

Monitorización del acceso vascular: ¿Quo vadis?

J. Ibeas López

Servicio de Nefrología. Corporació Sanitària i Universitària Parc Taulí. Hospital de Sabadell. Universitat Autònoma de Barcelona

NefroPlus 2011;4(2):11-20

doi:10.3265/NefroPlus.pre2011.Jul.11062

RESUMEN

La calidad de diálisis depende de un acceso vascular adecuado. Los sistemas de monitorización y vigilancia serán los encargados de intentar descender la trombosis y aumentar la supervivencia del acceso vascular. Las guías clínicas han consolidado los sistemas de vigilancia de segunda generación basados en la medición del flujo. Sin embargo, estudios posteriores controlados aleatorizados no son capaces de demostrar que se consiga aumentar la supervivencia ni en acceso nativo ni en prótesis, descendiendo únicamente en la fístula la tasa de trombosis. A partir de aquí surgen varias dudas razonables: ¿Son necesarios estudios mayores o simplemente no es útil? ¿El flujo es predictivo únicamente de estenosis y no de trombosis? ¿Podría haber estenosis con bajo riesgo de trombosis en que la propia angioplastia la pueda precipitar? ¿Habría que introducir, por lo tanto, nuevos conceptos, como tratar no sólo la estenosis sino también el riesgo de trombosis? Se realiza una revisión del estado actual de la cuestión.

Palabras clave: Fístula arterio-venosa. Injerto. Monitorización. Vigilancia. Seguimiento. Hemodiálisis. Estenosis, Trombosis. Flujo. Ecografía.

CRITERIOS DE LA REVISIÓN: Se revisan, además de las citas clásicas, las derivadas de una selección tras una revisión sistemática de los últimos 10 años en la U.S. National Library of Medicine National Institutes of Health, Trip Data Base y Cochrane Plus Library. Se ha utilizado la combinación de los términos MeSH: [Arteriovenous Fistula]; [Arteriovenous Shunt, Surgical]; [Renal Dialysis]; [Constriction, Pathologic]; [Early Diagnosis]; [Follow-Up Studies]; [Population Surveillance]; [Monitoring, Physiologic]; [Treatment Outcome]; [Ultrasonography, Interventional]; [Randomized Controlled Trials as Topic]; [Prospective Studies] y [Costs and Cost Analysis]. Publication Type: [Practice Guideline]; [Clinical Trial, Controlled Clinical Trial] y [Review]. Términos no MeSH: Fistula, Graft y Monitoring.

INTRODUCCIÓN

Para conseguir una hemodiálisis de calidad es fundamental disponer de un acceso vascular (AV) adecuado. No cabe duda de que el mejor acceso vascular es el nativo, la fístula arterio-venosa interna (FAVI), respecto al injerto o al catéter¹. Por ello, es deseable, en primer lugar, que el paciente llegue a hemodiálisis (HD) con el AV nativo no sólo ya realizado sino también funcionando y, en segundo lugar, que se mantenga a lo largo del tiempo con las condiciones adecuadas para permitir una diálisis óptima. La importancia de ello radica en evitar de un modo radical el catéter tanto al comienzo de diálisis como una vez iniciada ésta. La morbimortalidad que conlleva el catéter, tanto en el paciente incidente como en el prevalente, justifica todos los esfuerzos invertidos en evitarlo². No es ta-

rea fácil llevar a cabo estrategias para conseguirlo³ y, además, tampoco se puede descartar que el perfil de paciente que inicia hemodiálisis haya cambiado⁴. Sin embargo, sí que es cierto que tanto una preparación adecuada prediálisis como una vigilancia estrecha una vez realizado el AV puede evitar que la fístula se trombose y con ello la colocación del catéter, consiguiéndose de este modo, tasas de prevalencia si no adecuadas sí que se acerquen⁵. Son tres las medidas fundamentales encaminadas para aumentar la prevalencia de FAVI: la remisión precoz, el mapeo y la monitorización. Esta última tiene dos fases: el control posquirúrgico precoz para la detección de una FAV inmadura y la monitorización para la detección precoz de estenosis⁶.

El propósito del presente trabajo es llevar a cabo una revisión del estado actual de la monitorización del acceso vascular para hemodiálisis. Se trata no sólo de repasar los diversos métodos de cribado, sino también de discutir la interpretación actual acerca de su utilidad, desde el diagnóstico precoz al tratamiento preventivo.

Correspondencia: José Ibeas López

Servicio de Nefrología.

Corporació Sanitària i Universitària Parc Taulí. Hospital de Sabadell.

Universitat Autònoma de Barcelona.

jibeas@tauli.cat

QUÉ ES Y EL PORQUÉ DE LA MONITORIZACIÓN

Los esfuerzos en evitar la trombosis radican en detectar precozmente la estenosis. Todo acceso vascular padece una tendencia natural a presentar una estenosis a expensas de una combinación de déficit de remodelado, *shear stress* y aparición de una neointima venosa⁷. Este diagnóstico precoz de la estenosis y su reparación electiva antes de que se trombose la FAV intentarán evitar la morbilidad asociada. Existen diversos métodos para detectarla y posteriormente tratarla, ya sea por radiología intervencionista o por cirugía.

En primer lugar, hay que definir que entendemos por monitorización. Aunque usamos y usaremos habitualmente este término para cualquier tipo de seguimiento relacionado con AV, realmente los términos utilizados son «monitorización» y «vigilancia». Son los términos que habitualmente encontraremos en la literatura de habla inglesa, *monitoring* y *surveillance*. Por monitorización entendemos el examen del AV mediante la exploración física, para detectar signos que sugieran la presencia de disfunción. Por vigilancia se entiende la evaluación periódica del AV mediante pruebas que incluyen instrumentación que detecte la presencia de disfunción, como pueden ser la medida del flujo (Qa), presiones del AV, recirculación o el KtV^{8,9}. Es importante resaltar que ambas, monitorización y vigilancia, son complementarias y deben combinarse en el seguimiento regular del AV.

El objetivo de los programas de monitorización es evitar la trombosis y mantener una adecuada calidad de diálisis. Dado que el desencadenante tanto de una como de otra es principalmente la estenosis, las estrategias de vigilancia deben ir encaminadas a su detección precoz y, de este modo, realizar un tratamiento temprano que permita prevenir esta trombosis, proporcionar una calidad adecuada de diálisis y conseguir mantener la supervivencia de la FAV¹⁰.

FASES DE LA MONITORIZACIÓN

Maduración

Una vez construido el AV, ya sea nativo o protésico, entra en proceso de maduración. Por éste entendemos el tiempo que transcurre desde la cirugía hasta que puede ser utilizado consiguiendo una HD adecuada⁸. Se produce una adaptación del lecho vascular al nuevo flujo, con cambios significativos en la pared de la vena a expensas de un aumento del grosor de la pared y del diámetro del vaso. Es lo que se conoce como arterialización. Esta fase es de vital importancia, ya que es en la que se desarrolla la fístula. Se requiere una vigilancia especial comprobando que este desarrollo sea adecuado¹¹. Se trata, por lo tanto, de la primera fase en la que se aplicaría la monitorización.

El primer concepto que hay que tener en cuenta, por lo tanto, sería el retraso en esta maduración, definido cuando este desarrollo no se ha producido a las ocho semanas. Esto obliga a descartar una patología estructural mediante la realización de una prueba de imagen¹². La patología más frecuente por la repercusión de las características hemodinámicas en el vaso sería la estenosis postanastomótica en la vena aunque, en muchos casos, especialmente en pacientes con enfermedad aterosclerótica, el origen puede encontrarse en una estenosis en la arteria que proporciona el flujo a la fístula⁷. Esta alteración en el proceso de maduración puede hallarse en entre un 28 y un 53% de los casos¹³. La maduración es progresiva y se consigue habitualmente a las cuatro-seis semanas de la cirugía en las FAV radiocefálicas y humerocefálicas. La traducción hemodinámica de este desarrollo es el aumento del flujo progresivamente hasta alcanzar en las radiocefálicas entre 500 y 900 ml/min y en las FAVI más proximales y prótesis entre 800-1.400 ml/min. La traducción clínica de esta madurez es que el diámetro venoso sea suficiente para ser canalizado y permitir un flujo suficiente para la sesión de HD. En el caso de las prótesis la situación es algo diferente; el tiempo mínimo recomendado de maduración de una prótesis es de dos semanas, pero es preferible esperar cuatro semanas para su punción¹⁴.

El modo habitual de evaluar el grado de maduración de la FAV sigue siendo el clínico. Sin embargo, el escenario más deseable sería el que implicase la utilización de métodos de vigilancia que permitiesen evaluar cuantitativamente su desarrollo. En este contexto, se ha propuesto la ecografía Doppler como la técnica de elección que permitiría valorar no sólo la imagen sino también la cuantificación del flujo, destacando, asimismo, su ausencia de invasividad¹⁵. Aunque la ecografía está asociada con una variabilidad interobservador, en manos experimentadas este valor predictivo es totalmente válido. Los parámetros predictivos de maduración incluyen la velocidad del flujo sanguíneo a las 24 horas, el diámetro de la vena y el flujo (Qa). Los valores recomendables a las dos semanas son un diámetro venoso mínimo de 0,4 cm y un flujo de 500 ml/min o mayor¹⁶.

Post-maduración

Los métodos de seguimiento del AV una vez se considera que ha madurado y que permite la punción adecuada para la realización de la hemodiálisis incluyen, como ya se ha comentado, la monitorización a expensas de la exploración física y la vigilancia con diferentes tipos de dispositivos. Estos métodos se clasifican a su vez como de primera y de segunda generación. Entre los métodos de primera generación se incluirían la monitorización clínica (exploración física), las presiones intra-AV detectadas por el monitor de diálisis por diferentes métodos, la recirculación y la adecuación de diálisis. Los métodos de segunda generación son los que permitirían la determinación del flujo del AV (tabla 1).

Métodos de primera generación

Monitorización clínica

La monitorización clínica incluye la exploración física y las complicaciones de la hemodiálisis derivadas del AV. Presenta una capacidad diagnóstica variable en las diferentes series. Y aunque algunas de ellas han sugerido una eficacia relativa, otras demuestran una sensibilidad y una especificidad comprendidas entre un 80 y más del 95%^{17,18}.

Exploración física. Se ha demostrado que posee una alta eficacia en la detección de disfunción del AV¹⁷. Se basa en la inspección, palpación y auscultación del AV en la anastomosis y todo el trayecto venoso antes y después de finalizar la sesión de HD¹⁹.

Inspección. En primer lugar, con la inspección, se valora todo el trayecto venoso, la presencia de estenosis visibles, hematomas, dilataciones, edema o circulación colateral, alteraciones en el color o la temperatura, signos inflamatorios o alteraciones en el tiempo de hemostasia. Se deberá realizar, asimismo, con elevación del brazo para valorar si existe la acentuación de alguno de los signos, como la ausencia de colapso por encima de una zona estenótica.

Palpación. Se valorarán el *thrill* y el pulso. El *thrill* deberá ser uniforme y disminuir de intensidad al alejarse de la anastomosis. En las prótesis, la presencia de *thrill* en todo el trayecto indica un buen flujo. Por otro lado, la palpación del pulso puede ser una de las maniobras más rentables. La maniobra del «chequeo del aumento del pulso» permite diagnosticar con una alta sensibilidad las estenosis postanastomóticas. Partiendo de la base de que la presencia de un pulso saltón no es normal a la altura de la anastomosis, si al presionar la FAV en una zona más proximal el pulso no se modifica en la anastomosis esto indicaría una estenosis grave, ya que de no haber estenosis o de ser ésta moderada, el pulso tendría que aumentar¹⁹.

Auscultación. El soplo ha de ser continuo y suave, disminuyendo de forma progresiva en intensidad. En los injertos la evaluación clínica puede ser más difícil debido a su rigidez, aunque también tiene su utilidad²⁰.

No debe olvidarse que la capacidad diagnóstica de la exploración física aumenta al combinarla con los otros métodos de monitorización que se exponen posteriormente, como el Qa y las presiones arterial o venosa²⁰.

Complicaciones de la hemodiálisis derivadas del acceso vascular

Éstas pueden ser la dificultad en la canalización del AV, la aspiración de coágulos, los cambios de la presión arterial negativa pre-bomba, la imposibilidad de alcanzar el flujo prescrito, el aumento de presión venosa (PV) a los flujos

habituales proximales o un tiempo de hemostasia prolongado^{14,20}.

Monitorización de la presión del acceso vascular

La determinación de la presión del AV es útil ante la presencia de estenosis proximales. Ha demostrado ser más útil en injertos, ya que en éstos la estenosis suele producirse en la unión del injerto con la vena, a diferencia de la FAV, en la que entre el 50 y el 75% de los casos se suelen presentar en la zona postanastomótica. Ante la existencia de una estenosis significativa aparecerá un aumento retrógrado de presión que podría detectarse con los métodos de vigilancia. Esta detección del aumento de la PV es más difícilmente detectable en las FAV, ya que el aumento de resistencia que provoca una estenosis proximal genera la aparición de colaterales que disminuyen la presión de retorno, descendiendo la sensibilidad de la PV en detectar patología^{8,18,21}. Existen varios métodos:

Presión venosa dinámica

La presión venosa dinámica (PVD) es la presión generada al realizar el retorno de la sangre dializada por el AV a través de la aguja venosa. Es medida por el transductor de PV del monitor de HD. Refleja la presión del interior del AV, además de la resistencia que ofrece la aguja venosa⁸.

Dadas las diferentes condiciones en las que se puede realizar la medición (diferentes calibres de aguja, flujo de bomba, aparatos y líneas empleadas) es aconsejable estandarizar la medición. Debería realizarse con agujas de 15 G (las más frecuentemente utilizadas) y medir la PVD a flujo de bomba (Qb) de 200 ml/min, considerándose un valor adecuado <150 mmHg, que podría ser aplicable a la mayoría de aparatos y líneas. Se aconseja una prueba de imagen si se repite el valor >150 mmHg en tres determinaciones¹⁴. De todos modos, al igual que el resto de los parámetros de monitorización, tiene más valor el cambio en el control evolutivo que un valor aislado⁸. Presenta mayor utilidad en prótesis, por motivos ya comentados.

Presión estática o intraacceso

Se denomina también estática por realizarse con la bomba parada. Se han descrito diversos tipos de mediciones, alguno de ellos complejo, hasta que fue descrito un método simplificado y reproducible²². Se basa en la determinación de la presión obtenida en el transductor de presión de la máquina de HD conectado a la línea venosa que detecta la presión hidrostática creada por la columna de sangre situada entre el AV y la cámara venosa. Es independiente, por lo tanto, del flujo o de otras variables que puedan modificar la resistencia al retorno, como el tipo de aguja; sólo dependería de la presión arterial sistémica, por lo que se recomienda normalizarla. Se trataría de la presión venosa

intraacceso normalizada (PVIAn). Vendría determinada por el cociente PVIa/PAM (donde PAM es la presión arterial media) ajustado por la altura en cm entre la aguja y la cámara venosa que, en condiciones normales, suele ser menor del 50% de la PAM (PVIAn <0,5) en injertos y <0,34 en FAV^{8,22}. La medición de la PVIa, al igual que la PVD, tendría también mayor utilidad en las prótesis²³.

La limitación de la PVIAn es su incapacidad para detectar estenosis distalmente a la aguja venosa, es decir, entre las dos agujas o previamente a la aguja arterial, como serían las estenosis postanastomóticas en la anastomosis arterial²². En estas últimas condiciones se utilizaría la presión arterial intraacceso (PAIA). Al igual que la PVIa, tendría en cuenta la presión obtenida en el transductor de presión, conectado esta vez a la línea arterial (medido simultáneamente a la medición de la presión en la línea venosa), y la altura en centímetros entre la aguja arterial y la cámara arterial. Se obtendrían, de este modo, la PAIA y la PAIA_n. Así, ante la presencia de una estenosis entre la punción arterial y venosa, la PVIa permanecería normal o baja y la PAIA se encontraría aumentada. Por último, en el caso de una estenosis en la anastomosis arterial se encontraría una disminución de la PAIA. Un valor de PAIA_n <0,3 (<30% de PAM) sería indicativa de estenosis en la anastomosis arterial en injertos y <0,13 en FAV y una diferencia entre PAIA_n y PVIAn mayor de 0,5 podría indicar una estenosis intraacceso en injertos y 0,3 en FAV^{8,24}.

Adecuación de diálisis y recirculación

El descenso de la adecuación de diálisis (Kt/V, porcentaje de reducción de la urea) respecto a valores previos, con la misma dosis prescrita, obliga a descartar la disfunción del AV y a completar el estudio con otras exploraciones^{9,25,26}. Se ha considerado una alarma tardía al poder aparecer alterado cuando la patología del AV ya está en una fase avanzada⁸. No obstante, es un valor que debe considerarse siempre en la rutina de HD y más con la utilización de los monitores actuales, que permiten la monitorización de la dialisancia iónica en cada diálisis pudiendo detectar modificaciones en la dosis de diálisis²⁷.

La recirculación del AV aparece cuando una parte de la sangre ya dializada que sale por la aguja venosa vuelve a entrar en el dializador por la aguja arterial. Aparece en dos condiciones: cuando existe una obstrucción en el retorno venoso o cuando el flujo del AV es menor al flujo de la bomba de la máquina de diálisis. Se trata de un marcador de disfunción tardío, que puede ser muy específico y poco sensible. Se añade la limitación de que no se altera ante la presencia de estenosis entre las dos agujas¹⁴.

Métodos para calcular la recirculación

Recirculación de la urea. El método clásico consiste en determinar tres muestras: de la aguja arterial (a), de la venosa (v) y una extracción de sangre periférica del brazo contrala-

teral (p). Se calcularía: $(p-a/p-v) \times 100$. Sin embargo, se recomienda la utilización del *método de las dos agujas* (en el que la determinación periférica se extrae de la línea arterial tras descender el Qb a 50 ml/min durante 20 s). De este modo se evita el componente de recirculación cardiopulmonar que aparece con las tres agujas²⁸. Se considera una recirculación >10% indicativa de detección de estenosis en el AV⁸.

Métodos dilucionales. La sensibilidad y especificidad es mayor que con la recirculación de la urea. Puede realizarse mediante dilución ultrasónica, cambios de temperatura (BTM, *blood temperature monitor*) o perfusión de glucosa. Se considera patológica una recirculación >5% mediante la dilución ultrasónica⁸ o mayores del 15% por métodos de termodilución²⁹.

Debe tenerse en cuenta que la recirculación es menos recomendable en prótesis que en FAV, en las que proporciona más información. Se recomienda realizarla si es posible con métodos no basados en la urea⁸.

Métodos de segunda generación

Los métodos denominados de segunda generación se caracterizan por su capacidad de medir el flujo del AV. Se pueden basar en la medición por técnicas de dilución o por Doppler.

Medición del flujo del acceso vascular mediante métodos de dilución

Los métodos de medición indirecta del Qa se consideran actualmente los métodos de elección para la monitorización del AV, tanto en FAV como en prótesis^{8,26}. El AV que presenta una estenosis significativa va a presentar una disminución del Qa, ya sea una FAV o un injerto. Independientemente de la localización de la estenosis, presenta una alta sensibilidad y especificidad^{30,31} y ha demostrado la capacidad de disminuir la prevalencia de trombosis^{21,30,32}.

La primera determinación indirecta del Qa fue descrita en 1995³³. Desde entonces se han descrito varias técnicas dilucionales que calculan de modo indirecto el Qa durante la sesión de HD^{8,14,26,29,34-36} (tabla 1). Por un lado, destacan los métodos de dilución como la dilución térmica; por conductancia; con salino empleando ultrasonidos o dilución ultrasónica (DU) (monitor Transonic®) y, por otro, la dilución del hematocrito provocada por cambios en la ultrafiltración o delta-H que utiliza técnicas fotométricas mediante el monitor Crit Line® o mediante un sensor de medición transcutánea (TQA). Ambos métodos se caracterizan por basarse en una inversión de las líneas de diálisis, para de este modo realizar una infusión de suero por la aguja arterial que al recircular tras retornar al monitor por la aguja

venosa permitiría calcular matemáticamente de un modo indirecto el Qa. El suero puede tener diferentes características en función del método.

Los dos métodos más extendidos son la DU, que es preciso, sencillo, con escasa variabilidad interobservador³³ y la dilución del hematocrito por cambios en la ultrafiltración³⁷. En ambos es necesario invertir las líneas sanguíneas de HD para realizar el cálculo del Qa. Hay que tener presente que es importante realizar las mediciones durante la primera hora y media de la sesión de HD para evitar los cambios derivados de la depleción de volumen. Entre todos los métodos no existen ni diferencias ni una preferencia clara por ninguno de ellos³⁶.

Medición del flujo del AV mediante ecografía-Doppler

Otro método que permite la medición del Qa es la ecografía-Doppler color que, además de permitir la exploración morfológica, hace la funcional al realizar la medición del flujo o viceversa, es decir, al medir el flujo si el resultado es anómalo, permite el diagnóstico por imagen inmediato. Hay que destacar, en primer lugar, que puede presentar una gran variabilidad entre observadores, dado que para realizar el cálculo se requieren la medición de la sección del vaso y la medición de la velocidad que depende del ángulo de insonación. Pequeñas variaciones en cualquiera de las dos mediciones se pueden traducir en oscilaciones importantes en el resultado final, por lo que requiere que se realicen con una

Tabla 1
Métodos de cribado

Método	Aplicación	Fase
Primera generación		
Monitorización		
• Exploración física	• Pre-HD y en diálisis	IRC pre-HD/HD
Vigilancia		
• Presión venosa dinámica	• En diálisis	HD
• Presión intraacceso o estática	• En diálisis	HD
• Presión intraacceso normalizada	• En diálisis	HD
• Recirculación	• En diálisis	HD
• Adecuación	• En diálisis	HD
Segunda generación		
Vigilancia. Determinación Qa		HD
• Dilución por ultrasonidos	• En diálisis. Con inversión de líneas	
• Dilución del hematocrito o de ultrafiltración o delta-H	• En diálisis. Con inversión de líneas	
• Diferencia de conductividad	• En diálisis. Con inversión de líneas	
• Dialisancia iónica	• En diálisis. Con inversión de líneas	
• Termodilución	• En diálisis. Con inversión de líneas	
• Gradiente de temperatura	• En diálisis. Con inversión de líneas	
• Dilución de urea	• En diálisis. Con inversión de líneas	
• Dilución de la hemoglobina	• En diálisis. Con inversión de líneas	
• Óptico transcutáneo	• En diálisis. Sin inversión de líneas	
• Perfusión de glucosa	• En diálisis. Sin inversión de líneas	
• Ecografía Doppler a flujo variable	• En diálisis. Sin inversión de líneas	
Vigilancia Qa + imagen		
• Ecografía Doppler	• Prediálisis o en diálisis	IRC pre-HD/HD

HD: hemodiálisis; IRC: insuficiencia renal crónica.

estrecha protocolización. No obstante, a pesar de ser una fuente de posible variabilidad, está demostrado que utilizando este método de un modo protocolizado y con un entrenamiento adecuado puede demostrar una alta precisión en el diagnóstico, comparable tanto a los métodos de dilución en la medición del flujo como a la angiografía en la imagen³⁸⁻⁴⁰. A la gran utilidad que presenta desde el punto de vista morfológico con la precisión en el estudio de imagen, comparable a la angiografía (con la excepción de arterias de la mano y vasos centrales), se une el estudio hemodinámico. Este permitirá poder interpretar si son funcionalmente significativas las estenosis diagnosticadas inicialmente por imagen, como la angiografía⁴¹. Este punto se convertirá de radical trascendencia como se verá más adelante (tabla 2).

La limitación que supone, sin embargo, la dependencia de servicios centrales para su realización se ha visto hoy en día compensada con la disposición de equipos portátiles que permiten la realización de la ecografía en la unidad de diálisis y la toma de decisiones en la cabecera del paciente. Esta capacidad de decisión viene determinada por el diagnóstico por la imagen unido a la medición simultánea del flujo y los parámetros hemodinámicos, lo que permite no sólo el diagnóstico inmediato sino también la priorización del tratamiento⁴².

Medición del flujo. Criterios de estenosis

Inicialmente, aunque no había duda de la capacidad predictiva del flujo para detectar estenosis tanto en FAV como injertos, existía una gran disparidad de criterios a la hora de establecer un punto de corte, lo que, unido a la diversidad de métodos, ha hecho también difícil encontrar un nivel con capacidad discriminativa. Se ha sugerido un nivel de Qa en FAV desde <500 ml/min como el de mayor valor predictivo de la presencia de una estenosis⁴³ hasta niveles más altos, 750 ml/min en radiocefálica distal o 1.000 ml/min en radiocefálica proximal³¹.

En prótesis, valores absolutos menores de 600 ml/min o de 650 ml/min, o reducciones superiores a un 15% con respecto a valores previos, se han relacionado con un mayor riesgo de trombosis y serían indicación de un estudio de imagen para identificar una posible estenosis⁴⁴. Un estudio realizado con el método de dilución del hematocrito en FAVI y prótesis (90% FAVI) ha demostrado una sensibilidad y especificidad del 84,2 y del 93,5%, respectivamente, con un punto de corte en 700 ml/min³⁰.

Finalmente, la última revisión de las KDOQI ha establecido un valor absoluto de 600 ml/min para injertos de politetrafluoroetileno (PTFE) y a 500 ml/min de FAVI, valores obtenidos con la dilución ultrasónica⁸.

Paralelamente, se ha de considerar la disminución temporal del Qa superior al 20-25%, tanto para FAV como para el injerto^{8,30}.

De hecho, se considera más valorable esta variación que las determinaciones aisladas. Conviene hacer dos determinaciones en la misma sesión o en dos sesiones consecutivas (tabla 2).

¿ES RENTABLE LA MONITORIZACIÓN?

Hasta aquí parece clara la conveniencia de realizar estrategias de monitorización del AV y así se ha venido recomendando en las guías clínicas^{8,14,34,36}. Sin embargo, esta detección subclínica de la estenosis del AV ha sido realizada en forma de estudios que han sido orientados desde la rentabilidad del diagnóstico y tratamiento precoz o desde el punto de vista económico, y no desde la perspectiva de la predicción de trombosis, que es realmente la meta a conseguir. Paralelamente, la mayor parte de estos trabajos son observacionales y los escasos ensayos clínicos que hay arrojan resultados contradictorios. En este contexto, se ha publicado recientemente un metanálisis en el que se pone en duda la utilidad de las técnicas de vigilancia del acceso vascular⁴⁵. Tras identificar 1.613 estudios, se seleccionan 12 ensayos clínicos (cuatro en FAV, siete en injertos y uno mixto) que comparan de modo controlado la utilidad del cribado en el AV. La conclusión es la ausencia de evidencia de que la vigilancia con la medición del flujo por métodos de dilución o por ecografía-Doppler sea de utilidad en el injerto ante la ausencia de diferencias tanto en trombosis como en supervivencia del AV.

■ Tabla 2

Criterios de estenosis significativa y falta de maduración

Morfológico

Estenosis $\geq 50\%$

Funcional

Qa. Valor absoluto

FAV: < 500 ml/min

Prótesis: <600 ml/min

Qa. Modificación en el seguimiento

(también si Qa >1.000 ml/min)

Descenso >25% (FAV y prótesis)

Velocidad (PVS por eco-Doppler)

>400 cm/s (no valorable en la anastomosis)

Ratio PVS (preestenosis/estenosis)

FAV: 2,5-3,0

Prótesis: 2

Falta de maduración

Diámetro

<4 mm

Qa

<500 ml/min

FAV: fístula arteriovenosa; PVS: piico de velocidad sitólica

En FAV este cribado podría reducir el riesgo de trombosis, pero no modificaría tampoco la supervivencia. La escasa utilidad demostrada se propone como justificación para revisar el nivel de recomendación que las guías clínicas hacen de la vigilancia por el Qa, recomendando estudios más amplios.

No obstante, este metanálisis, a su vez, ha sido relativizado⁴⁶ por incluir una escasa muestra de ensayos clínicos, unicéntricos y heterogéneos en métodos y diseño. Se critican dos importantes fuentes de sesgo: por un lado, AV de diferentes edades, con lo que los más antiguos podrían sesgar los resultados por su mayor riesgo de trombosis y, por otro, por la definición utilizada de estenosis, que en la mayoría de ellos era únicamente morfológica y no hemodinámica. Por ello, se insiste en que sin un ensayo clínico multicéntrico más robusto probablemente sea precipitado cuestionar en las guías la utilidad de la vigilancia del AV.

Otros autores⁴⁷ también han criticado la escasa calidad y potencia estadística del metanálisis al infravalorar el resultado con las FAV. Si se observan menos tasas de trombosis, pero no de supervivencia, lo prudente sería realizar un estudio mayor para valorar si de este modo podría mejorar también la supervivencia (sólo son cuatro estudios de escaso seguimiento y tamaño de muestra). Por otro lado, en el metanálisis los injertos se controlaron cada cuatro meses, tiempo insuficiente en este tipo de AV con mayor tendencia a la trombosis. Esto se une a que si se hubieran controlado con Doppler en lugar de con DU quizá podría haberse obtenido un resultado más positivo.

Todo esto genera, indudablemente, diversas cuestiones, sobre todo con la publicación unos meses después de otra revisión sistemática con resultados similares⁴⁸. ¿Por qué los resultados positivos de los estudios observacionales no se confirman en los ensayos clínicos? ¿Podría sesgar el resultado de los ensayos la selección de pacientes por no ser representativa? ¿Puede influir el hecho de que gran parte de la muestra suela tener injertos prevalentes con más tendencia a la patología?, o simplemente, ¿la vigilancia no es útil? No es fácil dar respuesta a estas preguntas. Veamos cuál es el estado de la cuestión, en primer lugar, en injertos en los que es más extensa la experiencia y luego la perspectiva desde el AV nativo.

En injertos se detecta una causa anatómica en más del 90% de las trombosis, y se sabe que para la trombosis la estenosis es prácticamente un prerrequisito. Sin embargo, no todas las estenosis acaban llegando a la trombosis. Serían necesarias, por lo tanto, pruebas que pudieran predecir el riesgo de trombosis y no sólo de estenosis. Los métodos de vigilancia aplicables serían fundamentalmente tres: la presión estática venosa en diálisis, la monitorización del flujo y la ecografía-Doppler. El problema radica en que, aunque los métodos de

vigilancia puedan ser útiles para detectar la estenosis del injerto, ¿tendrían capacidad para predecir la trombosis en caso de que no se realizara la angioplastia? De hecho hay estudios en los que injertos con flujos entre <500 y 700 ml/min presentan una trombosis únicamente en el 25-43% en los siguientes tres meses de seguimiento⁴⁹, lo que conduce a interpretar que un flujo bajo es mucho menos predictivo de trombosis que de estenosis. Por lo tanto, el sistema ideal sería el que fuese capaz de diferenciar entre la estenosis con riesgo de trombosis de las que no presentan este riesgo. Ello evitaría muchas angioplastias innecesarias que, de por sí, podrían conducir a la trombosis. Está demostrado que la angioplastia innecesaria en la lesión estable o de lento crecimiento podría afectar a la supervivencia al estimular la restenosis asociada a la hiperplasia neointimal⁵⁰. De esto se deduce que podría incluso afectar a los resultados de los ensayos clínicos al realizar angioplastias en falsos positivos. Hoy por hoy no existe un valor de corte que permita diferenciar a estos dos grupos.

En injertos la vigilancia presenta además de las grandes limitaciones a expensas de un bajo valor predictivo de trombosis, una relativa alta proporción de injertos trombosados a pesar de unos resultados normales en la vigilancia. Se han sugerido incluso modelos matemáticos que relacionan mínimos cambios en la proporción de diámetros entre arteria e injerto con rápidos descensos en el flujo⁵¹ o hasta causas no anatómicas como la hipotensión³⁷. La falta de beneficio en los ensayos clínicos, por último, podría estar relacionada con la alta capacidad de restenosis y, por lo tanto, la vigilancia por el flujo no sería una variable predictiva de trombosis⁴⁹. Se ha sugerido en este contexto, para un próximo futuro, la búsqueda de estrategias encaminadas a evitar la aparición de la hiperplasia de la neoíntima más que a la angioplastia preventiva⁷.

Por otro lado, en el seguimiento del AV nativo es menor el volumen de los estudios publicados al compararlo con el injerto, lo que probablemente pueda estar relacionado con el impacto norteamericano en la literatura. La monitorización tendría un alto valor predictivo positivo a expensas de la exploración física¹⁷, con la ventaja de su bajo coste, aunque presenta la limitación de la experiencia y de haber de contrastarse con una prueba que la valide. La vigilancia en la FAV por medición del flujo se ha considerado más útil que los métodos de monitorización clínica, realizándose también los estudios con el propósito de encontrar el punto de corte en el que el flujo podría convertirse en el predictor de la presencia de estenosis. Estos puntos de corte pueden ir de los 465 ml/min³⁸ a los 750 ml/min³¹. Las guías clínicas recomiendan los 500 ml/min, al proponerse un margen entre los 400 y 650 ml/min⁸. En un estudio orientado a ajustar la sensibilidad y especificidad⁴³ se consideraron los 500 ml/min como el mejor punto de corte. No obstante, hay trabajos que establecen el corte en 700 ml/min con una alta sensibilidad y especificidad³⁷.

Respecto al resto de los métodos de monitorización y vigilancia, no existen estudios comparativos prospectivos entre ellos hasta el recientemente publicado que compara la exploración física, PV dinámica y estática derivada, Qb/TA, recirculación y Qa respecto al estudio angiográfico⁵². Se demuestra una precisión >80% con la utilización de la exploración física y el Qa (corte <650 ml/min). Con esta misma población se realiza un estudio paralelo ajustado a las diferentes posibles localizaciones de las estenosis⁵³ y se logra una precisión >85% ajustada a su localización. Para las distales, de muñeca, el Qa sería el método de elección y, para las proximales, la exploración física sola o combinada con el Qa y la presión venosa estática.

En cualquier caso, la pregunta vuelve a ser ahora si en la FAV la detección de la estenosis y su angioplastia preventiva se traducen en una disminución de la trombosis y en un aumento de la supervivencia del AV. A pesar de ser múltiples los estudios observacionales, sólo hay dos ensayos clínicos prospectivos^{54,55} que muestran un descenso en la tasa de trombosis, sin modificaciones en el riesgo de perder la FAV, que se logra a expensas de repetidos procedimientos.

La conclusión global en el acceso nativo parece orientar a que la angioplastia profiláctica mejoraría la supervivencia y haría descender la morbilidad. Sin embargo, el que esto ocurra a expensas de repetidos procedimientos sugeriría la aplicación de protocolos individualizados. Surge entonces la cuestión de qué punto de corte de flujo se traduciría en beneficios en términos clínicos, de coste y con qué método. Un claro ejemplo de ello es un estudio realizado mediante el empleo de la dilución de ultrasonidos y el Doppler en el que se constató la alta capacidad de predicción de trombosis a flujos bajos con la DU y, sin embargo, las estenosis detectadas con el Doppler no fueron predictivas de trombosis⁴⁴. Esto refleja no sólo la posible reinterpretación del flujo como indicador de riesgo de trombosis, sino también la idoneidad de los diferentes métodos para distintas situaciones.

A tenor de lo expuesto, se deduciría que si se quiere diseñar un programa de vigilancia ideal para reducir la trombosis del AV, éste debería reunir tres criterios: tener un alto valor predictivo para las estenosis hemodinámicamente significativas, ser capaz de distinguir entre las estenosis que tienden a la trombosis respecto a las que permanecerán estables sin intervención y la angioplastia preventiva de la estenosis detectada por la vigilancia debería reducir la probabilidad de trombosis del acceso⁴⁹.

Llegados a este punto, hay datos que sugieren que posiblemente haya que modificar los puntos de corte para evitar los tratamientos a AV con diagnóstico de estenosis, pero sin riesgo de trombosis. Son contadas las series que intentan buscar este enfoque, pero ya se empiezan a comunicar.

Una serie recién publicada en AV nativo, en la que se determina el Qa por ecografía-Doppler en la arteria humeral y se analiza la diferencia de flujo en dos grupos formados a expensas de presentar criterios o no de PTA en función de presentar una estenosis >50%, pero con criterios hemodinámicos añadidos, encuentra el punto de corte en 348 ml/min (250 frente a 656 ml/min)⁵⁶. En injertos, otro estudio reciente demuestra que retrasar la PTA en las estenosis *borderline* es seguro con una política de *wait and see* en las estenosis que permanecen estables, teniendo especial cuidado en las que han presentado una PTA previa⁵⁷; de esto se deduce, probablemente, la necesidad de definir unos criterios precisos de estenosis significativa.

La conclusión que se podría extraer globalmente es que la evidencia disponible a fecha de hoy sugiere que la monitorización y la vigilancia del AV no han de ir encaminadas únicamente al diagnóstico de estenosis, sino a identificar el AV con riesgo de trombosis. No obstante, a esta justificación que vendría dada por evitar el sobretratamiento de falsos positivos que aumentan el riesgo de trombosis, habría que añadir el concepto de coste/beneficio. Este último punto también se puede considerar relevante. En un interesante trabajo que analiza la repercusión del cribado decidiendo realizar la angiografía en función del punto de corte en dos niveles, 500 y 750 ml/min, se constata que, aunque aumenta la sensibilidad de la detección de estenosis a los 750 ml/min, se requieren angiografías adicionales. Esto hace que sea más rentable el punto de corte de 500 ml/min, partiendo de la base de que para prevenir un episodio de pérdida del AV el coste sería de 8.000-10.000 dólares canadienses⁵⁸.

El último aspecto que debe contemplarse, en la misma línea de que el tratamiento debería considerarse si la estenosis es superior al 50%, pero con una repercusión hemodinámica demostrada^{9,21}, es el control del flujo postintervención. Se ha descrito que el flujo postratamiento es la única variable asociada con la supervivencia posterior⁵⁵, y se ha demostrado la capacidad de recuperación del flujo a niveles similares a los mejores previamente a la aparición de la estenosis⁵⁹. Uno de los pocos datos objetivos en la medición del flujo es el análisis de la medición postangioplastia, que ha llegado a demostrar una alta capacidad diagnóstica de restenosis asociada con una alta dependencia de la reangioplastia para mantener la supervivencia³².

Para finalizar, en este tipo de seguimientos no hay que olvidar que alcanzan su máximo rendimiento en un ámbito multidisciplinario, que ha de considerarse el pilar de este tipo de sistemas^{60,61}. Es un entorno en el que la monitorización y la vigilancia protocolizada pueden rentabilizarse con la colaboración multidisciplinaria con otros servicios, como radiología y cirugía vascular, desde una perspectiva nefrológica^{42,62}.

Puntos clave

1. El acceso vascular requiere una estrecha monitorización y vigilancia desde su fase de maduración.
2. Los métodos de segunda generación, basados en la medición del flujo, constituyen la herramienta básica para la vigilancia del acceso vascular.
3. Su rentabilidad, sin embargo, no parece clara en la prótesis, en la que no se ha conseguido demostrar ni descenso de trombosis ni aumento de la supervivencia. En el acceso venoso nativo puede ser útil, pero se requieren estudios de mayor tamaño y seguimiento para confirmarlo.
4. Los métodos de vigilancia del acceso venoso han de ir encaminados no sólo al diagnóstico precoz de la estenosis sino también a identificar al paciente con riesgo de trombosis, sobre el que posiblemente sea más eficiente intervenir. No está claro cómo identificar a este paciente, pero probablemente la decisión del tratamiento no ha de basarse sólo en la imagen sino en la presencia de repercusión hemodinámica.
5. Los criterios de interpretación del flujo como factor predictivo de la estenosis posiblemente hayan de reconsiderarse para identificar al paciente con riesgo de trombosis.
6. El abordaje del seguimiento del acceso venoso ha de ser multidisciplinario.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Konner K, Nonnast-Daniel B, Ritz E. The arteriovenous fistula. *J Am Soc Nephrol* 2003;14(6):1669-80.
2. Ng LJ, Chen F, Pisoni RL, Krishnan M, Mapes D, Keen M, et al. Hospitalization risks related to vascular access type among incident US hemodialysis patients. *Nephrol Dial Transplant* 2011;3:3.
3. Roca Tey R. Vascular access for haemodialysis: an unresolved issue. *Nefrología* 2010;30(3):280-7.
4. Arenas MD, Malek T, López-Collado M, Gil MT, Moledous A, Morales A, et al. Operation to remove tunnelled venous catheters in a dialysis unit. Is it possible to reverse the trend in their growing use? *Nefrología* 2009;29(4):318-26.
5. Ethier J, Mendelssohn DC, Elder SJ, Hasegawa T, Akizawa T, Akiba T, et al. Vascular access use and outcomes: an international perspective from the dialysis outcomes and practice patterns study. *Nephrol Dial Transplant* 2008;23(10):3219-26.
6. Allon M. Current management of vascular access. *Clin J Am Soc Nephrol* 2007;2(4):786-800.
(••) Revisión actualizada de cómo interpretar el seguimiento del AV.
7. Lee T, Roy-Chaudhury P. Advances and new frontiers in the pathophysiology of venous neointimal hyperplasia and dialysis access stenosis. *Adv Chronic Kidney Dis* 2009;16(5):329-38.
8. Clinical Practice Guidelines for Vascular Access. *Am J Kidney Dis* 2006;48(Suppl 1):S248-S273.
9. Besarab A, Asif A, Roy-Chaudhury P, Spergel LM, Ravani P. The native arteriovenous fistula in 2007. Surveillance and monitoring. *J Nephrol* 2007;20(6):656-67.
10. Roca-Tey R. Control de los accesos vasculares. Exploración física e instrumental. In: González MT, Martínez Cercós R (eds.). *Manual de accesos vasculares para hemodiálisis* (1.ª ed.) Barcelona: Marge Médica Books; 2011. p. 87-97.
11. Voormolen EH, Jahrome AK, Bartels LV, Moll FL, Mali WP, Blankestijn P J. Nonmaturation of arm arteriovenous fistulas for hemodialysis access: a systematic review of risk factors and results of early treatment. *J Vasc Surg* 2009;49(5):1325-36.
12. Turmel-Rodrigues L, Mouton A, Birmele B, Billaux L, Ammar N, Grezard O, et al. Salvage of immature forearm fistulas for haemodialysis by interventional radiology. *Nephrol Dial Transplant* 2001;16(12):2365-71.
13. Miller PE, Tolwani A, Luscly CP, Deierhoi MH, Bailey R, Redden DT, et al. Predictors of adequacy of arteriovenous fistulas in hemodialysis patients. *Kidney Int* 1999;56(1):275-80.
14. Rodríguez Hernández JA, González Parra E, Julián Gutiérrez JM, Segarra Medrano A, Almirante B, Martínez MT, et al. Vascular access Guidelines for hemodialysis. *Nefrología* 2005;25(Suppl 1):3-97.
15. Turmel-Rodrigues LA, Bourquelot P, Pengloan J. Hemodialysis arteriovenous fistula maturity: US Evaluation. *Radiology* 2003;227(3):906-7.
16. Robbin ML, Chamberlain NE, Lockhart ME, Gallichio MH, Young CJ, Deierhoi MH, et al. Hemodialysis arteriovenous fistula maturity: US Evaluation. *Radiology* 2002;225(1):59-64.
17. Asif A, León C, Orozco-Vargas LC, Krishnamurthy G, Choi KL, Mercado C, et al. Accuracy of physical examination in the detection of arteriovenous fistula stenosis. *Clin J Am Soc Nephrol* 2007;2(6):1191-4.
18. Campos RP, Chula DC, Perreto S, Riella MC, Do Nascimento MM. Accuracy of physical examination and intra-access pressure in the detection of stenosis in hemodialysis arteriovenous fistula. *Semin Dial* 2008;21(3):269-73.
19. Beathard GA. An algorithm for the physical examination of early fistula failure. *Semin Dial* 2005;18(4):331-5.
(•••) Fundamental para el aprendizaje de la exploración reglada del AV.
20. Trerotola SO, Scheel PJ, Jr., Powe NR, Prescott C, Feeley N, He J, et al. Screening for dialysis access graft malfunction: comparison of physical examination with US. *J Vasc Interv Radiol* 1996;7(1):15-20.
21. Besarab A. Access monitoring is worthwhile and valuable. *Blood Purif* 2006;24(1):77-89.
22. Besarab A, Frinak S, Sherman RA, Goldman J, Dumler F, Devita MV, et al. Simplified measurement of intra-access pressure. *J Am Soc Nephrol* 1998;9(2):284-9.
23. Caro P, Delgado R, Dapena F, Aguilera A. Utility of intra-access pressure. *Nefrología* 2004;24(4):357-63.
24. Besarab A, Raja RM. Acceso vascular para la hemodiálisis. In: *Manual de Diálisis*. Barcelona: Masson; 2003. p. 69-105.
25. Lambie SH, Taal MW, Fluck RJ, McIntyre CW. Analysis of factors associated with variability in haemodialysis adequacy. *Nephrol Dial Transplant* 2004;19(2):406-12.

26. Jindal K, Chan CT, Deziel C, Hirsch D, Soroka SD, Tonelli M, et al. Hemodialysis clinical practice Guidelines for the Canadian Society of Nephrology. *J Am Soc Nephrol* 2006;17(3 Suppl 1):S1-27.
27. Fontseré N, Blasco M, Arias M, Maduell F, Vera M, Burrel M, et al. Is ionic dialysance useful for early detection of vascular access dysfunction? Six illustrative cases. *Hemodial Int* 2010;18:11.
28. Basile C, Ruggieri G, Vernaglione L, Montanaro A, Giordano R. A comparison of methods for the measurement of hemodialysis access recirculation. *J Nephrol* 2003;16(6):908-13.
29. Schneditz D, Kaufman AM, Levin N. Surveillance of access function by the blood temperature monitor. *Semin Dial* 2003;16(6):483-7.
30. Roca-Tey R, Samon Guasch R, Ibrik O, García-Madrid C, Herranz JJ, García-González L, et al. Vascular access surveillance with blood flow monitoring: a prospective study with 65 patients. *Nefrologia* 2004;24(3):246-52.
31. Tessitore N, Bedogna V, Gammara L, Lipari G, Poli A, Baggio E, et al. 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(2):331-41.
32. Schwab SJ, Oliver MJ, Suhocki P, McCann R. Hemodialysis arteriovenous access: detection of stenosis and response to treatment by vascular access blood flow. *Kidney Int* 2001;59(1):358-62.
33. Krivitski NM. Theory and validation of access flow measurement by dilution technique during hemodialysis. *Kidney Int* 1995;48(1):244-50.
34. Vascular Access Society. Guidelines. 5. Surveillance of Vascular Access. Available at: http://vascularaccessociety.com/index.php?option=com_content&view=article&id=45&Itemid=19.
35. Sidawy AN, Spergel LM, Besarab A, Allon M, Jennings WC, Padberg FT, Jr., et al. The Society for Vascular Surgery: Clinical Practice Guidelines for the surgical placement and maintenance of arteriovenous hemodialysis access. *J Vasc Surg* 2008;48(5 Suppl):2S-25S.
36. Tordoir J, Canaud B, Haage P, Konner K, Basci A, Fouque D, et al. EBPG on vascular access. *Nephrol Dial Transplant* 2007;22(Suppl 2):ii88-117.
37. Roca Tey R. Diagnòstic precoç de l'estreïment de l'accés vascular per hemodiàlisi mitjançant la determinació no invasiva del flux sanguini [Tesis Doctoral]. Bellaterra (Barcelona): Universidad Autónoma de Barcelona, 2010.
38. Schwarz C, Mitterbauer C, Boczula M, Maca T, Funovics M, Heinze G, et al. Flow monitoring: performance characteristics of ultrasound dilution versus color Doppler ultrasound compared with fistulography. *Am J Kidney Dis* 2003;42(3):539-45.
39. Wiese P, Nonnast-Daniel B. Colour Doppler ultrasound in dialysis access. *Nephrol Dial Transplant* 2004;19(8):1956-63.
40. Salman L, Ladino M, Alex M, Dhamija R, Merrill D, Lenz O, et al. Accuracy of ultrasound in the detection of inflow stenosis of arteriovenous fistulae: results of a prospective study. *Semin Dial* 2010;23(1):117-21.
41. Sands JJ, Ferrell LM, Perry MA. The role of color flow Doppler ultrasound in dialysis access. *Semin Nephrol* 2002;22(3):195-201.
42. Ibeas J, Vallespin J, Rodríguez-Jornet A, Branera J, Fortuño J, Bermúdez P, et al. 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 inside a protocolized interdisciplinary team with vascular surgeons, interventional radiologists and infirmaries. A 4 years experience. *J Am Soc Nephrol* 2008;19:254A.
43. Tonelli M, Jhangri GS, Hirsch DJ, Marryatt J, Mossop P, Wile C, et al. Best threshold for diagnosis of stenosis or thrombosis within six months of access flow measurement in arteriovenous fistulae. *J Am Soc Nephrol* 2003;14(12):3264-9.
44. Lok CE, Bholra C, Croxford R, Richardson RM. Reducing vascular access morbidity: a comparative trial of two vascular access monitoring strategies. *Nephrol Dial Transplant* 2003;18(6):1174-80.
45. Tonelli M, James M, Wiebe N, Jindal K, Hemmelgarn B. Ultrasound monitoring to detect access stenosis in hemodialysis patients: a systematic review. *Am J Kidney Dis* 2008;51(4):630-40. (●●●) Metanálisis que ha provocado el cambio de rumbo en la interpretación del seguimiento del AV.
46. Tuka V, Malik J. Vascular access surveillance: no benefit? *Am J Kidney Dis* 2008;52(3):628-9.
47. Paulson WD, White JJ. Should arteriovenous fistulas and synthetic grafts undergo surveillance with pre-emptive correction of stenosis? *Nat Clin Pract Nephrol* 2008;4(9):480-1.
48. Casey ET, Murad MH, Rizvi AZ, Sidawy AN, McGrath MM, Elamin MB, et al. Surveillance of arteriovenous hemodialysis access: a systematic review and meta-analysis. *J Vasc Surg* 2008;48(5 Suppl):48S-54S.
49. Allon M, Robbin ML. Hemodialysis vascular access monitoring: current concepts. *Hemodial Int* 2009;13(2):153-62. (●●●) Interpretación del porqué de los resultados negativos de los últimos ensayos clínicos.
50. Chang CJ, Ko PJ, Hsu LA, Ko YS, Ko YL, Chen CF, et al. Highly increased cell proliferation activity in the restenotic hemodialysis vascular access after percutaneous transluminal angioplasty: implication in prevention of restenosis. *Am J Kidney Dis* 2004;43(1):74-84.
51. White JJ, Ram SJ, Jones SA, Schwab SJ, Paulson WD. Influence of luminal diameters on flow surveillance of hemodialysis grafts: insights from a mathematical model. *Clin J Am Soc Nephrol* 2006;1(5):972-8.
52. Tessitore N, Bedogna V, Melilli E, Millardi D, Mansueto G, Lipari G, et al. In search of an optimal bedside screening program for arteriovenous fistula stenosis. *Clin J Am Soc Nephrol* 2011;6(4):819-26. (●●●) Único estudio que compara los métodos de monitorización y vigilancia para el diagnóstico precoz de estenosis en el AV nativo.
53. Tessitore N, Bedogna V, Lipari G, Melilli E, Mantovani W, Baggio E, et al. Bedside screening for fistula stenosis should be tailored to the site of the arteriovenous anastomosis. *Clin J Am Soc Nephrol* 2011;6(5):1073-80.
54. Tessitore N, Mansueto G, Bedogna V, Lipari G, Poli A, Gammara L, et al. A prospective controlled trial on effect of percutaneous transluminal angioplasty on functioning arteriovenous fistulae survival. *J Am Soc Nephrol* 2003;14(6):1623-7.
55. Tessitore N, Lipari G, Poli A, Bedogna V, Baggio E, Loschiavo C, et al. Can blood flow surveillance and pre-emptive repair of subclinical stenosis prolong the useful life of arteriovenous fistulae? A randomized controlled study. *Nephrol Dial Transplant* 2004;19(9):2325-33.
56. Ogawa T, Matsumura O, Matsuda A, Hasegawa H, Mitarai T. Brachial artery blood flow measurement: a simple and noninvasive method to evaluate the need for arteriovenous fistula repair. *Dialysis & Transplantation* 2011;40(5):206-10.
57. Tuka V, Slavikova M, Krupickova Z, Mokrejsova M, Chytilova E, Malik J. Short-term outcomes of borderline stenoses in vascular accesses with PTFE grafts. *Nephrol Dial Transplant* 2009;24(10):3193-7.
58. Tonelli M, Klarenbach S, Jindal K, Manns B. Economic implications of screening strategies in arteriovenous fistulae. *Kidney Int* 2006;69(12):2219-26.
59. Roca-Tey R, Samon R, Ibrik O, Martínez-Cercos R, Viladoms J. Functional vascular access evaluation after elective intervention for stenosis. *J Vasc Access* 2006;7(1):29-34.
60. Van Loon M, Van der Mark W, Beukers N, De Bruin C, Blankestijn PJ, Huisman RM, et al. Implementation of a vascular access quality programme improves vascular access care. *Nephrol Dial Transplant* 2007;22(6):1628-32.
61. Gruss E, Portolés J, Jiménez P, Hernández T, Rueda JA, Del Cerro J, et al. Prospective monitoring of vascular access in hemodialysis by means of a multidisciplinary team. *Nefrologia* 2006;26(6):703-10.
62. Vachharajani TJ, Moosavi S, Salman L, Wu S, Maya ID, Yevzlin AS, et al. Successful models of interventional nephrology at Academic Medical Centers. *Clin J Am Soc Nephrol* 2010;5(11):2130-6.