



COMUNICACIÓN BREVE

Medición del flujo del acceso vascular con dialisancia iónica

J. L. Merino, J. L. Teruel, C. Galeano, M. Fernández Lucas, J. Ocaña, M. Rivera, R. Marcén y J. Ortuño

Servicio de Nefrología. Hospital Ramón y Cajal. Madrid.

INTRODUCCIÓN

La medición del flujo del acceso vascular es recomendable para vigilancia del mismo y detección precoz de estenosis¹. Los dos procedimientos más utilizados son el eco-Doppler y los métodos basados en la inversión del sentido de circulación de la sangre a través de las agujas. Estos últimos tienen la gran ventaja de poder ser realizados por el personal de diálisis. Al invertir las líneas del circuito sanguíneo de la hemodiálisis, se producen variaciones en la tasa de recirculación del acceso vascular que son dependientes del flujo del mismo y permiten su cálculo. La tasa de recirculación se estudia con técnicas de hemodilución que consisten en la administración de suero salino en la línea de retorno, y en su repercusión en sensores colocados en la línea arterial que miden la velocidad de transmisión de ultrasonidos², la conductividad³, el hematocrito⁴ o la temperatura de la sangre⁵. La inversión de líneas también produce cambios en los aumentos del hematocrito inducidos por incrementos bruscos de la tasa de ultrafiltración, constituyendo la base de otro procedimiento para medir el flujo del acceso vascular^{6,7}. El método de la dilución ultrasónica, está validado experimentalmente⁸ y es el más utilizado en la actualidad⁹⁻¹⁵.

Hay monitores de hemodiálisis que incorporan la lectura automática de la dialisancia iónica mediante el análisis de la conductividad del líquido de diálisis a la entrada y a la salida del dializador. La dialisancia iónica es equivalente al aclaramiento «efectivo» de urea (aclaramiento del dializador corregido por la recirculación total) y su valor dismi-

nuye al invertir la posición de las agujas. Se ha comprobado que esta variación de la dialisancia iónica depende del flujo del acceso vascular y permite el cálculo del mismo sin tener que diluir la sangre mediante la administración de suero salino¹⁶. La dialisancia iónica constituye otro procedimiento para obtener el flujo del acceso vascular escasamente divulgado a la vista de las pocas publicaciones existentes al respecto¹⁶⁻¹⁸.

En el presente trabajo analizamos la utilidad de la dialisancia iónica en la medición del flujo del acceso vascular. Para ello comparamos los resultados de este método con los obtenidos con la técnica habitual de dilución ultrasónica.

MATERIAL Y MÉTODOS

Se incluyeron en el trabajo todos los enfermos de nuestro programa de hemodiálisis hospitalaria que utilizaban un monitor con lectura de la dialisancia iónica. De los 36 enfermos que reunían estas condiciones, en tres de ellos no se pudo determinar el flujo del acceso vascular (ver más adelante). El estudio se realizó en 33 enfermos, 19 varones y 14 mujeres, con edades comprendidas entre 24 y 82 años, y un tiempo en hemodiálisis que oscilaba entre 4 meses y 11 años. Todos ellos eran portadores de una fístula arteriovenosa nativa. En 24 enfermos la fístula arteriovenosa era radiocefálica (FAVRC) y en los 9 restantes humerocefálica (FAVHC). No se realizó fistulografía de forma simultánea.

Para medir el flujo del acceso vascular hemos seguido la metodología propuesta por Mercadal¹⁶. En la misma sesión de hemodiálisis se midió el flujo del acceso vascular por ultrasonidos (Transonic®) y por dialisancia iónica (Diascan® en monitor Integra de Hosal). El sistema Diascan® realiza una lectura automática de la dialisancia iónica cada 30 minutos. La medición fue realizada en la primera hora de

Correspondencia: José Luis Teruel
Servicio de Nefrología
Hospital Ramón y Cajal
Carretera de Colmenar, km 9,100
28034 Madrid

la sesión de hemodiálisis, a flujo de bomba de 250 ml/min. Primero se calcula la recirculación del acceso vascular con el monitor Transonic® tras la administración de 10 ml de suero salino fisiológico en la línea venosa, y se espera a la lectura de la dialisancia iónica por el monitor Integra (D). A continuación se invierten las líneas de hemodiálisis manteniendo el mismo flujo de bomba y la misma tasa de ultrafiltración (Qf); se vuelve a analizar la recirculación del acceso con el Transonic® tras la administración de otros 10 ml de suero salino fisiológico en la línea que está actuando como venosa, y se espera a una nueva lectura de la dialisancia iónica (Dinv). Posteriormente se colocan las líneas en su posición normal y se continúa la sesión de hemodiálisis al flujo arterial de bomba prescrito para cada enfermo.

El flujo del acceso vascular medido por hemodilución por ultrasonidos (QaUs) se calcula a través del «software» incorporado al monitor Transonic®. El flujo del acceso vascular por el método de la dialisancia iónica (QaDi) se obtiene mediante la siguiente fórmula¹⁶:

$$QaDi = Dinv \times (D - Qf) / (D - Dinv)$$

Para determinar el flujo del acceso vascular con ambos métodos es necesario que haya recirculación con líneas invertidas y que se pueda mantener el flujo de bomba. De los 36 enfermos incluidos inicialmente, en tres no fue posible calcular el flujo del acceso vascular: en uno porque no se pudo conseguir un flujo de bomba de 250 ml/min al invertir las líneas y en los otros dos por no tener recirculación con líneas invertidas al estar colocadas las agujas en venas diferentes.

Para estudiar la reproductibilidad de ambos procedimientos, se realizó una segunda medida del flujo del acceso vascular en 31 enfermos con el método ultrasónico y en 30 enfermos con el método de la dialisancia iónica. El tiempo transcurrido entre ambas determinaciones osciló entre 2 y 14 días.

Los valores inferiores a 500 ml/min fueron considerados como flujos bajos por atribuirseles valor predictivo de estenosis en las fístulas arteriovenosas nativas¹⁹.

Los resultados se expresan como media y desviación standard. Para estudio de la concordancia, hemos analizado la diferencia relativa (diferencia absoluta de mediciones dividido entre la media de ambas, en porcentaje), la construcción de Bland-Altman²⁰, el coeficiente de correlación de Pearson, el coeficiente de correlación intraclase²¹ y el índice de concordancia kappa²². La reproductibilidad (variabilidad intramétodo) se analizó mediante la media de

los coeficientes de variación de las mediciones duplicadas. Para la comparación de medias se utilizó el test de Student. El valor de $p < 0,05$ fue considerado estadísticamente significativo.

RESULTADOS

En la tabla I están representados los resultados del flujo del acceso vascular según el método utilizado y la localización de la fístula arteriovenosa. La diferencia entre QaDi y QaUs fue de -199 ± 289 ml/mn (intervalo de confianza. -97 y -302 , $p < 0,001$). La diferencia relativa entre ambos métodos fue de $32 \pm 21\%$ (rango 1 – 76, mediana 26) y no estaba influenciada por la localización de la fístula arteriovenosa ($31 \pm 21\%$ en la fístula radiocefálica, y $33 \pm 23\%$ en la fístula humerocefálica).

La figura 1 muestra la correlación entre QaDi y QaUs. La fórmula de la recta de regresión es $QaDi = 134 + 0,65 \times QaUs$ ($r = 0,8605$, $p < 0,001$). El grado de correlación no varía según la localización de la fístula arteriovenosa (FAVRC: $r = 0,8732$, $p < 0,001$; FAVHC: $r = 0,8489$, $p < 0,01$). El coeficiente de correlación intraclase entre ambos métodos es 0,89 (grado de fiabilidad excelente).

La figura 2 muestra la construcción de Bland-Altman. El QaDi suele ser inferior al valor del QaUs y como indica la recta de regresión, la diferencia aumenta para valores altos del flujo del acceso vascular ($r = 0,4745$, $p < 0,01$).

Los enfermos fueron clasificados en dos grupos según el flujo del acceso vascular fuese inferior a 500 ml/min (flujo bajo) o igual o superior a dicha cifra. Tenían flujo bajo 11 enfermos con el método de la dialisancia iónica y 7 enfermos con el método de la dilución ultrasónica (estos siete enfermos

Tabla I. Flujo del acceso vascular (ml/min) según el método de medida y la localización de la fístula arteriovenosa

	QaUs	QaDi	
Grupo total (n = 33)	971 ± 557 (rango 240-2.300)	771 ± 425 (rango 195-1.644)	$p < 0,001$
FAV RC (n = 24)	879 ± 446	716 ± 393	$p < 0,01$
FAV HC (n = 9)	1.214 ± 760	919 ± 495	$p = 0,07$

QaUS = flujo del acceso vascular por ultrasonidos (ml/min).
QaDi = flujo del acceso vascular por dialisancia iónica (ml/min).
FAVRC: fístula arteriovenosa radiocefálica.
FAVHC: fístula arteriovenosa humerocefálica.

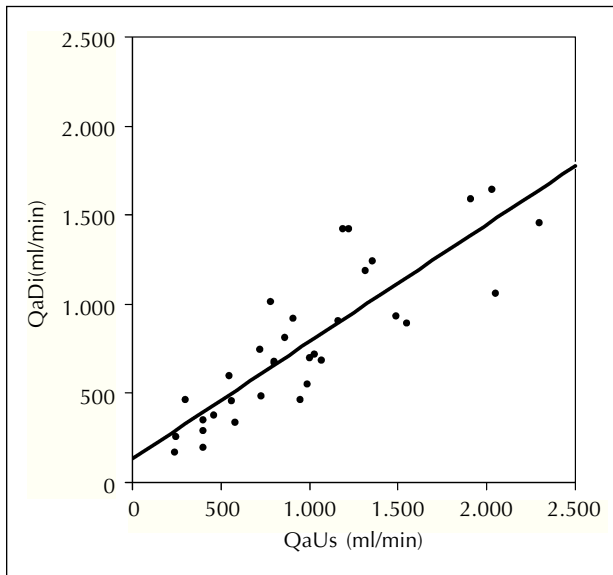


Fig. 1.—Relación entre el flujo del acceso vascular medido por dialisancia iónica (QaDi) y el flujo del acceso vascular medido por ultrasonidos (QaUs).

también dieron flujo bajo con la dialisancia iónica). El índice de concordancia kappa entre los dos métodos para la identificación del grupo de flujo bajo fue de 0,70 (grado de concordancia bueno).

El coeficiente de variación (variabilidad intramétodo) de las mediciones duplicadas fue de $15 \pm 16\%$ para el método ultrasónico y de $22 \pm 18\%$ para el método de la dialisancia iónica ($p = ns$). La diferencia relativa entre ambos procedimientos (variabilidad intermétodo) es superior al coeficiente de va-

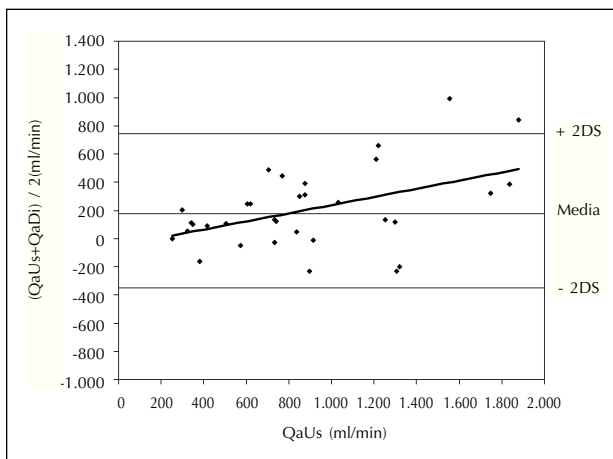


Fig. 2.—Construcción de Bland-Altman. QaUs: flujo del acceso vascular medido por ultrasonidos. QaDi: flujo del acceso vascular medido por dialisancia iónica.

riación de cada uno de ellos (variabilidad intramétodo): $p < 0,001$ con respecto al método de ultrasonidos y $p < 0,05$ con respecto al método de la dialisancia iónica.

DISCUSIÓN

Cada vez hay más máquinas de hemodiálisis que incorporan la lectura automática de la dialisancia iónica. A través de la dialisancia iónica se pueden obtener datos relevantes de la sesión de hemodiálisis como el balance iónico, la conductividad plasmática y la dosis de diálisis administrada. La dialisancia iónica disminuye al invertir las líneas de hemodiálisis, fenómeno que depende del flujo del acceso y que permite el cálculo del mismo¹⁶. En el presente trabajo analizamos el flujo del acceso vascular por dialisancia iónica y comparamos los resultados con los obtenidos por la técnica de dilución ultrasónica.

Aunque entre ambos procedimientos hay una buena correlación ($r = 0,8605$, $p < 0,001$) y una buena fiabilidad (coeficiente correlación intraclass: 0.89), la dialisancia iónica proporciona una medida del flujo de acceso vascular inferior a la obtenida con ultrasonidos: 771 ± 425 vs 971 ± 557 ml/min ($p < 0,001$). La diferencia media entre ambos métodos es de -199 ml/min, y aumenta para flujos altos según se observa en la construcción de Bland –Altman. La diferencia relativa entre los dos procedimientos (32%) es superior al coeficiente de variación de cada uno de ellos (15% para los ultrasonidos y 22% para la dialisancia iónica). La dialisancia iónica y la dilución ultrasónica no proporcionan medidas equivalentes del flujo del acceso vascular.

La cuantificación del flujo del acceso vascular varía según la técnica de medida utilizada. Los estudios que han comparado diversos procedimientos obtienen resultados distintos, aunque en general la correlación entre ellos es buena^{4,6,12,15}. Si los relacionamos con la dilución ultrasónica, las técnicas de ecodopler¹² dilución con hematocrito⁴ y ultrafiltración⁶ dan valores más altos, mientras que la técnica de termodilución proporciona valores más bajos¹⁵. Nuestros datos indican que el método de la dialisancia iónica infraestima el flujo del acceso vascular en relación a la dilución ultrasónica. El procedimiento de medida debe ser tenido en cuenta cuando se pretende establecer un nivel mínimo de flujo con valor predictivo para la prevención de complicaciones.

El hecho que la dialisancia iónica proporcione una medida del flujo del acceso vascular diferente a la dilución ultrasónica, no significa que dicha técnica

carezca de utilidad clínica. El principal interés de estudio del flujo del acceso vascular es la identificación de accesos con flujo bajo. Un flujo inferior a 500 ml/min en una fístula arteriovenosa nativa tiene valor como indicador de estenosis y/o predicción de trombosis^{1,19}. Si clasificamos a los enfermos en dos grupos según que el flujo de acceso vascular sea superior o inferior a esta cifra, obtenemos de acuerdo al índice kappa, un grado de concordancia bueno entre ambas técnicas. Ningún enfermo con un flujo igual o superior a 500 ml/min por dialisancia iónica, tuvo un flujo bajo por dilución ultrasónica.

Por otra parte hay autores que dan más relevancia pronóstica al descenso progresivo del flujo del acceso vascular en controles seriados que a su valor inicial^{10,14}. La medición periódica del flujo, independientemente del procedimiento utilizado, es importante para la vigilancia del mismo. Al estar incorporada la dialisancia iónica al monitor de hemodiálisis, facilita la repetición de mediciones y por tanto el seguimiento de flujo del acceso.

Todos nuestros enfermos eran portadores de una fístula arteriovenosa nativa. Los valores de flujo que hemos obtenido por dilución ultrasónica son muy similares a los referidos por otros autores. En el estudio de Begin y cols.¹³, el flujo medio fue de 1.285 ± 652 ml/min para la fístula arteriovenosa húmerocefálica y 647 ± 331 ml/min para la radiocefálica. Rehman y cols., obtuvieron un flujo de 1.126 ± 333 ml/min en fístulas arteriovenosas nativas sin precisar localización⁹. En otros estudios en los que mezclan fístulas nativas y prótesis los flujos medios fueron 964 ml/min²³, 950 ml/min⁶, 843 ml/min²⁴ y 752 ml/min¹².

Hay que tener en cuenta que para poder medir el flujo del acceso vascular en una fístula arteriovenosa nativa por cualquiera de los procedimientos de líneas invertidas, las dos agujas tienen que estar situadas en la misma vena arterializada, ya que es preciso que exista recirculación al invertir las líneas de hemodiálisis^{2,16}. En dos de nuestros enfermos no se pudo determinar el flujo del acceso por este motivo. Por otra parte se recomienda realizar su medición en los primeros 90 minutos de la sesión de hemodiálisis, ya que el flujo del acceso vascular puede disminuir a lo largo de la misma⁹.

En resumen, a través de la dialisancia iónica es posible calcular el flujo del acceso vascular. Con este método, igual que con los procedimientos basados en la hemodilución, hay que invertir las líneas de hemodiálisis pero no se necesita la administración de suero salino. La dialisancia iónica proporciona una medida del flujo del acceso inferior a la obtenida con ultrasonidos pero que es útil para la detección de flujos bajos. El conocimiento de esta técnica tiene es-

pecial interés en las unidades que tengan máquinas de hemodiálisis con lectura automática de la dialisancia iónica y no dispongan de monitor de ultrasonidos.

Agradecimientos

Agradecemos a la Unidad de Bioestadística del Hospital Ramón y Cajal la ayuda prestada en el diseño del presente trabajo.

BIBLIOGRAFÍA

1. Rodríguez Hernández JA, González Parra E, Gutiérrez Julián JM, Segarra Medrano A, Almirante B, Martínez M^T, Arrieta J, Fernández Rivera C, Galera A, Gallego Beuter J, Górriz JL, Herrero JL, López Menchero R, Ochando A, Pérez Bañasco V, Polo JR, Pueyo J, Ruiz Camps I, Segura Iglesias R: Vigilancia y seguimiento del acceso vascular. En: Guía de acceso vascular en hemodiálisis. *Nefrología* 25 (Supl. 1): 34-47, 2005.
2. Krivitski NM: Novel method to measure access flow during hemodialysis by ultrasound velocity dilution technique. *ASAIO J* 41: M741-M745, 1995.
3. Lindsay RM, Blake PG, Malek P, Posen G, Martin B, Bradfield E: Hemodialysis access blood flow rates can be measured by a differential conductivity technique and are predictive of access clotting. *Am J Kidney Dis* 30: 475-82, 1997.
4. Lindsay RM, Bradfield E, Rothera C, Kianfar C, Malek P, Blake PG: A comparison of methods for the measurement of hemodialysis access recirculation and access blood flow rate. *ASAIO J* 44: 62-7, 1998.
5. Schneditz D, Kaufman AM, Levin N: Surveillance of access function by the blood temperature monitor. *Seminars in Dialysis* 16; 483-7, 2003.
6. Yazar D, Cheung AK, Sakiewicz P, Lindsay RM, Paganini EP, Steuer RR, Leypoldt JK: Ultrafiltration method for measuring vascular access flow rates during hemodialysis. *Kidney Int* 56; 1129-35, 1999.
7. Roca-Tey R, Samon Guasch R, Ibrik O, García-Madrid C, Herranz JJ, García-González L, Viladoms Guerra J: Monitorización del acceso vascular mediante la determinación del flujo sanguíneo durante la hemodiálisis por el método de ultrafiltración. Estudio prospectivo de 65 pacientes. *Nefrología* 24; 246-52, 2004.
8. Gleed RD, Harvey HJ, Dobson A: Validation in the sheep of an ultrasound velocity dilution technique for haemodialysis graft flow. *Nephrol Dial Transplant* 12: 1464-7, 1997.
9. Rehman SU, Pupim LB, Shyr Y, Hakim R, Ikizler TA: Intradialytic serial vascular access flow measurements. *Am J Kidney Dis* 34: 471-7, 1999.
10. Paulson WD, Ram SJ, Birk CG, Work J: Does blood flow accurately predict thrombosis or failure of hemodialysis synthetic grafts? A Meta-Analysis. *Am J Kidney Dis* 34: 478-85, 1999.
11. Barril G, Andriano T, Selgas R: Utilidad del monitor Transonic HD01 en el seguimiento del acceso vascular de PTFE en una paciente en hemodiálisis. *Nefrología* XXI: 416-7, 2001.
12. Zanen AL, Toonder IM, Korten E, Wittens CHA, Diderich PhPNM: Flow measurements in dialysis shunts: lack of agreement between conventional Doppler, CVI-Q, and ultrasound dilution. *Nephrol Dial Transplant* 16: 395-9, 2001.

13. Begin V, Ethier J, Dumont M, Leblanc M: Prospective evaluation of the intra-access flow of recently created native arteriovenous fistulae. *Am J Kidney Dis* 40: 1277-82, 2002.
14. Tessitore N, Bedogna V, Gammara L, Lipari G, Poli A, Baggio E, Firpo M, Morana G, Mansueto G, Maschio G: Diagnostic accuracy of ultrasound dilution access blood flow measurement in detecting stenosis and predicting thrombosis in native forearm arteriovenous fistulae for haemodialysis. *Am J Kidney Dis* 42: 331-4, 2003.
15. Lopot F, Nejedly B, Sulkova S, Blaha J: Comparison of different techniques of hemodialysis vascular access flow evaluation. *Int J Artif Organs* 26: 1056-63, 2003.
16. Mercadal L, Hamani A, Béné B, Petitclerc T: Determination of access blood flow from ionic dialysance: theory and validation. *Kidney Int* 56: 1560-5, 1999.
17. Gotch FA, Buyaki R, Panlilio F, Folden T: Measurement of blood access flow rate during hemodialysis from conductivity dialysance. *ASAIO J* 45: 139-46, 1999.
18. Mercadal L, Challier E, Cluzel P, Hamani A, Boulechfar H, Boukhalifa Z, Izzedine H, Bassilios N, Barrou B, Deray G, Petitclerc T: Detection of vascular access stenosis by measurement of access flow from ionic dialysance. *Blood Purif* 20: 177-81, 2002.
19. Tonelli M, Jhangri GD, Hirsch DJ, Marrayatt J, Mossop P, Wile C, Jindal KK: Best threshold for diagnosis of stenosis or thrombosis within six months of access flow measurement in arteriovenous fistulae. *J Am Soc Nephrol* 14: 3264-9, 2003.
20. Bland JM, Altman DG: Statistical methods for assessing agreement between two methods of clinical measurement. *Lancet* 1: 307-10, 1986.
21. Prieto L, Lamarca R, Casado A: La evaluación de la fiabilidad en las observaciones clínicas: el coeficiente de correlación intraclase. *Med Clin* 110: 142-5, 1998.
22. Landis JR, Koch GC: The measurement of observer agreement for categorical data. *Biometrics* 33: 159-74, 1977.
23. Depner Th A, Krivitski NM: Clinical measurement of blood flow in hemodialysis access fistulae and grafts by ultrasound dilution. *ASAIO Journal* 41: M745-M749, 1995.
24. Barril G, Besada E, Cirugeda A, Fernández-Perpen A, Selgas R: Hemodialysis vascular assessment by an ultrasound dilution method (transonic) in patients older than 65 years. *Int Urol Nephrol* 32: 459-62, 2001.