

Capítulo 1

Control de los accesos vasculares. Exploración física e instrumental

R. ROCA

Introducción

Todas las guías clínicas coinciden en que es imprescindible la implantación de programas de monitorización del acceso vascular (AV) permanente tipo fístula arteriovenosa interna (FAVI) o injerto de PTFE, tanto durante la fase de maduración del AV en la consulta de enfermedad renal crónica (ERC) avanzada como durante el programa de hemodiálisis (HD) crónica.¹⁻³ El objetivo de los mismos es el diagnóstico precoz de la estenosis significativa del AV y efectuar su reparación electiva para evitar la trombosis. Estos programas se basan en la aplicación de diversos métodos de *screening* para la detección de la estenosis y en la intervención preventiva del AV mediante técnicas de radiología o cirugía vascular. Los programas de seguimiento de los AV deben aplicarse de forma rutinaria, protocolizada y buscando una participación multidisciplinar de enfermería, nefrólogos, radiólogos y cirujanos vasculares.¹⁻³

Una vez construido el AV permanente, debe monitorizarse en la consulta de ERC avanzada para diagnosticar precozmente su falta de maduración en relación con la presencia de estenosis. La intervención electiva sobre estos casos puede evitar el inicio del programa de HD mediante un catéter central.

En este capítulo nos centraremos en el seguimiento del AV permanente cuando se utiliza de forma rutinaria durante el programa de HD crónica. La causa más frecuente de trombosis del AV (80-85 % de los casos) es la estenosis significativa del AV, es decir, la reducción igual o superior al 50 % del calibre vascular.¹⁻³ Los programas de monitorización del AV deben permitir el diagnóstico precoz de la estenosis y su reparación preventiva antes de la trombosis.⁴ La aplicación de estos programas ha conseguido como mínimo una reducción del 40 % de la tasa de trombosis del AV.⁵ La tabla 1 muestra las ventajas de la implantación de programas de seguimiento del AV.⁶⁻⁸

En relación con la trombosis del AV es preciso recordar dos evidencias importantes:

- No siempre es técnicamente posible la repermeabilización de todas las trombosis del AV, ni siquiera en manos de especialistas experimentados.⁹
- La permeabilidad secundaria del AV es significativamente inferior después de la repermeabilización post-trombosis que si se repara antes de que se produzca la trombosis.¹⁰

Por tanto, es importante subrayar que el tratamiento de elección de la trombosis del AV es su prevención mediante el diagnóstico precoz de la estenosis.

Los métodos de monitorización del AV se pueden clasificar en dos grandes grupos que quedan reflejados en la tabla 2.¹¹ Respecto a estos métodos, hay que tener en cuenta que:

- La práctica seriada de cualquier parámetro de monitorización utilizado, tiene mayor poder predictivo para detectar la disfunción del AV que valores aislados del mismo.¹
- La utilización de varios métodos de monitorización de forma simultánea aumenta su rentabilidad.¹²

Muchos de los métodos de *screening* descritos, tanto de primera como de segunda generación, pueden utilizarse para valorar de forma no invasiva el resultado funcional de la intervención electiva sobre al AV.^{4,5,13}

1 Monitorización clínica

Es el método de seguimiento más prevalente en todas las unidades de HD. Las enfermeras de HD desempeñan un papel decisivo en la monitorización clínica. El seguimiento clínico tiene en cuenta dos aspectos fundamentales:

1.1 Exploración física

El examen físico sistemático del AV ha demostrado su eficacia para detectar su disfunción.¹⁴ La exploración del AV se efectuará mediante la inspección, palpación y auscultación del AV en la anastomosis y en todo el trayecto venoso antes de su punción y después de finalizar la sesión de HD.

1.1.1 Inspección

Es muy importante la observación de toda la extremidad del AV. La presencia de edema y circulación colateral son signos sugestivos de estenosis venosa proximal total o parcial. Hay que observar también las zonas distales de la extremidad para valorar signos de isquemia (frialidad, palidez, úlceras digitales isquémicas) secundaria a síndrome de robo o bien la presencia de signos de hipertensión venosa (hiperpigmentación, úlceras digitales de éstasis).¹⁵⁻¹⁷

Se inspeccionará todo el trayecto de la vena arterializada de la FAVI para detectar la presencia de hematomas, dilataciones aneurismáticas y signos flogóticos.^{18,19} Una FAVI que no se colapsa, al menos parcialmente, tras la elevación del brazo es probable que tenga una estenosis proximal; en ocasiones, manteniendo el brazo elevado, también puede localizarse la estenosis sobre el punto de la disminución brusca del calibre venoso.^{1,14,20}



Figura 1. Método de monitorización Delta-H. Se puede observar el sensor óptico en forma de pinza que se acopla a una cámara sanguínea insertada entre el dializador y la línea arterial. El monitor Crit-line III está situado encima de la máquina de HD.

1.1.2 Palpación

Se valorará el *thrill*, que refleja el flujo sanguíneo (Q_A) del AV, y el pulso, indicador de la resistencia proximal al flujo sanguíneo.²⁰

1.1.3 Auscultación

Se valorará el soplo del AV.¹⁴

La detección de cambios en las características y localización del pulso, soplo y el *thrill* del AV respecto a controles previos puede ser indicativo de estenosis (véase la tabla 3).¹⁴

1.2 Problemas en la sesión de HD

Pueden ser signos indirectos de estenosis del AV si aparecen de forma persistente durante tres sesiones consecutivas de HD, en relación con sesiones de HD previas.

- Dificultad para canalizar el AV.
- Aspiración de coágulos durante la punción.

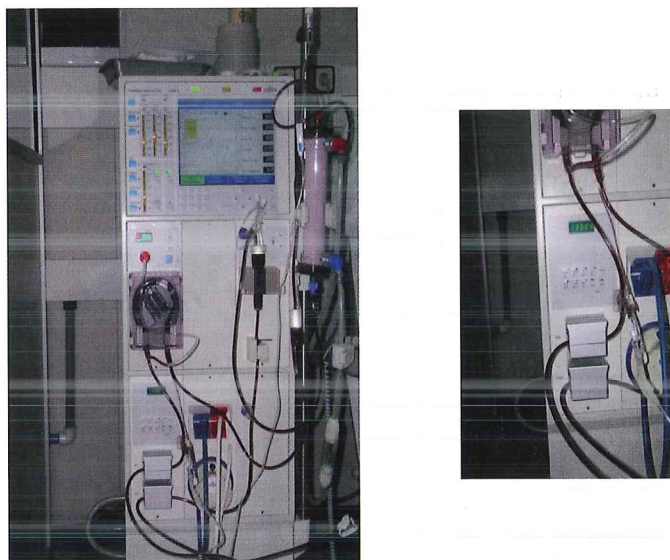


Figura 2. Método de termodilución. En una visión global de la máquina de HD se observa el sensor BTM (blood temperature monitor) justo por debajo de la bomba sanguínea de HD. El mismo sensor BTM se aprecia más detalladamente en la imagen adyacente.

- Tiempo de hemostasia prolongado, en ausencia de anticoagulación excesiva.
- Aumento de la presión arterial negativa prebomba.
- Imposibilidad de alcanzar el Q_b prescrito.

La sensibilidad y especificidad de la monitorización clínica, en el diagnóstico precoz de la estenosis significativa del AV, es variable en las diversas series publicadas.²⁰⁻²²

2 Monitorización de la presión del acceso vascular

La presencia de una estenosis significativa en el AV puede provocar un incremento retrógrado de la presión dentro del mismo que puede detectarse mediante los métodos de monitorización de la presión del acceso vascular.^{1,5,20,23}

Estos métodos de monitorización son de utilidad preferente para el seguimiento de injertos de PTFE, que es un AV minoritario en España.²⁴ En presencia de la estenosis más prevalente en este tipo de AV, es decir, la estenosis situada en la anastomosis entre el brazo venoso del injerto y la vena eferente, se genera un incremento retrógrado de la presión a lo largo de todo el injerto y condiciona la relación inversa que se produce entre la presión intraacceso y el Q_A del AV.^{25,26} El resultado de esta situación funcional, de presión intraacceso elevada y Q_A bajo, es que el injerto de PTFE entra dentro de la zona de riesgo de alta probabilidad de trombosis.⁵

Por otra parte, las venas colaterales de una FAVI radiocefálica pueden provocar una descompresión y disminuir la sensibilidad de estas técnicas de monitorización en la de-

– Disminución de la tasa de trombosis del AV
– Aumento de la supervivencia del AV
– Incremento de las intervenciones electivas sobre el AV
– Disminución de la prevalencia de tromboectomías, revisiones quirúrgicas y de la construcción de nuevos AV
– Disminución de la prevalencia de hospitalizaciones
– Reducción del número de sesiones de HD perdidas
– Disminución en la implantación de catéteres
– Reducción del gasto sanitario

*Tabla 1. Ventajas de la implantación de programas de seguimiento del AV.
Adaptado de las referencias 6, 7 y 8.*

tección de la estenosis de la FAVI.¹ Por ejemplo, en la serie pionera de Besarab y cols., la sensibilidad para diagnosticar la estenosis significativa mediante la determinación de la presión estática normalizada fue del 91 % para injertos de PTFE y solamente del 48 % para FAVI.²³ En otra serie más reciente, la sensibilidad de la presión intraacceso para detectar la estenosis significativa de la FAVI fue sólo del 60 %.²⁰

3 Determinación del porcentaje de recirculación

En presencia de una estenosis significativa, disminuye el Q_A del AV y aumenta el porcentaje de sangre ya dializada que entra de nuevo al dializador a través de la aguja «arterial». En ausencia de errores técnicos, la recirculación aparece como consecuencia de una estenosis severa en el AV cuando el Q_A desciende por debajo del Q_B programado (300-500 ml/min).^{1,25} Por tanto, la determinación de la recirculación no es el mejor método para detectar la estenosis de forma precoz.^{11,27}

Puede determinarse el porcentaje de recirculación de la urea o bien determinar la recirculación existente mediante técnicas de *screening* dilucionales.^{1,28,29} Debe investigarse la presencia de una estenosis del AV ante un porcentaje de recirculación de la urea superior al 10 % o bien ante un porcentaje de recirculación superior al 5 y al 15 % utilizando los métodos de dilución ultrasónica y de termodilución, respectivamente.^{1,29}

4 Disminución inexplicable de la adecuación de la HD

La disminución sin motivo aparente de la adecuación de la diálisis evaluada, por ejemplo, mediante el índice Kt/V o bien por el porcentaje de reducción de urea, puede ser un signo indirecto de disfunción del AV.^{11,30} En un estudio reciente, los pacientes con estenosis de la FAVI ($n = 50$), presentaron un índice Kt/V significativamente inferior ($1,15 \pm 0,20$) en relación con el resto de enfermos ($1,33 \pm 0,16$).²⁰ Se considera que la

Métodos de monitorización de primera generación
Monitorización clínica – Exploración física – Problemas en la sesión de HD
Monitorización de la presión del acceso vascular – Presión venosa dinámica – Presión intraacceso o estática – Presión intraacceso estática equivalente o normalizada
Determinación del porcentaje de recirculación – Determinación de la recirculación de la urea – Determinación de la recirculación mediante técnicas de <i>screening</i> dilucionales
Disminución inexplicable de la adecuación de la HD
Métodos de monitorización de segunda generación
– Ecografía Doppler color
– Métodos de <i>screening</i> para la determinación indirecta del flujo sanguíneo (Q_A) del AV

Tabla 2. Clasificación de los métodos de monitorización del AV. Adaptado de la referencia 11.

eficacia de la HD disminuye de forma tardía en la historia natural de la estenosis del AV en presencia de una recirculación elevada.¹¹

5 Exploración del AV mediante ecografía Doppler color

La ecografía Doppler color (EDC) es una técnica de imagen no invasiva. Permite la exploración del AV mediante un traductor lineal, emisor y receptor de ultrasonidos, aplicado con un ángulo de incidencia $\leq 60^\circ$ en los planos longitudinal y transversal del AV. En el caso de la FAVI, permite la evaluación de la arteria nutricia, la anastomosis, la vena arterializada y las venas de drenaje de la forma más proximal posible.

La EDC presenta las siguientes prestaciones en el seguimiento del AV:

- *Método de diagnóstico rápido* utilizado *in situ* en la sala de HD (ecógrafo portátil) ante cualquier alteración del AV detectada por algún método de primera generación o por un descenso de Q_A .³¹ En una serie nacional reciente referida a 119 exploraciones mediante EDC portátil efectuadas por el nefrólogo en 67 AV, se diagnosticaron 31 estenosis en 44 casos de dificultad en la punción sin ningún otro signo de alarma de estenosis.³¹
- *Método reglado de seguimiento para la evaluación periódica* del AV cada 3-6 meses. La EDC permite la visualización directa del AV y, por tanto, permite efectuar la monitorización morfológica del mismo.³²
- *Información hemodinámica del AV*. La EDC posibilita la determinación directa del

Q_A en la arteria nutricia o en la vena arterializada y, por tanto, el seguimiento funcional del AV.³² Diversos autores han constatado que el Q_A determinado por EDC es significativamente inferior en los AV con estenosis que en el resto de AV.^{20,32} En un estudio efectuado en Cataluña y referido a 33 AV (84,8 % de FAVI) explorados mediante EDC, los AV con estenosis presentaron un Q_A significativamente inferior que los AV sin estenosis ($511,0 \pm 179,1$ versus $1.911,1 \pm 968,7$ ml/min).³²

- *Prueba de imagen de primera línea* para confirmar, localizar y cuantificar la estenosis del AV sospechada mediante los métodos de *screening* antes de efectuar el tratamiento electivo.^{20,33} En este sentido, se ha descrito una correlación lineal entre la EDC y la angiografía para diagnosticar la estenosis del AV.³³

6 Métodos de *screening* para la determinación indirecta del Q_A del AV

Las técnicas dilucionales se han convertido en las de elección para la monitorización del AV.¹ En presencia de una estenosis significativa, el Q_A disminuye *siempre* independientemente del tipo de AV (FAVI o injerto de PTFE), localización (extremidad superior o inferior) o topografía de la estenosis (arteria nutricia, anastomosis, vena arterializada, vena central).^{1,11,34,35} Este hecho es muy importante y permite diferenciar estos métodos de los de primera generación. Como se ha mencionado anteriormente, en presencia de una estenosis significativa en la vena arterializada de la FAVI, el Q_A estará disminuido pero, según el lugar de implantación de la aguja «venosa» sobre la vena arterializada, es posible que la presión venosa no aumente.¹¹

La experiencia aportada por diversos estudios ha demostrado que las técnicas de *screening* del AV basadas en la determinación periódica de Q_A son las preferidas en primer lugar, dado su mayor sensibilidad y especificidad para el diagnóstico precoz de la estenosis del AV.¹ En diversas series publicadas, con predominio casi exclusivo de FAVI, la sensibilidad y especificidad de las determinaciones de Q_A para diagnosticar la estenosis significativa del AV mediante los métodos de dilución ultrasónica y Delta-H fueron superiores al 80 %.^{24,27,28}

Grado de estenosis (%)	Pulso	Thrill	Soplo
0	Suave o blando Fácilmente compresible	Predominante sobre la anastomosis arterial	Baja intensidad Continuo Sistólico y diastólico
> 50	Saltón	Disminución de intensidad sobre la anastomosis Aparición sobre el punto de la estenosis	Piante Discontinuo Únicamente sistólico

Tabla 3. Exploración física del AV normal y en caso de estenosis venosa significativa en la vena arterializada de la FAVI o bien de la anastomosis venosa de injerto de PTFE. Modificado de referencias 1, 14 y 20.

Además, la monitorización mediante determinaciones periódicas de Q_A permite disminuir la prevalencia de trombosis del AV.⁵ En un estudio prospectivo de casos y controles efectuado en Mollet del Vallès (Barcelona), se evidenció una menor tasa de trombosis en los AV monitorizados mediante determinaciones de Q_A utilizando el método Delta-H.²⁴

La introducción en el año 1995 del método de dilución por ultrasonidos significó un cambio cualitativo en el estudio del AV ya que, por primera vez, era posible efectuar la estimación no invasiva de Q_A . Desde entonces, se han descrito diversas técnicas dilucionales que permiten determinar de forma indirecta el Q_A durante o fuera de la HD y, por tanto, efectuar el seguimiento funcional del AV.¹ Según las guías europeas de AV, no existe una clara preferencia por ninguno de estos métodos.³⁶ En relación con los métodos que calculan el Q_A durante la sesión HD, es importante determinar precozmente el Q_A dentro de la primera hora de la sesión para evitar los cambios hemodinámicos secundarios a la ultrafiltración.

El método optodilucional Delta-H, también denominado de ultrafiltración o por dilución del hematocrito, permite calcular el Q_A del AV utilizando el monitor Crit-line III.²⁴ Se trata de una técnica fotométrica que se fundamenta en la relación inversa existente entre la volemia y el hematocrito. El Q_A se determina a partir de los cambios del hematocrito en relación con cambios bruscos de la ultrafiltración, con las líneas de HD en configuración normal e invertida. Los cambios del hematocrito son registrados continuamente por un sensor óptico que se acopla a una cámara sanguínea insertada entre el dializador y la línea arterial, y el monitor Crit-line III calcula automáticamente el valor de Q_A (véase la figura 1).²⁴

El método de termodilución permite determinar el Q_A a partir de los valores de recirculación obtenidos utilizando el sensor de temperatura sanguínea BTM (*blood temperature monitor*) ya incorporado a la máquina de HD.³⁷ El proceso de determinación se inicia a partir de la producción de un «bolus de temperatura» secundario a la disminución autolimitada de la temperatura del líquido de diálisis. Inicialmente, este descenso térmico es captado por el sensor de temperatura de la línea venosa y, después de viajar por la circulación cardiopulmonar del paciente, regresa ya reducido hacia el dializador y es captado por el sensor de temperatura de la línea arterial. La cuantificación del último «bolus de temperatura arterial» en relación con el «bolus de temperatura venoso» generado inicialmente, permite calcular el porcentaje de recirculación existente con las líneas de HD en configuración normal; el mismo procedimiento se efectúa con las líneas de HD en configuración invertida.³⁷

Cuando se detecta alguna alteración funcional del AV mediante cualquiera de estos métodos de *screening*, debe efectuarse una exploración de imagen ante la sospecha de una estenosis significativa del AV. Los criterios funcionales para realizarla son los siguientes:¹

- *Valor absoluto de Q_A* : inferior a 600 ml/min. para injertos de PTFE y a 500 ml/min. FAVI.¹ Estas cifras se han obtenido a partir del cálculo mensual de Q_A mediante el método de dilución ultrasónica. Estos valores umbral o *cut-off* pueden ser distintos si se utiliza otro método de monitorización de Q_A según las curvas ROC obtenidas de sensibilidad-especificidad de cada técnica y la frecuencia en que ésta se aplica.

- *Disminución temporal de Q_A* superior a 20-25 %, indistintamente para FAVI o injerto de PTFE, en relación con el Q_A basal.^{1,24,38} El Q_A basal es el resultado de la media aritmética de dos valores de Q_A obtenidos durante la misma sesión o en dos sesiones consecutivas de HD. En el estudio longitudinal de Neyra R y cols., el riesgo relativo de trombosis del AV aumentaba a partir de un descenso de Q_A superior al 15 % y era máximo (34,7 %) cuando el descenso de Q_A era superior al 50 %.³⁸

Hay evidencias de que el Q_A del AV está en relación con la edad de los pacientes, la diabetes *mellitus*, la localización del AV, el antecedente de AV previo ipsilateral y la presencia de estenosis significativa.^{1,24,32,37,39,40} El seguimiento funcional del AV mediante determinaciones de Q_A ha permitido demostrar una prevalencia de patología de la arteria nutricia superior a la reportada en series históricas y cifrada actualmente en alrededor del 30 % del total de casos de AV disfuncionante.^{34,41,42} En un estudio prospectivo efectuado en Mollet del Vallès mediante la monitorización del Q_A del AV utilizando el método Delta-H se ha podido tipificar la patología de la arteria radial de FAVI radiocefálica en tres grupos diferenciados.³⁴

El seguimiento del Q_A del AV permite, además de efectuar el diagnóstico de la estenosis subclínica del AV, identificar a los AV hiperdinámicos con un Q_A excesivo capaces de provocar insuficiencia cardíaca.^{43,44} Parece demostrado que existe un riesgo elevado de insuficiencia cardíaca secundaria al AV cuando el Q_A del mismo es igual o superior a 2.000 ml/min. o al 20 % del gasto cardíaco.⁴⁵ En estos casos parece prudente efectuar un seguimiento cardiológico estricto mediante ecocardiogramas periódicos. Por otra parte, no hay que olvidar que cifras menores de Q_A del AV ya pueden ocasionar descompensación cardíaca en pacientes con reserva miocárdica reducida.⁴³

En algunos casos, la estimación del Q_A del AV y de la presión arterial pulmonar sistólica de forma conjunta por métodos no invasivos (método Delta-H y ecocardiograma Doppler, respectivamente) ha permitido efectuar el diagnóstico, sentar la indicación quirúrgica (*banding*) y efectuar el seguimiento postoperatorio del AV con repercusión hemodinámica.⁴⁴

BIBLIOGRAFÍA

1. National Kidney Foundation. KDOQI Clinical Practice Guidelines and Clinical Practice Recommendations for 2006 Updates: Hemodialysis Adequacy, Peritoneal Dialysis Adequacy and Vascular Access. *Am J Kidney Dis* 48: S1-S322, 2006 (Suppl 1).
2. Rodríguez JA, González E, Gutiérrez JM y col. Guías de acceso vascular en hemodiálisis (Guías SEN). Capítulo 4: vigilancia y seguimiento del acceso vascular. *Nefrología* 2005; 25 (Suple 1): 34-47.
3. Martínez Cercós R, Cebolleda J. Accesos vasculares para hemodiálisis. Consensos de la SEDYT. www.sedyt.org
4. Roca Tey R, Samon R, Ibrik O, Martínez Cercós R, Viladoms J. Functional vascular access evaluation after elective intervention for stenosis. *The Journal of Vascular Access* 2006; 7: 29-34.
5. Besarab A. Access Monitoring is Worthwhile and Valuable. *Blood Purif* 2006; 24: 77-89.
6. McCarley P, Wingard RL, Shyr Y, Pettus W, Hakim RM, Ikizler TA. Vascular access blood flow monitoring reduces morbidity and costs. *Kidney Int* 2001; 60: 1164-172.

7. Tessitore N, Mansueto G, Bedogna V y cols. A prospective controlled trial on effect of percutaneous transluminal angioplasty on functioning arteriovenous fistulae survival. *J Am Soc Nephrol* 2003; 14: 1623-627.
8. Wijnen E, Planken N, Keuter X y cols. Impact of a quality improvement programme based on vascular access flow monitoring on costs, access occlusion and access failure. *Nephrol Dial Transplant* 2006; 21: 3514-519.
9. García Medina J, Lacasa Pérez N, Muray Cases S, Pérez Garrido I, García Medina V. Accesos vasculares para hemodiálisis trombosados: rescate mediante técnicas de radiología vascular intervencionista. *Nefrología* 2009; 29: 249-55.
10. Gruss E, Portolés J, Jiménez P y cols. Seguimiento prospectivo del acceso vascular en hemodiálisis mediante un equipo multidisciplinario. *Nefrología* 2006; 26: 703-10.
11. Hakim R y Himmelfarb J. Hemodialysis access failure: a call to action. *Kidney Int* 1998; 54: 1029-040.
12. Tessitore N, Bedogna V, Poli A y cols. Adding access blood flow surveillance to clinical monitoring reduces thrombosis rates and costs, and provides fistula patency in the short term: a controlled cohort study. *Nephrol Dial Transplant* 2008; 23: 3578-584.
13. Caro P, Delgado R, Dapena F y Aguilera A. La utilidad de la presión intraacceso. *Nefrología* 2004; 24: 357-63.
14. Beathard GA. Physical Examination of the dialysis vascular access. *Seminars in Dialysis* 1998; 11: 231-36.
15. Roca Tey R, Ramírez de Arellano M, Codina S, Olmos A, Piera L, González U. Trastornos tróficos cutáneos secundarios a fistula arteriovenosa para hemodiálisis. *Med Clin (Barc)* 1992; 98: 58-60.
16. Debus ES, Sailer M, Voit R, Franke S. «Hot ulcer» on the hand caused by retrograde flow of arterialized blood from an arteriovenous fistula. *Vascular Surgery* 1998; 32: 507-09.
17. Lee S, Kim W, Kang KP y cols. Stasis dermatitis associated with arteriovenous fistula. *Kidney Int* 2007; 72: 1171-172.
18. Roca Tey R, Samon R, Ibrik O, Viladoms J. Aneurisma perianastomótico de fistula arteriovenosa radiocefálica para hemodiálisis. *Med Clin (Barc)* 2005; 124: 440.
19. Lafrance JP, Rahme E, Leloir J y Iqbal S. Vascular-access related infections: definitions, incidence rates, and risk factors. *Am J Kidney Dis* 2008; 52: 982-93.
20. Peixoto Campos R, Candiota Chula D, Perreto S, Riella MC y Mazza do Nascimento. Accuracy of physical examination and intra-access pressure in the detection of stenosis in hemodialysis arteriovenous fistula. *Seminars in Dialysis* 2008; 21: 269-73.
21. Maya ID, Oser R, Saddekni S, Barker J y Allon M. Vascular access stenosis: comparison of arteriovenous grafts and fistulas. *Am J Kidney Dis* 2004; 44: 859-65.
22. Asif A, Leon C, Orozco-Vargas LC y cols. Accuracy of physical examination in the detection of arteriovenous fistula stenosis. *Clin J Am Soc Nephrol* 2007; 2: 1191-194.
23. Besarab A, Sullivan KL, Ross RP, Moritz MJ. Utility of intra-access pressure monitoring in detecting and correcting venous outlet stenoses prior to thrombosis. *Kidney Int* 1995; 47: 1364-373.
24. Roca Tey R, Samon R, Ibrik O y cols. Monitorización del acceso vascular mediante la determinación del flujo sanguíneo durante la hemodiálisis por el método de ultrafiltración. Estudio prospectivo de 65 pacientes. *Nefrología* 2004; 24: 246-52.
25. Besarab A, Lubkowski T, Frinak S, Ramathan S y Escobar F. Detecting vascular access dysfunction. *ASAIO Journal* 1997; 43: M539-M543.
26. White JJ, Jones SA, Ram SJ, Schwab SJ y Paulson WD. Mathematical model demonstrates influence of luminal diameters on venous pressure surveillance. *Clin J Am Soc Nephrol* 2007; 2: 681-87.
27. Tonelli M, Jindal K, Hirsch D, Taylor S, Kane C, Henbrey S. Screening for subclinical stenosis in native vessel arteriovenous fistulae. *J Am Soc Nephrol* 2001; 12: 1729-733.
28. Tessitore N, Bedogna V, Gammara L y cols. Diagnostic accuracy of ultrasound dilution access blood flow measurement in detecting stenosis and predicting thrombosis in native forearm arteriovenous fistulae for hemodialysis. *Am J Kidney Dis* 2003; 42: 331-41.
29. Wang E, Schneditz D, Ronco C y Levin NW. Surveillance of fistula function by frequent recirculation measurements during high efficiency dialysis. *ASAIO Journal* 2002; 48: 394-97.
30. Coyne DW, Delmez J, Spence G y Windus D. Impaired delivery of hemodialysis prescription:

- an analysis of causes and an approach to evaluation. *J Am Soc Nephrol* 1997; 8: 1315-318.
31. Ibeas J, Vallespín J, Rodríguez-Jornet A y cols. Portable Doppler-ultrasound used by the nephrologist in the hemodialysis. Unit for the immediate detection of fistula pathology and ultrasound guided cannulation: consolidation of a technique incide a protocolized interdisciplinary team with vascular surgeons, interventional radiologists and infirmary. A 4 years experience. *J Am Soc Nephrol* 2008; 19: 254A.
32. Roca Tey R, Rivas A, Samon R, Ibrik O, Viladoms J. Estudio del acceso vascular (AV) mediante ecografía Doppler color (EDC). Comparación entre los métodos EDC y Delta-H aplicados para la determinación del flujo sanguíneo del AV. *Nefrología* 2005; 25: 678-83.
33. Gadallah MF, Paulson WD, Vickers B y Work J. Accuracy of Doppler ultrasound in diagnosing anatomic stenosis of hemodialysis arteriovenous access as compared with fistulography. *Am J Kidney Dis* 1998; 32: 273-77.
34. Roca Tey R, Ibrik O, Samon R, Martínez Cercós R, Viladoms J. Prevalencia y perfil funcional de la estenosis de la arteria radial. Diagnóstico mediante la monitorización del flujo sanguíneo de la fistula arteriovenosa radiocefálica para hemodiálisis utilizando el método Delta-H. *Nefrología* 2006; 26: 581-86.
35. Roca Tey R, Samon R, Ibrik O, Giménez I, Viladoms J. Perfil funcional de la estenosis del arco de la vena cefálica. *Nefrología* 2009; 29: 350-53.
36. Tordoir J, Canaud B, Haage P y cols. European best practice guidelines (EBPG) on Vascular Access. *Nephrol Dial Transplant* 2007; 22 (Suppl 2): ii88-ii117.
37. Roca Tey R, Samon R, Ibrik O, Giménez I, Viladoms J. Exploración funcional del acceso vascular durante la hemodiálisis en 38 pacientes mediante la técnica de Termodilución. Estudio comparativo con el método Delta-H. *Nefrología* 2008; 28: 447-52.
38. Neyra NR, Ikizler TA, May RA y cols. Change in access blood flow over time predicts vascular access thrombosis. *Kidney Int* 1998; 54: 1714.
39. Tonelli M, Hirsch DJ, Chan CT y cols. Factors associated with access blood flow in native vessel arteriovenous fistulae. *Nephrol Dial Transplant* 2004; 19: 2559-2566.
40. Roca Tey R, Samon R, Ibrik O, Giménez I, Martínez Cercós R, Viladoms J. Functional profile of vascular access (VA) in patients with diabetic nephropathy. *J Am Soc Nephrol* 2008; 19: 471A.
41. Khan FA y Vesely TM. Arterial problems associated with dysfunctional hemodialysis grafts: evaluation of patients at high risk for arterial disease. *J Vasc Inter Radiol* 2002; 13: 1109-114.
42. Asif A, Gadalean FN, Merrill D y cols. Inflow stenosis in arteriovenous fistulas and grafts: a multicenter, prospective study. *Kidney Int* 2005; 67: 1986-992.
43. Engelberts I, Tordoir JHM, Boon ES, Schreij G. High-output cardiac failure due to excessive shunting in a hemodialysis access fistula: an easily overlooked diagnosis. *Am J Nephrol* 1995; 15: 323-26.
44. Roca Tey R, Olivé S, Samon R, Ibrik O, García-Madrid C, Viladoms J. Monitorización no invasiva de fistula arteriovenosa (FAVI) humeral con repercusión hemodinámica. *Nefrología* 2003; 23: 169-71.
45. Basile C, Lomonte C, Vernaglion L, Casucci F, Antonelli M y Losurdo N. The relationship between the flow of arteriovenous fistula and cardiac output in hemodialysis patients. *Nephrol Dial Transplant* 2008; 23: 282-87.

