AK200<sup>®23</sup>. Igualmente, el mayor VI que logra el método Ultracontrol<sup>®</sup> está de acuerdo con nuestros resultados previos<sup>24</sup>.

El agua potable, empleada para consumo humano, no sirve para la fabricación de LD: es imprescindible purificarla. Para la HDFOL el aspecto del agua en el que se hace hincapié es en la obligatoriedad de utilizar un agua y LD ultrapuros, haciendo mención a su calidad pero no a su cantidad. Tratar a un paciente durante varias horas 3 veces por semana requiere grandes cantidades de energía y agua, además de que genera productos médicos desechables. Se calcula que el balance ambiental promedio de una sesión de HD es de aproximadamente 400-500 l de agua, 10 kw/hora de electricidad y hasta 3 kg de desechos clínicos<sup>25</sup>. Por lo tanto, en lo

que respecta al LD, fabricar LD ultrapuro conlleva problemas económicos y ecológicos. Aunque nosotros hemos mostrado el LD directamente utilizado, queremos insistir en que para producir ese litro, otro litro se ha perdido en el proceso de tratamiento; es decir, para generar un litro de LD en ósmosis inversa se necesitan 2 l de agua, lo que supone el doble de consumo. El agua es un elemento clave para la subsistencia de la vida, y su manejo es hoy absolutamente necesario desde la perspectiva del buen uso de los recursos naturales: es necesario aumentar la conciencia sobre temas ambientales entre el personal de la clínica de diálisis. Si pensamos en una sesión de 255 min, bajar de 700 a 500 ml/min y ahorrar 51 l de LD en cada paciente puede parecer poco relevante, pero implica en una unidad de 75 pacientes más de 500.000 l de LD en un año o, como hemos explicado, 1.000.000 l de agua potable, además del ahorro de ácido, con la consiguiente ventaja económica y ecológica. A este beneficio ecológico hay que sumar el económico. Hemos realizado una valoración del coste de un litro de LD teniendo en cuenta el agua más el ácido. No se ha sumado el bicarbonato, ya que asumimos que utilizamos un cartucho por sesión con cualquier Qd, para facilitar el cálculo, aunque en ocasiones es necesario pasar a usar un cartucho con mayor cantidad de bicarbonato y, por tanto mayor precio, al aumentar el Qd. Aunque a simple vista el precio de un litro parece desdeñable, se pone de relieve la importancia si tenemos en cuenta el consumo sobre una n: anual. Además, nuestros cálculos no han tenido en cuenta el agua consumida durante la preparación ni la desinfección (por lo que el ahorro podría ser mayor si se optimizasen esos consumos), ni otros gastos de mantenimiento de la planta de tratamiento de agua, que parcialmente se pueden ver afectados por un mayor consumo de agua.

La principal limitación de nuestro estudio es que el número de pacientes incluido es pequeño, pero el número de sesiones de diálisis es suficiente y el diseño cruzado permite comparar cada paciente consigo mismo, lo que refuerza los resultados. También nuestro estudio ha sido realizado en una única unidad de diálisis pero pensamos que nuestros resultados pueden ser extrapolados a todas las unidades que trabajan en condiciones similares.

## Conclusiones

Nuestros datos indican que aumentar el Qd por encima de 500 ml/min en HDFOL ofrece un beneficio limitado. Mejorar la eficacia de diálisis ahorrando agua es importante para el medio ambiente y para satisfacer la demanda humana actual y futura, logrando así una diálisis mucho más eficiente. Si



utilizar Qd inferiores es factible es el terreno que queda por estudiar.

### Conflicto de intereses

El Dr. Pérez García, la Dra. de Sequera y la Dra. M. Albalate han participado en reuniones de Fresenius y Gambro.

### Agradecimientos

Este trabajo ha podido realizarse gracias a la colaboración del personal de enfermería de la unidad de hemodiálisis.

### BIBLIOGRAFÍA

- Pérez-García R. On-line haemodiafiltration after the ESHOL study. *Nefrología*. 2014;34:139-44.
- Takura T, Kawanishi H, Minakuchi J, Nagake Y, Takahashi S. Cost-effectiveness analysis of on-line hemodiafiltration in Japan. *Blood Purif*. 2013;35 Suppl 1:85-9.
- Lowrie EG, Chertow GM, Lew NL, Lazarus JM, Owen WF. The urea {clearance x dialysis time} product (KT) as an outcome-based measure of hemodialysis dose. *Kidney Int*. 1999;56:729-37.
- Lowrie EG, Li Z, Ofsthun NJ. Evaluating a new method to judge dialysis treatment using online measurements of ionic clearance. *Kidney Int*. 2006;70:211-7.
- 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 the DOPPS. *Kidney Int*. 2006;69:2087-93.
- Ok E, Asci G, Sevinc-Ok E, Kircelli F, Yilmaz M, Hur E, et al. Comparison of postdilution on-line hemodiafiltration and hemodialysis (Turkish HDF Study). *Nephrol Dial Transplant*. 2013;28:192-202.
- Grooteman MP, van den Dorpel MA, Bots ML, Penne EL, van der Weerd NC, Mazairac AH, et al. CONTRAST Investigators: Effect of on-line hemodiafiltration on all-cause mortality and cardiovascular outcomes. *J Am Soc Nephrol*. 2012;23:1087-96.
- Maduell F, Moreso F, Pons M, Ramos R, Mora-Macià J, Carreras J, et al. ESHOL Study Group, High-efficiency postdilution online hemodiafiltration reduces all-cause mortality in hemodialysis patients. *J Am Soc Nephrol*. 2013;24:487-97.
- Leyboldt JK, Cheung AK, Agodoa LY, Daugirdas JT, Greene T, Keshaviah PR. Hemodialyzer mass transfer-area coefficients for urea increase at high dialysate flow rates. *Kidney Int*. 1997;51:1013-7.
- Ouseph R, Ward RA. Increasing dialysate flow rate increases dialyzer urea mass transfer-area coefficients during clinical use. *Am J Kidney Dis*. 2001;37:316-20.
- Hirano A, Kida S, Yamamoto K, Sakai K. Experimental evaluation of flow and dialysis performance of hollow-fiber dialyzers with different packing densities. *J Int Organs*. 2012;15:168-75.
- Hirano A, Yamamoto K, Matsuda M, Ogawa T, Yakushiji T, Miyasaka T, et al. Evaluation of dialyzer jacket structure and hollow-fiber dialysis membranes to achieve high dialysis performance. *Ther Apher Dial*. 2011;15:66-74.
- Kim JC, Kim JH, Kimg HC, Kang E, Kim KG, Kim HC, et al. Effect of fiber structure on dialysate flow profile and hollow-fiber hemodialyzer reliability: CT perfusion study. *Int J Art Organs*. 2008;31:944-950.
- Alayoud A, Benyahia M, Montassir D, Hamzi A, Zajjari Y, Bahadi A, et al. A model to predict optimal dialysate flow. *Ther Apher Dial*. 2012;16:152-8.
- Azar A. Increasing dialysate flow rate increases dialyzer urea clearance and dialysis efficiency: An in vivo study. *Saudi J Kidney Dis Transplant*. 2009;20:1023-9.
- Bhimani J, Ouseph R, Ward R. Effect of increasing dialysate flow rate on diffusive mass transfer of urea, phosphate and  $\beta$ 2-microglobulin during clinical haemodialysis. *Nephrol Dial Transplant*. 2010;25:3990-5.
- Kahiwagi T, Sato K, Kawakami S, Kiyomoto M, Enomoto M, Suzuki T, et al. Effects of reduced dialysis fluid flow in hemodialysis. *J Nippon Med Sch*. 2013;80:119-30.
- Ward RA, Idoux JW, Hamdan H, Ouseph R, Depner TA, Golper TA. Dialysate flow rate and delivered KT/V urea for dialyzers with enhanced dialysate flow distribution. *Clin J Am Soc Nephrol*. 2011;6:2235-9.
- Ponson L, Arkouche W, Laville M. Toward green dialysis: Focus on water savings. *Hemodial Int*. 2014;18:7-14.
- Mesic E, Bock A, Major L, Vaslaki L, Berta K, Wikstrom B, et al. Dialysate saving by automated control of flow rates: Comparison between individualized online hemodiafiltration and standard hemodialysis. *Hemodial Int*. 2011;15:522-9.
- Molina Núñez M, Roca Meroño S, de Alarcón RM, García MA, Jimeno C, Álvarez GM, et al. Cálculo del Kt como indicador de calidad en el área de adecuación en hemodiálisis. *Nefrología*. 2010;30:331-6.
- Singh S, Choi P, Power A, Ashby D, Cairns T, Griffith M, et al. Ten-year patient survival on maintenance haemodialysis: Association with treatment time and dialysis dose. *J Nephrol*. 2013;26:763-70.
- Maduell F, Vera M, Arias M, Serra N, Blasco M, Bergadà E, et al. Influence of the ionic dialysance monitor on Kt measurement in hemodialysis. *Am J Kid Dis*. 2008;52:85-92.
- Pérez-García R, de Sequera P, Ortega M, Puerta M, Albalate M, Alcázar R. El sistema ultracontrol® de HDF-OL postdilucional optimiza el volumen ultrafiltrado total por sesión. *Nefrología*. 2009;29 Suppl 2:63.
- Vuignier Y, Pruijm M, Jarrayah F, Burnier M. Dialysis and ecology: Can we do better in the future? *Rev Med Suisse*. 2013;9:468-72.