

# Efecto del calibre de las agujas sobre la recirculación y la eficacia de la hemodiálisis

E. Gallego, J. M. Portolés, F. Llamas, A. Serrano, S. Tallón, E. Andrés, C. Gómez, E. Olivas y L. Sánchez Tárraga

Servicio de Nefrología. Hospital General de Albacete.

## RESUMEN

La diálisis de alta eficacia obliga a usar flujos sanguíneos elevados, para lo que se recomienda usar calibres de agujas altos. Estudiamos en 20 enfermos portadores de fístulas radiocefálicas normofuncionantes cómo dos calibres de agujas, 14 y 15 G, modifican los parámetros hemodinámicos que condicionan la eficacia de la diálisis a flujos de sangre entre 200 y 400 ml/min. Medimos: presión venosa, caída de presión en la línea arterial, flujo efectivo y recirculación de la urea por dos métodos (reducción de flujo y punción del brazo contralateral).

La presión venosa y la caída de presión en la línea arterial aumentan a medida que aumenta el flujo sanguíneo, siendo siempre menor con agujas de 14 G que con 15 G. Esta elevación sigue en ambas variables una progresión lineal. El flujo efectivo de sangre que entra en el dializador es siempre menor que el teórico y menor con las agujas del 15 G. A 400 ml/min de flujo sanguíneo teórico, la pérdida de flujo es de un 10,5% con 15 G y 7,08% con 14 G.

La recirculación medida por el método de punción del brazo contralateral aumenta con el aumento de flujo y no depende del calibre de la aguja. Por el método de reducción de flujo no encontramos aumentos significativos de la recirculación al aumentar el flujo con ninguna de las dos agujas. Existen diferencias significativas ( $p < 0,01$ ) al comparar las recirculaciones medidas por los dos métodos a un mismo flujo y con las mismas agujas. La eficacia de la diálisis fue similar a flujo de 400 ml/min con una y otra aguja:  $KT/V = 1,21$  vs  $1,24$  con 15 y 14 G, respectivamente (NS).

Concluimos que en las fístulas radiocefálicas normofuncionantes el cambio de agujas de 15 G por 14 G no mejora significativamente la eficacia de la diálisis a flujo de 400 ml/min, ya que no llega a variar suficientemente ni el flujo efectivo ni la recirculación. No hemos llegado a un flujo umbral a partir del cual la recirculación del acceso sea significativa si ésta se mide por el método de reducción de flujo.

Palabras claves: **Hemodiálisis. Acceso vascular. Recirculación. Eficacia de diálisis. Calibre de agujas**

Recibido: 3-XII-96.

En versión definitiva: 21-III-97.

Aceptado: 21-III-97.

Correspondencia: Dr. E. Gallego Valcarce.

Servicio de Nefrología. Hospital General de Albacete.

Hermanos Falcó, s/n.

02002 Albacete.

## THE EFFECT OF NEEDLE GAUGE ON RECIRCULATION AND DIALYSIS ADEQUACY

### SUMMARY

*Dialysis adequacy depends on the blood flow rate through the dialyser among other factors. High performance dialysis requires high blood flow rate and wide-bore needles are recommended. We studied the influence of two different needle gauges (14 and 15 G) on hemodynamic parameters that may affect dialysis adequacy at requested blood flow rates between 200-400 ml/min. Venous pressure, arterial line pressure fall, actual blood flow rate and urea recirculation (stop flow method and three sample method) were measured.*

*We studied 20 patients with radiocephalic well functioning fistulae, which had been in use for  $70.3 \pm 55.8$  months.*

*Venous pressure and the drop in pressure along the arterial line increase with increasing blood flow rate. This increase was smaller with 14 G needles than with 15 G ones. The increase follows a linear progression defined by the equations:  $Y = 22.15X + 38.43$  and  $Y = 16.38X + 26.88$  for 14 G and 15 G needles respectively. For arterial line pressure fall:  $Y = -27.8X - 18.3$ ; and  $Y = -19.7X - 9.3$  with 14 y 15 G needles respectively. ( $R = 0.99$  in all cases).*

*Actual blood flow rate entering the dialyser is always smaller than the requested flow and smaller with 15 G needles. At a requested blood flow rate of 400 ml/min the actual blood flow rate was 10.5% less with 15 G needles and 7.1% with 14 G ones.*

*Recirculation rate by the three sample method increases with increasing blood flow rate and is independent of needle gauge. With stop-flow method no significant increase in recirculation rates was found with progressively greater blood flow rates. Significant differences in recirculation rate were obtained between the two methods used, with the same blood flow rate and needle gauge.*

*Dialysis adequacy was similar at 400 ml/min with the two needles:  $KT/V = 1.21$  vs  $1.24$  with 15 and 14 respectively (NS).*

*In conclusion, the use of 14 G rather than 15 G needles with well functioning radiocephalic fistula does not improve dialysis adequacy at a blood flow rate of 400 ml/min, because neither actual blood flow rate nor recirculation rate are changed. We could not establish a threshold blood flow rate for significant recirculation measured by the stop-flow method.*

**Key words:** *Hemodialysis. Vascular access. Recirculation. Dialysis dose. Needle gauge.*

### INTRODUCCION

Las fístulas arteriovenosas (FAV) radiocefálicas (RC) continúan siendo el acceso de elección para la hemodiálisis crónica (HD), ya que es el más sencillo de construir, el que tiene menos complicaciones y el más duradero<sup>1</sup>. Su rendimiento le convierte en un excelente acceso para realizar hemodiálisis de alta eficacia. Este tipo de diálisis requiere la utilización de flujos de sangre (Qb) elevados que las FAVC RC pueden proporcionar fácilmente.

A medida que aumenta el Qb se han demostrado dos fenómenos que pueden reducir la eficacia de la HD: El aumento de la recirculación<sup>2</sup> y la disminución del flujo sanguíneo que realmente entra en el dializador<sup>3</sup>.

Algunos autores refirieron un aumento de la recirculación del acceso vascular a medida que aumentaba el Qb<sup>2,4</sup>. Posteriormente se ha cuestionado la validez de estos estudios que determinaban la recirculación por el método tradicional de las tres muestras con punción del brazo contralateral ya que de esta forma se mide la recirculación interna o cardiopulmonar<sup>5</sup>. Actualmente se recomienda la técnica de reducción de flujo para medir la recirculación del acceso vascular<sup>6</sup> sin embargo, no existen estudios que evalúen cuáles son los niveles «normales» de recirculación por esta técnica.

Schmidt y cols.<sup>3</sup> demostraron *in vitro* que si a Qb elevados se produce una gran caída en la presión negativa de la línea arterial, la cantidad de sangre que

entra realmente en el dializador o flujo sanguíneo efectivo ( $Q_{be}$ ) es menor que la que teóricamente tendría que entrar y que sería la programada en el monitor de diálisis (flujo sanguíneo teórico,  $Q_{bt}$ ). La elevación de la presión venosa no influiría en este fenómeno.

Para conseguir flujos sanguíneos elevados parece lógico usar agujas de calibres superiores, pero en la literatura existen pocos trabajos que avalen o rechacen esta práctica<sup>7</sup>.

En este trabajo estudiamos cómo diferentes calibres de agujas, 14 y 15 G, condicionan en enfermos portadores de FAV RC normofuncionantes la presión venosa, la caída de presión en la línea arterial, el flujo efectivo y la recirculación, todo ello a diferentes  $Q_b$ . También valoramos si existen diferencias en la eficacia de la diálisis con una u otra aguja.

## MATERIAL Y METODOS

### Población

Estudiamos el comportamiento de las FAV RC de 20 pacientes, 17 hombres y 3 mujeres. Todos ellos son enfermos estables en programa de hemodiálisis y ninguno ha presentado problemas en su acceso vascular desde su realización o en el último año. La edad media es de  $55,05 \pm 16,64$  años, con un tiempo medio de permanencia en HD de  $84,75 \pm 65,97$  meses, rango 10 y 122 meses. El tiempo transcurrido desde la realización de la FAV o de su última reparación es de  $70,35 \pm 55,84$  meses, rango 10 y 123 meses.

Todos se dializan tres días por semana, entre 3 y 4 horas por sesión, con monitores de HD F-4008 E (Fresenius AG, Bad Homburg, Alemania) que miden presión venosa, caída de presión en la línea arterial y  $Q_{be}$ . En todos usamos baño de bicarbonato a  $Q_d$  de 500 ml/min. Los dializadores empleados son: triacetato de celulosa de  $1,9 \text{ m}^2$  (CT-190, Baxter) en 6 pacientes, diacetato de celulosa de  $2,1 \text{ m}^2$  (DCA-210, Baxter) en 11 enfermos, polisulfona de alta y baja permeabilidad,  $1,3$  y  $1,8 \text{ m}^2$ , en 2 y 1 enfermos, respectivamente (F-60 y F-8, Fresenius AG, Bad Homburg, Alemania).

Las agujas usadas son de la marca Kawasumi y las líneas de HD de Hospal modelo MTS-CA01S. Diecisiete paciente reciben tratamiento con eritropoyetina por vía subcutánea; el hematocrito medio es de  $36,4 \pm 5,5$  en el momento del estudio.

### Protocolo de estudio

Se han estudiado en cada paciente seis sesiones consecutivas de HD, tres con agujas del 15 G y otras tres con agujas del 14 G. La misma FAV era siempre puncionada por la misma enfermera, de la

misma forma y en los mismos puntos: la aguja venosa hacia el corazón y la arterial hacia la boca de la fístula, separadas por al menos 5 cm.

Las tres primeras sesiones se hacían con agujas de 15 G; se empezaba un viernes o un sábado para que la última sesión con esta aguja coincidiera con la HD de mitad de semana y se extrajera entonces urea pre y post HD para cálculos de eficacia de diálisis. Las tres siguientes sesiones se hacían con agujas del 14 G, obteniéndose también en la sesión de mitad de semana analíticas para valorar la eficacia. La muestra post HD se obtuvo a los 2 minutos de acabar la sesión para evitar tanto la recirculación del acceso como la cardiopulmonar.

La primera sesión realizada con cada aguja se iniciaba a un  $Q_{bt}$  de 200 ml/min la segunda, a 300 ml/min, y la tercera, 400 ml/min. A los 15 minutos de HD se extraían muestras para calcular la recirculación de la urea, a todos los flujos indicados por el método de reducción de flujo, obteniendo la muestra de sangre sistémica de la línea arterial a los 20-30 segundos de reducir el  $Q_{bt}$ , tal y como se describe en otros trabajos<sup>6</sup>, y por el método de punción del brazo contralateral solamente a 200 y 400 ml/min de  $Q_{bt}$ . Las muestras de sangre eran analizadas en el momento de la extracción y siempre en el mismo aparato.

Tras la extracción de sangre se medía la presión venosa, la caída de presión en la línea arterial y el  $Q_{be}$  a 200, 250, 300, 350 y 400 ml/min de  $Q_{bt}$ . Cada vez que se aumentaba el  $Q_{bt}$  en 50 ml/min se esperaba entre 2 y 3 minutos hasta que se estabilizaban las presiones. Después se continuaba la diálisis al  $Q_{bt}$  habitual de cada enfermo, salvo el día que se valoraba la eficacia de la HD, en que se continuaba el resto de la sesión a  $Q_b$  de 400 ml/min. Así, la presión venosa, la caída de presión en la línea arterial y el  $Q_{be}$  de cada enfermo a cada uno de los flujos estudiados y con cada una de las agujas usadas se ha calculado como la media de los resultados obtenidos en las tres sesiones de HD.

Antes de cada sesión de HD se calibraron los segmentos de bomba y se midió el  $Q_d$  para que las condiciones del estudio fueran las mismas de una sesión a otra.

### Análisis de datos

Las variables cuantitativas se expresan como media  $\pm$  desviación estándar. El método estadístico usado para comparar medias ha sido la t de Student para datos pareados, comprobando previamente mediante el test de Kolmogorov-Smirnov la distribución normal de cada serie. Se ha considerado estadísticamente significativa una  $p < 0,05$ .

La recirculación se ha calculado por la fórmula:

$$R = \frac{p - a}{p - v} \times 100 \quad (1)^8$$

donde R = recirculación, p = BUN periférico, a = BUN en línea arterial y v = BUN en línea venosa.

La eficacia de la diálisis se ha evaluado como porcentaje de reducción de urea y KT/V:

$$PRU = \left( \frac{BUN_{pre} - BUN_{pos}}{BUN_{pre}} \right) \times 100 \quad (2)^9$$

$$KT/V = \ln \left( \frac{BUN_{pre}}{BUN_{pos}} \right) \quad (3)^{10}$$

$$Kt/V = \left( \left[ \frac{BUN_{pos}}{BUN_{pre}} \right] - 0.008 \times T \right) + \left( 4 - 3.5 \times \frac{BUN_{pos}}{BUN_{pre}} \right) \times \frac{UF}{P} \quad (4)^{11}$$

T = tiempo en horas; UF = ultrafiltrado en litros; P = peso en kg.

## RESULTADOS

En la **figura 1** se representan las presiones venosas a diferentes flujos y con diferentes agujas. La presión venosa aumenta a medida que aumenta el flujo de sangre, siendo siempre menor con las agujas de 14 G. Entre 200 y 400 ml/min de Q<sub>b</sub>, el aumento de presión dependiente del flujo sigue una relación lineal expresada por la ecuación  $Y = 0,4423X - 28,06$  con una  $R^2 = 0,99$  para las agujas de 15 G; para las agujas de 14 G, la ecuación también es lineal:  $Y = 0,3277X - 22,264$ , con  $R^2 = 0,99$ .

La caída de presión en la línea arterial está representada en la **figura 2** y también aumenta a medida que aumenta el flujo de sangre, siendo menor con las agujas de 14 G que con las de 15 G. En el rango de los flujos estudiados, la caída de presión con respecto al flujo sanguíneo sigue una relación lineal definida para las agujas 15 G por la ecuación  $Y = -0,58X + 71$ , y para la del 14 G por  $Y = -0,394X + 49,8$ , en ambos casos  $R^2 = 0,99$ .

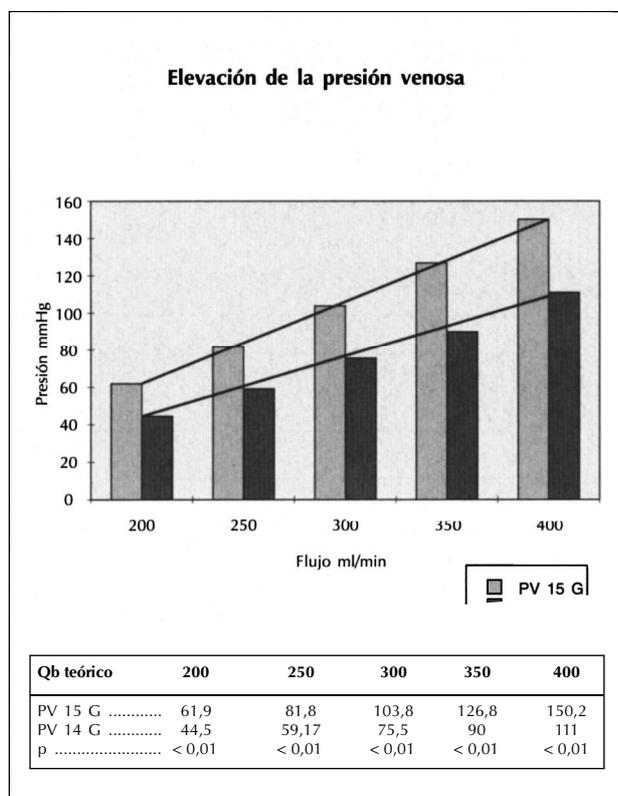


Fig. 1.—Elevación de la presión venosa (PV) a diferentes flujos (Q<sub>b</sub>) y con agujas de 14 y 15 G.

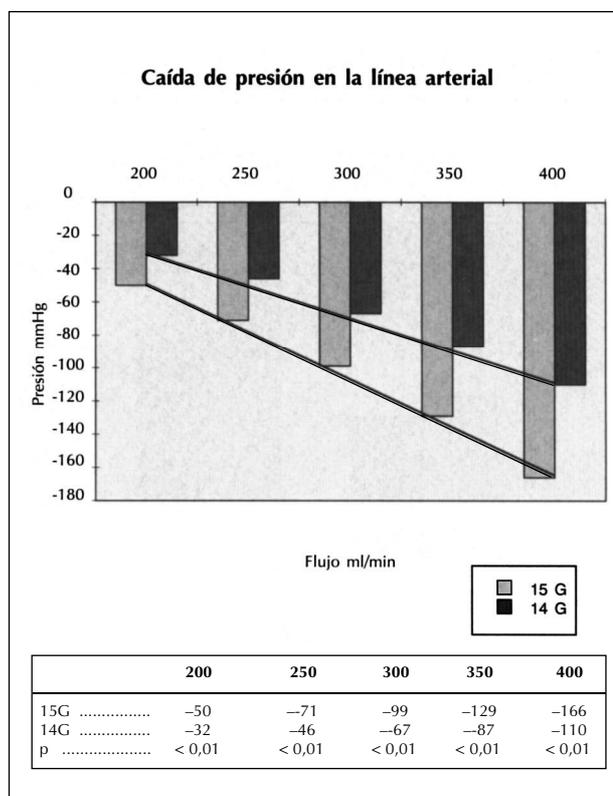


Fig. 2.—Caída de la presión arterial a diferentes flujos y con agujas de 14 y 15 G.

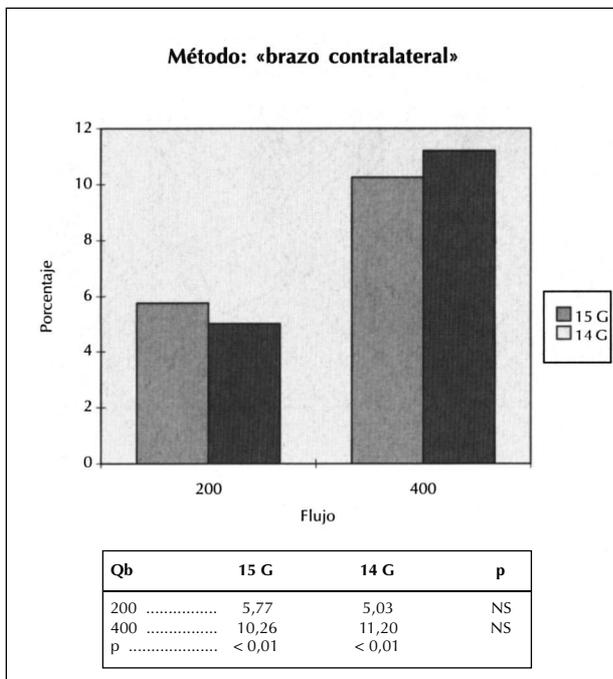
En la tabla I se muestran los datos de flujo efectivo y los porcentaje en que se reduce el flujo sanguíneo teórico con respecto al efectivo con cada una de las agujas. A Qbt de 400 ml/min, el flujo de sangre que entra en el dializador es con las agujas de 15 G un 10,05% menor, y con las de 14 G, un 7,07%.

Cuando se mide la recirculación por el método tradicional, obteniendo la muestra de sangre sistémica del brazo contralateral a la fístula arteriovenosa, observamos que ésta aumenta a medida que aumentamos el flujo de sangre, pero no encontramos diferencias estadísticamente significativas entre una y otra aguja a ninguno de los flujos estudiados (fig. 3).

**Tabla I.** Flujo efectivo a diferentes flujos teóricos con agujas de 14 y 15 G. Porcentaje de pérdida de flujo teórico en cada caso.

Qb teórico	200	250	300	350	400
Qb efectivo con .. 15G (ml/min)	194,0**	235,8*	279,6*	320,6*	359,8*
Qb efectivo con .. 14G (ml/min)	194,5**	240,5*	285,3*	329,6*	371,7*
Pérdida de flujo con 15G (%)	2,99	5,68	6,8	8,4	10,05
Pérdida de flujo con 14G (%)	2,75	3,84	4,89	5,83	7,07

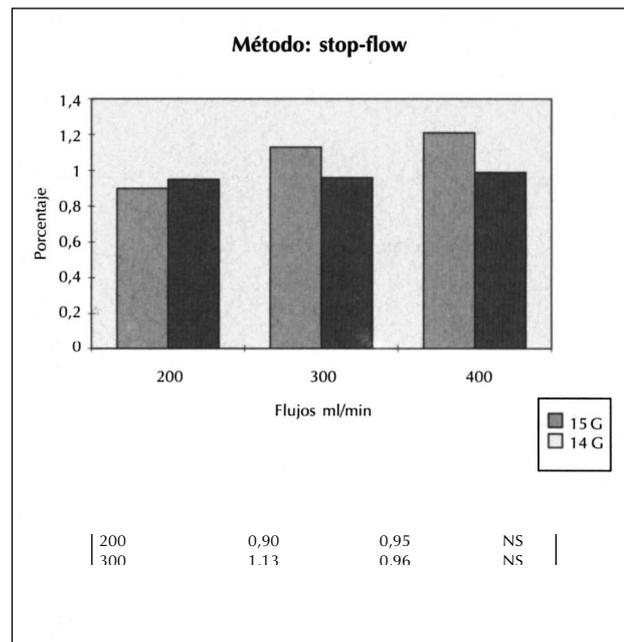
\*\*p = NS; \* p < 0,01.



**Fig. 3.**—Comparación de las recirculaciones medidas por el método del brazo contralateral a 200 y 400 ml/min de flujo con agujas de 14 y 15 G.

Sin embargo cuando la recirculación se mide por el método de reducción de flujo, con extracción de la muestra sistémica de la línea arterial a los 20-30 segundos, no encontramos aumentos significativos de la misma a medida que aumenta el Qb entre 200 y 400 ml/min con ninguna de las dos agujas (fig. 4).

Si comparamos las recirculaciones medidas por los dos métodos con las mismas agujas y a idéntico flujo (fig. 5) se observa que existen claras diferencias entre ambas (p < 0,01 a los dos Qb estudiados), lo cual nos indica que cada método mide un fenómeno diferente. El método de punción del brazo contralateral incluye la recirculación cardiopulmonar y el de reducción de flujo no. Por eso se encuentran mayores porcentajes de recirculación a 400 ml/min que a 200 ml/min con el método del brazo contralateral (fig. 3), ya que a mayores flujos se incrementa la recirculación cardiopulmonar. Sin embargo, con el método de reducción de flujo la recirculación prácticamente no se modifica al aumentar el Qb (fig. 4).



**Fig. 4.**—Comparación de las recirculaciones medidas por el método de reducción de flujo a 200, 300 y 400 ml/min de flujo con agujas de 14 y 15 G.

**Tabla II.** Eficacia de la diálisis con agujas de 14 y 15 G.

	15 G	14 G	Significación
Kt/V*	1,21 ± 0,17	1,24 ± 0,14	NS
PRU	70,02 ± 4,66	70,88 ± 3,75	NS
Kt/V**	1,42 ± 0,22	1,46 ± 0,19	NS

Kt/V\* según ecuación (3), Kt/V\*\* según ecuación (4). PRU = porcentaje de reducción de urea.

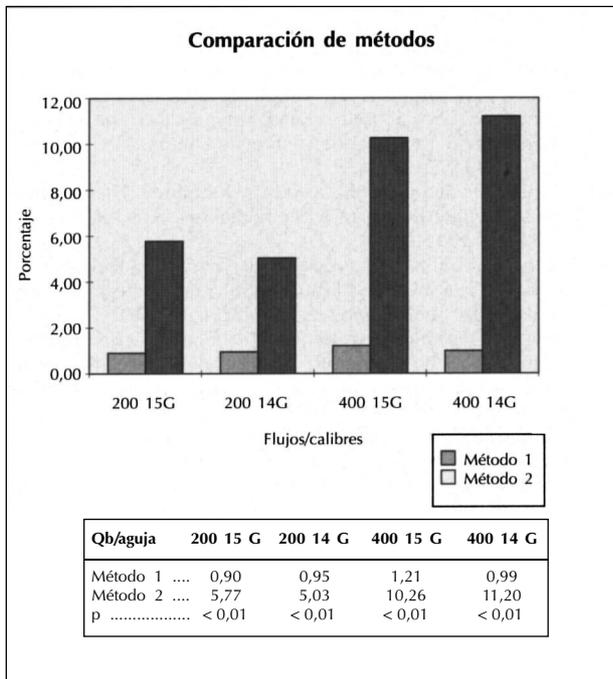


Fig. 5.—Comparación de las recirculaciones mediante el método de reducción de flujo (método 1) y el método del brazo contralateral (método 2).

La eficacia de la diálisis con una y otra aguja es similar (tabla II), sin que existan diferencias estadísticamente significativas entre ambas, lo que parece lógico si se tiene en cuenta que a 400 ml/min de Qbt las recirculaciones y los Qbe son similares con los dos calibres de agujas.

**DISCUSION**

En nuestro estudio, las FAV RC se han mostrado como excelentes accesos vasculares para la HD de alta eficacia. Con una media de tiempo de uso de las FAV de 70,35 meses, podíamos obtener en todos los pacientes Qb de 400 ml/min, con una eficacia de diálisis adecuada. A pesar de existir un claro acuerdo en que la FAV RC es el acceso vascular de elección para la HD, en los últimos años se ha asistido en algunos países a un enorme aumento en el número de enfermos portadores de FAV protésicas justificado por el aumento de la edad al entrar en HD y por la patología vascular cada vez más frecuente<sup>12, 13</sup>. Creemos que debe hacerse un esfuerzo por construir y mantener funcionantes las FAV RC, lo que probablemente reducirá la morbilidad de los enfermos en HD<sup>13</sup> y nos permitirá realizar diálisis de alta eficacia con Kt/V o PRU elevados, como actualmente se recomienda<sup>14</sup>.

En nuestro estudio no encontramos beneficios con el uso de agujas de 14 G en vez de 15 G en cuanto a recirculación del acceso vascular, Qbe y eficacia de diálisis, ya que sus resultados son similares con ambas agujas en el rango de Qb utilizados. Las agujas de 15 G generan presiones mayores en el circuito de diálisis que las agujas de 14 G. Si a Qb superiores a 400 ml/min se mantuviera la relación lineal de elevación de la presión venosa y de caída de la presión en la línea arterial que hemos calculado, podríamos llegar a un flujo que generara unas presiones prohibitivas para la realización de la diálisis con agujas de 15 G. Extrapolando con nuestras ecuaciones tendríamos que a Qb de 500 ml/min la presión venosa y la caída de presión en la línea arterial serían 193 y 219 mm de Hg, respectivamente, mientras que con agujas de 14 G dichas presiones serían de 141 y -147 mmHg. En estas circunstancias el cambio a un calibre mayor de agujas sí estaría justificado para reducir las presiones y así poder dializar a flujos mayores con lo que aumentaría aún más la eficacia de la diálisis<sup>15</sup>.

Al aumentar el Qbt de 200 a 400 ml/min observamos un aumento de la caída de presión en la línea arterial que provoca una disminución del Qbe, mayor siempre con la aguja de 15 G que con la de 14 G. Con flujos sanguíneos teóricos de 400 ml/min, con la aguja de 15 G se produce una disminución de flujo de un 10,05%, y con la de 14 G, de un 7,07%, diferencias tan pequeñas que no llegan a producir una variación significativa en la eficacia de la diálisis.

En nuestro estudio, el aumento del Qb hasta 400 ml/min en FAV RC normofuncionantes no parece condicionar un aumento de la recirculación cuando ésta se mide por el método de reducción de flujo y se extrae la muestra de sangre sistémica de la línea arterial a los 20-30 segundos de reducir el Qb a 50 ml/min. De esta forma se mide la recirculación única y exclusivamente en el acceso vascular y se evita incluir en la medición la recirculación cardiopulmonar. Se ha cuestionado la validez del uso de la urea para calcular la recirculación debido a que el error en la medición de cada una de las tres muestras se arrastra en la fórmula de la recirculación, pudiendo incluso aparecer valores negativos cuando el grado de recirculación es pequeño<sup>16</sup>. Utilizando técnicas de medición de conductividad en las líneas arterial y venosa, Lindsay<sup>17</sup> ha demostrado que el método de reducción de flujo no es lo suficientemente exacto cuando la recirculación es baja y ésta debe aumentar para que ambos métodos tengan una correlación lineal. Así, a la vista de nuestros datos, podemos afirmar que en FAV normofuncionantes a Qb

de 400 ml/min la recirculación en el acceso vascular es insignificante y no está condicionada por el calibre de las agujas estudiadas. Por lo tanto, el diferente calibre de aguja no condiciona variaciones en la eficacia de la HD a través de un aumento de la recirculación a un Qb de 400 ml/min.

Se ha postulado la existencia de un Qb umbral a partir del cual puede existir la recirculación y que dependería del tipo de FAV y del flujo sanguíneo usado<sup>17</sup>; en nuestro estudio con FAV RC normofuncionantes, este Qb umbral está por encima de los 400 ml/min. Conocer el Qb umbral de cada FAV nos permitiría adecuar el Qb a cada FAV y detectar problemas funcionales que reflejan alteraciones anatómicas que pueden llevar a la trombosis y pérdida del acceso si no se corrigen con prontitud.

La recirculación medida por el método de la punción del brazo contralateral cae en el error de asimilar la recirculación del acceso vascular con los fenómenos de la recirculación interna o cardiopulmonar y el desequilibrio veno-venoso<sup>6</sup>; en nuestros enfermos al calcular la recirculación por este método, ésta aumentaba a medida que aumentaba el Qb. Este fenómeno ha sido descrito por algunos autores<sup>2, 4</sup> aunque otros niegan que esto ocurra<sup>5</sup>. La recirculación interna aumenta a medida que aumenta la eficacia de la diálisis y/o disminuye el gasto cardíaco. En los enfermos con un gasto cardíaco normal, y que no se modifique al aumentar el Qb, es posible que la recirculación interna apenas aumente al incrementarse el Qb. Creemos que éste es el motivo de la disparidad de resultados entre los diferentes autores.

En conclusión, la FAV RC es un excelente acceso para la HD de alta eficacia. En la FAV RC normofuncionante a Qb de 400 ml/min, el uso de agujas de 14 G no mejora la eficacia de la HD frente a las agujas de 15 G ya que no inducen ni recirculaciones ni flujos efectivos suficientemente diferentes como para modificar la eficacia de la HD. En las condiciones citadas no se llega a un umbral de recirculación si ésta se mide por el método de reducción de flujo.

## BIBLIOGRAFIA

1. Windus D: Permanent vascular accesses: a nephrologists view. *Am J Kidney Dis* 21: 457-471, 1993.
2. Sherman R, Levy S: Rate-related recirculation: the effect of altering blood flow on dialyzer recirculation. *Am J Kidney Dis* 17: 170-173, 1991.
3. Schmidt D, Schniepp B, Kurtz S, McCarthy J: Inaccurate blood flow rate during rapid hemodialysis. *Am J Kidney Dis* 17: 34-37, 1991.
4. Collins D, Lambert M, Middleton J, Proctor R, Davidson C, Newman G, Schwab S: Fistula dysfunction: effect on rapid hemodialysis. *Kidney Int* 41: 1292-1296, 1992.
5. Tattersall J, Farrington K, Raniga P, Thompson H, Tomlinson C, Aldridge C, Greenwood R: Haemodialysis recirculation detected by the tree-samples method is an artefact. *Nephrol Dial Transplant* 8: 60-63, 1993.
6. Sherman R: The measurement of dialysis accesses recirculation. *Am J Kidney Dis* 22: 616-621, 1993.
7. Hasbargen J, Weaver D, Hasbargen B: The effect of needle gauge on recirculation, venous pressure and bleeding from puncture sites. *Clin Nephrol* 44: 322-324, 1995.
8. Gotch FA: Hemodialysis technical and kinetic considerations. En Brenner BM, Rector FC (eds.). *The kidney*. Saunders: Philadelphia 1976: 1680-1684.
9. Jindal K, Manuel A, Golstein M: Percent reduction in blood urea concentration during hemodialysis (PRU): a simple and accurate method to estimate Kt/V urea. *Trans Am Soc Artif Intern Organs* 33: 286-288, 1987.
10. Lowrie E, Teehan B: Principles of prescribing dialysis therapy: implementing recommendations from the National Cooperative Dialysis Study. *Kidney Int* 23 (Supp. 13): 113-122, 1983.
11. Daugirdas J: Second generation logarithmic estimates of single pool variable volume Kt/V: an analysis of error. *J Am Soc Nephrol* 4: 1205-1213, 1993.
12. Eggers P: *Internal record*. HCFA, 1992.
13. Feldman H, Koblind S, Wasserstein A: Hemodialysis vascular access morbidity. *J Am Soc Nephrol* 7: 523-535, 1996.
14. Collins A, Ma J, Umen A, Keshaviah P: Urea index and others predictors of hemodialysis patient survival. *Am J Kidney Dis* 23: 272-282, 1994.
15. Tallón S, Portolés J, Orts M, Serrano A, Gallego E, Sánchez L: Influencia del calibre de la aguja sobre la eficacia de la diálisis y las presiones del circuito. *Nefrología* 16: 345, 1996 (Abstract).
16. Hester R, Curry E, Bower: The determination of hemodialysis blood using blood urea nitrogen measurements. *J Am Kidney Dis* 20: 598-602, 1992.
17. Lindsay R, Burbank J, Brugger J, Bradfield E, Kram R, Malek P, Blake P: A device and a method for rapid and accurate measurement of access recirculation during hemodialysis. *Kidney Int* 49: 1152-1160, 1996.