

Eficacia de la hemodiafiltración en línea (HDF) comparada con la hemodiálisis de alto flujo (HD)

H. García, J. Hernández-Jaras, F. Maduell, M. Yago*, C. Calvo, V. Navarro y J. Villatoro

*Servicios de Nefrología y Bioquímica. Hospital General de Castellón.

RESUMEN

La hemodiafiltración es una técnica de depuración sanguínea que utiliza los mecanismos de difusión y convección. El objetivo de este estudio era valorar la eficacia comparada de la hemodiafiltración en línea y la hemodiálisis de alto flujo sobre la eliminación de urea, creatinina, fosfato, β 2-microglobulina y albúmina.

Estudiamos 13 pacientes asignados aleatoriamente a una sesión de hemodiafiltración postdilución y una de hemodiálisis. Ambas sesiones tenían en común: flujo sanguíneo, tiempo de diálisis, monitor, filtro de polisulfona y una ultrafiltración suficiente para alcanzar el peso seco. Las diferencias fueron un flujo de infusión de 117 ± 23 ml/min en hemodiafiltración y nulo en hemodiálisis, y un flujo de dializado de 800 ml/min menos el flujo de infusión en hemodiafiltración y de 800 ml/min en hemodiálisis. Se obtuvieron muestras de sangre pre, postsesión, rebote a los 45 minutos y pre de la siguiente sesión, y de la recolección total del dializado.

En hemodiálisis, los aclaramientos medios de urea, creatinina, fosfato y β 2-microglobulina fueron: $294,6 \pm 22,5$, $184,3 \pm 19,0$, $135,9 \pm 27,5$ y $49,1 \pm 5,1$ ml/min respectivamente; los porcentajes de reducción de estos solutos de $6,3 \pm 5,0\%$, $55,9 \pm 4,9\%$, $48,9 \pm 16,0\%$ y $58,4 \pm 5,8\%$, y la masa de solutos en el dializado de $35,2 \pm 10,0$ g, $1,88 \pm 0,34$ g, 750 ± 193 mg y $173 \pm 42,1$ mg, respectivamente. Los correspondientes aclaramientos en hemodiafiltración fueron, en el mismo orden, $295,0 \pm 38,7$ (NS), $199,5 \pm 30,5$ ($p < 0,02$), $137,0 \pm 28,5$ (NS) y $58,9 \pm 18$ ($p = 0,052$, NS) ml/min; los porcentajes de reducción de estos solutos de: $65,9 \pm 6,9\%$ (NS), $55,2 \pm 6,3$ (NS), $45,6 \pm 18\%$ (NS) y $70,7 \pm 9,1$ ($p = 0,17$, NS), y la masa de solutos eliminada fue de $36 \pm 9,5$ g (NS), $1,97 \pm 0,35$ g, 827 ± 266 mg y $183,4 \pm 51$ mg, respectivamente (NS). La masa de albúmina en el dializado fue de $39,7 \pm 34$ mg/sesión en hemodiálisis y $3933,5 \pm 2840$ mg/sesión en hemodiafiltración ($p = 0,001$).

Concluimos que las diferencias entre las dos técnicas son mínimas, excepto para la pérdida de albúmina, relacionada principalmente con la convección de la hemodiafiltración. Es probable que el estudio de un mayor número de casos evidenciara una depuración más eficaz de esta técnica sobre las toxinas urémicas estudiadas, especialmente las de elevada masa molecular.

Palabras clave: **Hemodiafiltración. Hemodiálisis. Fosfato. β 2-microglobulina, albúmina.**

Recibido: 30-XII-97.
En versión definitiva: 7-V-98.
Aceptado: 3-VI-98.

Correspondencia: Dr. Héctor García Pérez.
Servicio de Nefrología.
Hospital General de Castellón.
Avenida Benicassim, s/n.
12004 Castellón.

COMPARED EFFICIENCY OF ON-LINE HDF AND HIGH-FLUX HDF

SUMMARY

The technique of hemodiafiltration combines conventional diffusive hemodialysis with the convective component of hemofiltration. The aim of this study was to evaluate on-line hemodiafiltration and high-flux hemodialysis efficiency in urea, creatinine, phosphate, β 2-microglobulin and albumin removal.

In each of 13 stable patients a 1.89 m² surface area polysulphone dialyzer was used once with two different techniques: A) postdilution on-line hemodiafiltration with an infusion rate of 117 \pm 23 ml/min (35% of dry weight), blood flow rate of 461 \pm 56 ml/min and dialysate rate of 800 ml/min, which equals 683 ml/min after production of infusate; B) high-flux hemodialysis with the same blood and dialysate rate, and infusate rate of zero ml/min. Volumen control and linear weight loss were used to achieve desired body weight. All patients were dialyzed for three hours using Fresenius 4008B machines. In the midweek session, blood (pre, post, rebound) and dialysate (total collection) samples were obtained for solute measurement.

Urea, creatinine, phosphate, and β 2-microglobulin clearances were: 294.6 \pm 22.5, 184.3 \pm 19.0, 135.9 \pm 27.5 and 49.1 \pm 5.1 ml/min, respectively; percent of solute reduction was 66.3 \pm 5.0%, 55.9 \pm 4.9%, 48.9 \pm 16.0% and 58.4 \pm 5.8%, and solute mass removed in dialysate collection was 35.2 \pm 10.0 g, 1.88 \pm 0.34 g, 750 \pm 193 mg and 173 \pm 42.1 mg, respectively, in high-flux hemodialysis. Corresponding clearances in hemodiafiltration were, in the same order, 295.0 \pm 38.7 (NS), 199.5 \pm 30.5 ($p < 0.02$), 137.0 \pm 28.5 (NS) and 58.9 \pm 17 ($p = 0.052$) ml/min; percent reduction was 65.9 \pm 6.9% (NS), 55.2 \pm 6.3 (NS), 45.6 \pm 18% (NS) and 70.7 \pm 9.1 ($p = 0.17$), and mass removed: 36 \pm 9.5 g (NS), 1.97 \pm 0.35 g, 827 \pm 266 mg and 183.4 \pm 51 mg, respectively (NS). There was a lower elimination of albumin in dialysate with high-flux hemodialysis, 39.7 \pm 34 mg/session, than in on-line hemodiafiltration, with 3933.5 \pm 2840 mg/session ($p = 0.001$).

The results indicate that on-line hemodiafiltration compared to high-flux hemodialysis provides in the same treatment time a greater dialysis dose, being more efficient for larger molecular weight solutes. The removal of albumin is mainly related to convection and on-line hemodiafiltration.

Key words: **Hemodiafiltration. Hemodialysis. Phosphate. β 2-microglobulin. Albumin.**

INTRODUCCION

La técnica de hemodiafiltración (HDF) se plantea como una estrategia de tratamiento que combina la difusión convencional de la hemodiálisis con el componente convectivo de la hemofiltración y con la adsorción de solutos por la membrana, ofreciendo un buen aclaramiento de pequeñas moléculas y el beneficio potencial de aumentar el aclaramiento de moléculas más grandes, con el objetivo de mejorar la calidad de la diálisis, reduciendo o no la duración de la sesión¹⁻⁷. Con el desarrollo de técnicas para la producción estéril del líquido de infusión a partir del líquido de diálisis, en el instante previo a la infusión, se ha reducido el coste del tra-

tamiento y se ha simplificado la aplicación de la HDF a gran escala^{1,6,8}.

La afirmación de que la HDF ofrece una mayor cantidad y calidad de diálisis que la hemodiálisis convencional o la de alto flujo (HD) parece lógica y teóricamente posible^{6,8,9}.

La HDF es más eficaz cuando se comparan membranas sintéticas con membranas de cuprofán^{8,10-12}, o sintéticas con características distintas y en condiciones operativas diferentes¹³⁻¹⁶, pero la eficacia es más difícil de apreciar cuando se compara la HDF y la HD con una membrana sintética idéntica y con un esquema de tratamiento sin muchas diferencias^{2,9,17,18}.

Sin embargo, la HDF es un tratamiento complejo tanto en la teoría como en la práctica, siendo la in-

teracción de los mecanismos biofísicos en distinta magnitud la probable explicación de resultados menos espectaculares de lo esperado o incluso paradójicos encontrados por diversos autores^{4,19-23}.

El objetivo de este estudio es comparar la eficacia depurativa de pequeñas y grandes moléculas en HDF en línea y HD de alto flujo, con idénticas membranas y esquema de tratamiento. La hipótesis de estudio es que la eficacia de la HDF en línea es mayor que la eficacia de la HD de alto flujo respecto a la eliminación de solutos pequeños y grandes.

MATERIAL Y METODOS

Pacientes

Estudiamos 13 pacientes estables, 10 hombres y tres mujeres, con un tiempo medio en diálisis de $66,7 \pm 44,8$ meses (5-180), tratados con membranas sintéticas de polisulfona y poliacrilonitrilo desde $16,4 \pm 9,7$ meses antes (4-33) y con HDF un mínimo de tres meses. La edad era de $58,4 \pm 9,3$ años (35-71) y el peso seco de $61,8 \pm 9,0$ kg (46,4-77,5). La nefropatía de base era poliquistosis renal en dos casos, diabetes mellitus en uno, isquémica en tres, glomerulopatía crónica no filiada en cinco, una neoplasia renal y una nefropatía intersticial crónica.

Métodos y esquema de diálisis

Los pacientes fueron asignados aleatoriamente a una sesión de HDF en línea, en el modo postdilución, seguida o precedida por una sesión de HD, ambas realizadas en la sesión de mitad de semana. Todos los pacientes se dializaron con un filtro de polisulfona de $1,89$ m², durante un período de 180 minutos. Se programó la pérdida de peso para alcanzar el peso seco de cada paciente. El flujo sanguíneo (Qb), fue el mismo para cada paciente en ambas técnicas; el flujo de infusión (Qinf) en HDF fue el 35% del peso seco de cada paciente (entre 16,2 y 27,7 litros por sesión) y nulo en HD, mientras que el flujo del baño de diálisis (Qd) fue de 800 ml/min en HD y 800-Qinf en HDF (tabla I). Se empleó el monitor Fresenius 4008B.

Obtención de muestras y métodos de laboratorio

Obtención de muestras: Se obtuvieron muestras sanguíneas antes de iniciar el tratamiento, al final del mismo tras disminuir el flujo sanguíneo a 50 ml/min durante un minuto, a los 45 minutos de fi-

Tabla I. Características de la prescripción de diálisis (N = 13 pacientes).

	HD	HDF on-line
UF (ml/min) pérdida peso	$12,5 \pm 4,3$	$12,4 \pm 6,0$
Dializador (m ²)	1,89	1,89
Tiempo diálisis (min)	180	180
Qb (ml/min)	461 ± 56	461 ± 56
Qinf (ml/min) 35% peso s.	0	117 ± 16
Qd (ml/min)	800	800-Qinf

UF = ultrafiltración necesaria para alcanzar el peso seco; Qb = flujo sanguíneo; Qinf = flujo convectivo = flujo de la infusión on-line; Qd = flujo del dializado.

nalizar la sesión (pre, post y rebote), en la sesión de mitad de semana, y prediálisis en la sesión siguiente (pre2). Se realizó la recolección total del dializado y se midió el volumen total de líquido recogido. Se determinó la concentración de urea, creatinina, fosfato, β 2-microglobulina (β 2m) y albúmina.

Métodos bioquímicos: Las determinaciones de urea (método ureasa/glutamato deshidrogenasa), creatinina (método de Jaffé cinético), fosfato (método de molibdato amónico) y albúmina plasmática (método del verde de bromocresol) se llevaron a cabo utilizando reactivos de ITC Diagnostics (IZASA, S. A., Barcelona), en un analizador Shimadzu CL-7300 (IZASA, S. A.). La albúmina en líquido de diálisis se determinó mediante inmunoturbidimetría utilizando reactivo de Roche, S. A. (Madrid) en un analizador COBAS FARA II (Roche, S. A.), y la β 2m se determinó mediante inmunoturbidimetría de partículas con reactivos de Eiken Chemical Co. (Invesgen, Madrid), en el mismo analizador.

Las concentraciones de urea, creatinina y fosfato se corrigieron para el agua plasmática; la β 2m post-diálisis fue corregida para los cambios de volumen, según los criterios de Bergström y Wehle²⁴. La masa de soluto (Ms) eliminada en la recolección total de dializado se calculó multiplicando la concentración de cada soluto por el volumen de líquido. El aclaramiento de solutos (Ks) se calculó, a partir de la masa de soluto en el dializado, con la siguiente fórmula: $Ks = (Ms / ((spre - spost) / \ln(spre / spost)) * T)$, siendo «s» el soluto estudiado y T el tiempo de diálisis. Los porcentajes de reducción de solutos (PR) para la urea y la creatinina se calcularon con los datos del rebote, $PR = [(spre - srebote) / spre] * 100$, y para el fosfato y la β 2m se calcularon con la concentración post.

Tratamiento estadístico

Los datos descriptivos se expresan como media \pm DE. Se comprueba la distribución normal de las va-

riables mediante la prueba de Kolmogorov-Smirnov y se realiza el análisis estadístico mediante el test *t* para datos apareados, considerando como significativo un error $\alpha < 0,05$.

RESULTADOS

Los pacientes no presentaron diferencias significativas entre las dos técnicas para algunos datos clínicos: tensión arterial, acidosis, anemia, Kt/V y PCRn (tabla II).

La depuración de urea, creatinina, fosfatos y $\beta 2m$ con las dos técnicas, HD y HDF en línea, puede observarse en la tabla III. Hay que destacar que las concentraciones prediálisis de los citados solutos no presentan diferencias significativas entre ambas técnicas, si bien estas pequeñas diferencias pueden explicar aumentos no significativos en la masa de soluto recogida en la recolección total de dializado. Tampoco se encuentran diferencias entre los resultados postdiálisis y rebote entre HDF y HD, y observamos que en los valores que denominamos pre2 se alcanzan concentraciones de solutos prácticamente iguales a los de prediálisis dentro de cada técnica (tabla III). El aclaramiento de urea (Ku) y el porcentaje de reducción de urea (PRU) no presentan diferencias significativas entre HDF y HD; la masa de urea (2,27% mayor en HDF) en la recolección total de dializado (NS) confirma estos resultados (fig. 1). La diferencia del K de creatinina (Kcr) entre las dos técnicas es significativa ($p < 0,02$), mientras que el PRP de creatinina (PRcr) y la masa de creatinina en el dializado (4,78% mayor en HDF) no presentan diferencias estadísticas (fig. 2). Para el fosfato, ninguno de los parámetros de medida de depuración, KP, PRP y masa de fosfato en el dializado, son estadísticamente diferentes entre ambas técnicas, aunque en HDF se recoge un 10,17% más de fosfato en el dializado que en HD (fig. 3). El aclaramiento de $\beta 2m$ ($K\beta 2$) y el PR de $\beta 2m$ ($PR\beta 2$) no son significativos ($p = 0,052$ y $p = 0,17$, respectivamente). La masa de $\beta 2m$ ($Ms\beta 2$) en la recolección

Tabla III. Depuración de urea, creatinina, fosfato y $\beta 2$ -microglobulina en HD y HDF en línea.

Solutos	HD	HDF on-line	Significación
Urea pre (mg/dl)	140,9 ± 38,9	145,9 ± 37,9	NS
Urea post (mg/dl)	37,9 ± 13,8	39,1 ± 16,8	NS
Urea reb45' (mg/dl)	48,1 ± 17,9	50,7 ± 20,5	NS
Urea pre2 (mg/dl)	130,01 ± 37,2	133,3 ± 41,9	NS
Creatinina pre (mg/dl)	10,04 ± 1,6	9,90 ± 1,8	NS
Creatinina post (mg/dl)	3,18 ± 0,8	3,09 ± 0,9	NS
Creatinina reb45' (mg/dl)	4,45 ± 1,0	4,49 ± 1,3	NS
Creatinina pre2 (mg/dl)	9,64 ± 1,7	9,50 ± 1,7	NS
Fosfato pre (mg/dl)	4,74 ± 1,4	4,99 ± 1,4	NS
Fosfato post (mg/dl)	2,25 ± 0,4	2,50 ± 0,5	NS
Fosfato reb45' (mg/dl)	3,34 ± 0,7	3,39 ± 0,5	NS
Fosfato pre2 (mg/dl)	4,59 ± 1,2	4,66 ± 1,6	NS
$\beta 2$ -m pre (mg/litro)	31,5 ± 7,6	32,3 ± 5,6	NS
$\beta 2$ -m post (mg/litro)	11,2 ± 2,5	9,83 ± 6,2	NS
$\beta 2$ -m reb45' (mg/litro)	14,7 ± 3,5	14,3 ± 8,1	NS
$\beta 2$ -m pre2 (mg/litro)	31,9 ± 10	30,3 ± 5,5	NS

m ± DE, NS = diferencia estadística no significativa, Pre = muestra prediálisis, Post = muestra postdiálisis con el Qb a 50 ml/min durante un minuto, reb45' = muestra a los 45 minutos del final de la sesión, Pre2 = muestra prediálisis de la siguiente sesión, $\beta 2$ -m = $\beta 2$ -microglobulina.

total del dializado, no presenta diferencias significativas entre HD y HDF. Los incrementos de K y PR para la $\beta 2m$ son de 19,95% y 10,30% en HDF res-

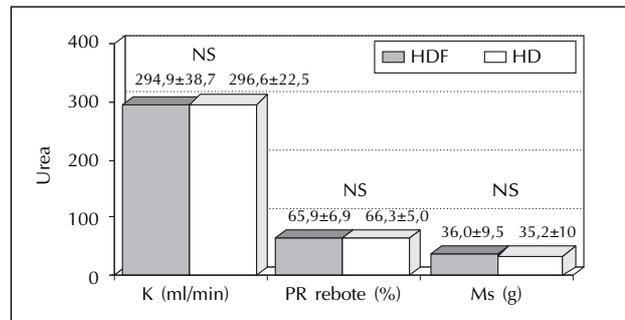


Fig. 1.—Comparación de aclaramiento (K), porcentaje de reducción (PR) y masa de urea en el dializado (Ms) en HDF y HD.

Tabla II. Parámetros clínicos, bioquímicos y dialíticos en HD y HDF.

Diálisis adecuada	HD de alto flujo	HDF on-line
Kt/V dializado	1,65 ± 0,24	1,62 ± 0,33
PCRn (g/kg/día)	1,04 ± 0,23	1,06 ± 0,22
Hemoglobina (g/dl)	11,45 ± 1,83	11,60 ± 1,80
TAS/TAD pre (mmHg)	156,6 ± 25,7/85,5 ± 17,1	158,4 ± 26,1/86,9 ± 16
Bicarbonato pre (mEq/L)	22,62 ± 2,11	22,85 ± 2,13

TAS/TAD: tensión arterial sistólica/tensión arterial diastólica.

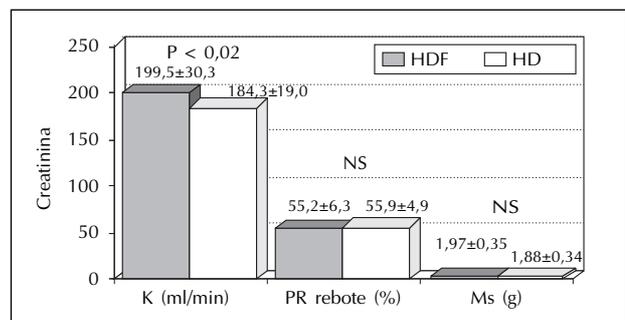


Fig. 2.—Aclaramiento (K), porcentaje de reducción (PR) y masa de creatinina en el dializado (Ms) en HDF y HD.

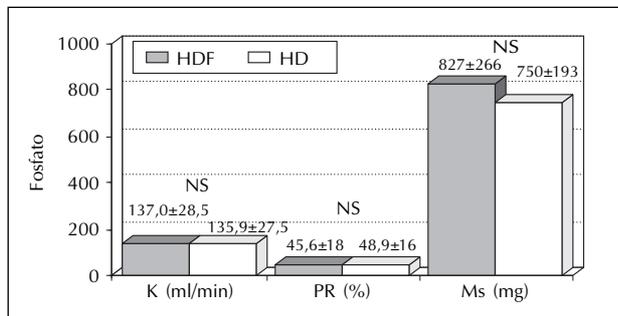


Fig. 3.—Comparación de aclaramiento (K), porcentaje de reducción (PR) y masa de fosfato en el dializado (Ms) en HDF y HD.

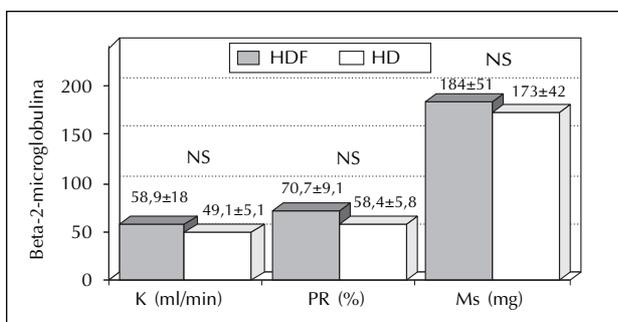


Fig. 4.—Aclaramiento (K), porcentaje de reducción (PR) y masa de β 2-microglobulina en el dializado (Ms) en HDF y HD.

pecto a HD. El incremento de masa de β 2m en el dializado es de 6,31% (fig. 4).

La evolución de albúmina plasmática no presenta diferencias intertécnicas para las muestras intra e interdialisis (tabla IV). Sin embargo, en el líquido de diálisis, la masa total de albúmina eliminada es prácticamente inapreciable en HD, mientras que en HDF ha sido de $3933,5 \pm 2840$ mg por sesión, $p = 0,001$ (tabla IV).

Tabla IV. Albúmina plasmática y en la recolección total del dializado.

Albúmina	HD	HDF	Significación
Pre (g/dl)	4,07 ± 0,3	4,22 ± 0,4	NS
Post (g/dl)	4,32 ± 0,4	4,53 ± 0,4	NS
Rebote 45' (g/dl)	4,25 ± 0,3	4,46 ± 0,5	NS
Pre2 (g/dl)	4,08 ± 0,2	4,24 ± 0,3	NS
Masa dializado (g)	0,25 ± 0,22	3,93 ± 2,84	$P < 0,001$

Pre = muestra prediálisis, Post = muestra postdiálisis con el Qb a 50 ml/min durante un minuto, reb45 = muestra a los 45 minutos del final de la sesión, Pre2 = muestra prediálisis de la siguiente sesión.

DISCUSION

La revisión de la literatura muestra algunas dificultades para el análisis y la comparación de resultados. En primer lugar, los problemas metodológicos de muchos estudios longitudinales y transversales son: un número pequeño de pacientes; comparaciones de eficacia de HD convencional y HD de alto flujo con HDF utilizando combinaciones múltiples de flujos, fibras, áreas de las membranas, monitores, duración de la sesión; y falta de comunicación de cálculos y de correcciones para datos (corrección de β 2-microglobulina según Bergström, hemoconcentración, etc.) en algunos casos. En segundo lugar, la complejidad de la interacción de los mecanismos biofísicos hace que la ultrafiltración y el transporte de solutos sean variables según la magnitud de los parámetros de diálisis utilizados.

La HDF y la HD tienen en común la utilización de membranas sintéticas, llamadas «abiertas» por su gran permeabilidad difusiva e hidráulica, que permite la depuración de toxinas urémicas de peso molecular pequeño, medio y grande^{5,7}. Las diferencias más destacables entre las dos técnicas son: que, teóricamente la HD sólo utiliza la difusión para extraer solutos de la sangre, aunque en realidad siempre se produce un cierto grado de convección y una retrofiltración de dializado a la sangre, que constituye una forma «inadvertida» de hemodiafiltración capaz de eliminar por transporte convectivo hasta un 25% del aclaramiento neto de una molécula de masa molecular media, como la inulina (Mn 5200 D)¹⁹, mientras que la HDF utiliza una ultrafiltración que excede con mucho la ganancia de peso entre dos tratamientos, precisando una importante reinfusión de volumen y, en general, evitando la retrofiltración^{5,7,19,22}. El transporte convectivo de moléculas medias puede realizarse fácilmente con membranas «abiertas», incluso en circunstancias en que estas membranas sean utilizadas en HD de alto flujo¹⁹⁻²².

Se ha referido en la literatura la eficacia relativamente elevada de la HDF sobre la HD en la eliminación de solutos de pequeño peso molecular como la urea^{2,17,25}, mientras que en otros casos, al igual que nosotros, no se han encontrado diferencias de eliminación de este soluto entre ambas técnicas^{9,16}. Para la creatinina, nuestros datos, similares a los de otros autores^{9,17,26}, tampoco presentan diferencias intertécnicas. Igualmente, hay discordancia en los resultados de eficacia en la depuración de fosfato, que no presenta diferencias en la eliminación entre ambas técnicas para algunos autores⁹, y sí para otros¹⁷, siendo los valores encontrados por Pedrini²⁶ los que más de aproximan a los nuestros.

La paradoja del hallazgo de unos aclaramientos de solutos de baja masa molecular sólo ligeramente superiores en HDF, con una convección de unos 21 litros por sesión, respecto a los de HD de alto flujo, prácticamente sólo con transporte difusivo, se explicaría por una competencia entre los mecanismos correctivo y difusivo en la depuración y por las características de las membranas «abiertas»¹⁹⁻²². En los autores que encuentran diferencias estadísticamente significativas entre HDF y HD, habría que tener en cuenta si las condiciones operativas han sido diferentes, como expone Kerr².

La β 2-microglobulina (Mm 11818) sirve de marcador de las toxinas urémicas de masa molecular elevada, siendo su aclaramiento un aspecto de interés para eliminar una parte importante de esta molécula de la sangre. En nuestro estudio encontramos que K β 2, PR β 2 y la Ms β 2 en el dializado son mayores en HDF que en HD, aunque también menor de lo esperado. La falta de significación en nuestros resultados podría deberse al tamaño de la muestra (N = 13), aunque hay que tener en cuenta el transporte difusivo y convectivo (ultrafiltración para pérdida de peso más retrofiltración) de β 2m que se realiza a través de una membrana «abierta» como la polisulfona¹⁹⁻²². Otros estudios tienen resultados sin diferencia significativa y valores de depuración aproximados a los de nuestro trabajo, dependiendo de las condiciones del tratamiento (tipo de fibra, área, flujos, duración de la diálisis)^{2,12,16-18,26-30}. Por el contrario, algunos autores, en diseños similares, encuentran valores muy elevados de aclaramiento de β 2m en HDF respecto a HD, con ventajas de 95% de reducción, que podrían relacionarse con estudios con muestras de pacientes no emparejadas, pequeñas⁹, y en condiciones operativas muy diferentes entre HD y HDF¹³.

La adsorción de β 2m por la membrana de HDF es menos importante con polisulfona que con otras membranas^{11,16,31}, existiendo una disparidad en las cifras de adsorción de β 2m por las diferentes fibras^{11,17,26,32}. Este tema necesitaría más estudios. Si obviamos el sesgo de la adsorción, la Ms β 2 en el dializado constituye la forma más objetiva de medir el soluto eliminado, estando los valores que hemos encontrado dentro del rango de valores citados anteriormente^{12,16,26,28-30}.

En cuanto a la albúmina, en las condiciones de nuestro estudio, hemos encontrado cantidades de esta sustancia en el dializado de relativa importancia en HDF, e inapreciables en HD (tabla IV). Algunos autores no encuentran pérdida de albúmina en el dializado con polisulfona o cantidades inferiores a las de este estudio^{12,27,31}. Con un dializador idéntico al utilizado por nosotros, KUBO³³ re-

fiere una pérdida de proteínas y albúmina en HDF de 7,78 g y 4,14 g, respectivamente, en una sesión de 3-4 horas de duración, cifra similar a la encontrada en nuestro estudio. Un aspecto a considerar sería el método por el que se determina la albúmina en el dializado. La pérdida de albúmina por el filtro también necesita ser estudiada, al haberse detectado cifras de 10-20 g de proteínas en el dializado de una sesión, en dializadores tratados con lejía³⁴.

Podemos concluir que, excepto el aclaramiento de creatinina que es significativamente mayor en HDF, el resto de parámetros de depuración no muestra una superioridad de la HDF sobre la HD, posiblemente en relación con el tamaño de la muestra. En esta situación, hay que constatar que una sesión de HD de alto flujo, en condiciones operativas similares a una de HDF en línea, es muy eficaz en la eliminación de solutos, si tenemos en cuenta la gran diferencia de flujo convectivo de la segunda. La membrana utilizada ha limitado la eliminación de albúmina en HD, permitiendo una pérdida relativamente importante en HDF, lo que puede constituir un indicador de que otras moléculas de masa intermedia entre la albúmina y la β 2-microglobulina se están eliminando en cantidad relativamente importantes en esta técnica.

BIBLIOGRAFIA

- Held PJ, Blagg CR, Liska DV, Hakim R, Levin N: The dose of hemodialysis according to dialysis prescription in Europe and the United States. *Kidney Int* 42 (Suppl. 38): 19-21, 1992.
- Kerr PB, Argilés A, Flavier JL, Canaud B, Mion CM: Comparison of hemodialysis and hemodiafiltration: A longitudinal study. *Kidney Int* 41: 1035-1040, 1992.
- Sternby J, Jönsson S, Ledebö I: Hemodiafiltration: Technical aspects, in Karger, Polyamide: The evolution of a synthetic membrane for renal therapy. *Contributions to Nephrology* 96, 86-98, Basel, 1992.
- David S, Cambi V: Hemofiltration: Predilution versus postdilution, in Karger, Polyamide: The evolution of a synthetic membrane for renal therapy. *Contributions to Nephrology* 96, 77-85, Basel, 1992.
- Von Albertini B, Bosch J: Short hemodialysis. *Am J Nephrol* 11: 169-173, 1991.
- Canaud B, Flavier JL, Argilés A, Stec F, Nguyen QV, Bouloux Ch, Garred JL, Mion C: Hemodiafiltration with on-line production of substitution fluid: long-term safety and quantitative assessment of efficacy, in Karger, Effective hemodiafiltration: New methods, *Contributions to Nephrology* 108, 12-22, Basel, 1994.
- Botella J: Evolución de la técnica y diálisis adecuada. *Nefrología* 16 (Suppl. 4): 43-49, 1996.
- Schaefer S, Von Herrth D: Hemofiltration: The past and present, in Karger, Polyamide: The evolution of a synthetic membrane for renal therapy, *Contributions to Nephrology* 96, 64-76, Basel, 1992.

H. GARCIA y cols.

9. Ahrenholz P, Winkler RE, Ramlow W, Tiess M, Müller W: On-line hemodiafiltration with pre-and postdilution: A comparison of the efficacy. *Int J Artif Organs* 20 (2): 81-90, 1997.
10. Mrowka Ch, Schiffl H: Comparative evaluation of B2-microglobulin removal by different hemodialysis membranes: a six-year follow-up. *Nephron* 63: 368-369, 1993.
11. Goldman M, Lagmiche M, Dhaene M, Amraoui Z, Thaise C, Vanherweghem JL: Adsorption of β 2-microglobulin on dialysis membranes: comparison of different dialyzers and effects of reuse procedures. *Int J Artif Organs* 12: 373-378, 1989.
12. Hoenich NA, Woffindin C, Matthews JNS, Goldfinch ME, Turnbull J: Clinical comparison of high-flux cellulose acetate and synthetic membranes. *Nephrol Dial Transplant* 9: 60-66, 1994.
13. Wei SS, Paganini EP, Cressman D, Wright E: Use of hemodiafiltration to enhance delivered dialysis. *ASAIO Journal* 40: 977-980, 1994.
14. Maduell F, García H, Calvo C, Navarro V, Hernández J: Hemodiafiltración en línea de alto flujo: seguridad, tolerancia y eficacia. *Nefrología* 17 (4): 355, 1997.
15. Floege J, Granolleras C, Deschodt G, Heck M, Baudin G, Branger B, Tournier O, Reinhard B, Eisenbach GM, Koch KM, Shaldon S: High-flux synthetic versus cellulosic membranes for β 2-microglobulin removal during hemodialysis, hemodiafiltration and hemofiltration. *Nephrol Dial Transplant* 4: 653-657, 1989.
16. Floege J, Bartsch A, Schulze M, Shaldon S, Koch KM, Smeby LC: Clearance and synthesis rates of β 2-microglobulin in patients undergoing hemodialysis and normal subjects. *J Lab Clin Med* 118: 153-165, 1991.
17. Jindal KK, McDoudall J, Woods B, Nowaroski L, Goldstein MB: A study of the basic principles determining the performance of several high-flux dialyzers. *Amer J Kidney Dis* 14 (6): 507-511, 1989.
18. Pratesi G, Calabrese G, Mazzotta A, Vagelli G, Gonella M: B2-microglobulin (B2M) removal by synthetic membranes. Abstract 14th International Congress of Nephrology, Sydney, *Nephrology* 3 (Suppl. 1): S566, 1997.
19. Henderson HL: Biophysics of ultrafiltration and hemofiltration, in Kluwer Academic Publishers, Replacement of renal function by dialysis, 114-145 Dordrecht, 1996.
20. Waniewski J, Werynski A, Ahrenholz P, Lucjanek P, Judycki W, Esther G: Theoretical basis and experimental verification of the impact of ultrafiltration on dialyzer clearance. *Artificial Organs* 15 (2): 70-77, 1991.
21. Akizawa T, Koshikawa S, Nakazawa R, Yoshida T, Kanako M, Nitadori Y: Elimination of β 2-microglobulin by a new polyacrylonitrile membrane dialyzer: Mechanism and physiokinetics. *Nephrol Dial Transplant* 4: 356-365, 1989.
22. Aljama P, Amate JM, Conde JL: Criterios de evaluación de las membranas. *Nefrología* 16 (Suppl. 4): 50.63, 1996.
23. Golper TA, Vincent HH, Gleason JR, Vos MC: Drug removal during high-efficiency and high-flux hemodialysis, in Churchill Livingstone. Hemodialysis. High-efficiency treatments, Contemporary Issues in *Nephrology* 27, 175-208, New York, 1993.
24. Bergström J, Wehle B: No change in corrected β 2-microglobulin concentration after cuprophane haemodialysis. *The Lancet* 1: 628-629, 1987.
25. Canaud B, Kerr P, Argilés, A, Flavier JL, Stec F, Mion C: Is hemodiafiltration the modality of choice for the next decade? *Kidney Int* 43 (Suppl. 4): 296-299, 1993.
26. Pedrini L, De Cristofaro V, Samà F, Pagliari B, Masa A, Filippini M: Low- and High-molecular-weight (MW) solute removal in pre- and post-dilution on-line hemodiafiltration (HDF). Abstracts, 14th International Congress of Nephrology, Sydney, *Nephrology* 3 (Suppl. 1): S417, 1997.
27. Ono M, Taoka M, Tagaki T, Ogawa H, Saito A: Comparison of types of on-line hemodiafiltration from the standpoint of low-molecular-weight protein removal. In Karger, Effective hemodiafiltration: New methods, *Contributions to Nephrology* 108, 38-45, Basel, 1994.
28. Sternby J: A decade of experience with on-line hemofiltration/hemodiafiltration. In Karger, Effective hemodiafiltration: New methods, *Contributions to Nephrology* 108, 1-11, Basel, 1994.
29. Levaltier B, Ryckelincq JP, Maurouard C, Laroche D, Hurault de Ligny B: β 2-microglobulin removal during hemodialysis with cellulose triacetate, polyacrylonitrile, polyamide, polymethylmethacrylate and polysulfone membrane dialyzers, in ICAOT Press No. 320, Blood Purification in Perspective. New insights and future trends, 273-277, Cleveland, 1992.
30. Leypoldt JK, Cheung AK: Removal of high-molecular-weight solutes during high efficiency and high-flux haemodialysis. *Nephrol Dial Transplant* 11: 329-335, 1996.
31. Mineshima M, Hoshino T, Kitano Y, Suzuki T, Sanaka T, Teraoka S, Agishi T, Ota K: Difference in β 2-microglobulin removal between cellulosic and synthetic polymer membranes. *ASAIO Journal* 36: 643-646, 1990.
32. Kandus A, Ponikvar R, Drinovec J, Pavlin K, Ivanovich P: Beta-2-microglobulin elimination characteristics during hemofiltration with acrylonitrile and polysulfone membrane hemofilters. *Int J Artif Organs* 13 (4): 200-204, 1990.
33. Kubo S, Date H: Clinical usefulness of frequent short-time hemodiafiltration: trial for the effective removal of β 2-microglobulin. *Nephron* 72: 73-97, 1996.
34. Kaplan AA, Halley SE, Lapkin RA, Graeber CW: Dialysate protein losses with bleach processed polysulfone dialyzers. *Kidney Int* 47: 573-578, 1995.