

# Influencia de las variaciones del flujo del líquido de diálisis ( $Q_D$ ) sobre los aclaramientos de los dializadores

A. Plans, E. Martínez, J. Martínez, C. Gombau, E. Rotellar\*

## Resumen

El estudio de los aclaramientos de los dializadores constituye una práctica fundamental en hemodiálisis.

La influencia de las variaciones del flujo del líquido de diálisis ( $Q_D$ ) sobre los aclaramientos, es un aspecto escasamente estudiado.

Analizamos los  $Q_D$  óptimos para flujos de sangre ( $Q_B$ ) normales y elevados sobre estudios prácticos, aplicando un modelo matemático a tales condiciones.

Para la obtención de la máxima efectividad dialítica se precisa de un  $Q_D$  ampliamente superior al  $Q_B$ , siendo la relación más adecuada la de 2 a 1, independientemente del tipo de membrana y la superficie del dializador estudiado.

**PALABRAS CLAVE:** Hemodiálisis. Aclaramientos. Flujos del baño.

## Influence of the flow variations of the dialysate ( $Q_D$ ) on the clearances of the dialysers

The study of dialyser clearances is a fundamental practice in hemodialysis.

The influence of the flow variations of the dialysate ( $Q_D$ ) on the clearances, is an aspect which has scarcely been studied.

Let us analyse the optimum  $Q_D$  for normal and higher blood flows ( $Q_B$ ) on practical studies, applying a mathematical model to such conditions.

To obtain the maximum dialytic effectiveness a  $Q_D$  which is amply superior to the  $Q_B$  is required, the most suitable proportion being that of 2 to 1, independently of the type of membrane and the surface of the dialyser being studied.

**KEY WORDS:** Hemodialysis. Clearances. Bath flows.

## Introducción

En general, la eficacia de un dializador se relaciona exclusivamente con las características físicas de éste y con el flujo de sangre obtenido.

Ensayos previos, elaborados en nuestro Centro, con flujos de sangre elevados, pusieron de manifiesto la importancia del tercer elemento del intercambio dialítico, el flujo del líquido de diálisis, para la obtención de la máxima rentabilidad del sistema.

Nuestras experiencias (1-3) indicaban que, para utilizar flujos de sangre elevados, debíamos aumentar el flujo del líquido de diálisis en razón directamente proporcional.

Para comprobar este extremo, planteamos el estudio de los aclaramientos obtenidos con diversos hemodializadores, analizándolos –sucesivamente– en un monitor con flujo del líquido de diálisis normal y en otro que doblase este flujo.

## A) Influencia con flujos de sangre normales

### Material y métodos

Para obtener un flujo del líquido de diálisis de 1.200 ml/min hemos modificado un monitor estándar de bicarbonato, según el esquema de la figura 1, habiéndose duplicado el restrictor de flujo, la bomba de desaireación, la bomba de infusión de bicarbonato y la bomba efluente.

Con este dispositivo hemos sometido a estudio tres tipos distintos de hemodializadores, comparando los resultados obtenidos con los que se lograban con una unidad estándar con un flujo del líquido de diálisis de 600 ml/min.

\* Clínica Renal. Barcelona.

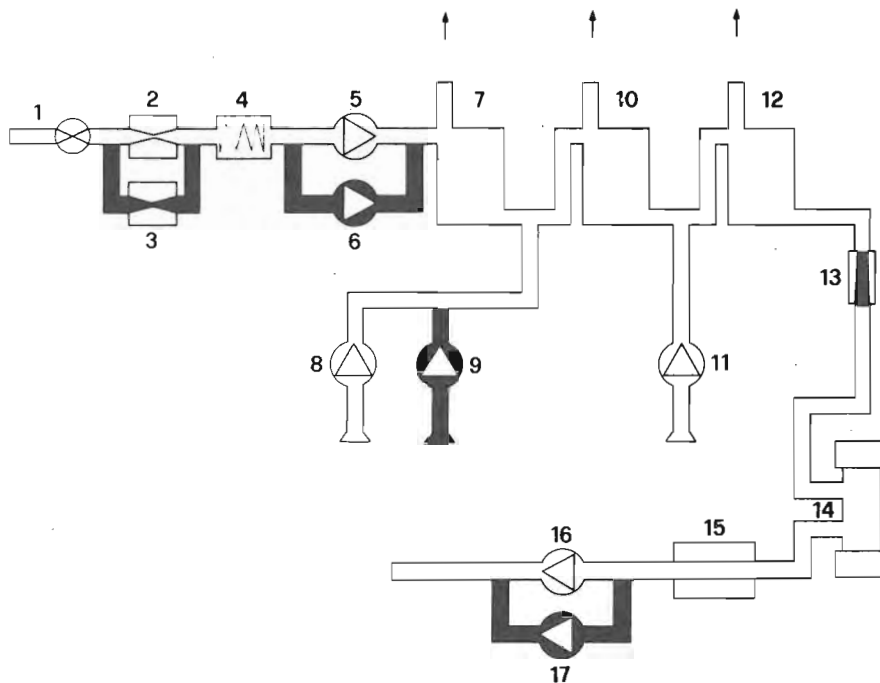


Fig. 1. Esquema del monitor empleado.

- 1, Entrada de agua. 2 y 3, Restrictores de flujo. 4, Calentador. 5 y 6, Bombas de desaireación. 7, Sistema de by-pass. 8 y 9, Bombas de concentrado de bicarbonato. 10, Mezclador bicarbonato-agua. 11, Bomba de concentrado elemental. 12, Mezclador general. 13, Control óptico de flujo. 14, Dializador. 15, Detector de fuga. 16 y 17, Bombas efluentes.

Se ha procurado buscar distintos tipos de membrana, así como un amplio margen de superficies, dentro de las disponibilidades habituales en nuestro Centro.

Hemos estudiado (cuadro I) un dializador de membrana de cuprofán de  $11\ \mu$  de grosor y  $1,25\ m^2$  de superficie, otro de fibra de cuproamoniorayón con un grosor de membrana de  $15\ \mu$  y una superficie de  $2,1\ m^2$  y un tercero de fibra de acetato de celulosa regenerada con una superficie elevada de  $2,5\ m^2$  y con un grosor de membrana de  $30\ \mu$ .

En todos los casos, se controlaron los aclaramientos de urea, creatinina, fosfatos y ácido úrico, efectuándose dichos ensayos siempre con unidades no reutilizadas y en los minutos iniciales de las sesiones, tras haber alcanzado  $Q_B$  estables.

Los flujos de sangre y del líquido de diálisis fueron calculados con el fluxómetro, desarrollado en nuestro Centro y que ya fue objeto en su momento de una publicación específica (4).

CUADRO I  
Características físicas de los dializadores estudiados

Nombre	Membrana	Grosor ( $\mu m$ )	IUF	Superf. ( $m^2$ )	Vol. (cc)
DISSCAP 1.4	Cuprofán	11	4,7	1,25	90
AM - 30	Cuproamoniorayón	15	6,8	2,1	160
C-DAK 2.5	Celulosa regenerada	30	3,7	2,5	180

## Resultados

En la figura 2 se representan los aclaramientos de urea, creatinina, fosfatos y ácido úrico, obtenidos con el dializador de menor superficie y de membrana de cuprofán, representándose a la izquierda las columnas referidas a los aclaramientos obtenidos con un flujo del líquido de diálisis de 600 ml/min y a la derecha los obtenidos con flujos de 1.200 ml/min.

En ambos casos, el flujo de sangre se mantuvo en 300 ml/min.

No se aprecian diferencias significativas entre las medidas de valores obtenidos en este ensayo al aplicar una prueba "t de Student" con nivel de significación 0,05.

El segundo dializador estudiado (fig. 3), que corresponde a una superficie de cuproamoni-rayón de 2,1 m<sup>2</sup>, tampoco demostró diferencias apreciables en los resultados obtenidos en ninguno de los clearances practicados.

En el caso del dializador de 2,5 m<sup>2</sup> (fig. 4) de celulosa regenerada, se aprecia una ligera mejoría de los aclaramientos de creatinina, si bien los resultados obtenidos con el resto de clearances son estadísticamente superponibles.

## B) Influencia con flujos de sangre elevados

### Material y métodos

La segunda parte de nuestro estudio, que elaboramos a partir de los anteriores resultados, consistió en valorar la efectividad de los aclaramientos, al tiempo que aumentábamos el flujo de sangre.

Para ello, hemos determinado los aclaramientos de urea, creatinina, fosfatos y ácido úrico, con flujos de sangre de 300, 400 y 500 ml/min de los mismos dializadores, estableciendo comparaciones entre los resultados obtenidos con  $Q_D$  de 600 y 1.200 ml/min.

Los flujos de sangre se consiguieron siempre en la primera media hora de hemodiálisis y, tras hacer las extracciones, se volvía al  $Q_B$  habitual del paciente.

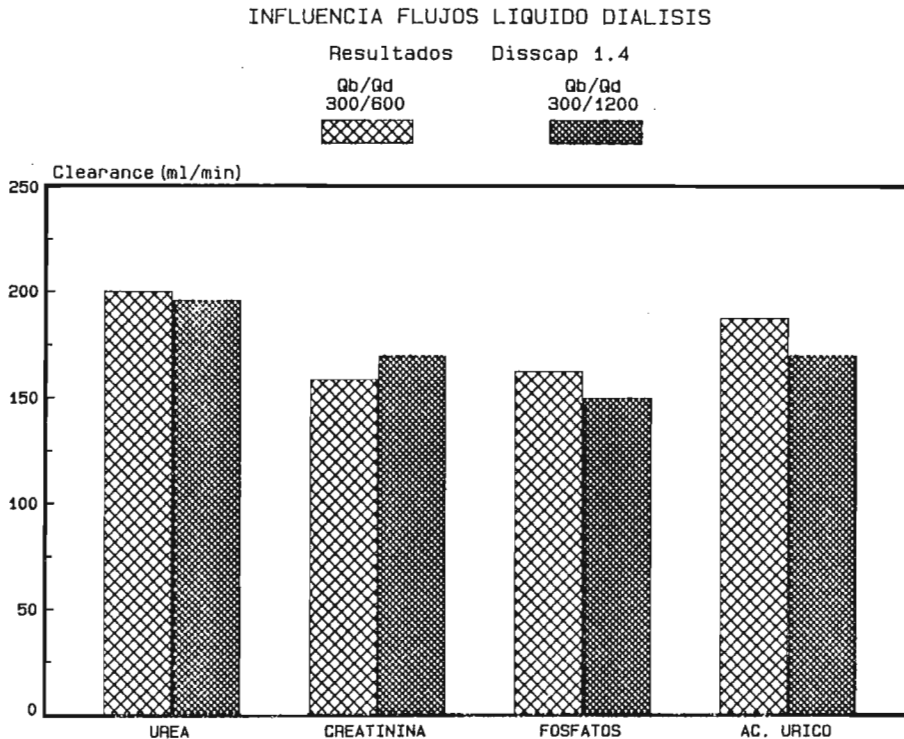


Fig. 2. Influencia de  $Q_D$  sobre el aclaramiento del primer dializador.

INFLUENCIA FLUJOS LIQUIDO DIALISIS

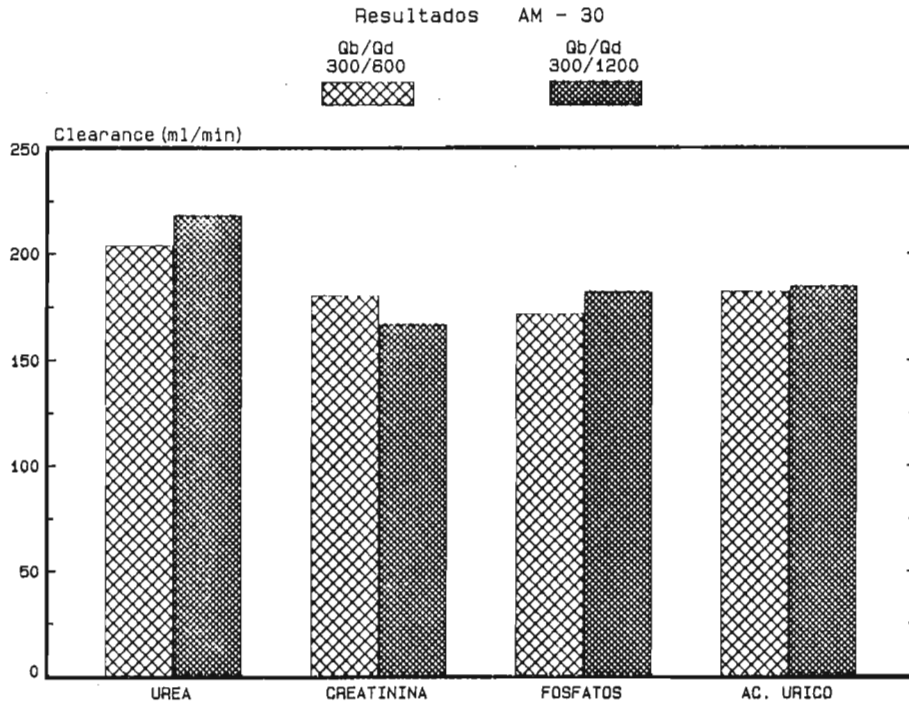


Fig. 3. Influencia de  $Q_D$  sobre el aclaramiento del segundo dializador.

INFLUENCIA FLUJOS LIQUIDO DIALISIS

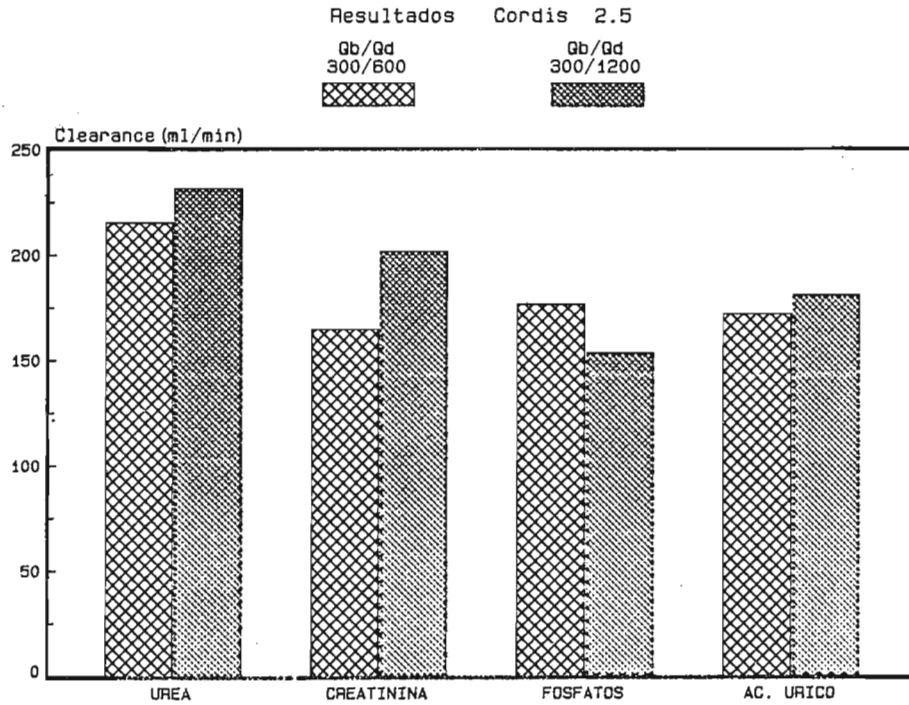


Fig. 4. Influencia de  $Q_D$  sobre el aclaramiento del tercer dializador.

## Resultados

En el cuadro II se muestran los resultados hallados con el primer dializador estudiado, especificándose los valores obtenidos con  $Q_B$  de 300, 400 y 500 ml/min con respecto a los aclaramientos de urea y creatinina a  $Q_D$  de 600 y 1.200 ml/min. Los resultados de fosfatos y ácido úrico son superponibles a los expuestos.

Comparando los resultados, se aprecia un aumento progresivo de la rentabilidad de la hemodiálisis al aumentar el flujo de sangre.

Pero, además, con flujos de sangre elevados, se aprecia una mejoría espectacular de los aclaramientos conseguidos con flujos del líquido de diálisis de 1.200 ml/min, siendo la diferencia entre éstos y los obtenidos con  $Q_D$  de 600 ml/min aproximadamente de 70 ml/min.

En algunas ocasiones, la diferencia existente entre los aclaramientos practicados a flujos de líquido elevado y normal, registra valores negativos, pero siempre dentro de unos márgenes poco importantes y que son explicables por el propio error del método.

Con el dializador de 2,1 m<sup>2</sup> de superficie se han observado resultados superponibles (cuadro III), persistiendo una diferencia apreciable a favor de los flujos del líquido de diálisis elevados cuando el flujo de sangre es de 500 ml/min.

El dializador de 2,5 m<sup>2</sup> (cuadro IV), también ha proporcionado resultados superponibles, si bien en el caso de la urea, la diferencia entre flujos de sangre progresivamente elevados, no se decanta de modo tan ostensible hacia los  $Q_D$  de 1.200 ml/min.

**CUADRO II**  
Efectividad de los aclaramientos con flujo de sangre elevado  
Resultados en el primer dializador

<i>DISSCAP 1.4 (modificaciones <math>Q_B</math>)</i>			
$Q_B$ (ml/min)	300	400	500
$Q_D$ (ml/min)			
<i>I. Urea</i>			
600	200,01	228,56	266,3
1.200	195,93	233,32	335,1
Diferencia	- 4,08	+ 4,76	+ 68,8
<i>II. Creatinina</i>			
600	158,61	169,4	225,6
1.200	169,89	190	301,3
Diferencia	+ 11,28	+ 20,6	+ 75,7

**CUADRO III**  
Efectividad de los aclaramientos con flujo de sangre elevado  
Resultados en el segundo dializador

<i>AM - 30 (modificaciones <math>Q_B</math>)</i>			
$Q_B$ (ml/min)	300	400	500
$Q_D$ (ml/min)			
<i>I. Urea</i>			
600	203,68	239,74	230
1.200	218,22	243,12	286,7
Diferencia	+ 14,54	+ 3,38	+ 56,7
<i>II. Creatinina</i>			
600	180,15	200	206,5
1.200	166,95	222,2	244,7
Diferencia	+ 13,2	+ 22,2	+ 38,2

**CUADRO IV**  
**Efectividad de los aclaramientos con flujo de sangre elevado**  
**Resultados en el tercer dializador**

<i>CORDIS - 2.5 (modificaciones Q<sub>B</sub>)</i>				
	<i>Q<sub>B</sub> (ml/min)</i>	<i>300</i>	<i>400</i>	<i>500</i>
	<i>Q<sub>D</sub> (ml/min)</i>			
<i>I. Urea</i>				
	600	215,49	256,02	322,27
	1.200	231,93	282,26	360,02
	Diferencia	+ 16,44	+ 26,24	+ 37,75
<i>II. Creatinina</i>				
	600	164,92	184,34	229,5
	1.200	202,01	225,2	324,1
	Diferencia	+ 37,09	+ 40,86	+ 94,6

### Discusión y conclusiones

Farrell (5) describe un modelo matemático para valorar la eficacia de un sistema hemodializador - monitor - paciente (figura 5).

Queremos llamar la atención en el hecho de que el flujo del líquido de diálisis (Q<sub>D</sub>) interviene siempre como un denominador de un cociente en el que el flujo de sangre (Q<sub>B</sub>) es el numerador, lo que hace que mientras el Q<sub>D</sub> sea ampliamente su-

CLEARANCE TEORICO

$$Cl = Q_b \frac{\exp\left[\left(\frac{h_o A}{s Q_b}\right)\left(1 - \frac{Q_b}{Q_d}\right) - 1\right]}{\exp\left[\left(\frac{h_o A}{s Q_b}\right)\left(1 - \frac{Q_b}{Q_d}\right) - \frac{Q_b}{Q_d}\right]}$$

Cl= Clearance  
 Qb= Flujo de sangre  
 Qd= Flujo líquido de diálisis  
 h<sub>o</sub> = Coeficiente de paso de membrana  
 s = Constante relacionada con H<sub>to</sub>  
 A = Superficie

Fig. 5. Fórmula del clearance (aclaramiento) teórico (5).

perior al  $Q_B$ , todo el cociente general será un número muy superior a 1, con lo que el aclaramiento es elevado. Pero, por el contrario, cuando el  $Q_D$  se aproxima al  $Q_B$ , ya sea por disminución de aquél o por aumento de éste, el cociente se hace prácticamente 1, y la rentabilidad de la diálisis disminuye mucho.

En conclusión:

- El flujo del líquido de diálisis influye de modo nada despreciable en el aclaramiento de los dializadores.
- El flujo del líquido de diálisis debe ser siempre superior al flujo de sangre, manteniendo como relación ideal la de 2 - 1.
- Y por último, sería interesante disponer de monitores con flujo del líquido de diálisis variables o con adaptación automática de los flujos a valores que doblen los flujos de sangre.

## Bibliografía

1. Rotellar, E.; Martínez, E.; Samsó, J. M.; Barrios, J.; Simó, R.; Mulero, J. F.; Pérez, D.; Bandrés, S.; Piñol, J.: Why dialyze more than 6 hours a week? Trans. Am. Soc. Artif. Intern. Organs, 31: 538, 1985.
2. Rotellar, E.: Nueva técnica en hemodiálisis: superficie: 5 m<sup>2</sup>; tiempo: 6 horas por semana. Rev. SEDYT, VII-3: 65, 1985.
3. Rotellar, E.; Martínez, M. E.; Plans, A.; Ferragut, A.: Haemodialysis: only six hours once a week. Proc. EDTA-ERA, 22: 312, 1985.
4. Rotellar, E.; Martínez, E.; Simó, R.; Rotellar, C.: A new flow-meter. Lancet (2), 195, 1983.
5. Farrell, P. C.: Kinetic modeling in hemodialysis. En: Nissenson, Fine, Gentile, Clinical Dialysis, 141. Norwalk, Appleton-Century-Crofts, 1984.