

# Papel de la determinación simultánea de curvas de presión/flujo y recirculación/flujo en la evaluación funcional de accesos vasculares para hemodiálisis

C. Caramelo, G. Blum\*, J. López Parra, A. Galera, A. Martínez\*, M. D. López García y L. Hernando

Fundación Jiménez Díaz. \*Fundación Renal. Madrid.

## RESUMEN

A pesar del gran número de estudios sobre el comportamiento funcional de los accesos vasculares (AV), no existen métodos definitivos para diagnosticar precozmente la aparición de alteraciones. En este trabajo estudiamos prospectivamente el comportamiento de 45 AV autólogos y sintéticos mediante dos métodos: a) medición de la cinética de presión venosa (PV) y del % de recirculación (% R) a diferentes flujos sanguíneos; b) fistulografía en los pacientes que tenían una PV y/o R alteradas. En el conjunto de los datos, tanto PV como % R mantuvieron una relación lineal con el flujo sanguíneo ( $p < 0,001$ ). Analizados sobre el total de muestras, la PV y el % R guardaron una relación directa significativa ( $r = 0,295$ ,  $p < 0,01$ ). Sin embargo, los análisis de regresión particulares para cada flujo y tipo de acceso (fistulas AV de codo o muñeca o Goretex) no resultaron significativos ( $p > 0,05$ ), por lo que las ecuaciones de regresión resultantes no fueron de utilidad práctica para predecir el % R a partir de los valores de PV. La respuesta de PV a diferentes flujos presentó igual pendiente en los 3 tipos de AV, aunque la PV media fue mayor en los de Goretex ( $p < 0,01$ ). Mediante las curvas de PV y % R se identificaron 2 patrones anómalos: A) PV normal con % R alto; B) PV alta con % R alto. Cinco sobre 8 pacientes con el patrón A tuvieron un alteración en la rama arterial, mientras que los 4 pacientes con patrón B tuvieron alteraciones en el lado venoso del acceso.

En conclusión: 1) Los datos de PV son de escasa utilidad para la predicción de valores de % R. 2) Las PV son mayores en accesos de Goretex de codo comparados con accesos autólogos de codo o de muñeca, aunque la respuesta en la cinética de presión/flujo es similar. 3) En términos de predictibilidad de la existencia y tipo de problemas del AV, el patrón A es sugestivo de alteración del lado arterial, mientras que el patrón B lo es de alteraciones del lado venoso. 4) Los datos de PV y % R sólo adquieren su significado completo si se especifica el flujo al que fueron determinados.

Palabras clave: **Cinética. Presión venosa. Recirculación. Accesos vasculares.**

Recibido: 22-X-92.  
En versión definitiva: 27-I-93.  
Aceptado: 27-I-93.

Correspondencia: C. Caramelo.  
Unidad de Diálisis.  
Fundación Jiménez Díaz.  
Av. Reyes Católicos, 2.  
Madrid.

## FUNCTIONAL EVALUATION OF VASCULAR ACCESSES FOR HEMODIALYSIS

## SUMMARY

No definitive methods have been established so far to predict the failure of the vascular access. We have examined the functional behaviour of 45 vascular accesses, by a) doing kinetics of venous pressure (VP) and % recirculation (R) at different blood flows; b) selectively picking up those patients with an abnormal VP to perform a fistulogram.

The results disclosed that: Over the whole of the data both VP and % R fitted a linear distribution as a function of the blood flow ( $p < 0.001$ ). A linear relationship was found, at the analyzed flows, between VP and % R ( $r = 0.295$ ,  $p < 0.001$ ). However, the predictability value of these data was small, since the relationship between % R and VP was not linear in some individual patients. The mean VP rose with flow in the 3 types of accesses (radial and arm arteriovenous fistulae and Goretex) but it was higher at all flows in the Goretex ( $p < 0.01$ ).

However, there were no differences in the slope of increase of % R between the 3 types of accesses. Two patterns were identified using the VP/Flow and % R/Flow curves: A) Normal VP with high % R. B) High VP with high % R. Five out of the 8 patients with pattern A had an alteration on the arterial side of the access. All of the 4 patients with pattern B had alterations on the venous side of the access.

In conclusion: 1. The VP data are not a useful predictor of % R in individual cases. 2. The values of VP are higher in Goretex accesses, compared with arteriovenous fistulae. However, there are no differences in the slope of increase of VP or % R. 3. In terms of predictability of the presence and type of vascular lesion, the pattern of enhanced % R in the absence of increase of VP may suggest the presence of an alteration of the arterial inlet, whereas the simultaneous increase of VP and % R may suggest venous obstruction. 4. The data on VP and % R are meaningful only if the flow at which they were measured is indicated.

Key words: **Kinetics venous pressure Recirculation Vascular access.**

## Introducción

El mantenimiento de una función satisfactoria del AV para hemodiálisis (HD) es un factor de importancia creciente, debido al incremento de supervivencia de los pacientes y al empleo de técnicas de alto flujo sanguíneo<sup>1-3</sup>.

Este hecho, y la disponibilidad de nuevos métodos de reparación y desobstrucción de AV<sup>4,5</sup>, hacen deseable el disponer de métodos que permitan una evaluación funcional más precisa de cada acceso. La utilidad de esta información es doble: por una parte, permite comprender mejor las características del intercambio dialítico en cada paciente individual, por ejemplo al saber el % R de un AV; por otro lado, puede contribuir a la prevención y caracterización diagnóstica de la disfunción del AV, facilitando un abordaje terapéutico eficaz.

En los años recientes se han propuesto diversos métodos no angiográficos para el estudio prospectivo de la funcionalidad del AV. Estos métodos buscan en general la detección precoz de estenosis. La medición de la PV del AV en condiciones controladas parece ser útil, aunque a flujos sanguíneos menores de 225 ml/min<sup>6</sup>. Se ha propuesto que el valor predictivo de la medición de presiones puede incrementarse realizándola en ausencia de flu-

jo de bomba. A flujos mayores de 225 ml/min, la tendencia al incremento de PV en la totalidad de los pacientes hace que exista un grado mayor de solapamiento de valores entre individuos con y sin estenosis del AV<sup>6</sup>. La recirculación de urea también se ha empleado como medio para identificar la presencia de estenosis venosa, pero los resultados no son suficientemente convincentes<sup>7</sup>. Sherman y Levy<sup>8</sup> han descrito el aumento de % R al incrementar el flujo, pero sin relacionarlo con las PV o con patrones fistulográficos específicos.

Durante el año pasado observamos que en nuestra práctica clínica habitual no disponíamos de una caracterización suficiente de los AV, al menos al nivel necesario para las exigencias de las técnicas de alto flujo. Por otro lado, pensábamos que era desaconsejable generalizar la realización de fistulografías. En consecuencia, nos propusimos estudiar prospectivamente el funcionamiento de los AV de nuestros pacientes, tratando de encontrar un método para evaluar las posibilidades de aprovechamiento de cada AV y disponer de variables predictivas de los distintos tipos de disfunción.

El objetivo de este trabajo fue sistematizar el uso y valorar la utilidad de pruebas no invasivas en el diagnóstico de las alteraciones funcionales de los AV.

**Pacientes y métodos**

Se estudiaron 45 pacientes sobre un total de 96 individuos en tratamiento con HD periódica en el hospital y en una unidad satélite dependiente del mismo. La distribución de los tipos de AV se enumera en la sección de resultados. Todos los AV tenían un mínimo de 12 meses de uso para HD. Previa información de las características del mismo, la totalidad de los pacientes dio su consentimiento para la realización del estudio. Los restantes pacientes no fueron evaluados debido a: su negativa para que se lleven a cabo las maniobras involucradas en el protocolo, alteraciones de la situación clínica general que desaconsejaban su inclusión, tener su AV actual desde menos de un año o presentar un trastorno de flujo arterial del AV de nivel crítico (flujo máximo alcanzable igual o menor de 250 ml/min).

**Protocolo**

El trabajo se dividió en dos partes. En la primera se estudió el comportamiento de 45 AV, a diferentes flujos sanguíneos, correlacionando la PV y el % R.

Además de los datos referentes a flujos, PV y R, se documentaron el tipo de AV, la distancia entre punciones el día del estudio, el flujo habitual de diálisis y la clase de aguja utilizada en cada punción. El estudio de la cinética de PV se realizó, en la mayoría de los pacientes, a flujos de 100, 200, 250, 300, 350 y 400 ml/min. Excepcionalmente, algunos AV fueron valorados sólo hasta 350 ml/min, por no alcanzar los 400 ml/min. Cada flujo fue mantenido durante 10 minutos para considerarlo estable. Para el cálculo de R se extrajeron simultáneamente muestras de sangre (0,5 ml) arterial, venosa y de vena periférica, basal y a flujos de 200, 300, 350 y 400 ml/min para determinación de creatinina. Se utilizó la fórmula  $\% R = (P-A/P-V) \times 100$ , donde P era la concentración de creatinina plasmática en una vena periférica y A y V eran las concentraciones de creatinina en las líneas arterial y venosa, respectivamente. Los estudios siempre se realizaron al comienzo de la HD y en mitad de semana.

Los datos de flujos, PV y R se estudiaron mediante análisis de regresión lineal y polinómica, análisis de varianza y prueba de t de Student.

Para la segunda parte del estudio se seleccionaron los pacientes que tenían una PV y/o % R elevadas y se les realizó estudio radiológico. El criterio de selección fue el hallazgo de % R elevado por encima del 20 % a un flujo de 350 ml/min o mayor de 15 % al flujo habitual de HD. Las fistulografías se llevaron a cabo según técnica habitual, utilizándose como contraste Iohexol.

**Resultados**

De los 45 AV analizados, 15 eran fístulas de muñeca, 18 de codo y 12 de Goretex de codo.

La cinética de incremento de la PF fue similar en los diferentes tipos de AV, con pendiente de 0,36 en muñeca, 0,39 en codo y 0,44 en goretex; sin embargo, la media de PV fue mayor en los Goretex y en FAV de codo, a todos los flujos, que en las de muñeca ( $p < 0,01$  y  $p < 0,05$ , respectivamente) (fig. 1).

El % R aumentó con el incremento de flujo en todos los AV, pero no hubo diferencia en la curva de incremento de % R entre los tres tipos de accesos: pendiente 0,016 en muñecas, 0,054 en codos y 0,063 en los goretex ( $p$  NS) (fig. 2). Tanto la curva de PV/flujo como la de % R/flujo se ajustaron significativamente a una distribución lineal, dentro del rango de flujos especificado anteriormente. En casos aislados (datos no mostrados), las curvas individuales en determinados pacientes no correspondieron a la linealidad, pero este dato no se correlacionó con ningún patrón de alteraciones características en la fistulografía. Las figuras 3a y 3b muestran los valores individuales de % R y PV de todos los pacientes. Como puede verse, un grupo de ellos mantuvo valores de % R y PV por encima de lo normal a todos los flujos, que llegaron a valores críticos con flujos mayores de 300.

Se encontró una correlación significativa entre los valores de PV y % R para el total de flujos analizados ( $r = 0,295$ ,  $p < 0,01$ ) (fig. 4). Sin embargo, cuando se realizaron los análisis de regresión para cada flujo y en cada tipo de acceso en particular, las distribuciones no se ajustaron significativamente a una recta y, por lo tanto, no fueron de utilidad práctica a la hora de predecir con exactitud, en cada caso individual, el posible % R partiendo de la PV. La causa de este hallazgo probablemente se encuentra en que varios pacientes presentaron alteraciones

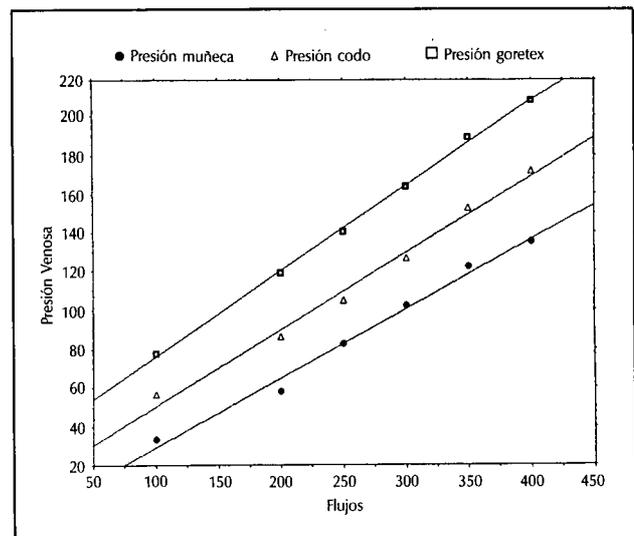


Fig. 1.—Presión venosa (mmHg) a diferentes flujos sanguíneos (ml/min) en los tres grupos de accesos vasculares. Media  $\pm$  SEM. Muñeca, codo, goretex.  $p < 0,01$  los Goretex con respecto a los de codo.  $p < 0,05$  los goretex con respecto a los de muñeca.

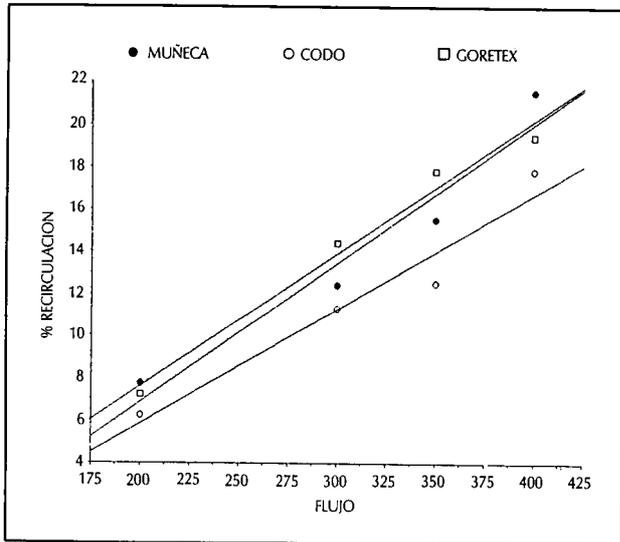


Fig. 2.—% recirculación a diferentes flujos sanguíneos (ml/min) en los tres grupos de accesos vasculares. Media  $\pm$  SEM (p NS). Muñeca, codo, Goretex.

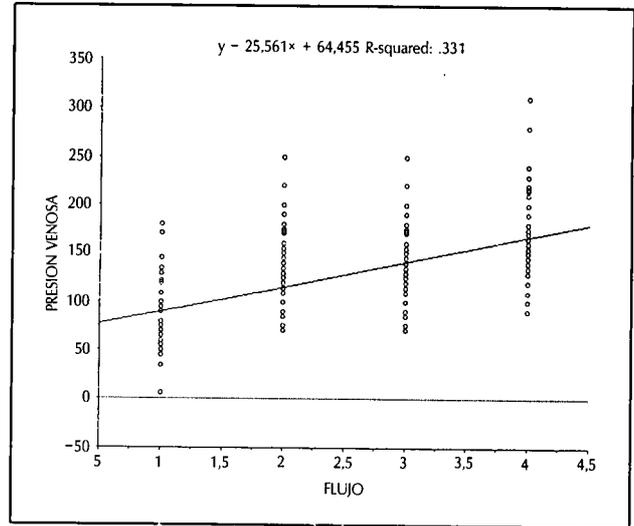


Fig. 3b.—Valores individuales de la presión venosa a diferentes flujos sanguíneos.

en la linealidad de las curvas PV/flujo, y aún más marcadas en las curvas de % R/flujo. En las figuras 5a y 5b se ilustran algunos ejemplos individuales, que permiten observar casos de comportamiento cinético atípico. En la tabla I pueden verse los valores del coeficiente de regresión lineal para cada flujo y tipo de acceso; puede verse que los accesos de goretex presentan los valores más bajos de r, aunque ninguno de los coeficientes presentó valores significativos de correlación. El hecho de que se alcanzase una correlación significativa cuando se incluyeron el to-

tal de los valores de PV y % R en la misma recta puede atribuirse a un sesgo por colinealidad de ambas variables.

Para realizar la segunda parte del estudio, de los 45 AV estudiados fueron seleccionados 12 que presentaban elevaciones en la PV y/o en el % R. De éstos, 8 presentaban un alto % R con PV normales (patrón A) y 4 alta PV y alta R (patrón B). Al ser estudiados radiológicamente, se encontró que 5 de los 8 pacientes pertenecientes al patrón A tenían una alteración a nivel de la anastomosis arterial, 2 una estenosis venosa sin obstrucción y uno oclusión venosa proximal con circulación colateral completa. Los 4

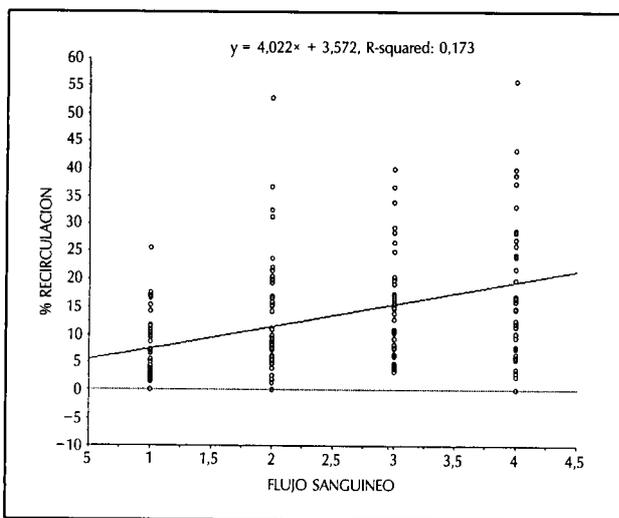


Fig. 3a.—Valores individuales del % de recirculación a diferentes flujos sanguíneos.

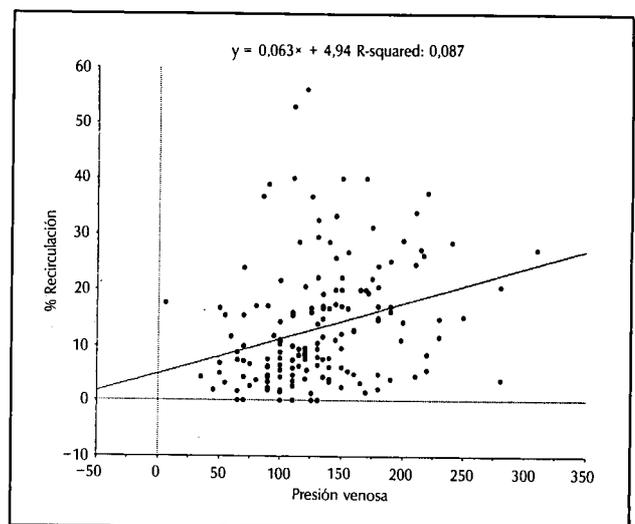


Fig. 4.—Valores de presión venosa y % de recirculación para el total de flujos analizados ( $r = 0,295$ ,  $p < 0,001$ ).

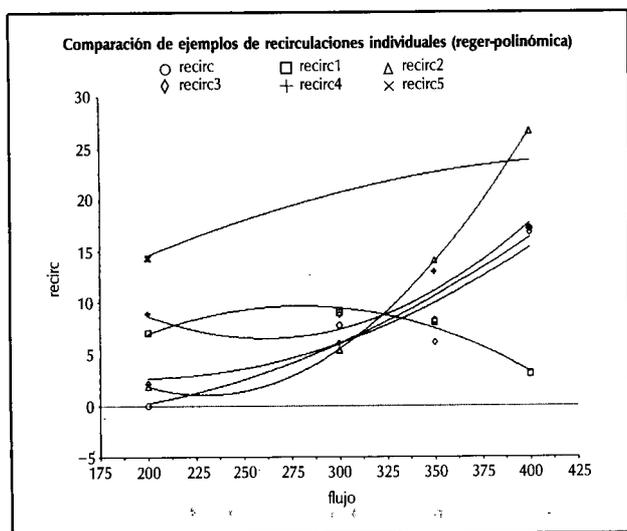


Fig. 5a.—Ejemplos individuales de % de recirculación a diferentes flujos sanguíneos.

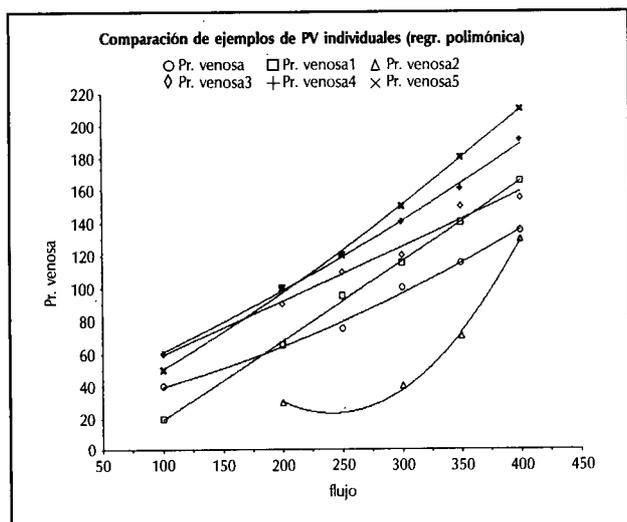


Fig. 5b.—Ejemplos individuales de presión venosa a diferente flujos.

**Tabla I.** Valores del coeficiente de regresión lineal (r) para cada tipo de acceso a distintos flujos

Acceso	Flujos (ml/min)			
	200	300	350	400
Muñeca	0,299	0,316	0,102	0,36
Codo	0,415	0,145	0,096	0,08
goretex	0,12	0,052	0,059	0,031

Muñeca = FAV fistula arteriovenosa de muñeca. Codo = FAV fistula arteriovenosa de codo. Ninguno de los coeficientes presentados en esta tabla alcanzó una  $p < 0,05$ .

pacientes con patrón B mostraron una estrechez venosa de grado variable.

### Discusión

Los resultados principales de este estudio pueden sintetizarse en: a) la descripción de las variaciones de líneas de PV y % R en función del flujo en AV; b) el hallazgo de patrones potencialmente predictivos del tipo de lesión presente en los AV.

Como comentario práctico, resulta evidente que cada vez que nos referimos a una determinada PV o % R en un AV, por ejemplo en los informes de los pacientes, el dato pierde significado si no se acompaña de la velocidad de flujo a la que fue obtenido.

Los valores de PV más elevados en los Goretex son habituales en este tipo de acceso<sup>6</sup>, pero nuestros resultados permiten comprobar que el hecho de trabajar a mayor presión no implica cambios funcionales en la progresión de aumento de PV o del % R. El hecho de que, al igual que las PV, los % R respondieran al aumento del flujo con un incremento de pendiente similar, confirma la independencia entre el comportamiento cinético y el tipo de localización del acceso.

La presencia de correlación entre PV y % R era probable, tratándose de dos variables con relación lineal con una tercera, el flujo. Sin embargo, la utilidad práctica de esta correlación entre PV y % R fue limitada, al existir demasiada dispersión entre los valores reales medidos y los predecibles empleando la ecuación de regresión lineal. Esto, en parte, se debe a que algunos pacientes presentaron un comportamiento no lineal e incluso, en casos aislados, valores de % R algo mayores a un flujo inferior. El análisis separado de la correlación para cada acceso y tipo de flujo (tabla I) demostró que la ecuación que incluía a la totalidad de los puntos en el mismo cálculo presentaba muy probablemente un artefacto por colinealidad (ver más arriba). Por lo tanto, los datos obtenidos no confirman la hipótesis de que al obtener una relación numérica de PV y R a diversos flujos, podríamos disponer de información que ayudase a predecir la presencia y el tipo de disfunción del AV.

Las figuras 4a y 4b ayudan a visualizar hasta qué punto el problema de la recirculación y, por lo tanto, de la eficacia, dentro de una sesión de diálisis, depende del flujo al que tal sesión se realice. Así, un paciente que a un flujo de, por ejemplo, 250 ml/min tiene un % R de aproximadamente 10 %, puede alcanzar un % R del 25 % a 350 ml/min, con lo que puede disiparse el beneficio hipotético de dializarle a mayor flujo. Así, es necesario que al prescribir un incremento del flujo sanguíneo de diálisis debe repetirse la medida del % R a la nueva velocidad.

Los patrones descritos en la sección de resultados tienen un interés indudable a la hora de seleccionar los pacientes susceptibles de fistulografía. El dato, algo inespereado, de la relación entre defectos en el lado arterial del

acceso y aumento del % R con PV normal aparece como el de mayor proyección desde el punto de vista predictivo. Parece razonable pensar que una alteración en la entrada de sangre arterial pueda condicionar una anomalía en el flujo de sangre en el interior del AV, con la consiguiente recirculación, sin que se incremente la resistencia a la salida venosa y, por lo tanto, la PV. Es necesario, sin embargo, mantener un margen de reserva acerca del significado último de estos resultados. Las principales salvedades que debemos tener en cuenta son: primero, que el número de pacientes estudiados angiográficamente es pequeño, lo que limita la significación estadística y clínica de los hallazgos; segundo, que la única prueba fehaciente del grado de especificidad y sensibilidad de cada patrón sería realizar un estudio angiográfico a todos los pacientes y comparar estos resultados con las pruebas de presión/flujo y recirculación/flujo. Un estudio de esta envergadura está más allá de nuestras posibilidades actuales. Por lo tanto, preferimos considerar nuestros resultados como preliminares y esperar a que la experiencia futura de nuestro grupo y de otros permita disponer de un volumen de datos suficientes para poder juzgar si nuestros datos se confirman.

#### Agradecimientos

El presente trabajo se financió parcialmente con la ayuda de la Fundación Renal. G. Blum es becaria de investigación de la Fundación Renal. Los autores agradecen a Elena Rubio por su trabajo

editorial y la colaboración de las enfermeras y auxiliares de diálisis de la Fundación Jiménez Díaz y Fundación Renal: R. Gómez, S. García, N. Pascual, I. Crespo, B. Monzú, M. T. Banderas, R. Garvía, T. Bermejillo, C. Olague, S. García Rueda, A. Reyero, N. Blanco, C. Andrea, I. Gonzalo, M. Zaleski, N. Nakamura, M. Marina, C. Chorro, M. Muñoz, P. Ortíz, P. Mayo, P. Blázquez, F. González y V. Blanco.

#### Bibliografía

1. Schwab S: Hemodialysis vascular access. En Jacobson H, Striker G, Klahr S (eds.). *The Principles and Practice of Nephrology*. B. C. Decker Publisher, Philadelphia, 766-771, 1990.
2. Newman G, Himmlestein S, Saeed M, Cohan R, Schwab SJ: Total occlusion of central veins. Resolution with thrombolysis and angioplasty. *Kidney Int*, 39:761-764, 1991.
3. Fan PY, Schwab SJ: Vascular access: concepts for the 1990's. *J Am Soc Nephrol*, 3:1-11, 1992.
4. Davidson CJ, Newman G, Sheikh K, Stack R, Schwab SJ: Mechanism of angioplasty in hemodialysis fistula stenoses evaluated by intravascular ultrasound. *Kidney Int*, 40:91-95, 1991.
5. Schwab S, Raymond J, Saeed M, Newman G, Dennis P, Bollinger R: Prevention of hemodialysis fistula thrombosis: Elective detection and treatment of venous stenosis. *Kidney Int*, 36:707-711, 1989.
6. Windus D, Audrain J, Vanderson R, Jendrasik M, Picus D, Delmez J: Optimization of high efficiency hemodialysis by detection and correction of fistula dysfunction. *Kidney Int*, 38:337-341, 1990.
7. Schwab S, Saeed M, Sussman S, McCann, Stickel D: Percutaneous transluminal angioplasty of venous stenoses in PTFE hemodialysis access grafts. *Kidney Int*, 32:395-398, 1987.
8. Sherman RA, Levy S: Rate-related recirculation: the effect of altering blood flow on dialyzer recirculation, *Am J Kidney Dis*, 17:170-173, 1991.