



Universitat Autònoma de Barcelona

ADVERTIMENT. L'accés als continguts d'aquesta tesi queda condicionat a l'acceptació de les condicions d'ús establertes per la següent llicència Creative Commons:  http://cat.creativecommons.org/?page_id=184

ADVERTENCIA. El acceso a los contenidos de esta tesis queda condicionado a la aceptación de las condiciones de uso establecidas por la siguiente licencia Creative Commons:  <http://es.creativecommons.org/blog/licencias/>

WARNING. The access to the contents of this doctoral thesis it is limited to the acceptance of the use conditions set by the following Creative Commons license:  <https://creativecommons.org/licenses/?lang=en>

TESIS DOCTORAL:

**UTILIDAD DE LA ECOGRAFÍA-DOPPLER EN LA CREACIÓN
Y MANTENIMIENTO DEL ACCESO VASCULAR PARA
HEMODIÁLISIS.**

Presentada por:

Eduardo Mateos Torres

para obtener el título de Doctor en Medicina y Cirugía

Directores:

Dr. Albert Clará Velasco

Dr. Lluís Grande Posa

Tutor:

Dr. Lluís Grande Posa



Universitat Autònoma de Barcelona

Programa de doctorado de Cirugía y Ciencias Morfológicas

Departamento de Cirugía

Facultad de Medicina de la Universitat Autònoma de Barcelona

Barcelona. 2021



Universitat Autònoma de Barcelona

El Doctor Lluís Grande Posa, Catedràtic, i el Doctor Albert Clará Velasco, Professor Associat, ambdós adscrits al Departament de Cirurgia de la Universitat Autònoma de Barcelona,

CERTIFIQUEN:

Que el treball **“Utilitat de l’ecografia-Doppler a la creació i manteniment de l’accés vascular per hemodiàlisi”** presentat pel llicenciat Eduard Mateos Torres per optar al grau de Doctor en Medicina, ha estat realitzat sota la nostra direcció i que es troba en condicions de ser defensat davant del tribunal corresponent.

A Barcelona, 20 de febrero del 2021.

Dr. Albert Clará Velasco
(Director)

Dr. Lluís Grande Posa
(Director i Tutor)

*A mis maestros,
en la cirugía y en la vida...*

INDICE

GLOSARIO DE ABREVIATURAS	9
1. INTRODUCCIÓN	11
1.1. Enfermedad renal crónica	13
1.2. Acceso vascular para hemodiálisis	18
1.3. Ecografía Doppler	37
2. JUSTIFICACIÓN	45
3. HIPÓTESIS Y OBJETIVOS	51
4. METODOLOGÍA	55
4.1. Diseño	57
4.2. Pacientes	57
4.3. Métodos	59
4.4. Análisis estadístico	63
5. RESULTADOS	65
5.1. OBJETIVO 1	67
5.2. OBJETIVO 2	73
5.3. OBJETIVO 3	77

6. DISCUSIÓN	81
6.1. OBJETIVO 1	83
6.2. OBJETIVO 2	89
6.3. OBJETIVO 3	95
7. CONCLUSIONES	99
8. ANEXOS	105
8.1. ARTÍCULO 1: Utilidad de la valoración ecográfica previa a la realización del primer acceso vascular para hemodiálisis.	107
8.2. ARTÍCULO 2: Impacto de la introducción de una consulta específica con valoración eco-Doppler en el costo asociado a la obtención de un primer acceso vascular para hemodiálisis.	115
8.3. ARTÍCULO 3: Angioplastia guiada mediante eco-Doppler en el tratamiento de las estenosis de fístula arteriovenosa para hemodiálisis.	125
8.4. PROTOCOLO DE EXPLORACIÓN: Valoración ecográfica del acceso vascular para hemodiálisis.	133
9. BIBLIOGRAFÍA	145

GLOSARIO DE ABREVIATURAS

AV	Acceso Vascular
ATP	Angioplastia trans-percutánea
CVC	Catéter Venoso Central
ED	Ecografía Doppler
EDTA	European Dialysis and Transplant Association
ERA	European Renal Association
ESVS	European Society for Vascular Surgery
ERC	Enfermedad Renal Crónica
ERCA	Enfermedad Renal Crónica Avanzada
FAV	Fístula Arterio-Venosa
FAVn	Fístula Arterio-Venosa Nativa
FAVp	Fístula Arterio-Venosa Protésica
FG	Filtrado Glomerular
GEMAV	Grupo Español Multidisciplinar del Acceso Vascular
HD	Hemodiálisis
K/DOQI	Kidney Disease Outcome Quality Initiative
KDIGO	Kidney Disease: Improving Global Outcomes
NKF	National Kidney Foundation
Qa	Flujo sanguíneo del acceso vascular
SEN	Sociedad Española de Nefrología.
TR	Trasplante Renal
TRS	Tratamiento Renal Sustitutivo
VPS	Velocidad Pico Sistólica

1. INTRODUCCIÓN

1. INTRODUCCIÓN

1.1. Enfermedad renal crónica

1.1.1. Definición

La Enfermedad Renal Crónica (ERC) engloba a un conjunto de trastornos que afectan a la estructura y función del riñón provocando un descenso de la tasa de filtrado glomerular. La variabilidad de su expresión clínica depende de su etiopatogenia, la parte del riñón afectada (glomérulo, vasos, túbulos o intersticio renal), su gravedad y el grado de progresión¹.

En el año 2002, la guía K/DOQI (Kidney Disease Outcome Quality Initiative) promovida por la NKF (National Kidney Foundation) definió la ERC cuando existe un filtrado glomerular inferior a 60 mL/min/1,73 m² o daño renal durante al menos tres meses², estableciendo una clasificación en función de su gravedad (**Tabla 1**). Posteriormente, en 2012, el grupo de trabajo en ERC de las guías KDIGO (Kidney Disease: Improving Global Outcomes), añadió a la definición la causa y la presencia de albuminuria (**Tabla 2**), debido a que estos dos factores pueden afectar directamente al pronóstico y tratamiento³.

Tabla 1: Clasificación K/DOQI (Kidney Disease Outcome Quality Initiative) de la enfermedad renal crónica por categorías según el filtrado glomerular.

Categoría	FG (ml/min/1.73m ²)	Condiciones
G1	>90	Daño renal con FG normal
G2	60-89	Daño renal y ligero descenso del FG
G3a	ERC*	45-59
G3b		30-44
G4		15-29
G5		<15

*ERC: Enfermedad Renal Crónica

Tabla 2: Criterios KDIGO (Kidney Disease: Improving Global Outcomes) para la definición de Enfermedad Renal Crónica

Presencia de uno de los siguientes criterios durante al menos 3 meses	
Marcadores de daño renal (uno o más)	Albuminuria ≥ 30 mg/24 horas o ratio albumina/creatinina en orina ≥ 30 mg/g. Alteraciones en el sedimento urinario. Alteración electrolítica debida a trastorno tubular. Anomalía estructural detectada por imagen. Anomalías patológicas en histología: biopsia renal. Trasplante renal
Disminución del FG*	FG <60 mL/min/1.73 m ² (Categorías de ERC** G3a-G5)

*FG: Filtrado Glomerular

La Enfermedad Renal Crónica Avanzada (ERCA) incluye los estadios G4 y G5 de la clasificación K/DOQI de la ERC y se define, por tanto, como aquella enfermedad renal crónica que cursa con un descenso grave del filtrado glomerular ($FG < 30 \text{ ml/min}$)⁴. Los objetivos terapéuticos en esta fase están dirigidos a disminuir y tratar las complicaciones asociadas a la insuficiencia renal, y a proporcionar en tiempo y forma adecuada información detallada sobre los diferentes tipos de tratamiento renal sustitutivo (TRS), realizando una propuesta de los mismos en función de las características y preferencias de cada paciente. Cuando el deterioro de la función renal entraña un riesgo para la vida se ponen en marcha los TRS para suplir la función depurativa del riñón.

1.1.2. Epidemiología

Las causas principales de ERC en países desarrollados son la diabetes y la hipertensión, mientras que en países en vías de desarrollo son principalmente las causas de tipo infeccioso, tóxico o desconocido^{5,6}.

La ERC fue en el año 2010 la causa de mortalidad número 18 a nivel mundial, provocando 16,3 fallecimientos por cada 100.000 habitantes⁷. Algunos estudios han estimado que más del 10% de la población mundial sufre algún grado de enfermedad renal crónica, bastante similar a los datos disponibles de diabetes⁸. El 80% de las personas con ERCA en fase de TRS se encuentran en países desarrollados, por lo que en los próximos años se prevé un incremento muy importante de pacientes en este estadio en países como China o India⁹.

Se estima que en España el 15,1 % de la población adulta sufre algún grado de ERC. La prevalencia es mayor en varones (23,1% vs. 7,3% en mujeres), aumenta con la edad (4,8% entre 18-44 años, 17,4% entre 45-64 años, y 37,3% en ≥ 65 años) y en sujetos con enfermedad cardiovascular (39,8% vs. 14,6% en individuos sin enfermedad cardiovascular)¹⁰. La prevalencia de la Enfermedad Renal Crónica Avanzada (ERCA) es del 0,2-0,6% de la población adulta, tasa que se incrementa al 1,6% en los mayores de 64 años¹¹.

1.1.3. Tratamiento renal sustitutivo

Las modalidades existentes para suplir la función depurativa del riñón son: la hemodiálisis (HD), la diálisis peritoneal, el trasplante renal de donante vivo y el de donante cadáver.

De los 61.700 pacientes en TRS en España en 2018, un 54,7% es portador de un trasplante renal funcionante, un 40,3% realiza HD y el 5,0% diálisis peritoneal. La prevalencia de pacientes en TRS ha aumentado de 1001 por millón de habitantes en 2006 a 1321 en 2018. De los casos incidentes, el porcentaje de pacientes que inician TRS mediante HD es del 78,9%¹².

La HD consiste en extraer la sangre del organismo a través de un acceso vascular y llevarla a un dializador, en el cual la sangre pasa por el interior de unos capilares rodeados por el líquido de diálisis que circula en sentido contrario, separados por una membrana semipermeable. Este método consigue el intercambio de agua y solutos entre la sangre y el baño para, entre otros fines, disminuir los niveles en sangre de

sustancias que están en exceso y que elimina el riñón sano, por ejemplo el potasio, la urea o el exceso de agua.



Figura 1: Paciente durante sesión de hemodiálisis (Fuente: www.redacciónmedica.com)

1.2 Acceso Vascular para Hemodiálisis

1.2.1 Definición

El acceso vascular (AV) es el punto anatómico por el que se accede al sistema vascular del enfermo renal durante la HD y por donde se extraerá y retornará la sangre una vez ha pasado por el circuito extracorpóreo de depuración del dializador.

El AV ideal es aquel que proporciona un flujo sanguíneo adecuado, con una vida media útil larga y un bajo índice de complicaciones. La fístula arterio-venosa nativa (FAVn) o autóloga en sus diferentes modalidades, y en especial la radio-cefálica, es la que más se aproxima a estas premisas y el objetivo a conseguir en los pacientes que inician HD^{13, 14, 15}. Cuando no existe posibilidad de realizar una FAVn, por ausencia o desgaste del capital venoso periférico, es necesario implantar una prótesis arterio-venosa (FAVp), mientras que la colocación de un catéter venoso central (CVC) debe reservarse para aquellos casos en que no sea posible realizar ninguna de las anteriores o cuando debe iniciarse el tratamiento de HD sin disponer de un AV¹⁶.

1.2.2 Tipos de Acceso Vascular

1.2.2.1 Fístula arteriovenosa nativa (FAVn):

Es la comunicación quirúrgica entre una arteria y una vena del propio paciente. Ésta provoca un paso turbulento de sangre entre ambas por diferencia de presiones que aumenta de forma muy significativa el flujo por la vena, la cual acaba dilatándose. La

vena puede entonces ser puncionada de forma repetida suministrando altos flujos al dializador.

La primera FAVn fue realizada por Brescia y Cimino en 1966¹⁷, y desde entonces se han desarrollado múltiples técnicas en diversas localizaciones. La técnica quirúrgica se efectúa habitualmente mediante anestesia local, abordando la vena (en el plano subcutáneo) y arteria seleccionadas, y suturándolas entre sí para que el flujo arterial pase directamente a la vena. Según la localización, se realiza una incisión terminal o lateral de la vena y una incisión lateral en la arteria. La anastomosis se realiza mediante una sutura continua de hilo no reabsorbible. Una vez realizada la sutura, la palpación y auscultación del *thrill* o vibración que provoca el paso turbulento de sangre, es signo de buen funcionamiento de la técnica. El cierre posterior del plano subcutáneo y de piel se ha de realizar cuidadosamente para no provocar compresiones ni plicaturas de la vena.



Figura 2: Detalle de anastomosis entre arteria y vena latero-lateral.

La preferencia por las FAVn sobre todos los demás AV se debe a las **ventajas** que presentan:

- **Buena permeabilidad.** Las FAVn presentan una permeabilidad primaria (definida como el período transcurrido desde la creación de la FAV hasta la primera intervención para mantener el flujo sanguíneo o bien hasta el primer episodio de trombosis) a los 6 y 18 meses del 72 y el 51% y secundaria (período desde la creación hasta la trombosis definitiva) del 86 y el 77%, mientras que en las FAVp la primaria es del 58 y el 33% y la secundaria del 76 y el 55%, respectivamente¹⁸.
- **Bajo coste.** No se implanta material protésico en su realización y requieren un menor número de reintervenciones para su mantenimiento¹⁹.
- **Menos complicaciones.** Tienen una tasa inferior de infecciones respecto a las prótesis o catéteres²⁰, cuyo riesgo de hospitalización es un 26% y 68% mayor, respectivamente.
- **Mayor supervivencia del paciente.** El uso de FAVp y CVC frente a FAVn se asocia a un incremento en la mortalidad del 18 y el 53%, respectivamente²¹.

Las FAVn, sin embargo, también presentan **limitaciones**:

- **Falta de maduración.** Un AV maduro es aquel que se ha desarrollado y suministra un caudal de flujo sanguíneo suficiente como para permitir su utilización. Las FAVn presentan un mayor riesgo de falta de maduración (28-53%), frente a solo 0-3% para las FAVp en brazo²².
- **Uso no inmediato.** Su tiempo de maduración habitual es de uno a cuatro meses, por lo que su realización y uso se debe planificar con suficiente antelación.

- **Variabilidad anatómica.** En algunos pacientes las venas son más difíciles de canular, provocando punciones dolorosas, o pueden tener una mayor profundidad, requiriendo intervenciones adicionales de superficialización.
- **Estéticas.** Las venas hipertrofiadas pueden provocar dilataciones visibles en algunos pacientes.

Las FAVn deben realizarse de la forma más distal posible en la extremidad superior para preservar la red venosa proximal para futuros AV. Y, a igualdad de condiciones, se debe optar por el brazo no dominante, ya que es más cómodo para el paciente tanto en sus actividades cotidianas como a la hora de ser puncionado²³. Las principales FAVn que podemos plantear en función de la **localización** serían:

- **Radio-cefálica** (o de muñeca, o de Brescia-Cimino): se realiza en el tercio distal del antebrazo, mediante una anastomosis latero-terminal. Está considerada el AV de elección^{13,14,15}, pero también presenta limitaciones, principalmente una alta tasa de fallo precoz y de falta de maduración. Hasta un 30% pueden acabar teniendo un flujo sanguíneo insuficiente para permitir una diálisis adecuada, lo que sucede con particular frecuencia en pacientes diabéticos, ancianos y mujeres²⁴.

Variantes de ésta serían la FAVn en la tabaquera anatómica, realizada desde la rama posterior de la arteria radial (entre los tendones del extensor largo y corto del pulgar) y la vena cefálica, que se utiliza con menor frecuencia debido a la mayor complejidad de la técnica quirúrgica. También puede realizarse la anastomosis a nivel del 1/3 medio del antebrazo, como opción quirúrgica de rescate de aquellas FAVn radio-cefálicas que desarrollan estenosis yuxta-anastomóticas.

- **FAV humeral** (o de codo): realizadas a nivel de la fosa ante-cubital. Se describen variantes según tengan una única salida venosa (humero-cefálica) o doble (latero-lateral húmero-mediana basilica), pudiéndose también realizar la anastomosis con la vena perforante. Presentan la ventaja de proporcionar un flujo sanguíneo elevado y fácil canulación por el mayor tamaño de las venas, presentando menores tasas de fallo precoz. Sin embargo, tienen más posibilidades de producir edema e isquemia distal por síndrome de robo de la extremidad.

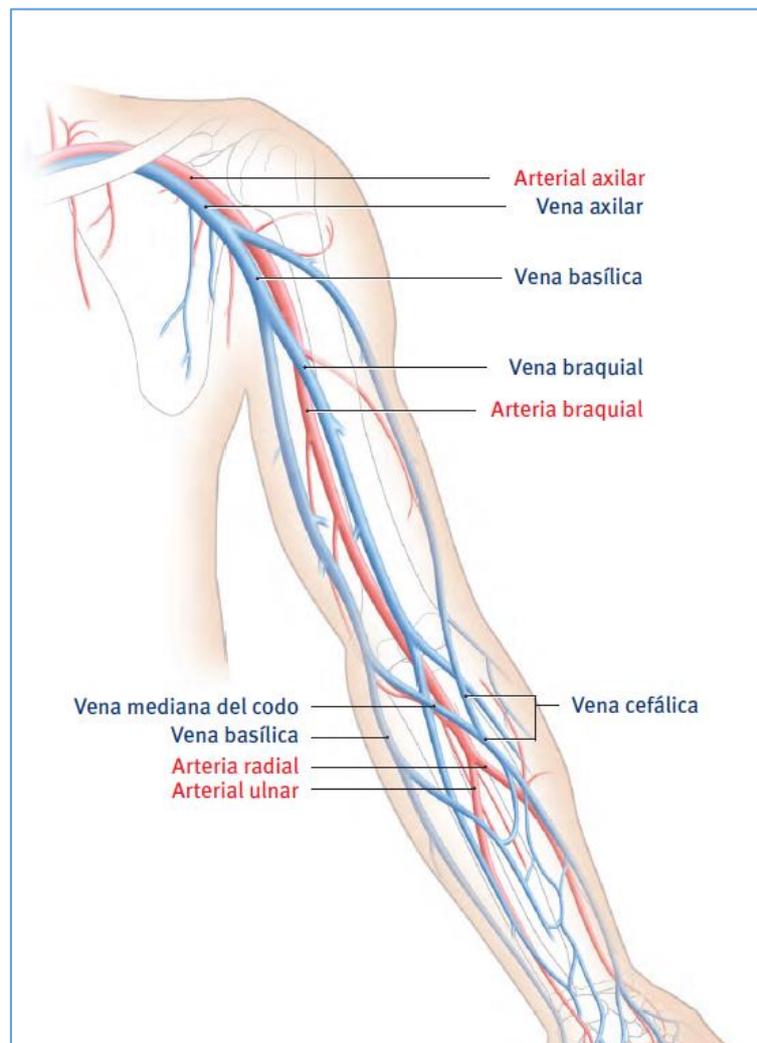


Figura 3: Representación anatómica arterial y venosa de la extremidad superior, con los principales vasos sobre los que realizar una FAVn (Fuente: www.goremedical.com).

- **FAV humero-basílica con superficialización** (o transposición): cuando se realiza una FAVn húmero-basílica, el segmento venoso que debe puncionarse en la HD es la vena basílica a nivel del brazo. Sin embargo, ésta es habitualmente profunda y de difícil canulación. Además, por su proximidad al paquete vasculo-nervioso, su punción se asocia a un mayor número de complicaciones (dolor, edema de la extremidad, punciones arteriales, mayor síndrome de robo). Mediante una transposición o superficialización de la misma, estas complicaciones se evitan y el acceso de HD que se obtiene es de gran calibre y fácil canulación²⁵.

1.2.2.2 Fístula arterio-venosa protésica (FAVp)

En el caso de que las FAVn hayan fracasado o no sean posibles se plantean las FAVp. En éstas, la comunicación sanguínea entre arteria y vena se establece a través de un tubo sintético de politetrafluoroetileno (PTFE) que se tuneliza a través del plano subcutáneo y permite su punción. Esta técnica facilita que, cuando el lecho venoso superficial está agotado o es de calibre insuficiente, se puedan emplear vasos permeables más profundos.



Figura 4: Tubo protésico de PTFE, empleado para realizar FAVp (Fuente: www.goremedical.com).

Presentan una serie de **ventajas**:

- Gran superficie para la punción y fácil de canular.
- El tiempo de maduración de las FAVp oscila entre cuatro y seis semanas, aunque actualmente existen prótesis de punción inmediata que permiten su uso a las 48h.
- Existen muchas alternativas anatómicas para su colocación y son de fácil implantación.
- Posibilidad tanto para la reparación quirúrgica como endovascular.

Sin embargo, tienen sus **inconvenientes**, en comparación con las FAVn, lo que hace que no sean el AV de elección:

- Mayor número de complicaciones trombóticas y mayor necesidad de cirugía reparadora^{26, 27}.
- Mayor probabilidad de infección²⁰.
- Incremento del coste de material.

La **localización** recomendada para una FAVp es la extremidad superior, particularmente entre la arteria humeral y la vena humeral o basílica. Agotado este acceso podría plantearse a nivel de las extremidades inferiores, entre la arteria y vena femoral superficial y, como recurso, las anastomosis humero-axilar, humero-yugular,

áxilo-femoral e incluso directas a aurícula. También existen otras alternativas como los accesos protésicos arterio-arteriales, las de material biosintético o los dispositivos prótesis-catéter (HeRo[®]), aunque en nuestro medio son muy poco habituales.

1.2.2.3 Catéter venoso central (CVC)

Son catéteres de doble luz y gran tamaño que permiten tomar y retornar la sangre de un gran vaso del paciente al dializador. Los CVC son los AV de última elección ya que, como se ha indicado anteriormente, se asocian a una mayor morbilidad y mortalidad²⁰,

²¹. Sin embargo, también tienen sus **indicaciones**²⁸:

- Imposibilidad de reparación precoz del AV definitivo o cuando se está a la espera de la creación de un acceso nuevo y su posterior maduración.
- En pacientes con una insuficiencia renal crónica terminal no conocida previamente, con necesidad de diálisis urgente.
- En circunstancias especiales como: esperanza de vida inferior a 6 meses, insuficiencia cardíaca que contraindique la realización de una FAV o de forma previa a trasplante renal de donante vivo.

Dependiendo del tiempo que vayamos a requerir el CVC podemos seleccionar diferentes **tipos** de material:

- **Catéter percutáneo** (o provisional): se implanta por punción percutánea directa en la vena central seleccionada, habitualmente con ayuda de un ecógrafo. Se plantea cuando el tiempo que el paciente necesita ser portador del catéter es inferior a las

2 semanas²⁹. Su facilidad y rapidez de colocación los hacen muy útiles en situaciones de emergencia.

- **Catéter tunelizado** (o permanente): a diferencia del anterior, presenta un tramo que se tuneliza subcutáneo con un “*cuff*” o rodete que provoca fibrosis a su alrededor y disminuye el riesgo de infección. Requiere de técnica quirúrgica y control radiológico para su implantación, pero presenta una menor tasa de complicaciones y alcanza flujos más elevados, por lo que se plantea cuando se prevé un período de uso más prolongado.

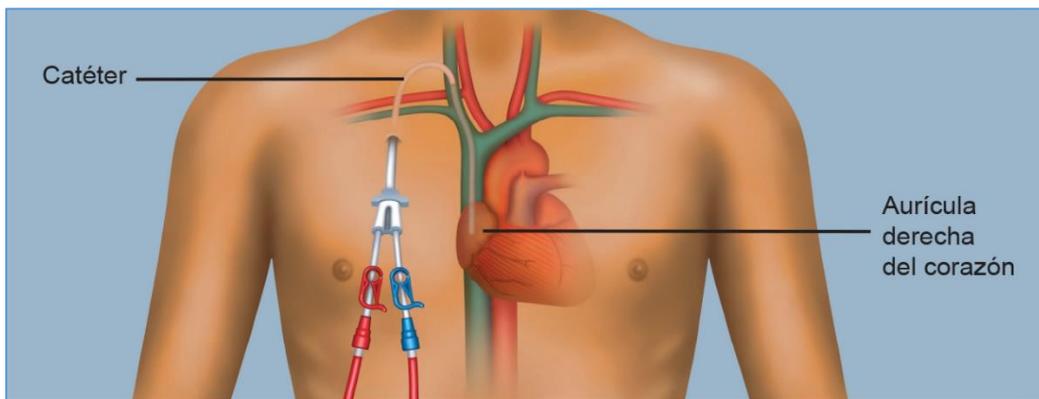


Figura 5: Representación de catéter tunelizado yugular (Fuente: www.freseniuskidneycare.com).

La primera **localización** de un catéter tunelizado debería ser la vena yugular interna derecha, mientras que para los provisionales se opta preferentemente por la vena femoral común. Se debe evitar canalizar las venas subclavas, ya que presentan un riesgo de desarrollar estenosis de entre el 42 y el 50%³⁰. Por este mismo motivo no se deben colocar CVC en las venas yugulares o subclavas ipsilaterales al miembro donde exista una FAV en fase de maduración.

1.2.3 Elección de Acceso Vascular

A pesar de que no existen ensayos clínicos aleatorizados que delimiten la secuencia en la que deben realizarse los distintos accesos vasculares, existe un amplio consenso en las principales guías clínicas^{2, 28, 31} en que deben priorizarse los AV realizados con vena nativa, en la localización más distal posible de la extremidad, para no limitar la realización de futuros accesos en la misma, y usando preferiblemente el miembro superior no dominante, por criterios de comodidad del paciente, aunque se debe individualizar a las circunstancias del mismo. Siguiendo estas premisas, se propone el siguiente algoritmo de elección de AV (**Figura 6**):

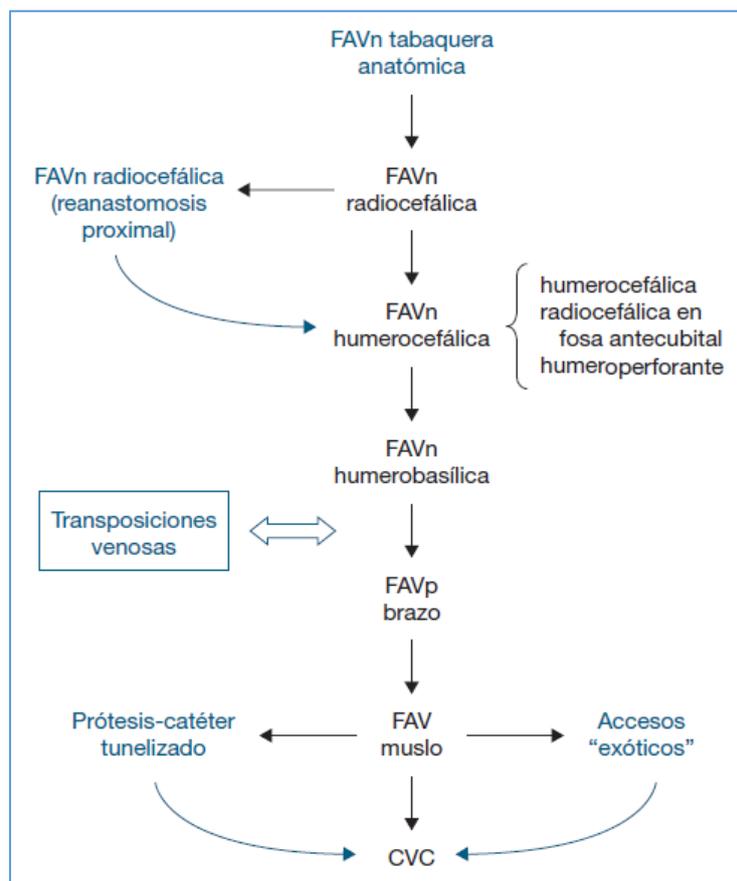


Figura 6: Orden de realización del acceso vascular. En negro: secuencia principal (Fuente: Ibeas J, Roca R, Vallespín J, Moreno T, Moñux G, Martí A et al. Guía Clínica Española del Acceso Vascular para Hemodiálisis. Nefrología 2017;37(Supl 1):1-192).

1.2.4 Valoración preoperatoria

El objetivo de la evaluación previa a la realización del AV es realizar una cuidadosa **historia clínica y exploración física** en la que se identifiquen los factores de riesgo del paciente con ERCA que pueden influir en el desarrollo del AV.

En la **anamnesis** se deben contemplar los antecedentes patológicos que puedan aumentar el riesgo de fallo del AV (edad avanzada, diabetes mellitus, arteriopatía periférica, tabaquismo u obesidad) o que puedan influir a la hora de planificar la localización del mismo (CVC, marcapasos o AV previos, antecedente de cirugía en brazo o tórax, o canulaciones venosas).

También es necesario tener en cuenta la existencia de patologías de base que pueden ser agravadas por el AV (insuficiencia cardíaca o prótesis valvulares que tienen riesgo de infección), la dominancia de las extremidades superiores para minimizar la repercusión en la actividad diaria, o el tratamiento con anticoagulantes. Otros factores que pueden condicionar la elección del tipo de AV, son una expectativa de vida corta o pacientes candidatos a trasplante de donante vivo. En estos casos, la opción de un CVC puede ser recomendable.

La **exploración física** debe incluir la palpación y calidad de los pulsos, incluyendo la maniobra de Allen (para valorar el estado de la circulación del arco palmar), la toma de presiones arteriales en ambas extremidades superiores y la exploración del sistema venoso mediante la palpación venosa con torniquete³². También deberán valorarse la existencia de limitaciones articulares, déficits neurológicos motores o sensitivos, grosor

de la piel y grasa subcutánea, edema de la extremidad, existencia de circulación colateral en brazo u hombro, y cicatrices o trayectos venosos indurados. Se recomienda que, para facilitar la creación de una FAVn en los pacientes con ERCA, se preserve la red venosa superficial de ambas extremidades superiores, que deben mantenerse libres de punciones²⁸. Los factores a tener en cuenta durante la anamnesis y exploración física y sus implicaciones en la realización y desarrollo de una FAV están resumidos en la **Tabla 3**.

Puede ser útil la realización de **exploraciones complementarias** para definir la estrategia a seguir en el orden de realización del AV. De las diferentes opciones de las que se dispone, actualmente la exploración mediante **Ecografía-Doppler (ED)** se está convirtiendo en la exploración de elección para planificar cualquier estrategia de AV, dado su carácter incruento, su cada vez más extendida disponibilidad y la cantidad de información anatómica y hemodinámica que aporta. Como contrapunto negativo, requiere experiencia en su manejo e interpretación, estando sujeta a la subjetividad del explorador.

Otras exploraciones como la RMN, TAC o flebografía no son de uso generalizado y generalmente se reservan para valoración de lesiones venosas centrales intratorácicas, donde la exploración ecográfica es menos rentable.

Tabla 3: Factores preoperatorios que pueden incidir en el resultado del AV³³. (Adaptado de: Gonzalez-Alvarez MT, Martinez-Cercós R. Manual de accesos vasculares para hemodiálisis. Editorial Marge, 2010. ISBN 978-84-92442-91-1).

FACTOR	IMPLICACIÓN
ANAMNESIS	
Edad avanzada	Peor pronóstico FAV Riesgo de isquemia por robo
Diabetes	Peor pronóstico FAVn distal Riesgo de isquemia por robo
Sexo femenino	Riesgo de isquemia por robo
Arteria/Venas pequeñas	Peor pronóstico FAV
Hipotensión	Mayor riesgo trombosis FAV
Tabaquismo	Peor pronóstico FAV
Obesidad	Peor pronóstico FAV
Insuficiencia Cardíaca	Peor pronóstico FAV Riesgo de empeorar por sobrecarga de volumen
Arteriopatía periférica	Peor pronóstico FAV Riesgo de isquemia por robo
CVC o marcapasos previos	Riesgo estenosis/trombosis venas centrales
Antecedente cirugía tórax	Riesgo estenosis/trombosis venas centrales
Prótesis valvulares cardíacas	Riesgo de infección de las mismas
Trastornos hemostasia	Incrementa riesgo trombosis / sangrado
Esperanza vital corta	Plantear CVC
Candidato a TR donante vivo	Plantear CVC
Fracaso FAV previas	Condiciona futuros AV
EXPLORACIÓN FÍSICA	
Falta pulsos	Posible estenosis/trombosis arterial proximal
Ausencia venas palpables	Peor pronóstico FAV
Edema de la extremidad	Riesgo estenosis/trombosis venas centrales
Circulación venosa colateral	Riesgo estenosis/trombosis venas centrales
Asimetría TA	Riesgo estenosis/trombosis arterial
Cicatrices/punciones venas	Riesgo lesión venosa
Movilidad limitada	Dificultad para punción
Test Allen	Falta suplencia palmar; riesgo de isquemia por robo

1.2.5 Seguimiento

El objetivo del seguimiento de la FAV es diagnosticar precozmente la patología que pueda desarrollarse en la misma, de cara a prevenir la trombosis y aumentar su supervivencia.

Un primer paso es conseguir una adecuada maduración, ya que en el caso de la FAVn el porcentaje de fracasos puede llegar al 40%³⁴. Se recomienda la realización de ejercicios antes y después de la creación de la FAVn³⁵ para favorecer la maduración de las mismas e individualizar el momento idóneo para efectuar la primera punción (no antes de las 2 semanas desde su creación)^{36, 37}.

Una vez se ha logrado una FAV útil para ser puncionada, debe controlarse su permeabilidad, ya que la trombosis de la FAV provoca múltiples consecuencias negativas³⁸: reducción del capital venoso, necesidad de la implantación de un CVC, menor eficacia de la HD, posible lesión de venas centrales, y necesidad de nuevas FAV. Todo ello incrementa la morbimortalidad, la necesidad de hospitalización y el gasto sanitario del paciente en HD crónica. Además, la permeabilidad secundaria de una FAV tras el rescate de una trombosis es significativamente inferior si se compara con la permeabilidad asistida de la reparación electiva de una estenosis³⁹. Por tanto, el tratamiento de elección de la trombosis de la FAV no es su rescate sino su prevención.

La causa más frecuente de trombosis es la estenosis severa de la FAV^{2, 40}. Se considera que una estenosis es significativa si provoca una reducción de la luz vascular

> 50% y altera uno o varios parámetros hemodinámicos obtenidos por los métodos de monitorización.

Los métodos de cribado para el diagnóstico precoz de la estenosis significativa se clasifican en 2 grandes grupos⁴¹:

- Métodos de **primera generación** (o de monitorización).
 - Monitorización clínica: Exploración física, problemas durante la sesión de HD, test de sobrecarga de la FAVn por flujo de bomba (*descenso del flujo por la elevación de la extremidad a 90° durante 30 segundos*).
 - Monitorización y vigilancia de la presión de la FAV: presión venosa dinámica (*presión necesaria para retornar la sangre dializada a la FAV a través de la aguja venosa*), presión intra-acceso estática (*presión del AV con la bomba del dializador detenida*).
 - Determinación del porcentaje de recirculación (*porcentaje de sangre ya dializada que entra de nuevo al dializador a través de la aguja arterial*).
 - Disminución inexplicable de la adecuación de la HD: índice Kt/V (*cálculo de la dosis de diálisis: "K" mide la depuración del dializador, "t" significa el tiempo que dura el tratamiento y "V" es el volumen de líquido en el cuerpo*), porcentaje de reducción de la urea (*disminución de los niveles de urea en sangre antes y después de la diálisis*).

- Métodos de **segunda generación** (o de vigilancia). Permiten calcular el flujo sanguíneo (Qa) de la FAV.
 - Directa: Ecografía Doppler (ED).

- Indirecta: Métodos dilucionales.

Se recomienda que ante la alteración repetida de cualquier parámetro de monitorización y/o vigilancia se indique una exploración de imagen de la FAVn, siendo la ED en manos de un explorador experimentado la de primera elección, y reservando la fistulografía para aquellos casos en que la exploración anterior no sea concluyente y exista una sospecha persistente de estenosis significativa²⁸.

Con respecto a la fístula arteriovenosa protésica, se recomienda efectuar la monitorización sólo mediante los métodos de cribado de primera generación, ya que el cálculo de flujo Qa no ha mostrado utilidad en este tipo de acceso.

1.2.6 Tratamiento de complicaciones: la estenosis venosa

Desde un punto de vista anatómico, las estenosis de una FAV pueden **clasificarse en función de su localización:**

- **Estenosis arteriales:** localizadas en la arteria que nutre el AV. Provocan una disminución en el flujo de la FAV. Se deben principalmente a la progresión de lesiones arterio-esclerosas ya existentes de base.
- **Estenosis de la anastomosis arterio-venosa:** suelen ser secundarias a un problema técnico durante la realización de la anastomosis. Clínicamente se manifiestan en forma de trombosis inmediata del AV o falta de maduración.

• **Estenosis venosas:** son la causa más frecuente de disfunción del acceso. Según su localización a lo largo del trayecto venoso se clasifican en cuatro grupos:

– **Estenosis yuxta-anastomótica:** localizada desde la zona inmediatamente adyacente a la anastomosis hasta los 5 cm post-anastomosis. En su etiopatogenia influye la respuesta inflamatoria del endotelio a los cambios hemodinámicos en la pared venosa que comporta la FAV.

– **Estenosis del trayecto de punción:** provocadas por el traumatismo mecánico de punción del vaso.

– **Estenosis del cayado de la vena cefálica:** localizadas en la confluencia con la vena axilar. También son el resultado de factores hemodinámicos y presentan una peor respuesta a la angioplastia.

– **Estenosis venosas centrales:** localizadas desde la vena subclavia hasta su drenaje en la aurícula derecha. Se suelen asociar al traumatismo endotelial.

Alternativamente se puede emplear una **clasificación funcional**, en función de si la lesión es previa o posterior a los puntos de punción:

- Estenosis del **inflow** o previa a las zonas de punción (estenosis arteriales, de la anastomosis arterio-venosa y del segmento venoso yuxta-anastomótico).
- Estenosis del **outflow** o de salida de las zonas de punción (estenosis venosas del trayecto de punción, cayado cefálico-axilar y estenosis venosas centrales).

Las estenosis pueden tratarse básicamente mediante dos **tipos de intervenciones**:

- **Endovascular**: angioplastia percutánea (ATP) (**Figura 7**) y/o implantación de endoprótesis. En general, es la alternativa menos invasiva, con menor morbilidad y no requiere la colocación de un CVC para continuar la HD. Sin embargo, presenta la desventaja de una mayor tasa de restenosis, lo que condiciona un mayor número de reintervenciones para mantener la permeabilidad.



Figura 7: (1) Imagen angiográfica de una estenosis venosa en el trayecto de la vena basilica de brazo y (2) comprobación tras angioplastia de la lesión.

- **Cirugía abierta**: mediante re-anastomosis, plastias o interposición de segmentos de prótesis. Suele presentar mejor permeabilidad primaria, aunque su principal inconveniente es el hecho de ser más invasiva y de requerir, en ocasiones, el consumo de capital venoso y la colocación de CVC para la HD tras la intervención.

Únicamente deben tratarse de forma electiva las estenosis hemodinámicamente significativas. En función de la localización de la estenosis, los resultados y riesgos de una u otra técnica varían de forma importante, por lo que no sólo debe considerarse la eficacia del tratamiento, sino la comorbilidad y las complicaciones que puede llevar asociadas.

Habitualmente se realiza tratamiento endovascular en las estenosis de vasos centrales por la dificultad en el acceso quirúrgico y la alta morbimortalidad que conllevaría. El tratamiento de las estenosis venosas de las zonas de punción suele ser mediante angioplastia, por la posibilidad de continuar realizando la HD por el AV y no requerir un CVC. Por contra, el tratamiento de las estenosis yuxta-anastomóticas (las más frecuentes) presenta mayor controversia, al poder ser abordadas con facilidad y escaso riesgo tanto desde un punto de vista quirúrgico como endovascular.

1.3. Ecografía Doppler

1.3.1. Conceptos Generales

La ecografía es una técnica diagnóstica basada en la emisión y recepción de ondas de ultrasonido, que genera una serie de imágenes mediante el procesamiento electrónico de los haces ultrasónicos reflejados por los diferentes tejidos del cuerpo⁴².

El efecto Doppler se produce cuando un haz de ultrasonidos choca con un objeto en movimiento. Estos varían de frecuencia según la velocidad y sentido de movimiento del objeto alcanzado, en nuestro caso los hematíes en un determinado vaso sanguíneo⁴³.

La ED combina en una misma exploración información Doppler (que permite detectar la velocidad del flujo sanguíneo y representarla en forma de curvas o mediante colores), con la imagen bidimensional de la ecografía (para poder visualizar las características anatómicas del punto exacto que se desea valorar). Todo ello permite un estudio morfológico y funcional de la mayor parte de arterias y venas del cuerpo, así como la detección de aceleraciones (estenosis) y cálculos de flujos.

La ED constituye una técnica no invasiva y sin riesgos biológicos significativos a las intensidades empleadas en su uso diagnóstico. La disponibilidad de aparatos ecográficos que permiten realizar mediciones Doppler y cálculos de flujos es cada vez más extendida en los centros hospitalarios e incluso, gracias a los equipos portátiles, también se puede disponer en el ámbito de las consultas o en los centros de HD. La mayor limitación que

presenta es que su uso e interpretación es muy dependiente del explorador y por lo tanto requiere de un especialista experimentado en la ED vascular, y más concretamente del AV, para poder obtener el máximo rendimiento diagnóstico⁴⁴.

1.3.2. Valoración del acceso vascular

1.3.2.1. Preoperatoria

Desde la incorporación de la ED a la práctica clínica diaria varios estudios han intentado evaluar su utilidad en la valoración preoperatoria de los pacientes candidatos a la realización del AV. De hecho, desde hace algunos años se ha recomendado en las guías clínicas de la KDOQI⁴⁵ y más recientemente del GEMAV²⁸ y la ESVS³¹. Sin embargo, a nivel científico continúa existiendo controversia respecto a la utilidad de la valoración ecográfica previa a la realización del acceso vascular de una forma rutinaria o sólo en casos seleccionados en los que existen limitaciones para la exploración física.

Distintos estudios publicados han intentado delimitar los parámetros ecográficos implicados en el pronóstico de la futura FAV. Los más ampliamente documentados y en los que se ha hallado mayor nivel de evidencia han sido el diámetro interno tanto a nivel de la arteria como de la vena, medido mediante ED^{46, 47, 48}. Aun así, existe todavía discrepancia respecto al calibre mínimo que se relacionaría con un buen pronóstico de la FAV.

1.3.2.2. Seguimiento

La exploración mediante ED se considera de elección ante una sospecha de disfunción de una FAV^{49, 50}. Puede realizarse in situ en la sala de HD, gracias a los equipos portátiles, ante cualquier alteración de la FAV detectada mediante exploración física, por métodos de cribado de primera generación o por un descenso de Qa registrado mediante técnica dilucional⁵¹. Es muy coste-eficaz⁵², aportando además información de cara a planificar el tratamiento.

Las principales **ventajas** que aporta la valoración mediante ED en la fase de seguimiento de la FAV son:

- Aporta **información morfológica**^{53, 54, 55}, al tener una visión directa de los vasos. Esto nos permite valorar los diámetros a lo largo de su trayecto y sospechar lesiones estenóticas ante la disminución significativa de los mismos. Pero también permite valorar otras disfunciones de la FAV no relacionadas con la estenosis, como trombosis, aneurismas, pseudo-aneurismas, hematomas, abscesos,...
- Aporta **información hemodinámica**⁵⁶, ya que mediante la función Doppler podemos obtener las velocidades en un punto y objetivar si la estenosis provoca una aceleración significativa del flujo.
- Permite el cálculo de flujos y la **determinación directa del caudal Qa** de la FAV y, por tanto, su vigilancia funcional. Se ha comprobado que el Qa en las FAV con estenosis es significativamente inferior y existe una correlación significativa entre el Qa obtenido mediante ED y otros métodos dilucionales^{57, 58}.

La ED se considera, por consiguiente, la prueba de imagen de elección para confirmar, localizar y cuantificar la estenosis de la FAV antes de efectuar el tratamiento electivo^{59, 60, 61}. La sensibilidad y especificidad de la ED (realizada por un explorador experimentado) en el diagnóstico de la estenosis significativa durante el seguimiento de la FAV es del 89,3 y el 94,7% respectivamente, si se compara con la fistulografía^{49, 62, 63}.

1.3.3. Intervencionismo endovascular eco-guiado

Existe una larga experiencia en el tratamiento de las estenosis en el trayecto de las FAV mediante angioplastia percutánea con control radioscópico, procedimiento que, sin embargo, implica unas necesidades no despreciables de aparataje, exposición a radiación y contraste intravenoso que no son beneficiosos para el paciente y hacen más compleja su realización. De cara a mitigar estos efectos negativos, algunos cirujanos y radiólogos se plantearon realizar la técnica bajo control ecográfico. La angioplastia guiada mediante ED, ya descrita en la literatura médica desde hace años (las primeras series se remontan al año 2000⁶⁴), ha demostrado ser factible en el acceso vascular para hemodiálisis dado que, por sus características anatómicas, los vasos de las extremidades superiores son fácilmente explorables.

Desde el punto de vista técnico se requiere una importante experiencia en el manejo del ecógrafo y la interpretación de sus imágenes, para distinguir de forma precisa la FAV y el material empleado en la técnica. Además, tiene la ventaja de aportar información no sólo anatómica, sino también hemodinámica, con la que podemos tener más datos sobre la correcta resolución de la lesión. Realizar la técnica bajo soporte

ecográfico abre la puerta a llevarla a cabo en espacios que no sean un quirófano o una sala de angio-radiología, siempre y cuando cumplan las condiciones de asepsia adecuadas.

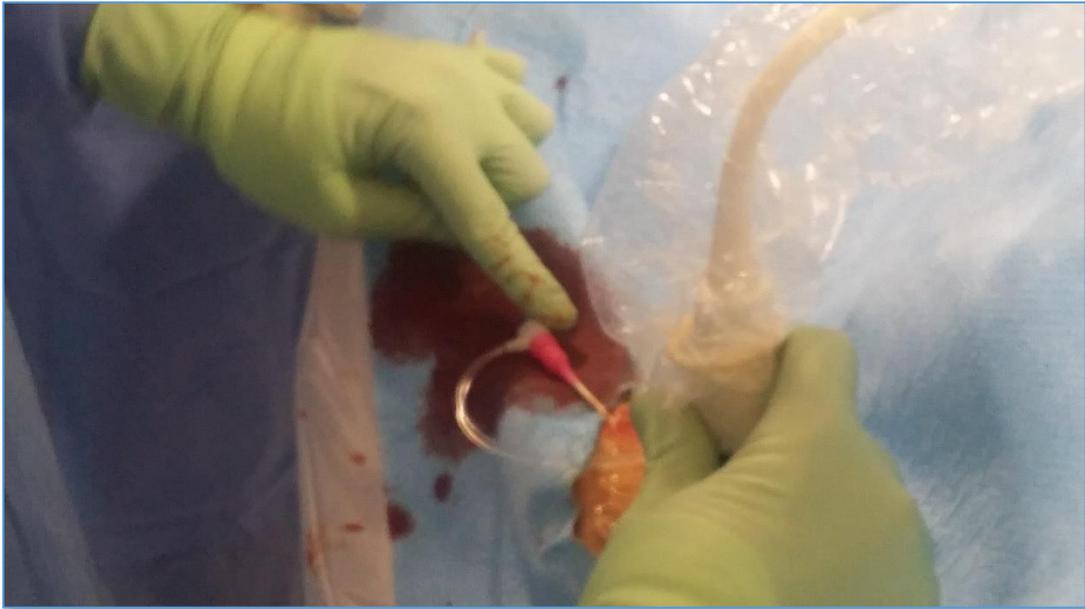


Figura 8: Procedimiento eco-guiado de angioplastia de FAVn.

En la literatura se describen estudios con un número muy dispar de casos y técnicas a realizar aunque, sin duda alguna, la serie más extensa es la del japonés Masanori Wakabayashi⁶⁵, que en 2013 reportó 4869 casos con un éxito inmediato en el 97,1% de las estenosis. En cuanto a los resultados de las series guiadas mediante ED^{66, 67, 68}, se han reportado tasas de permeabilidad primaria comparables a los de la técnica realizada mediante control angiográfico habitual, en torno al 40-50% al año⁶⁹.

RESUMEN:

- La ERC está incrementando de su incidencia, principalmente por el envejecimiento de la población y las comorbilidades asociadas.
- La HD es el tratamiento renal sustitutivo predominante en la actualidad.
- Los AV son de una importancia capital para la realización de HD, siendo las FAVn el AV de primera elección por su mayor permeabilidad y menor riesgo de complicaciones y costes.
- La FAV radio-cefálica constituye el procedimiento de elección cuando la anatomía del paciente lo permite.
- Aunque la utilización del mapeo ecográfico preoperatorio está recomendado por las principales guías clínicas, existe controversia y su uso todavía no está completamente extendido.
- La trombosis de las FAV incrementa la morbimortalidad y el gasto sanitario del paciente en HD crónica, por lo que su prevención es trascendental.
- La exploración de seguimiento mediante ED puede detectar estenosis en las FAV con antelación suficiente para evitar su trombosis en muchos casos.
- El tratamiento de las estenosis de las FAV puede ser realizado de forma quirúrgica abierta o endovascular dependiendo de la localización de la lesión.
- El tratamiento endovascular estándar de las estenosis de FAV se realiza bajo control radioscópico, lo que implica unas necesidades no despreciables de aparataje, exposición a radiación y contraste intravenoso que no son beneficiosas para el paciente y hacen más compleja su realización. En algunos casos este tratamiento podría realizarse de forma eco-guiada, limitando estos inconvenientes.

2. JUSTIFICACIÓN

2. JUSTIFICACIÓN

Disponer de un AV adecuado antes de iniciar el programa de hemodiálisis es uno de los mayores retos que plantea la enfermedad renal terminal. Es ampliamente reconocido que la FAVn, y más en concreto la radio-cefálica, constituye el AV ideal. Sin embargo, 1) unas tasas de fallo precoz de hasta el 23%⁷⁰, 2) una limitada permeabilidad primaria a medio plazo (del 60% al año y del 51% a los 2 años)⁷⁰ y 3) una falta de maduración en el 28-53%²² de los casos, dificultan que pueda disponerse de una FAVn funcionante y útil en el momento en que se necesita. La alternativa habitual a la FAV radio-cefálica es la FAV de codo, que muestra unas tasas de permeabilidad superiores, pero se asocia a mayores complicaciones y supone el abandono del antebrazo como localización del acceso de hemodiálisis. Raramente el primer AV acaba siendo una FAVn de recurso o una prótesis AV.

Tradicionalmente, la indicación del tipo de AV que va a realizarse se ha tomado en función de la anamnesis y la exploración física. No obstante, esta valoración puramente clínica puede no permitir una correcta evaluación del patrimonio venoso, sobre todo en caso de obesidad o antecedentes de punciones, ni del estado del eje arterial, que puede estar comprometido en pacientes diabéticos o con arteriopatía ocluyente en las extremidades inferiores⁷¹.

La práctica de una ED preoperatoria en los pacientes candidatos a un AV para HD podría mejorar la evaluación clínica simple. Su carácter incruento, su cada vez más extendida disponibilidad y la cantidad de información anatómica y hemodinámica que

aporta en manos expertas la han convertido en un método de diagnóstico vascular de importancia creciente en éste y otros territorios.

Sin embargo, a nivel científico continúa existiendo cierta controversia respecto a la utilidad de la valoración ecográfica rutinaria antes de la realización del acceso vascular. Ferring⁷² publicó en 2008 una revisión en la que concluye que la ED preoperatoria debe reservarse para determinados casos en los que exista dificultades para el examen clínico (obesos, ausencia de pulsos, cirugías previas), pacientes con posible enfermedad vascular periférica o con posibles lesiones venosas. Una revisión más reciente de la Cochrane⁷³ en 2015 también concluye que la evaluación instrumental preoperatoria no mejora los resultados de la FAV. Por el contrario, los meta-análisis realizados por Wong⁷⁴ en 2013 y Georgiadis⁷⁵ en 2015, basados en 3 y 5 ensayos clínicos respectivamente, sugieren un beneficio del uso rutinario de la ED en la exploración preoperatoria, con mejores tasas de permeabilidad a largo plazo. Desde hace algunos años, se recomienda la realización rutinaria de una ED en las guías clínicas de la KDOQI⁴⁵ y más recientemente de la ESVS³¹ y del GEMAV²⁸, aunque en este último caso con un grado de evidencia bajo. En la práctica clínica habitual, sin embargo, la ED no parece constituir por el momento una exploración con implantación generalizada. Son necesarios más estudios para determinar en qué medida la realización de una ED mejora la evaluación clínica estándar respecto al número de intervenciones por las que tiene que pasar un paciente para conseguir un AV funcional o al porcentaje de pacientes que pueden iniciar la HD con una FAVn lo más distal posible, entre otros objetivos.

La recomendación de realizar una ED preoperatoria ha condicionado no sólo cambios a nivel asistencial sino también, a menudo, la creación de una consulta

específica de AV. Ambos cambios podrían asociarse a un aumento del coste. Este, sin embargo, también podría quedar compensado por los beneficios clínicos directos, así como por la mejora de ciertos aspectos organizativos, como una disminución de los tiempos de espera, del número de pacientes que acceden a la HD con un catéter o una mejor planificación a largo plazo de los AV. Hasta la fecha existen pocos estudios que aborden la relación coste-efectividad de esta exploración y de los cambios organizativos a los que a menudo se asocia⁷⁶.

Por otra parte, del seguimiento de los pacientes con AV a largo plazo, la estenosis en el trayecto de las FAV constituye un problema muy incidente, que puede presentarse de forma significativa hasta en el 42% de las FAVn^{60,66}. Las estenosis venosas constituyen lesiones precursoras de la trombosis de la FAV. Las guías más recientes^{28,31} recomiendan la ED como exploración de imagen de primera elección para indicar el tratamiento electivo ante toda sospecha de estenosis significativa, ya que los vasos de las extremidades superiores son fácilmente accesibles mediante esta exploración y aporta, además, una valiosa información hemodinámica. Cuando estas estenosis se localizan en el trayecto de la vena, se recomienda el tratamiento mediante angioplastia transluminal percutánea bajo control fluoroscópico, por ser menos invasiva que la cirugía.

Este procedimiento, sin embargo, implica unas necesidades no despreciables de aparataje, exposición a radiación y contraste intravenoso que no son beneficiosas para el paciente. Teniendo en cuenta la accesibilidad anatómica de la lesión a tratar, parecería razonable que si la angioplastia pudiera realizarse exclusivamente de forma eco-guiada podrían obtenerse varios beneficios para el paciente. En primer lugar, la ausencia de exposición a rayos X, de especial interés en pacientes como éstos que a

menudo son sometidos a exploraciones radiológicas. En segundo lugar, la ausencia de exposición al contraste yodado, de particular interés en pacientes con AV disfuncionante que todavía no han entrado en programa de HD. Y, por último, la disponibilidad: el coste y los requerimientos logísticos para un procedimiento eco-guiado nada tienen que ver con los requeridos en la técnica angio-radiológica. Sin embargo, a pesar de las ventajas potenciales, la angioplastia eco-guiada de AV disfuncionantes constituye una rareza en la práctica habitual de nuestro entorno y son necesarios estudios de implementación para demostrar la seguridad y eficacia.

Esta tesis doctoral aborda la utilidad clínica de la ED preoperatoria a la realización de un acceso vascular en el artículo *“Utilidad de la valoración ecográfica previa a la realización del primer acceso vascular para hemodiálisis”*. Con posterioridad, se realizó un análisis de los costos asociados a la introducción de este programa de valoración ecográfica en el artículo *“Impacto de la introducción de una consulta específica con valoración eco-Doppler en el costo asociado a la obtención de un primer acceso vascular para hemodiálisis”*. Por último, también se analizó la eficacia y seguridad de la realización de angioplastias de FAVn disfuncionantes con ED en el artículo *“Angioplastia guiada mediante eco Doppler en el tratamiento de las estenosis de fístula arterio-venosa para hemodiálisis”*. También se han incluido de forma anexa los protocolos de exploración ecográfica de valoración previa y de seguimiento.

3. HIPÓTESIS Y OBJETIVOS

3.1 HIPÓTESIS DE TRABAJO

1. La introducción de un programa de valoración mediante ecografía-Doppler preoperatoria previa a la realización del acceso vascular:
 - a. Mejora la permeabilidad del mismo.
 - b. Aumenta el porcentaje de fístulas arterio-venosas nativas maduras y útiles
 - c. Incrementa el número de fístulas arterio-venosas radio-cefálicas.

2. La creación de una consulta de alta resolución con valoración clínica y ecográfica del acceso vascular:
 - a. Acorta el tiempo de demora para la intervención.
 - b. Disminuye el coste económico para lograr un acceso vascular útil.
 - c. Reduce la necesidad de reintervenciones, ingresos y catéteres.

3. La angioplastia de las estenosis de fístulas arterio-venosas guiada mediante ecografía-Doppler:
 - a. Es una técnica segura.
 - b. Se asocia a unas tasas de permeabilidad similares a las reportadas para la técnica estándar guiada radiológicamente.
 - c. Disminuye las necesidades de contraste y el tiempo de escopia radiológica.

3.2 OBJETIVOS

- 1- Determinar si la valoración mediante ecografía-Doppler previa a la realización del acceso vascular para hemodiálisis mejora, respecto a la valoración clínica tradicional:
 - a. La permeabilidad del acceso vascular.
 - b. El porcentaje de fístulas arterio-venosas nativas maduras y útiles para hemodiálisis.
 - c. El número de fístulas arterio-venosas radio-cefálicas como primer acceso para hemodiálisis.

- 2- Determinar los efectos de la implantación de una consulta de alta resolución con valoración ecográfica del acceso vascular sobre:
 - a. Los tiempos de demora.
 - b. Los costes económicos para obtener un primer acceso vascular útil.
 - c. La necesidad de reintervenciones, ingresos hospitalarios y catéteres.

- 3- Valorar si el tratamiento endovascular de las estenosis de fístulas arterio-venosas nativas guiado mediante ecografía-Doppler:
 - a. Es un procedimiento seguro.
 - b. Mejora la permeabilidad del acceso vascular.
 - c. Permite simplificar la logística y reducir riesgos para el paciente.

4- METODOLOGÍA

4. METODOLOGÍA

4.1 DISEÑO

Los estudios *“Utilidad de la valoración ecográfica previa a la realización del primer acceso vascular para hemodiálisis”* e *“Impacto de la introducción de una consulta específica con valoración eco-Doppler en el costo asociado a la obtención de un primer acceso vascular para hemodiálisis”* se basaron en la comparación de dos cohortes en un único centro, una prospectiva y otra histórica retrospectiva.

El estudio *“Angioplastia guiada mediante eco-Doppler en el tratamiento de las estenosis de fístula arteriovenosa para hemodiálisis”* se basó en la comparación de dos cohortes prospectivas en un único centro.

4.2 PACIENTES

En los estudios *“Utilidad de la valoración ecográfica previa a la realización del primer acceso vascular para hemodiálisis”* e *“Impacto de la introducción de una consulta específica con valoración eco-Doppler en el costo asociado a la obtención de un primer acceso vascular para hemodiálisis”* el grupo intervención fue una cohorte prospectiva de pacientes consecutivos a los que se realizó un primer AV para HD entre junio de 2014 y julio de 2017 (grupo ECO) en el Servicio de Angiología y Cirugía Vascular del Hospital del Mar (Barcelona). Todos estos pacientes fueron evaluados

preoperatoriamente de forma clínica y mediante ED. Como grupo control (grupo CLN) se analizó de forma retrospectiva la cohorte de pacientes consecutivos a los que se realizó un primer AV para HD entre enero de 2012 y mayo de 2014 en el mismo centro, evaluados de forma exclusivamente clínica en el preoperatorio. En todos ellos se recogieron variables demográficas (edad, sexo), antecedentes clínicos (diabetes mellitus, índice de masa corporal) y datos nefrológicos (HD activa o prediálisis, CVC previos). La exploración física incluyó los pulsos en extremidades superiores, maniobra de Allen, presencia de cicatrices, edema o circulación colateral y exploración clínica de capital venoso con compresión proximal mediante smarch. En ambos grupos, la decisión del tipo de AV a realizar la tomaron cirujanos vasculares experimentados, en el grupo CLN solo con valoración clínica y en el grupo ECO en función de la ED preoperatoria. Todos los pacientes firmaron el consentimiento informado para las intervenciones practicadas.

El estudio "***Angioplastia guiada mediante eco-Doppler en el tratamiento de las estenosis de fístula arteriovenosa para hemodiálisis***" se basó en una cohorte prospectiva de pacientes a los que se realizó una angioplastia de FAV nativa guiada mediante ED (Grupo ECO) entre febrero de 2015 y septiembre de 2018. Se descartaron las angioplastias en accesos protésicos y venas centrales. Se recogieron también los datos de la cohorte de pacientes a los que se les realizó la técnica exclusivamente mediante angiografía (Grupo RX) en el mismo periodo como grupo control para comparar la seguridad y la eficacia. En todos los casos se recogieron variables demográficas (edad, sexo), antecedentes clínicos (diabetes mellitus, hipertensión

arterial), datos nefrológicos (HD activa o pre-diálisis, grado de urgencia) y características de la FAV: tipo de FAV (radio-cefálica, húmero-cefálica o húmero-basílica), lateralidad, fecha de realización y localización de la estenosis (yuxta-anastomótica o en el trayecto de la vena). El diagnóstico de estenosis y la decisión del tipo de intervención se realizaron a partir de la valoración clínica y la ED preoperatoria. La exploración se realizó mediante un transductor lineal de 7-11 MHz y equipo Logiq S7 Expert (General Electric Healthcare, Chicago-Estados Unidos). El protocolo de exploración ED de seguimiento del AV se detalla en el **Anexo 4**. La asignación de los pacientes a uno u otro grupo la realizó el cirujano en función del tipo de lesión, de su visualización mediante ED y de la disponibilidad de equipo de ecografía en el quirófano. Se obtuvo consentimiento informado para la intervención de todos los pacientes.

4.3 MÉTODOS

En el estudio "*Utilidad de la valoración ecográfica previa a la realización del primer acceso vascular para hemodiálisis*" a los pacientes del grupo ECO se les realizó una valoración ecográfica por un único explorador, mediante un transductor lineal de 7-11 MHz y equipo Logiq S7 Expert (General Electric Healthcare, Chicago-Estados Unidos). El protocolo de exploración ED previa a la realización del AV se detalla en el **Anexo 4**.

Las intervenciones quirúrgicas fueron realizadas por cirujanos vasculares experimentados. Las FAV radio-cefálicas se realizaron de forma latero-terminal entre arteria radial y vena cefálica en el canal del carpo. Las FAV de codo se realizaron preferentemente de forma latero-lateral entre la arteria humeral y la vena mediana

basílica o de forma latero-terminal entre la arteria humeral y la vena perforante del codo. Las FAVp se realizaron entre la arteria humeral y la vena basílica proximal o entre la arteria y vena femoral superficial en el muslo.

La primera visita de seguimiento se efectuó por cirujanos vasculares dentro de las dos semanas posteriores a la cirugía. Posteriormente los controles se realizaron por parte del Servicio de Nefrología cada 3-4 meses en el estadio 4 (FG entre 30-15) y cada 1-2 meses en el estadio 5 (FG < 15), valorando una enfermera de hemodiálisis el grado de desarrollo y posibilidades de punción del AV. Los pacientes en los que se detectó falta de maduración o problemas de funcionamiento fueron valorados de nuevo ecográficamente por el Servicio de Cirugía Vascular, mediante un transductor lineal de 7-11 MHz y equipo Logiq S7 Expert (General Electric Healthcare, Chicago-Estados Unidos). El protocolo de exploración ED de seguimiento del AV se detalla en el **Anexo 4**.

Durante el seguimiento se registró: 1) la permeabilidad primaria, definida como el período transcurrido desde la creación de la FAV hasta la primera intervención (endovascular o quirúrgica) para mantener el flujo sanguíneo o bien hasta el primer episodio de trombosis o hasta la finalización del seguimiento (muerte, cambio de TRS – diálisis peritoneal, trasplante renal– o finalización del período de estudio); 2) la permeabilidad asistida primaria, definida como el período transcurrido desde la creación de la FAV hasta el primer episodio de trombosis o hasta la finalización del seguimiento, con independencia de que el acceso hubiera sido sometido a reparación para prevenir una complicación; 3) la utilidad para HD, definida por la punción exitosa dando correctos flujos al dializador o que fuera considerado puncionable por una enfermera de HD experimentada o ecográficamente siguiendo la ‘Regla de los 6’

(diámetro de vena > 6 mm, profundidad < 6 mm, flujo > 600 ml/min); 4) el número de reintervenciones; y 5) la necesidad de nuevos AV.

En el estudio ***“Impacto de la introducción de una consulta específica con valoración eco-Doppler en el costo asociado a la obtención de un primer acceso vascular para hemodiálisis”*** la valoración preoperatoria, las intervenciones y las visitas de seguimiento fueron las descritas en el estudio anterior. Durante el seguimiento se registró: a) la utilidad para HD, definida por la punción exitosa dando correctos flujos al dializador, sin complicaciones, durante un periodo mínimo de 1 mes; b) el número de valoraciones clínicas y ecográficas por parte del cirujano vascular necesarias por disfunción del AV; c) el número de re-intervenciones para mantener la permeabilidad asistida y utilidad; d) la necesidad de nuevos AV; y e) el acceso vascular maduro a través del cual se inició HD.

Se consideró como primer AV útil aquel que permitió las sesiones de HD sin complicaciones durante un periodo mínimo de 1 mes. En los pacientes que no se llegó a emplear el AV se consideró como final de seguimiento el éxito o cambio de método de TRS (trasplante o diálisis peritoneal). Se solicitó al Departamento de Economía y Finanzas de nuestro centro las tarifas de facturación de los diferentes actos asistenciales implicados en la realización y seguimiento del AV: a) las visitas de valoración clínica y ecográfica previas a la intervención; b) la intervención quirúrgica de creación del AV (incluyendo, si se requirieron, los gastos de ingreso o material protésico); c) las visitas de valoración clínica o ecográfica por parte de Cirugía Vascular durante el seguimiento; d) las intervenciones adicionales quirúrgicas o endovasculares para mantener la

permeabilidad asistida y la utilidad del AV; e) las intervenciones quirúrgicas de nuevos AV (incluyendo, si se requirieron, los gastos de ingreso o material protésico); y e) el uso de catéteres venosos centrales (CVC).

En el estudio ***“Angioplastia guiada mediante eco-Doppler en el tratamiento de las estenosis de fístula arteriovenosa para hemodiálisis”*** el procedimiento endovascular se realizó de forma ambulatoria y bajo anestesia local. Se empleó introductor de 5F, guía hidrofílica de 0,035” y balones de angioplastia simple Oceanus (iVascular, Barcelona-España) o Advance (Cook Medical, Bloomington-Estados Unidos), con presiones de inflado de hasta 22 atm. En los casos realizados de forma eco-guiada, la técnica de punción, la cateterización de la lesión, la toma de medidas, la colocación del balón y la angioplastia se realizaron mediante ED, con un transductor lineal de 6-15 MHz y equipo SII (Sonosite, Washington-Estados Unidos). Se realizó una fistulografía previa con contraste iodado (una vez cateterizada la lesión) y otra posterior a la angioplastia, como confirmación de la resolución de la estenosis y comprobación final. Se consideró éxito técnico la resolución de la lesión o una estenosis residual < 30%. Se recogieron los tiempos de intervención y la dosis de contraste iodado empleada.

Los controles después del procedimiento se realizaron de forma clínica y hemodinámica durante las sesiones de HD por parte de nefrología. Aquellos pacientes en los que se detectaron FAV disfuncionantes durante el seguimiento fueron derivados de nuevo para valoración ecográfica por parte del cirujano vascular, mediante un transductor lineal de 7-11 MHz y equipo Logiq S7 Expert (General Electric Healthcare,

Student o U de Mann Whitney para las variables cuantitativas (dependiendo de si se ajustaban o no a la normalidad) y la Chi Cuadrado para las cualitativas.

El análisis de permeabilidad de las técnicas se realizó mediante curvas de supervivencia Kaplan-Meier y su comparación mediante las pruebas Log-Rank y Breslow. En el estudio ***“Utilidad de la valoración ecográfica previa a la realización del primer acceso vascular para hemodiálisis”*** se realizó un análisis adicional de permeabilidad estratificado por edad, tomando como punto de corte una edad superior o igual a 65 años, por tratarse de un valor intermedio a la edad media de ambos grupos.

La asociación entre los factores de riesgo y la permeabilidad o la necesidad de nuevos accesos de hemodiálisis se estudió mediante una regresión de Cox. Se utilizó el procedimiento *backward* a partir de un modelo con todas las variables significativas en el análisis bivariado para obtener las variables del modelo predictivo final.

La comparación de características clínicas y el costo entre los grupos de pacientes se realizó mediante la prueba de la U de Mann-Whitney.

El análisis estadístico fue realizado mediante el programa SPSS versión 22. Se consideró estadísticamente significativo un valor de p inferior a 0.05.

5- RESULTADOS

5. RESULTADOS:

5.1 RESULTADOS OBJETIVO 1:

“Utilidad de la valoración ecográfica previa a la realización del primer acceso vascular para hemodiálisis”.

De los 113 pacientes del grupo ECO se excluyeron 12 casos a quienes no se pudo realizar la ecografía preoperatoria (al intervenir en periodos de ausencia del explorador ecográfico) y 9 pacientes en los que nuevos eventos clínicos desaconsejaron la recomendación de la ED para la elección del primer AV (4 fueron FAV en las que hubo un cambio de lateralidad pero no de nivel a causa de que las venas indicadas habían sido lesionadas por punciones; 4 fueron FAV que se realizaron en un nivel proximal, en pacientes que requerían un AV de forma preferente y el cirujano consideró que implicaría una maduración más rápida, y una se realizó más distal sin una causa descrita). Por consiguiente, el grupo ECO incluyó finalmente 92 pacientes, mientras que en el grupo CLN se incluyeron 86.

En cuanto a las características basales de los pacientes intervenidos, los pacientes del grupo ECO fueron más jóvenes que los del grupo CLN. En la **Tabla 4** se describen las características de ambos grupos de pacientes.

Tabla 4: Características basales de los pacientes sometidos a un primer acceso vascular quirúrgico para hemodiálisis, indicado tras valoración clínica aislada (CLN) o tras eco-Doppler preoperatorio (ECO)

	Grupo CLN (n = 86)	Grupo ECO (n = 92)	p
Edad ^a	68,4 (13,2)	64,0 (13,6)	p = 0,038
Sexo, varones	52 (61%)	58 (63%)	ns
Hipertensión arterial	79 (92%)	85 (92%)	ns
Diabetes mellitus	54 (63%)	51 (55%)	ns
Insuficiencia cardíaca	25 (29%)	25 (27%)	ns
Cardiopatía isquémica	20 (23%)	18 (20%)	ns
Filtrado glomerular (ml/min/1,73 m ²) ^a	15,9 (4,6)	14,5 (4,0)	ns
Prediálisis	69 (81%)	71 (77%)	ns
Índice de masa corporal ^a	30,2 (5,5)	28,5 (7,1)	ns

^a Media (desviación estándar).
ns: no significativo.

El tipo de AV inicialmente realizado en cada uno de los grupos se describe en la

Tabla 5. No hubo diferencias estadísticamente significativas entre ellos. El AV se realizó en el brazo izquierdo en el 64% en el grupo CLN y en el 68,5% en el grupo ECO.

Tabla 5: Localización del primer acceso vascular en la intervención inicial (FAV inicial) y del primer AV útil o maduro (FAV madura), indicado tras valoración clínica aislada (CLN) o tras eco-Doppler preoperatorio (ECO), en porcentaje.

	FAV inicial			FAV madura		
	CLN	ECO	p	CLN	ECO	p
FAV RAD-CEF	46,5%	53,3%	ns	31,0%	45,1%	0,039
FAV HUM-CEF	45,3%	40,2%	ns	51,2%	47,3%	ns
FAV HUM-BAS SUPERF	5,8%	2,3%	ns	7,1%	3,3%	ns
Prótesis	2,3%	3,3%	ns	9,5%	4,4%	ns

FAV: fístula arteriovenosa; HUM-BAS SUPERF: humerobasílica superficializada; HUM-CEF: humerocefálica; ns: no significativo; RAD-CEF: radiocefálica.

La permeabilidad inmediata a 30 días de las FAV realizadas fue de 97,8% en el grupo ECO y de 88,4% en el grupo CLN, y atendiendo a la localización del 89.9% en las FAV radio-cefálicas y del 96% en las de codo. Presentaron complicaciones inmediatas 21 pacientes del grupo CLN (24,4%): 10 trombosis inmediatas, 3 hematomas leves, 5

infección leves, 2 isquemia por robo leve y una trombosis venosa profunda de extremidad inferior. En 8 intervenciones se realizó una exploración quirúrgica previa de la vena de carpo, descartándose la misma y realizándose el AV más proximal. En el grupo ECO presentaron complicaciones inmediatas 11 pacientes (12%): 2 trombosis inmediatas, 2 hematomas (uno requirió revisión quirúrgica), 5 infecciones leves de herida, una isquemia por robo leve y un edema persistente de extremidad. La tasa de complicaciones inmediatas fue menor en el grupo ECO ($p = 0,024$).

El seguimiento medio fue de 1.277 días en el grupo CLN y 556 días en el grupo ECO. La permeabilidad primaria en el grupo CLN fue a 1 mes, 6 meses, 1 año y 2 años del 89,5, del 67,6, del 59,5 y del 53,1% respectivamente, mientras en el grupo ECO fue del 97,8, del 81,6, del 71,9 y del 57,8%. Estas diferencias fueron marginalmente significativas, con mejores tasas de permeabilidad para el grupo ECO ($p = 0,057$) (**Figura 10**).

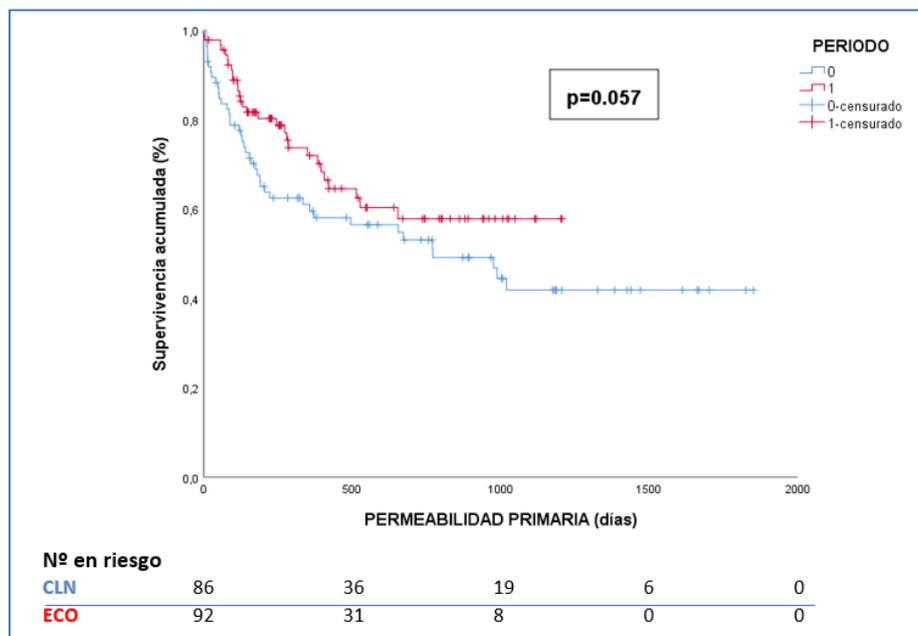


Figura 10: Permeabilidad primaria del primer acceso vascular, indicado tras valoración clínica aislada (CLN, en azul) o tras eco-Doppler preoperatorio (ECO, en rojo).

Durante el seguimiento, y para mantener el funcionamiento del AV, se requirieron 7 intervenciones adicionales en el grupo CLN (4 superficializaciones diferidas, 2 angioplastias simples y una ligadura de colaterales) y 13 en el ECO (9 angioplastias simples, 2 superficializaciones diferidas y 2 trombectomías segmentarias). Las tasas de permeabilidad asistida en el grupo CLN fueron a 1 mes, 6 meses, 1 año y 2 años del 89,5, del 70,0, del 63,2 y del 58,1%, mientras en el grupo ECO fueron del 97,8, del 88,4, del 80,7 y del 70,2%. Estas diferencias fueron estadísticamente significativas ($p = 0,010$), con mejores tasas de permeabilidad para el grupo ECO (**Figura 11**).

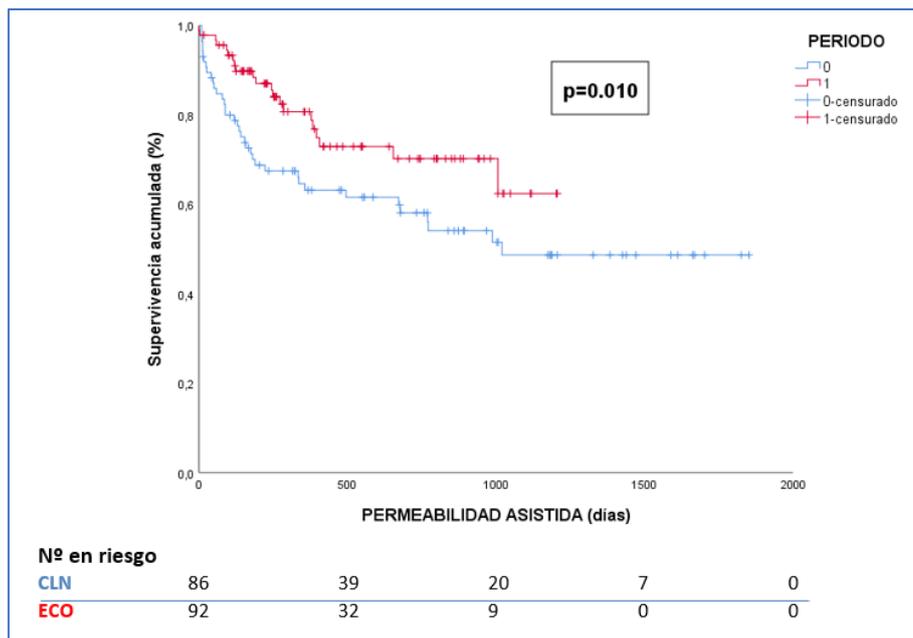


Figura 11: Permeabilidad asistida primaria del primer acceso vascular, indicado tras valoración clínica aislada (CLN, en azul) o tras eco-Doppler preoperatorio (ECO, en rojo).

Para intentar limitar el sesgo de la diferencia de edad entre los grupos se repitió el análisis de permeabilidad estratificando para una edad inferior/superior a 65 años, por tratarse de un valor intermedio a la edad media de ambos grupos. En la

permeabilidad primaria se detectaron diferencias significativas en los pacientes <65 años ($p = 0,049$), mientras que en los mayores de 65 años no se demostraron estadísticamente diferencias ($p = 0,209$). En cuanto a la permeabilidad asistida, se mantenían las diferencias entre grupos tanto en menores de 65 años ($p = 0,047$) como en mayores de 65 años ($p = 0,042$).

Requirieron un nuevo AV durante los primeros 6 meses tras la intervención, por trombosis o por acceso no útil, el 26,7% de los pacientes en el grupo CLN y el 7,6% en el ECO ($p < 0,001$). Se realizaron una media de 1,39 intervenciones hasta conseguir un AV útil en el grupo CLN y de 1,08 en el ECO ($p < 0,001$). A consecuencia de estas intervenciones, el primer AV útil para HD fue significativamente más distal en el grupo ECO que en el grupo CLN ($p < 0,001$) (**Tabla 5**). Ninguna de las variables clínicas valoradas influyó en los resultados de permeabilidad ni en la necesidad de nuevos AV, en el análisis multivariable.

Se revisó la evolución de los pacientes descartados del estudio, obteniendo una permeabilidad primaria al año del 54% y asistida del 57%. Se repitió el análisis de permeabilidad por intención de tratamiento, incluyendo los excluidos en el grupo ECO, y se obtuvo en global una permeabilidad primaria a 1 y 2 años del 68,9 y del 56%, y una asistida del 76,4 y del 68%. Estos resultados, en comparación con los obtenidos en el grupo CLN, no alcanzaron la significación en la permeabilidad primaria ($p = 0,19$) pero sí fueron estadísticamente diferentes en cuanto a la permeabilidad asistida ($p = 0,045$), tal y como ya sucedía en el análisis original.

5.2 RESULTADOS OBJETIVO 2:

“Impacto de la introducción de una consulta específica con valoración eco-Doppler en el costo asociado a la obtención de un primer acceso vascular para hemodiálisis”.

En el grupo ECO se incluyeron 92 pacientes mientras que en el grupo CLN 86. No existieron diferencias estadísticamente significativas en las características basales de ambos grupos excepto en la edad que fue inferior en el grupo ECO, como se muestra en la **Tabla 6**. El seguimiento medio fue de 1755.41 días en el grupo CLN (mínimo 31/máximo 3007) y de 1163.85 días en el grupo ECO (mínimo 16/máximo 2106).

Tabla 6: Características basales de los pacientes sometidos a un primer acceso vascular quirúrgico para hemodiálisis, indicado tras valoración clínica aislada (CLN) o tras eco-Doppler preoperatorio (ECO).

	Grupo CLN (n=86)	Grupo ECO (n=92)	p
Edad*	68,4 (13.2)	64,0 (13.6)	0,038
Sexo (varones)	52 (61%)	58 (63%)	ns
Hipertensión Arterial	79 (92%)	85 (92%)	ns
Diabetes Mellitus	54 (63%)	51 (55%)	ns
Insuficiencia Cardíaca	25 (29%)	25 (27%)	ns
Cardiopatía Isquémica	20 (23%)	18 (20%)	ns
Filtrado Glomerular por MDRD (mL/min/1.73m2)*	15,9 (4,6)	14,5 (4,0)	ns
Predialisis	69 (81%)	71 (77%)	ns
Índice de Masa Corporal (IMC)*	30,1 (5,5)	28,5 (7,1)	ns

* Media (desviación estándar)

ns = no significativo

El tiempo de demora entre la solicitud del AV por parte de Nefrología y la realización del AV fue de 82.9 días (DE=81.4) para el grupo CLN y 49.9 días (DE=44.9) para el grupo ECO, siendo la diferencia estadísticamente significativa ($p=0.002$).

Un 70.9% de los pacientes del grupo CLN y un 80.4% de los pacientes del grupo ECO realizaron finalmente HD. Los casos que no llegaron a dializarse en el grupo CLN/ECO fue por éxitus (17.4%/10.9% respectivamente), cambio de tipo de TRS (7.0%/2.2%) o permanecer en pre-diálisis hasta el final del seguimiento (4.7%/6.5%).

Requirieron un nuevo AV sucesivo, por trombosis o por no ser puncionable, un 36% de los pacientes en el grupo CLN y un 17.4% en el ECO ($p=0.023$), indicándose el número de intervenciones realizadas en la **Tabla 7**. El número medio de intervenciones para lograr un AV útil para HD durante como mínimo 1 mes sin complicaciones fue de 1.47 en el grupo CLN y de 1.19 en el grupo ECO ($p<0.001$).

Tabla 7: Número de intervenciones realizadas para lograr un AV útil para HD durante como mínimo 1 mes sin complicaciones, indicado tras valoración clínica aislada (CLN) o tras eco-Doppler preoperatorio (ECO).

	Grupo CLN (n=86)	Grupo ECO (n=92)
1	55 (64%)	76 (82.6%)
2	22 (25.6%)	14 (15.2%)
3	8 (9.3%)	2 (2.2%)
4	1 (1.2%)	0 (0%)

Durante el seguimiento, y para mantener el funcionamiento del AV inicial o de los sucesivos antes de iniciar su punción para HD, se realizaron 14 intervenciones adicionales en el grupo CLN (6 superficializaciones, 3 ligaduras completas, 2 ligadura de colaterales, 1 corrección de pseudoaneurisma, 1 trombectomía y 1 angioplastia) y 11 en

el grupo ECO (5 angioplastias, 3 ligaduras de colaterales, 1 trombectomía, 1 superficialización y 1 ligadura completa).

Por fracaso o falta de maduración de los AV requirieron la implantación de un CVC 7 pacientes (11.5%) en el grupo CLN y 2 (2.7%) en el grupo ECO ($p=0.04$), sin contabilizar los casos que ya habían iniciado HD a través de un CVC de forma previa a la realización del AV.

En base a las tarifas de facturación de los diferentes actos asistenciales, se realizó un cálculo del coste hasta lograr un AV útil para ser puncionado para HD durante como mínimo 1 mes sin complicaciones, o hasta final de seguimiento en los que no se llegaron a dializar. Los costes medios de cada acto asistencial para cada uno de los grupos se recogen en la **Tabla 8**. El coste total medio en los pacientes del grupo ECO fue significativamente inferior al registrado para los del grupo CLN (2707€ vs 3347€, $p=0.024$). A pesar de que los pacientes del grupo ECO tuvieron un coste mayor en ecografías preoperatorias o de seguimiento, el grupo CLN tuvo un costo superior respecto a consultas de seguimiento, intervenciones quirúrgicas sucesivas, material protésico y días de ingreso. Estas diferencias se mantuvieron incluso si se analizaban solamente los pacientes que finalmente entraron en hemodiálisis.

Respecto a otros factores asociados al coste, la obesidad ($IMC>30$) implicó un mayor coste en el global de los pacientes ($p=0.037$) y en el grupo CLN ($p=0.042$), pero no dentro del grupo ECO ($p=0.342$). El resto de factores no resultaron significativos.

Tabla 8: Coste medio de los diferentes actos asistenciales para lograr un AV útil durante como mínimo de 1 mes: a) en el global de los pacientes; y b) sólo en los pacientes que se han llegado a emplear el AV para realizar hemodiálisis. Indicado tras valoración clínica aislada (CLN) o tras eco-Doppler preoperatorio (ECO), en Euros.

	PRECIO UNITARIO	COSTE FAV ÚTIL, TODOS LOS PACIENTES			COSTE FAV ÚTIL, SÓLO DIALIZADOS		
		Grupo CLN (n=86)	Grupo ECO (n=92)	p	Grupo CLN (n=60)	Grupo ECO (n=75)	p
Consulta Previa	173,57€	173,57€	173,57€	ns	173,57€	173,57€	ns
Ecografía Previa	172,40€	0€	172,40€	<0.001	0€	172,40€	<0.001
Intervención AV inicial	1344,23€	1344,23€	1344,23€	ns	1344,23€	1344,23€	ns
Consulta Seguimiento	81,20€	169,95€	111,21€	0.001	165,11€	109,35€	0.001
Ecografía Seguimiento	172,40€	52,12€	108,69€	0.016	51,72€	114,93€	0.025
Intervención AV Sucesivo	1344,23€	640,85€	265,89€	0.004	537,69€	326,97€	ns
Intervención Adicional	1344,23€	312,61€	321,44€	ns	358,46€	358,46€	ns
Material Protésico	PTFE 625,25€	94,51€	33,98€	ns	72,95€	41,68€	ns
	CVC 494,24€	45,97€	10,74€	0.069	57,66€	13,18€	0.072
Días Ingreso	367,97€	513,44€	167,98€	0.008	533,56€	152,09€	0.020
Total		3347,28€	2707,26€	0.024	3294,94€	2802,51€	0.027

AV (Acceso Vascular); PTFE (Prótesis Vascular: tubo de politetrafluoroetileno); CVC (Catéter Venoso Central); ns (no significativo)

5.3 RESULTADOS OBJETIVO 3:

“Angioplastia guiada mediante eco-Doppler en el tratamiento de las estenosis de fístula arterio-venosa para hemodiálisis”.

De las 51 angioplastias realizadas sobre FAV nativa, entre febrero de 2015 y septiembre de 2018, 27 fueron guiadas mediante ED (Grupo ECO): 21 fueron primeras intervenciones y 6 re-estenosis. Las 24 angioplastias restantes fueron realizadas exclusivamente mediante control angiográfico (Grupo RX).

Las características basales de los pacientes intervenidos mediante control ecográfico se describen en la **Tabla 9**, sin que existan diferencias significativas en relación con aquellos intervenidos únicamente con control angiográfico.

Tabla 9: Características basales de los pacientes.

	Grupo ECO (n = 27)	Grupo RX (n = 24)	p
Edad*	65,3 (14,7)*	71,4 (13,7)*	0,309
Sexo (varones)	17 (63%)	14 (58%)	0,453
Hipertensión Arterial	19 (79%)	22 (91%)	0,283
Diabetes mellitus	14 (52%)	13 (54%)	0,618
Prediálisis	3 (11%)	5 (21%)	0,139

*Media (desviación estándar).

El tipo de AV sobre el que se intervino en el Grupo ECO fueron 8 FAV radiocefálicas (30%), 16 húmero- mediana/cefálica (59%) y 3 húmero-basílica (11%); el

brazo derecho fue de un 59%. La localización de la lesión fue yuxta-anastomótica en 16 casos (59%) y en el trayecto de la vena, en 11 (41%). No se observaron diferencias significativas en relación con aquellos intervenidos únicamente con control angiográfico.

En cuanto a la dosis administrada de contraste iodado, en el Grupo ECO se utilizó una media de 23 ml (DE = 7,888), mientras que en el Grupo RX fue de 42 ml (DE = 19,497), una diferencia estadísticamente significativa ($p < 0,001$). El tiempo medio de intervención en el Grupo ECO fue de 51 minutos (DE = 21,975), y en el Grupo RX, de 57 (DE = 41,369), sin que estas diferencias sean significativas ($p = 0,5015$).

En cuanto a los resultados inmediatos de las angioplastias eco-guiadas, el éxito técnico fue del 96% (en un paciente con doble estenosis solo se logró canalizar una). En 7 casos (26%) se repitió la angioplastia con un balón de mayor calibre al objetivarse una imagen de estenosis residual en la comprobación angiográfica.

El diámetro medio del balón utilizado fue de 5,13 mm. El 92% de las FAV pudieron puncionarse para HD el mismo día o a las 24 h, 1 se demoró a los 8 días y 1 caso no se puncionó de forma inmediata al no estar todavía el paciente en programa de HD.

Dos pacientes (7,4%) presentaron complicaciones inmediatas: 1 ruptura del vaso en el que se estaba realizando la angioplastia, que se corrigió mediante la implantación de un stent cubierto (Viabhan, 5 × 50 mm) y 1 hematoma en el sitio de punción que se resolvió de forma conservadora. En ambos casos se mantuvo la permeabilidad del acceso.

La media del caudal de la FAV (Qa) medido en la ED previa fue de 433 ml/min (DE = 150), que se incrementó de forma estadísticamente significativa a 1154 ml/min (DE = 610) tras la intervención ($p = 0,017$).

El seguimiento medio fue de 392 días. La permeabilidad primaria a 1 mes, a 6 meses y a 1 año fue del 100%, del 64,8% y del 43,6%, respectivamente (**Figura 12**).

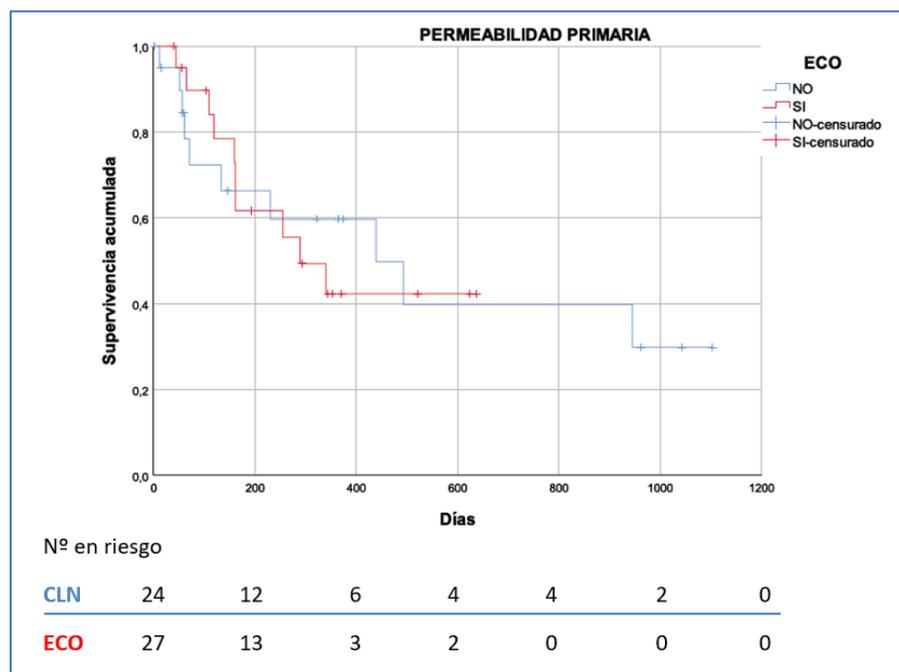


Figura 12: Permeabilidad primaria de la angioplastia guiada mediante eco-Doppler (en rojo) o mediante angiografía (en azul).

Durante el seguimiento, para mantener el funcionamiento del AV, 9 pacientes (33%) requirieron intervenciones adicionales: 7 angioplastias de restenosis de la lesión (en un caso por 2 ocasiones), 1 interposición de PTFE en zona estenótica y 1 superficialización de vena basílica. Como consecuencia de estas, las tasas de permeabilidad asistida fueron a 1 mes, 6 meses y 1 año del 100%, del 87,2% y del 74,8% (**Figura 13**).

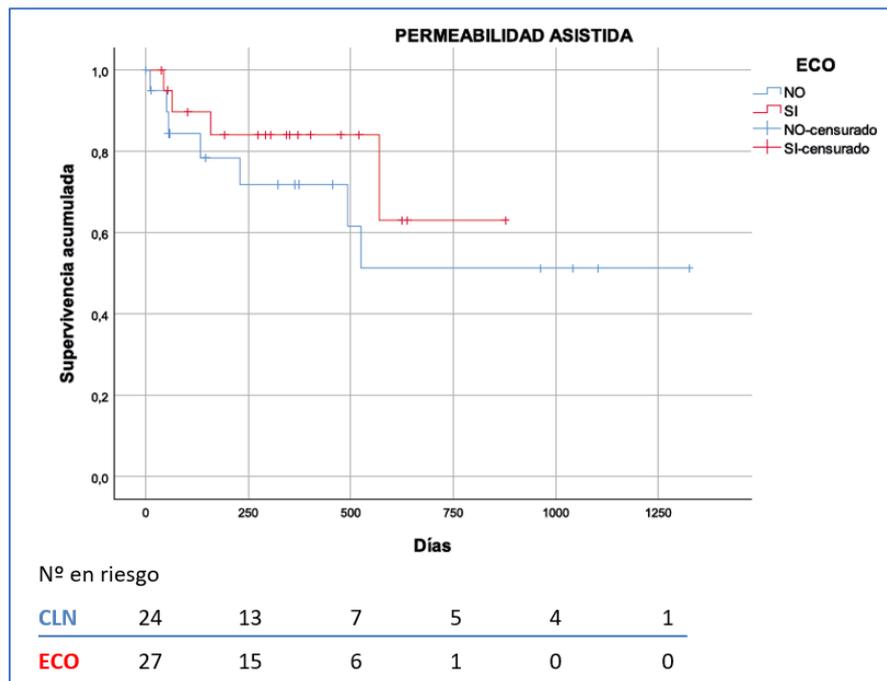


Figura 13: Permeabilidad asistida de la angioplastia guiada mediante eco-Doppler (en rojo) o mediante angiografía (en azul).

Requirieron un nuevo AV durante los primeros 6 meses tras la intervención, por trombosis o por acceso no útil, 3 pacientes (11%). Se realizaron 2 reanastomosis de la FAV proximales a la lesión tratada y 1 una prótesis AV.

Ninguna de las variables clínicas valoradas influyó en los resultados de permeabilidad en el análisis multivariable de regresión de Cox.

En cuanto a los resultados de las 24 angioplastias de FAV nativa realizadas exclusivamente mediante control angiográfico (Grupo RX), las tasas de permeabilidad primaria a 1 mes, 6 meses y 1 año fueron del 95,0%, 66,3% y 59,7%, respectivamente; y la permeabilidad asistida del 95,0%, 78,4% y 71,9%, respectivamente, sin que existieran diferencias significativas respecto al grupo de angioplastias eco-guiadas. Tampoco existieron diferencias en cuanto a la tasa de complicaciones intraoperatorias (9,7%).

6-DISCUSIÓN

6. DISCUSIÓN:

6.1 DISCUSIÓN OBJETIVO 1:

“Utilidad de la valoración ecográfica previa a la realización del primer acceso vascular para hemodiálisis”.

Disponer de un AV adecuado al inicio de la HD supone todo un reto y más teniendo en cuenta que el AV recomendado debería ser una FAVn. En la literatura se describen unas tasas de fallo precoz del 23%, una limitada permeabilidad primaria (60% al año y del 51% a los 2 años)⁷⁰ y una falta de maduración del 28-53%²², que pueden hacer fracasar muchas de las FAVn realizadas. Estas cifras son semejantes a las observadas en nuestra cohorte histórica de control. Por lo tanto, introducir un cambio que pudiera mejorar el pronóstico de la técnica supondría un gran avance.

Este cambio podría ser la evaluación mediante ED de forma previa a la intervención quirúrgica. Sin embargo, a nivel científico continúa existiendo controversia. Ferring⁷² publicó en 2008 una revisión en la que concluye que la ED preoperatoria debe reservarse para determinados casos en los que exista dificultades para el examen clínico (obesos, ausencia de pulsos, cirugías previas), pacientes con posible enfermedad vascular periférica o con posibles lesiones venosas. Una revisión más reciente de la Cochrane⁷³ en 2015 también concluye que la evaluación instrumental preoperatoria no

mejora los resultados de la FAV. Por el contrario, los metanálisis realizados por Wong⁷⁴ en 2013 y Georgiadis⁷⁵ en 2015, basados en 3 y 5 ensayos clínicos respectivamente, sugieren un beneficio del uso de la ED de forma rutinaria en la exploración preoperatoria, con mejores tasas de permeabilidad a largo plazo. En nuestro estudio hemos observado cómo ha mejorado la permeabilidad del acceso, ha disminuido el número de intervenciones necesarias para conseguir un AV maduro y se ha logrado una mayor proporción de accesos distales, sin encontrar relación entre estos beneficios clínicos y una característica clínica concreta. Por este motivo creemos que la introducción sistemática de la valoración ecográfica preoperatoria en todos los pacientes a los que se va a realizar un primer AV para HD está justificada.

Los pacientes incluidos en nuestro estudio tienen unas características similares en los dos grupos, a excepción de una media de edad más avanzada en el grupo CLN. Entre los factores de riesgo reconocidos^{77,78}, la edad avanzada es uno de los que pueden implicar un peor pronóstico de los AV⁷⁹, sobre todo en las FAVn más distales. La diferencia hallada entre los dos grupos analizados (68.4 vs 64 años), podría tener cierta influencia a la hora de explicar un peor resultado del grupo CLN. Por este motivo realizamos un nuevo análisis de la permeabilidad estratificando por edad, corroborando que, independientemente de la diferencia de edad entre los grupos de estudio, la valoración ecográfica influye en la permeabilidad, ya que se mantienen los resultados significativos en la Permeabilidad Asistida y se alcanza la significación estadística en la Permeabilidad Primaria del subgrupo <65 años. Otros factores como la diabetes o el sexo femenino, que se han relacionado con un peor pronóstico del AV, no fueron

significativos en el análisis multivariable, aunque no puede descartarse que con un mayor número de pacientes pudieran apreciarse efectos sinérgicos entre ellos.

La mejora observada en la permeabilidad primaria y asistida es clínicamente relevante, aunque en el caso de la segunda ha sido a costa de un incremento del intervencionismo endovascular. En este punto, probablemente, la valoración mediante ED también ha jugado un papel relevante ya que, durante los últimos años, en los pacientes en los que el nefrólogo ha observado una disfunción hemodinámica o falta de maduración durante el seguimiento, se ha utilizado como herramienta diagnóstica para detectar de forma precoz lesiones estenóticas susceptibles de corrección, mejorando así la supervivencia a largo plazo del AV^{56, 58}.

Pero el resultado más destacable es la disminución de la necesidad de realizar nuevos AV, con un 30% menos de reintervenciones y logrando aumentar de forma significativa el número de accesos radio-cefálicos distales funcionantes y útiles para poder ser puncionados (diferencia que ya se observaba tras la primera intervención, pero de forma no significativa). Estos resultados son concordantes con los de otros estudios en los que se observa que, gracias a la valoración ecográfica preoperatoria, se logra evitar exploraciones quirúrgicas innecesarias, reducir la tasa de fracaso inmediato de los AV de forma significativa⁴⁹ o una mayor proporción de FAV nativas^{74, 75}, sobre todo donde existía una cultura previa de realización de AV protésicos o de mayor implantación de catéteres. Pero también se ha descrito un incremento de FAV distales radio-cefálicas con respecto a las de codo^{76, 80, 81}. Este efecto se podría explicar, por una parte, por la mejor localización mediante ED de vasos aptos para realizar una FAV distal en pacientes obesos o con limitaciones para la exploración física, que no permiten una

correcta exploración del patrimonio venoso del antebrazo y en los cuales fácilmente se podría optar por un AV de codo. También hemos observado en algunos casos como la vena cefálica de antebrazo de la extremidad no dominante puede estar lesionada o de pequeño calibre en los segmentos medios o proximales y tras la exploración ED se opta por hacer una FAVn distal pero en la extremidad contralateral, con mayores garantías de éxito.

A los beneficios descritos por el estudio cabría añadir otro más intangible, que sería la posibilidad de una mejor planificación de los accesos futuros ya que, al conocer desde el inicio del seguimiento el patrimonio arterial y venoso, podemos diseñar estrategias en función de las opciones disponibles.

Este estudio no está exento de limitaciones que se quieren poner de manifiesto. En primer lugar, el carácter retrospectivo de la cohorte de control, el cual ha limitado el seguimiento de los pacientes que no pertenecían al área de influencia del centro, que se ha intentado subsanar mediante seguimiento telefónico. En segundo lugar, la limitada magnitud de nuestra población de estudio puede haber afectado, entre otros, al grado de significación estadística de la permeabilidad primaria o a poder evaluar de forma adecuada las diferencias de variables entre grupos. A pesar de haber realizado un nuevo análisis estratificado para valorar las diferencias halladas en la edad, no se puede descartar que en el resto de variables, a pesar de que no se encontraron diferencias entre grupos, con un mayor número de pacientes pudieran haberse apreciado efectos en el análisis de regresión. En tercer lugar, se ha objetivado un incremento en paralelo del intervencionismo endovascular durante el seguimiento de los AVs, con la consecuente mejora de la permeabilidad asistida en el segundo periodo. Este efecto,

probablemente, se ha visto influenciado también por la introducción de la valoración ecográfica también durante el seguimiento, permitiendo un mejor diagnóstico de las complicaciones estenóticas de las FAV y su posterior corrección. En cuarto lugar, existieron pacientes descartados del grupo ECO por no disponer de valoración ecográfica previa o no haberse seguido su recomendación a la hora de realizar la intervención. Para intentar corregir un posible sesgo de selección se realizó un nuevo análisis por intención de tratar, objetivando que los resultados de permeabilidad fueron similares al análisis original, aunque con una menor significación estadística. Analizando por separado los resultados de este subgrupo de pacientes excluidos, fueron comparables a los del grupo CLN, hecho lógico ya que se prescindió de la información ecográfica para la realización del AV. En quinto lugar, la exploración ecográfica no está exenta de un importante componente subjetivo, a pesar de haberse realizado todas las valoraciones por un único explorador. Esta limitación es inherente a la propia técnica y por lo tanto compartida por el resto de estudios de similares características. Finalmente, la recogida de datos pertenece a un solo centro hospitalario y los resultados podrían no ser extrapolables a toda la población, por lo que los resultados obtenidos deben interpretarse con cautela.

6.2 DISCUSIÓN OBJETIVO 2:

“Impacto de la introducción de una consulta específica con valoración eco-Doppler en el costo asociado a la obtención de un primer acceso vascular para hemodiálisis”.

El resultado más destacable de este estudio es que el coste para lograr un AV útil fue un 21% inferior en el grupo ECO respecto al grupo CLN. Los aspectos fundamentales que influyeron en esta disminución del coste fueron un menor número de visitas de seguimiento y, sobre todo, una menor necesidad de realizar nuevos AV sucesivos por fracaso del inicial, con el consiguiente ahorro del gasto en días de ingreso hospitalario y material, al no tener que emplear un AV de recurso, como prótesis arterio-venosas o CVC tunelizados. Esta reducción ha sido superior al sobrecoste que han supuesto las valoraciones ecográficas, tanto de forma pre-operatoria como durante el seguimiento.

Para controlar los posibles sesgos que podía provocar el análisis por intención de tratamiento del global de los pacientes, con un uso del AV y unos tiempos de seguimiento dispares, realizamos un segundo análisis seleccionando a aquellos pacientes en los que se había llegado a emplear el AV para realizar HD. Los resultados obtenidos fueron muy similares a los del global de los pacientes y vendrían a confirmar una diferencia de costes independientemente del empleo definitivo del AV. Cabe destacar que el coste para lograr un AV útil en el grupo CLN fue discretamente inferior

en el subgrupo de pacientes que se dializaron respecto a los que no, inversamente a lo observado en el grupo ECO. Un mayor porcentaje de AV protésicos que no llegaron a utilizarse explicaría el sobrecoste en los pacientes no dializados del grupo CLN.

La introducción de la ED, probablemente, no sólo ha influenciado en la valoración previa a la realización del acceso vascular, sino durante su seguimiento, ya que cuando el Nefrólogo objetiva una falta de maduración, su uso como herramienta diagnóstica puede ayudar a detectar de forma precoz lesiones susceptibles de corrección. Paralelamente se ha incrementado el intervencionismo endovascular mediante angioplastia, que en el periodo CLN fue anecdótico, logrando una mayor supervivencia del AV aunque a expensas de incrementar los costes en intervenciones adicionales. A pesar de ello, ese concepto de gasto ha sido muy similar en ambos grupos, al haberse reducido la necesidad de otros procedimientos quirúrgicos de mantenimiento del AV.

En nuestro estudio, de cara a ajustar mejor el valor real, se decidió incluir todos los procesos asistenciales relacionados con la creación y seguimiento del AV facturados por parte del hospital. Además, se optó por valorar los gastos hasta lograr un objetivo: la utilidad del AV para ser empleado para realizar HD durante 1 mes sin complicaciones o hasta final de seguimiento en los que no se llegaron a puncionar. Se consideró que realizar el cálculo a lo largo de todo el seguimiento podría producir sesgos, ya que las 2 series valoradas no fueron coincidentes en el tiempo y por tanto el periodo del grupo CLN fue superior. Por último, no son comparables las complicaciones que presenta un AV que está siendo puncionado habitualmente del que no lo está, por lo que decidimos acotar la tasación al inicio de su uso para realizar HD.

Existe cada vez un mayor grado de evidencia científica a favor de emplear la ED en la valoración previa a la realización de un AV para HD^{74,75}, pero los estudios existentes en la literatura sobre el coste/efectividad de esta exploración son muy escasos. El grupo austriaco de Györi⁷⁶ publicó en 2019 un estudio en el que, además de un análisis de permeabilidad y complicaciones de su serie, aportaba un análisis de costes, aunque incluyendo solamente las intervenciones quirúrgicas realizadas a lo largo de todo el seguimiento. Al igual que nuestro estudio, concluía que, dado el mayor número de reintervenciones en el grupo de valoración clínica, los AV realizados tras valoración ecográfica tenían significativamente un menor coste (4074€ vs 6078€; $p < 0.001$). No son comparables las cifras económicas de este estudio con el realizado en nuestro centro, ya que la factura de la actividad quirúrgica en ambos sistemas sanitarios es muy diferente.

Otra ventaja añadida a la reducción del coste fue la reducción en los tiempos de demora en un 40%, como consecuencia de la modificación de los protocolos de derivación, así como de la mejora en el registro de los pacientes que se encontraban en espera de intervención. En la guía clínica del GEMAV²⁸ se marcan como indicadores de calidad asistencial unos periodos de demora de 3 meses para las derivaciones de prioridad normal y de 6 semanas para las preferentes. En nuestro estudio, la demora media de grupo ECO fue de 49 días, por lo que estaría dentro de los estándares de calidad propuestos, aunque no discriminamos entre los AV de prioridad preferente de los que no.

Los pacientes incluidos en nuestro trabajo han presentado un número y unas características similares en los dos grupos, a excepción de una media de edad más

avanzada en el grupo CLN. Entre los factores de riesgo reconocidos, la edad avanzada es uno de los que pueden implicar un peor pronóstico de los AV⁷⁹, por lo que la diferencia hallada (68.4 vs 64 años) podría tener cierta influencia a la hora de explicar un peor resultado del grupo CLN. Pero en el análisis de factores de riesgo la edad no influyó sobre el coste, por lo que consideramos que esta diferencia no ha resultado de gran relevancia en el aspecto económico.

A parte de la valoración ecográfica, la obesidad supuso un factor de riesgo de mayor coste económico en el global de los pacientes. Pero analizando por separado ambos grupos, observamos cómo su influencia queda diluida en el grupo ECO. Es ampliamente reconocida la influencia negativa de la obesidad en los resultados clínicos de los AV para HD, así como la utilidad de la ED para valorar el patrimonio venoso en este subgrupo de pacientes⁸², evitando así intervenciones adicionales innecesarias.

No existieron diferencias entre ambos grupos (19% vs 22%) en el porcentaje de pacientes no controlados previamente por Nefrología y que habían iniciado HD de forma urgente mediante CVC antes de la valoración y realización del AV. Pero sí resultó significativo que se lograra reducir en el grupo ECO la necesidad de implantar un CVC por retraso en la maduración de una FAV ya realizada (11.5% vs. 2.7%). La disminución de la demora quirúrgica y el incremento en la utilidad de las FAV han contribuido sin duda a la mejora de este parámetro. En Cataluña, el porcentaje de pacientes incidentes que iniciaron HD a través de un catéter durante el año 2018 fue del 59.4%⁸³, cifras que distan mucho de las observadas en nuestra serie.

Este estudio no está exento de limitaciones que deben ser tenidas en cuenta. En primer lugar, el carácter retrospectivo de la serie de control, que limita la validez de la

información registrada. En segundo lugar, el modelo de facturación de nuestro centro, en el que existe un coste único por acto quirúrgico independientemente de su complejidad, no permite discriminar el diferente valor de las técnicas. En tercer lugar, a pesar de haber realizado las valoraciones un único explorador, la ecografía tiene un componente subjetivo inherente a la propia técnica, aunque este hecho es compartido por el resto de estudios de similares características. Finalmente, la recogida de datos pertenece a un solo centro hospitalario con un número limitado de pacientes y los resultados obtenidos podrían no ser extrapolables a otras poblaciones, por lo que deben interpretarse con cautela.

6.3 DISCUSIÓN OBJETIVO 3:

“Angioplastia guiada mediante eco-Doppler en el tratamiento de las estenosis de fístula arterio-venosa para hemodiálisis”.

La angioplastia guiada mediante ED es una técnica ya descrita en la literatura médica desde hace años (las primeras series se remontan al año 2000⁶⁴), y ha demostrado ser practicable en el acceso vascular para hemodiálisis dado que, por sus características anatómicas, los vasos de las extremidades superiores son fácilmente explorables.

Desde el punto de vista técnico, requiere una importante práctica en el manejo del ecógrafo y en la interpretación de sus imágenes, pero con un entrenamiento adecuado pueden distinguirse de forma precisa los elementos tanto de la FAV como del material empleado en la técnica, lo que facilita, además, la navegación en un territorio —el venoso— que por angiografía muchas veces es de difícil interpretación. Además, tiene la ventaja de aportar información no solo anatómica, sino también hemodinámica, con la que podemos tener más datos sobre la correcta resolución de la lesión. Este punto ha sido una de las limitaciones principales que hemos tenido en nuestra serie, dado que con el ecógrafo del que disponíamos en el quirófano no podían realizarse mediciones de velocidades y cálculo de flujo del vaso (Qa), por lo que la comprobación del resultado de forma angiográfica fue imprescindible en esta fase. Disponer de los equipos adecuados

es uno de los requerimientos para poder realizar la técnica de forma exclusivamente ecográfica, lo que abriría la puerta a llevarla a cabo en espacios que no sean un quirófano o una sala de angiología, siempre y cuando se cumplan condiciones de asepsia.

Realizando una revisión de la bibliografía hallamos estudios como el de Ascher y cols.⁶⁶, de 2009, que realizaron 32 angioplastias en 25 pacientes por accesos no maduros, con tasas de permeabilidad primaria a 6 meses del 53%. Gorin y cols.⁸⁴ en 2012 informaron de una pérdida de fístula del 10% después de la dilatación. Pero la serie más extensa (y única en su género) es la del japonés Masanori Wakabayashi⁶⁵, que en 2013 reportó 4869 casos con un éxito inmediato en el 97,1% de las estenosis. Durante el primer año de su serie, requirió soporte angiográfico en un 25% de los casos, aunque posteriormente su uso fue anecdótico.

Más recientemente, existen series como las de García-Medina y cols.⁶⁷, que en 2016 publicaron 189 PTA mediante técnica ecográfica sin necesidad de apoyo angiográfico en el 67,2% de los casos y con una permeabilidad primaria al año del 41%. El grupo de Kumar⁶⁸ en 2017 realizó 78 angioplastias con un éxito del 89,7% y una permeabilidad primaria al año del 60,2% y secundaria del 100%; y también en 2017 Leskovaar⁸⁵ presentó 228 PTA percutáneas o como complemento en trombectomías quirúrgicas abiertas; un 46% requirió una nueva angioplastia por reestenosis durante el seguimiento.

Comparando con los resultados de nuestra serie, la permeabilidad y las complicaciones no difirieron significativamente con las reportadas en la literatura ni con el grupo de control angiográfico, con permeabilidades primarias a 1 año modestas, pero que mejoran considerablemente las asistidas si se realiza un correcto seguimiento del

AV. En la guía del GEMAV se citan permeabilidades primarias en torno al 40-50%⁷⁰ de la técnica realizada mediante la técnica angiográfica habitual, por lo que los resultados de las series guiadas mediante ED aparentemente no serían inferiores.

En cuanto a las diferencias técnicas con respecto a la literatura citada, en nuestra serie fue imprescindible la comprobación del resultado de forma angiográfica dada la limitación técnica del equipo ya comentada, que no permitía que la comprobación ecográfica pudiera realizarse de una forma fiable. Los parámetros de velocidad y caudal Qa se describen como necesarios, además de la mejoría de diámetro del vaso en modo B⁶⁷. En múltiples estudios informan de la necesidad de soporte angiográfico para confirmar el resultado hasta en un 33% de las técnicas⁶⁸, pero desconocemos en nuestro caso cuántos hubieran requerido reconversión de haber podido realizarlo en óptimas condiciones técnicas. A pesar de esta dependencia de la comprobación angiográfica, como era de esperar, las necesidades de contraste iodado fueron significativamente menores con respecto al Grupo RX, y no supuso un incremento del tiempo requerido para la intervención.

Este estudio presenta limitaciones que pudieran modificar los resultados. Se trata de un diseño de cohortes, con escaso número de pacientes y que no estuvieran sometidos a aleatorización, hechos que pueden haber afectado, sin duda, a la validez interna del estudio. Somos conscientes de que el diseño metodológico no es el que puede proporcionar una información de mayor calidad. Pero consideramos que la limitación principal fue la dependencia del control angiográfico, dada la imposibilidad técnica de una correcta comprobación de la técnica mediante un ecógrafo de prestaciones adecuadas. Fruto de esta limitación, una cuarta parte de los casos

requirieron una nueva angioplastia con balón de mayor calibre tras la fistulografía de control durante el mismo procedimiento. El hecho de que el resultado final estuviera condicionado por la comprobación angiográfica provoca que la comparación de permeabilidad entre técnicas pierda validez, pero hemos creído interesante reflejar también los resultados de los casos realizados mediante control angiográfico (Grupo RX) de cara a auditar la seguridad y que no existiera una disminución en la calidad de resultados ofrecidos al paciente. Finalmente, dado que se trata de un estudio unicéntrico, los resultados podrían no ser extrapolables a toda la población y deben ser constatados en otras investigaciones.

7- CONCLUSIONES

7. CONCLUSIONES:

7.1 CONCLUSIONES OBJETIVO 1:

La valoración mediante ecografía-Doppler previa a la realización del acceso vascular para hemodiálisis respecto a la valoración clínica tradicional:

- a. Mejora marginalmente la permeabilidad primaria y de forma significativa la permeabilidad asistida primaria del acceso vascular, aunque a expensas de un mayor intervencionismo endovascular durante el seguimiento.
- b. Incrementa el número las fístulas maduras a los 6 meses, disminuyendo de forma significativa la necesidad de un nuevo AV en ese periodo y el número de intervenciones necesarias para lograr un acceso vascular útil.
- c. Aumenta de forma significativa el porcentaje de fístulas arterio-venosas radio-cefálicas maduras.

7.2 CONCLUSIONES OBJETIVO 2:

La creación de una consulta de alta resolución específica y de unos protocolos de valoración rutinaria mediante ecografía-Doppler del acceso vascular:

- a. Disminuyen los tiempos de demora para la realización del acceso vascular.
- b. Suponen un menor coste final para lograr un primer AV útil y puncionable para hemodiálisis durante como mínimo 1 mes sin complicaciones.
- c. El sobrecoste en exploraciones ecográficas se compensa con un menor número de visitas de seguimiento, reintervenciones, días de ingreso e implantaciones de CVC por retraso en la maduración de las FAV.

7.3 CONCLUSIONES OBJETIVO 3:

El tratamiento endovascular de las estenosis de fístulas arterio-venosas nativas guiado mediante ecografía-Doppler:

- a. Es un procedimiento seguro, con un elevado porcentaje de éxito técnico y bajas tasas de complicación inmediata, ambas comparables con la técnica habitual.
- b. Presenta una permeabilidad primaria similar a la obtenida mediante técnica radioscópica y a la de las series publicadas previamente.
- c. Permite reducir las dosis de contraste yodado, sin prolongar el tiempo de intervención y permitiendo puncionar la FAV de forma inmediata tras la intervención, si bien debemos mejorar todavía la capacidad de comprobación precoz del resultado con esta técnica de imagen.

8- ANEXOS

ANEXO 1: ARTÍCULO

TÍTULO:

Utilidad de la valoración ecográfica previa a la realización del primer acceso vascular para hemodiálisis.

AUTORES:

Eduardo Mateos Torres^{ac}, Silvia Collado Nieto^b, Higinio Cao Baduell^b, Mónica Lacambra Peñart^a, Alina Velescu^a, Albert Clará Velasco^{ac}.

- a) Servicio de Angiología y Cirugía Vascular, Hospital del Mar, Institut Hospital del Mar d'Investigacions Mèdiques (IMIM), Barcelona, España
- b) Servicio de Nefrología, Hospital del Mar, Institut Hospital del Mar d'Investigacions Mèdiques (IMIM), Barcelona, España
- c) Universitat Autònoma de Barcelona, Barcelona, España

REVISTA:

Nefrología. Volumen 39, Número 5, Septiembre–Octubre 2019, Páginas 539-544.

<https://doi.org/10.1016/j.nefro.2019.02.012>

<https://doi.org/10.1016/j.nefro.2019.10.008> (English Edition)



Short Original

Utility of doppler ultrasound in the preoperative evaluation of the first vascular access for hemodialysis[☆]

Eduardo Mateos Torres^{a,c,*}, Silvia Collado Nieto^b, Higinio Cao Baduell^b,
Mónica Lacambra Peñart^a, Alina Velescu^a, Albert Clará Velasco^{a,c}

^a Servicio de Angiología y Cirugía Vascular, Hospital del Mar, Institut Hospital del Mar d'Investigacions Mèdiques (IMIM), Barcelona, Spain

^b Servicio de Nefrología, Hospital del Mar, Institut Hospital del Mar d'Investigacions Mèdiques (IMIM), Barcelona, Spain

^c Universitat Autònoma de Barcelona, Barcelona, Spain

ARTICLE INFO

Article history:

Received 26 May 2018

Accepted 25 February 2019

Keywords:

Vascular access
Arteriovenous fistulae
Hemodialysis
Doppler ultrasound
Patency

ABSTRACT

Introduction: Traditionally, the indication of the type of vascular access (VA) has been based on the surgeon's physical examination, but it is now suggested that imaging methods could provide a clinical benefit. Our aim was to determine whether or not preoperative Doppler ultrasound modifies outcomes of the first VA for hemodialysis.

Patients and methods: Prospective cohort of patients undergoing a first VA from June 2014 to July 2017 who had a preoperative Doppler ultrasound (ECO group). They were compared to a historical cohort (January 2012–May 2014) of first VA indicated exclusively by clinical assessment (CLN group).

Results: A total of 86 patients from the CLN group were compared to 92 from the ECO group, which was younger (68.4 vs 64.0, $p = 0.038$).

The primary patency (CLN/ECO) at 1 and 2 years was 59.5%/71.9% and 53.1%/57.8% respectively, marginally better in the ECO group ($p = 0.057$). The assisted patency at 1 and 2 years was 63.2%/80.7% and 58.1%/70.2%, respectively, significantly better for the ECO group ($p = 0.010$).

Due to lack of patency/utility of the initial VA, 26.7% in the CLN group and 7.6% in the ECO group ($p < 0.001$) required a new VA during the first 6 months. An average of 1.39 interventions were performed to achieve a useful VA in the CLN group and 1.08 in the ECO group ($p < 0.001$), the first VA being useful at the radiocephalic level in 31.0%/45.1% ($p = 0.039$).

Conclusion: The indication of the first VA according to a preoperative Doppler ultrasound examination could decrease the need for new VA, enable them to be made more distal, and significantly improve patency.

© 2019 Sociedad Española de Nefrología. Published by Elsevier España, S.L.U. This is an open access article under the CC BY-NC-ND license (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>).

DOI of original article:

<https://doi.org/10.1016/j.nefro.2019.02.012>.

* Please cite this article as: Mateos Torres E, Collado Nieto S, Cao Baduell H, Lacambra Peñart M, Velescu A, Clará Velasco A. Utilidad de la valoración ecográfica previa a la realización del primer acceso vascular para hemodiálisis. Nefrología. 2019;39:539-544.

[☆] Corresponding author.

E-mail address: emateos@parcdesalutmar.cat (E. Mateos Torres).

2013-2514/© 2019 Sociedad Española de Nefrología. Published by Elsevier España, S.L.U. This is an open access article under the CC BY-NC-ND license (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>).

Utilidad de la valoración ecográfica previa a la realización del primer acceso vascular para hemodiálisis

RESUMEN

Palabras clave:

Acceso vascular
Fístula arteriovenosa
Hemodiálisis
Ecografía doppler
Permeabilidad

Introducción: Tradicionalmente la indicación del tipo de acceso vascular (AV) se ha basado en la exploración física del cirujano, pero actualmente se sugiere que los métodos de imagen podrían aportar un beneficio. Nuestro objetivo fue valorar si el eco-doppler preoperatorio modifica los resultados del primer AV para hemodiálisis.

Pacientes y métodos: Cohorte prospectiva de pacientes sometidos a un primer AV entre junio de 2014 y julio de 2017, a quienes se practicó un eco-doppler preoperatorio (grupo ECO). Se compararon con una cohorte histórica (enero de 2012-mayo de 2014) de primeros AV indicados exclusivamente mediante clínica (grupo CLN).

Resultados: Se compararon 86 pacientes del grupo CLN con 92 del ECO, siendo estos últimos más jóvenes (68,4 vs 64,0 años; $p = 0,038$).

Las permeabilidades primarias (CLN/ECO) a 1 y 2 años fueron del 59,5/71,9% y del 53,1/57,8%, marginalmente mejores en el grupo ECO ($p = 0,057$). Las permeabilidades asistidas a 1 y 2 años fueron del 63,2/80,7% y del 58,1/70,2%, siendo significativamente mejores para el grupo ECO ($p = 0,010$).

Requirieron un nuevo AV durante los primeros 6 meses, por falta de permeabilidad/utilidad del inicial, el 26,7% en el grupo CLN y el 7,6% en el ECO ($p < 0,001$). Se realizaron una media de 1,39 intervenciones para conseguir un AV útil en el grupo CLN y 1,08 en ECO ($p = 0,001$), siendo el primer AV útil a nivel radiocefálico en el 31,0/45,1% ($p = 0,039$).

Conclusión: La indicación del primer AV en función de una exploración mediante eco-doppler preoperatoria podría mejorar de forma significativa la permeabilidad, disminuir la necesidad de nuevos AV y permitir realizarlos más distales.

© 2019 Sociedad Española de Nefrología. Publicado por Elsevier España, S.L.U. Este es un artículo Open Access bajo la licencia CC BY-NC-ND (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>).

Introduction

An adequate vascular access (VA) available before initiation of the hemodialysis (HD) program is a big challenge in end-stage renal disease. It is widely recognized that native arteriovenous fistulas (AVF) are the ideal VA, but early failure is up to 23%¹ and a limited medium-term primary permeability is 60% the first year and 51% at 2 years.¹ Insufficient maturation of 28–53%² of the accesses impede the availability of a functioning nAVF at the time it is needed.

Traditionally the decision of the type of VA has been made based on the history and physical examination, but these elements usually do not allow a correct assessment of venous system (especially in case of obesity or history of punctures) or the artery (in diabetic patients or with peripheral arterial disease).³

The use of a preoperative echo-Doppler (ED) in patients undergoing AV for HD could improve the clinical evaluation. ED is non-invasive, widely available, and provides anatomical and hemodynamic information that made it an important tool when planning any AV strategy. In fact, for some years the use ED has been recommended by the clinical guidelines of the *Kidney Disease Outcomes Quality Initiative (KDOQI)*,⁴ of the *European Renal Association-European n Dialysis and Transplant Association (ERA-EDTA)*⁵ and more recently by the Spanish Multidisciplinary Group Vascular Access (GEMAV),⁶ although recommendations have been made with a low level of

evidence. However, at the moment, in daily clinical practice the use of ED is not generalized.

The objective of this study was to assess whether the introduction of a preoperative echo-doppler results in a modification of the usual strategy of performing AVF, permeability and success of the vascular access for HD, as well as the need for further interventions.

Patients and methods

Prospective cohort of consecutive patients who had a first VA for HD between June 2014 and July 2017 (ECO group) in the Department of Angiology and Vascular Surgery of Hospital del Mar (Barcelona). All patients were evaluated preoperatively clinically and by means of echo-doppler.

The control group (CLN group), included a cohort of consecutive patients that had VA for HD between January 2012 and May 2014 in the same center and were analyzed retrospectively.

In both groups, the decision of the type of VA to be performed was taken by experienced vascular surgeons, in the CLN group only with clinical assessment and in the ECO group the decision was based on the information obtained with preoperative echo-doppler.

The clinical evaluation included demographic variables (age, sex), clinical history (diabetes mellitus, body mass index) and nephrological data (active HD or pre-dialysis, previous

Table 1 – Baseline characteristics of patients undergoing first surgical vascular access for hemodialysis, indicated after clinical assessment (CLN) or after the use of preoperative echo-Doppler (ECO).

	CLN Group (n= 86)	ECO Group (n= 92)	p
Age ^a	68.4 (13.2)	64.0 (13.6)	p = 0.038
Sex, men	52 (61%)	58 (63%)	ns
Hypertension	79 (92%)	85 (92%)	ns
Mellitus diabetes	54 (63%)	51 (55%)	ns
Heart failure	25 (29%)	25 (27%)	ns
Ischemic heart disease	20 (23%)	18 (20%)	ns
Glomerular filtration rate (ml/min/1.73 m ²) ^a	15.9 (4.6)	14.5 (4.0)	ns
Predialysis	69 (81%)	71 (77%)	ns
Body mass index ^a	30.2 (5.5)	28.5 (7.1)	ns

^a Mean (Standard Deviation).
ns: not significant.

central venous catheters [CVC]). The physical examination included pulses in the upper extremities, Allen's maneuver, presence of scars, edema or collateral circulation and clinical exploration of venous drainage with proximal compression using smarch.

The ultrasound assessment was performed by a single operator using a linear transducer of 7–11 MHz and Logiq S7 Expert equipment (General Electric Healthcare, USA). The radial and humeral arteries were analyzed in the examination, considering them suitable for AV if: (a) diameter > 2 mm; (b) absence of significant calcification; (c) triphasic doppler curve, and (d) peak-systolic velocity > 50 cm/s. The venous examination was performed with proximal compression using smarch and the veins were considered suitable for VA if: (a) diameter > 2.5 mm; (b) depth < 6 mm, and (c) permeability throughout its path.^{7,8} Finally, the absence of indirect signs of proximal venous occlusion (axillary respiratory fascicity) was assessed.

The time elapsed between the indication of the VA by the nephrologist and the assessment by the vascular surgeon and the delay between this visit and the performance of the surgical intervention were collected.

The interventions were performed by experienced vascular surgeons. The first follow-up visit was scheduled two weeks after surgery with the vascular surgeons. Subsequently controls were performed by Nephrology clinics every 3–4 months in CKD stage 4 (eGFR between 30–15 ml/min) and every 1–2 months in stage 5 (EG < 15 ml/min). Patients with lack of maturation of the VA or with abnormal function had an ultrasound performed by Vascular Surgery.

The following parameters were recorded during the follow-up, permeability, satisfactory use during HD, reinterventions and the need for new VA. A mature VA was considered if that complied with the rule of 6- by echo-doppler (vein diameter > 6 mm, depth < 6 mm, flow > 600 ml/min), which could be punctured by an experienced HD nurse.

The statistical analysis was performed using the program SPSS version 22. For the descriptive analysis, the mean and standard deviation (SD) were used for quantitative variables, and the frequency and percentages for qualitative variables. The comparison between groups was made using the Student's t-test for quantitative variables and the chi-square or Fisher's test for qualitative variables. The permeability analysis was performed using Kaplan-Meier survival curves and

were compared by the Log-Rank and Breslow tests. The multivariable analysis was performed using Cox and logistics regression.

Results

From the initial 113 patients in the ECO group, 12 patients had to be excluded because the preoperative ultrasound could not be performed (the ultrasound equipment was not available) and 9 patients in whom new clinical events advised against the use of echo-doppler for the election of the first VA (4 were AVFs in which there was a change of laterality but not of level because the indicated veins had been injured by punctures; 4 were AVFs performed at a proximal level, in patients requiring a fast VA and the surgeon considered that it would imply a faster maturation, and one was performed distally without a described cause). Therefore, the ECO group finally included 92 patients, while 86 were included in the CLN group.

Regarding the baseline characteristics, patients from the ECO group were younger than the CLN group. Table 1 describes the characteristics of both groups of patients.

The time elapsed between indication of VA by the Nephrologist and evaluation by the vascular surgeon was 23.8 days (SD = 23.8) for the CLN group and 17.6 days (SD = 17.2) for the ECO group, the difference was close to significant (p = 0.063), and the period between the evaluation and the realization of the VA was 53.3 days (SD = 70.7) and 32.1 days (SD = 35.6), for CLN and ECO group respectively, the difference being statistically significant (p = 0.012).

The type of VA performed in each of the groups is described in Table 2. There were no significant differences between them. The VA was performed in the left arm in 64% of CLN patients and in 68.5% of the ECO group.

There were 21 immediate complications from the CLN group (24.4%): 10 immediate thrombosis, 3 mild bruising, 5 mild infection, 2 mild "steal" ischemia and one deep vein thrombosis of the lower limb. In 8 interventions, a surgical exploration of the carpal vein was performed, and it was decided to place a more proximal VA. In the ECO group, 11 patients (12%) had immediate post-surgical complications: 2 thrombosis, 2 bruises (one required surgical revision), 5 minor wound infections, one mild "steal" ischemia and a persistent edema of the extremity. The rate of immediate complications was lower in the ECO than CLN group (p = 0.024).

Table 2 – Location of the first vascular access in the initial intervention (Initial AVF) and the first useful or mature AV (mature AVF), indicated after clinical assessment alone (CLN) or after preoperative echo-doppler (ECO), values presented as percentage.

	Initial AVF			Mature AVF		
	CLN	ECO	p	CLN	ECO	p
FAV RAD-CEF	46.5%	53.3%	ns	31.0%	45.1%	0.039
FAV HUM-CEF	45.3%	40.2%	ns	51.2%	47.3%	ns
FAV HUM-BAS SUPRF	5.8%	2.3%	ns	7.1%	3.3%	ns
Prosthesis	2.3%	3.3%	ns	9.5%	4.4%	ns

AVF: arteriovenous fistula; HUM-BAS SUPERF: superficialized humerobasilic; HUM-CEF: humerocephalic; ns: not significant; RAD-CEF: radiocephalic.

Mean follow-up was 1277 and 556 days in the CLN and ECO group respectively. Primary permeability in the CLN group at 1, 6, 12 and 24 months were 89.5, 67.6, 59.5 and 53.1% respectively; whereas in the ECO group primary permeabilities were 97.8, 81.6, 71.9 and 57.8%. Primary permeabilities appear to be better in the ECO group however the differences were marginally significant, ($p=0.057$) (Fig. 1).

During follow-up, to maintain the function of the VA, 7 additional interventions were required in the CLN group (4 deferred superficializations, 2 simple angioplasties and a collateral ligation) and 13 in the ECO (9 simple angioplasties, 2 deferred superficializations and 2 segmental thrombectomies). Assisted permeability rates in the CLN group at 1, 6, 12 and 24 were of 89.5, 70.0, 63.2 and 58.1%, while in the ECO group were 97.8, 88.4, 80.7 and 70.2%. Permeability rates for the ECO group were significantly greater in ECO than CLN group ($p=0.010$) (Fig. 2).

To limit the bias of difference in age between the groups, the permeability analysis was repeated stratifying for an age less than and above 65 years. In the primary permeability significant differences were detected in the <65 years ($p=0.049$), while in the >65th birthday, no statistical differences ($p=0.209$). Regarding of assisted permeability,

differences between groups were maintained in both <65 year ($p=0.047$) and in >65 ($p=0.042$).

During the first 6 months after surgery due to thrombosis or non- functional access a new VA was required in 26.7% of patients in the CLN group and 7.6% in the ECO group ($p<0.001$). An average of 1.39 interventions were carried out until a useful VA was achieved in the CLN and 1.08 in the ECO group ($p<0.001$). As a consequence of these interventions, the first useful VA for HD was significantly more distal in the ECO group than in the CLN group ($p<0.001$) (Table 2).

By multivariable Cox regression and logistics analysis none of the clinical variables evaluate had significant influence in the permeability or the need for new VA.

The percentage of patients that required a catheter to initiate HD was 19% in the CLN group of and 22% in the ECO group; these values were not significantly different. In the ECO group, the 20 CVC were placed due to the need for urgent HD before being referred to Vascular Surgery for the assessment and performance of the AVF. In the CLN group, there were 14 catheters also implanted to initiate HD, but 2 CVC were placed after the completion of the AVF, due to the lack maturation of the AVF at the time of starting the HD.

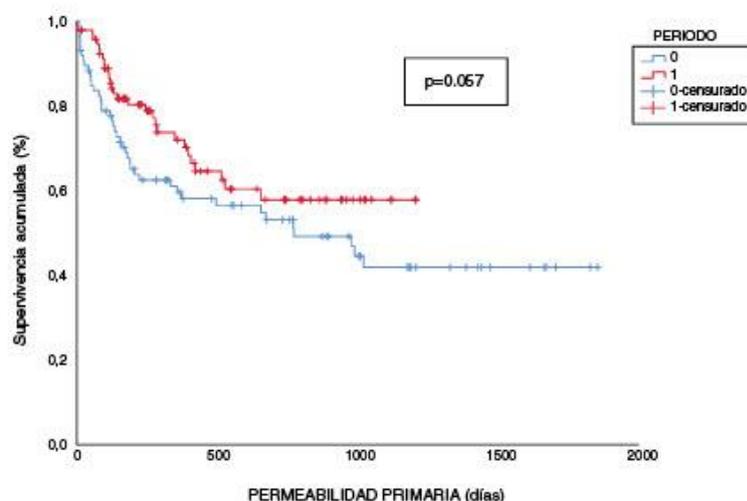


Fig. 1 – Primary permeability of the first vascular access, indicated after isolated clinical assessment (CLN, in blue) or after preoperative echo-doppler (ECO, in red).

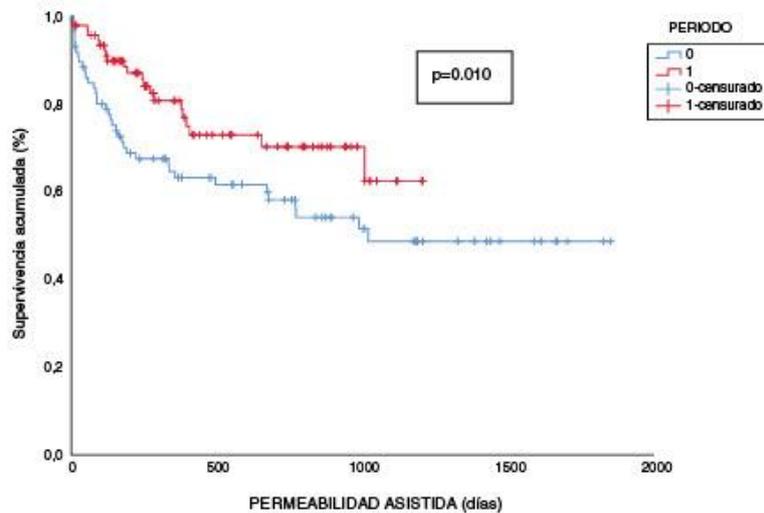


Fig. 2 – Primary assisted permeability of the first vascular access, indicated after isolated clinical assessment (CLN, in blue) or after preoperative echo-doppler (ECO, in red).

Patients not included in the study were also reviewed, obtaining a primary permeability per year of 54% and 57% assisted. Permeability analysis was repeated per intention of the treatment, including the excluded in the ECO group, and the overall primary permeability at 1 and 2 years was 68.9 and 56%, and assisted permeability of 76.4 and 68%. As far as primary permeability these results were not statistically different from that obtained in the CLN group ($p = 0.19$) but were statistically different in terms of assisted permeability ($p = 0.045$).

Discussion

Having an adequate VA at the start of the HD is a challenge, and more so considering that the recommended VA should be a native AVF (nAVF). The literature describes rates of early failure of 23%, a limited primary patency of (60% at year 1 and 51% at 2 years)¹ and a lack of maturation of 28–53%,² which makes many of the nAVF useless. These figures are similar to those observed in our historical control. Therefore, introducing a change that could improve the prognosis of the technique would be a great advance.

However, at the scientific level there is still controversy regarding the usefulness of the ultrasound evaluation prior to the VA. Ferring et al.,⁹ published in 2008 a review in which they conclude that preoperative echo-doppler should be reserved for certain cases in which there are difficulties for the clinical examination (obese, absence of pulses, previous surgeries), patients with possible peripheral vascular disease or with possible venous lesions. A more recent review of Cochrane¹⁰ in 2015 also concludes that the preoperative instrumental evaluation does not improve the results of the AVF. By contrast, the meta-analyses performed by Wong et al.,¹¹ in 2013 and Georgiadis et al.,¹² in 2015, based on 3 and 5 clinical trials,

respectively, suggest a benefit of using ED routinely in preoperative exploration, with better long-term permeability rates.

The patients included in the two groups of our study (CLN and ECO) are similar, except for a more advanced average age in the CLN group. Among the recognized risk factors,^{13,14} advanced age is one of those that may imply a worse prognosis of VA,¹⁵ especially in distal AVF. The difference found between study groups (68.4 vs 64 years) might have some influence in the worse outcome of the CLN group. For this reason we perform a new analysis of permeability stratifying by age, confirming that, regardless of the age difference between the study groups, the ultrasound assessment influences the permeability, since significant results are maintained in assisted permeability and Statistical significance is reached in the primary permeability of the subgroup <65 years. As for the rest of the variables, they also showed no influence on the permeability results in the multivariable analysis.

The implementation of the program resulted in a modification of the referral protocols of the patients, as well as improvements in the registration of patients waiting for intervention. These changes have allowed a significant reduction in the delay times of both valuation (by 35%) and intervention (by 66%).

There were no differences in the percentage of patients who required a catheter to start dialysis (22% vs 19%), observing an increase in cases not controlled by Nephrology that have needed HD urgently, without influencing in these cases the improvements of the branch circuit for the realization of a FAV. It has been reduced to zero is the need to place a CVC for delays in the placement or maturation of the AVF.

The improvement observed in primary and assisted permeability is clinically relevant, although in the case of assisted permeability it has been at the price of an increase in endovascular intervention. At this point, the evaluation with echo-Doppler has also influenced the favorable results since

in patients whose nephrologist detects a lack of maturation using the ED may help to have the lesion corrected early.

But the most remarkable result is the decrease in the need to perform new VA, with 30% less reinterventions, and with a significant increase in the number of functioning and useful distal radiocephalic vascular accesses (difference that was already observed after the first intervention, but did not reach significance).

To the benefits described by the study, one could add another more intangible one, which would be the possibility of better planning of future accesses, since, knowing from the beginning the arterial and venous heritage, better strategies we can design based on the options available.

Our study presents the main limitations of having a limited number of patients, the retrospective nature of the control cohort and a parallel increase in endovascular intervention in the follow-up of VA. As for the patients rejected from the study, their results are comparable with those of the CLN group, a fact consistent with the fact that they were carried out without taking into account the ultrasound recommendation and the reason why it was decided not to include them in the study group.

Given the results presented, the use echo-doppler scan for indication of the first VA seems to improve the results, it could increase the permeability, reduce the need for new VAs and place them more distally, although at the expense of greater endovascular intervention during follow-up.

Financial support

The present investigation has not received specific aid from public sector agencies, commercial sector or non-profit organizations.

Conflicts of interest

The authors have no conflicts of interest to declare.

Acknowledgments

This article has been carried out within the framework of the doctoral studies of the Autonomous University of Barcelona (UAB).

REFERENCES

1. Al-Jaishi AA, Oliver MJ, Thomas SM, Lok CE, Zhang JC, Garg AX, et al. Patency rates of the arteriovenous fistula for hemodialysis: a systematic review and meta-analysis. *Am J Kidney Dis.* 2014;63:464-78.
2. Reinhold C, Haage P, Hollenbeck M, Mickley V, Ranft J. Multidisciplinary management of vascular access for haemodialysis: from the preparation of the initial access to the treatment of stenosis and thrombosis. *VASA.* 2011;40:188-98.
3. Allon M, Robbin ML. Increasing arteriovenous fistulas in hemodialysis patients: problems and solutions. *Kidney Int.* 2002;62:1109-24.
4. National Kidney Foundation. KDOQI clinical practice guidelines for vascular access. *Am J Kidney Dis.* 2006;48:S176-247.
5. Tordoir J, Canaud B, Haage P, Konner K, Basci A, Fouque D, et al. EBPG on vascular access. *Nephrol Dial Transplant.* 2007;22 Suppl. 2:88-117.
6. Ibeas J, Roca-Tey R, Vallespin J, Moreno T, Moñux G, Martí-Monrós A, et al. Spanish clinical guidelines on vascular access for haemodialysis. *Nefrologia.* 2017;37 Suppl. 1:1-177.
7. Silva MB Jr, Hobson RW 2nd, Pappas PJ, Jamil Z, Araki CT, Goldberg MC, et al. A strategy for increasing use of autogenous hemodialysis access procedures: impact of preoperative noninvasive evaluation. *J Vasc Surg.* 1998;27:302-7.
8. Glass C, Porter J, Singh M, Gillespie D, Young K, Illig K. A large-scale study of the upper arm basilic transposition for hemodialysis. *Ann Vasc Surg.* 2009;24:85-91.
9. Ferring M, Henderson J, Wilmink A, Smith S. Vascular ultrasound for the pre-operative evaluation prior to arteriovenous fistula formation for haemodialysis: review of the evidence. *Nephrol Dial Transplant.* 2008;23:1809-15.
10. Kosa SD, al-Jaishi AA, Moist L, Lok CE. Preoperative vascular access evaluation for haemodialysis patients. *Cochrane Database Syst Rev.* 2015;CD007013.
11. Wong CS, McNicholas N, Healy D, Clarke-Moloney M, Coffey JC, Grace PA, et al. A systematic review of preoperative duplex ultrasonography and arteriovenous fistula formation. *J Vasc Surg.* 2013;57:1129-33.
12. Georgiadis GS, Charalampidis DG, Argyriou C, Georgakarakos EI, Lazarides MK. The necessity for routine pre-operative ultrasound mapping before arteriovenous fistula creation: a meta-analysis. *Eur J Vasc Endovasc Surg.* 2015;49:600-5.
13. Smith GE, Gohil R, Chetter IC. Factors affecting the patency of arteriovenous fistulas for dialysis access. *J Vasc Surg.* 2012;55:849-55.
14. Feldman HI, Joffe M, Rosas SE, Burns JE, Knauss J, Brayman K. Predictors of successful arteriovenous fistula maturation. *Am J Kidney Dis.* 2003;42:1000-12.
15. Lazarides MK, Georgiadis GS, Antoniou GA, Staramos DN. A meta-analysis of dialysis access outcome in elderly patients. *J Vasc Surg.* 2007;45:420-6.

ANEXO 2: ARTÍCULO

TÍTULO:

Impacto de la introducción de una consulta específica con valoración eco-Doppler en el costo asociado a la obtención de un primer acceso vascular para hemodiálisis.

AUTORES:

Eduardo Mateos Torres^{ac}, Silvia Collado Nieto^b, María Dolores Arenas Jiménez^b, Mónica Lacambra Peñart^a, Lúdia Marcos García^a, Albert Clará Velasco^{ac}.

- a) Servicio de Angiología y Cirugía Vascular, Hospital del Mar, Institut Hospital del Mar d'Investigacions Mèdiques (IMIM), Barcelona, España
- b) Servicio de Nefrología, Hospital del Mar, Institut Hospital del Mar d'Investigacions Mèdiques (IMIM), Barcelona, España
- c) Universitat Autònoma de Barcelona, Barcelona, España

REVISTA:

Revista Nefrología. Artículo aceptado el 3/12/2020, en proceso de publicación (se adjunta carta de aceptación).



Figura: Carta de aceptación del artículo “Impacto de la introducción de una consulta específica con valoración eco-Doppler en el costo asociado a la obtención de un primer acceso vascular para hemodiálisis” en la Revista Nefrología, datada el 3/12/2020.

IMPACTO DE LA INTRODUCCIÓN DE UNA CONSULTA ESPECÍFICA CON VALORACIÓN ECO-DOPPLER EN EL COSTO ASOCIADO A LA OBTENCIÓN DE UN PRIMER ACCESO VASCULAR PARA HEMODIÁLISIS.

RESUMEN

INTRODUCCIÓN: La valoración mediante eco-Doppler (ED) previa a la realización de un acceso vascular (AV) está cada vez más extendida, pero existen pocos estudios que aborden su coste-efectividad. Nuestro objetivo fue evaluar si la introducción de una consulta específica de AV con ED modifica el coste, los tiempos de demora, el número de re-intervenciones e ingresos para lograr un primer AV útil.

PACIENTES Y MÉTODOS: Cohorte prospectiva de pacientes sometidos a un primer AV (junio 2014-julio 2017), a quienes se practicó un ED preoperatorio (grupo ECO). Se compararon con una cohorte histórica (enero 2012-mayo 2014) de primeros AV indicados exclusivamente mediante valoración clínica (grupo CLN). Se calcularon los costes de realización y seguimiento para lograr un AV útil para hemodiálisis durante como mínimo 1 mes sin complicaciones.

RESULTADOS: Se compararon 86 pacientes del grupo CLN con 92 del ECO, siendo estos últimos más jóvenes (68,4 vs 64,0 años; $p=0,038$). El coste medio del grupo ECO fue significativamente inferior (ECO=2707€ vs CLN=3347€; $p=0.024$). El grupo ECO tuvo un coste mayor en ecografías preoperatorias y de seguimiento. El grupo CLN tuvo un coste superior respecto a consultas de seguimiento, intervenciones quirúrgicas sucesivas, material protésico, días de ingreso y catéteres. Se disminuyó el tiempo de demora para la realización del AV (ECO=82.9 vs ECO=49.9 días; $p=0.002$).

CONCLUSIÓN: La introducción de una consulta específica de acceso vascular para hemodiálisis con valoración eco-Doppler, ha permitido disminuir el coste para lograr un primer AV útil, como consecuencia de una reducción en los tiempos de demora, visitas de control, re-intervenciones, días de ingreso e implantación de catéteres.

PALABRAS CLAVE: fístula arteriovenosa; acceso vascular; hemodiálisis; ecografía Doppler preoperatoria; coste efectividad.

INTRODUCCIÓN

A nivel científico existe controversia sobre la utilidad clínica de la valoración mediante eco-Doppler (ED) previa a la realización de un acceso vascular (AV) para hemodiálisis (HD)^{1,2,12}. Sin embargo, los resultados de algunos meta-análisis^{3,4} han propiciado la utilización preoperatoria de este método diagnóstico y su inclusión en las principales guías clínicas^{5,6}.

La recomendación del ED preoperatorio ha condicionado no sólo cambios a nivel asistencial sino también, a menudo, la creación de una consulta específica de AV. Ambos cambios podrían asociarse a un aumento del coste. Este, sin embargo, también podría quedar compensado por beneficios clínicos directos, así como por la mejora de ciertos aspectos organizativos, como una disminución de los tiempos de espera o una mejor planificación a largo plazo de los AV.

Hasta la fecha existen pocos estudios que aborden la relación de coste-efectividad de esta exploración y de los cambios organizativos a los que a menudo se asocia. Con anterioridad, describimos los beneficios clínicos que había supuesto la introducción del ED preoperatorio en una serie prospectiva de pacientes con indicación de primer AV para HD⁷. El objetivo de este estudio fue evaluar si la introducción de una consulta específica de AV con ED modifica el costo, los tiempos de demora y el número de re-intervenciones e ingresos para lograr un primer AV útil.

PACIENTES Y MÉTODOS

El grupo intervención fue una cohorte prospectiva de pacientes consecutivos, con enfermedad renal crónica estadio 5, a los que se realizó un primer AV para HD entre junio de 2014 y julio de 2017 en un único centro (grupo ECO). Como grupo control (grupo CLN) se analizó de forma retrospectiva la cohorte de pacientes consecutivos a los que se realizó un primer AV para HD entre enero de 2012 y mayo de 2014 en el mismo centro.

¹ Ferring M, Henderson J, Wilmink A, Smith S. Vascular ultrasound for the pre-operative evaluation prior to arteriovenous fistula formation for haemodialysis: review of the evidence. *Nephrol Dial Transplant*. 2008; 23:1809-15.

² Kosa SD, Al-Jaishi AA, Moist L, Lok CE. Preoperative vascular access evaluation for haemodialysis patients. *Cochrane Database Syst Rev*. 2015;(9):CD007013.

³ Wong CS, McNicholas N, Healy D, Clarke-Moloney M, Coffey JC, Grace PA, et al. A systematic review of preoperative duplex ultrasonography and arteriovenous fistula formation. *J Vasc Surg*. 2013; 57:1129-33.

⁴ Georgiadis GS, Charalampidis DG, Argyriou C, Georgakarakos EI, Lazarides MK. The necessity for routine pre-operative ultrasound mapping before arteriovenous fistula creation: a meta-analysis. *Eur J VascEndovascSurg*. 2015; 49:600-5.

⁵ Ibeas J, Roca R, Vallespín J, Moreno T, Moñux G, Martí A et al. Guía Clínica Española del Acceso Vascular para Hemodiálisis. *Nefrología* 2017;37(Supl 1):1-192.

⁶ Schmidli J, Widmer MK, Basile C, de Donato G, Gallieni M, Gibbons CP. Vascular Access: 2018 Clinical Practice Guidelines of the European Society for Vascular Surgery (ESVS). *Eur J VascEndovascSurg*. 2018 Jun;55(6):757-818.

⁷ Mateos Torres E, Collado Nieto S, Cao Baduell H, Lacambra Peñart M, Velescu A, Clará Velasco A. Utilidad de la valoración ecográfica previa a la realización del primer acceso vascular para hemodiálisis. *Nefrología*. 2019 Sep-Oct;39(5):539-544.

La valoración preoperatoria en el grupo ECO se realizó en una consulta específica de AV en la que un único cirujano vascular (E.M.) valoró al paciente clínicamente y mediante ED. La ecografía se realizó mediante un transductor lineal de 7-11 MHz y equipo Logiq S7 Expert (General Electric Healthcare, EEUU). En el grupo CLN, la valoración preoperatoria se realizó de forma exclusivamente clínica en una consulta de cirugía vascular no específica de AV. En ambos grupos, la decisión del tipo de AV a realizar la tomaron cirujanos vasculares, en el grupo CLN solo en función de la valoración clínica y en el grupo ECO con la información adicional del ED. Todos los pacientes aceptaron el consentimiento informado.

Las intervenciones quirúrgicas y la primera visita postoperatoria a las 2 semanas fueron realizadas por cirujanos vasculares en ambos grupos. Posteriormente, los controles se realizaron por parte del Servicio de Nefrología. Cuando se detectó falta de maduración o problemas de funcionamiento eran valorados de nuevo por el Servicio de Cirugía Vascular. Durante el seguimiento se registró: a) la utilidad para HD, definida por la punción exitosa dando correctos flujos al dializador; b) el número de valoraciones clínicas y ecográficas necesarias por disfunción del AV; c) el número de re-intervenciones para mantener la permeabilidad asistida y utilidad; d) la necesidad de nuevos AV; y e) el acceso vascular maduro a través del cual se inició HD.

Se consideró como primer AV útil aquel que permitió las sesiones de HD sin complicaciones durante un periodo mínimo de 1 mes. En los pacientes que no se llegó a emplear el AV se consideró como final de seguimiento el éxitus o cambio de método de TRS (trasplante o diálisis peritoneal). Se solicitó al Departamento de Economía y Finanzas de nuestro centro las tarifas de facturación de los diferentes actos asistenciales implicados en la realización y seguimiento del AV: a) las visitas de valoración clínica y ecográfica previas a la intervención; b) la intervención quirúrgica de creación del AV (incluyendo, si se requirieron, los gastos de ingreso o material protésico); c) las visitas de valoración clínica o ecográfica por parte de Cirugía Vascular durante el seguimiento; d) las intervenciones adicionales quirúrgicas o endovasculares para mantener la permeabilidad asistida y la utilidad del AV; e) las intervenciones quirúrgicas de nuevos AV (incluyendo, si se requirieron, los gastos de ingreso o material protésico); y e) el uso de catéteres venosos centrales (CVC).

ANÁLISIS ESTADÍSTICO

Las variables cualitativas se describieron mediante frecuencia y porcentajes, y las cuantitativas mediante media y desviación estándar. La comparación de características clínicas y de costo entre los grupos de pacientes se realizó mediante el test Chi Cuadrado para las variables cualitativas y t-student y U de Mann-Whitney para las variables cuantitativas. El análisis estadístico fue realizado mediante el programa SPSS versión 25. Se consideró estadísticamente significativo un valor p inferior a 0.05.

RESULTADOS:

En el grupo ECO se incluyeron 92 pacientes mientras que en el grupo CLN 86. No existieron diferencias estadísticamente significativas en las características basales de ambos grupos excepto en la edad que fue inferior en el grupo ECO, como se muestra en la **Tabla 1**.

TABLA 1: Características basales de los pacientes sometidos a un primer acceso vascular quirúrgico para hemodiálisis, indicado tras valoración clínica aislada (CLN) o tras eco-Doppler preoperatorio (ECO).

	Grupo CLN (n=86)	Grupo ECO (n=92)	p
Edad*	68,4 (13.2)	64,0 (13.6)	0,038
Sexo (varones)	52 (61%)	58 (63%)	ns
Hipertensión Arterial	79 (92%)	85 (92%)	ns
Diabetes Mellitus	54 (63%)	51 (55%)	ns
Insuficiencia Cardíaca	25 (29%)	25 (27%)	ns
Cardiopatía Isquémica	20 (23%)	18 (20%)	ns
Filtrado Glomerular por MDRD (mL/min/1.73m2)*	15,9 (4,6)	14,5 (4,0)	ns
Predialisis	69 (81%)	71 (77%)	ns
Índice de Masa Corporal (IMC)*	30,1 (5,5)	28,5 (7,1)	ns

* Media (desviación estándar)

ns = no significativo

El tiempo de demora entre la solicitud del AV por parte de Nefrología y la realización del AV fue de 82.9 días (DE=81.4) para el grupo CLN y 49.9 días (DE=44.9) para el grupo ECO, siendo la diferencia estadísticamente significativa ($p=0.002$).

Un 70.9% de los pacientes del grupo CLN y un 80.4% de los pacientes del grupo ECO realizaron finalmente HD. Los casos que no llegaron a dializarse en el grupo CLN/ECO fue por éxitus (17.4%/10.9% respectivamente), cambio de tipo de TRS (7.0%/2.2%) o permanecer en pre-diálisis hasta el final del seguimiento (4.7%/6.5%).

Requirieron un nuevo AV sucesivo, por trombosis o por no ser puncionable, un 36% de los pacientes en el grupo CLN y un 17.4% en el ECO ($p=0.023$), indicándose el número de intervenciones realizadas en la **Tabla 2**. El número medio de intervenciones para lograr un AV útil para HD durante como mínimo 1 mes sin complicaciones fue de 1.47 en el grupo CLN y de 1.19 en el grupo ECO ($p<0.001$).

TABLA 2: Número de intervenciones realizadas para lograr un AV útil para HD durante como mínimo 1 mes sin complicaciones, indicado tras valoración clínica aislada (CLN) o tras eco-Doppler preoperatorio (ECO).

	Grupo CLN (n=86)	Grupo ECO (n=92)
1	55 (64%)	76 (82.6%)
2	22 (25.6%)	14 (15.2%)
3	8 (9.3%)	2 (2.2%)
4	1 (1.2%)	0 (0%)

Durante el seguimiento, y para mantener el funcionamiento del AV inicial o de los sucesivos antes de iniciar su punción para HD, se realizaron 14 intervenciones adicionales en el grupo CLN (6 superficializaciones, 3 ligaduras completas, 2 ligadura de colaterales, 1 corrección de pseudoaneurisma, 1 trombectomía y 1 angioplastia) y 11 en el grupo ECO (5 angioplastias, 3 ligaduras de colaterales, 1 trombectomía, 1 superficialización y 1 ligadura completa).

Por fracaso o falta de maduración de los AV requirieron la implantación de un CVC 7 pacientes (11.5%) en el grupo CLN y 2 (2.7%) en el grupo ECO ($p=0.04$), sin contabilizar los casos que ya habían iniciado HD a través de un CVC de forma previa a la realización del AV.

En base a las tarifas de facturación de los diferentes actos asistenciales, se realizó un cálculo del coste hasta lograr un AV útil para ser puncionado para HD durante como mínimo 1 mes sin complicaciones, o hasta final de seguimiento en los que no se llegaron a dializar. Los costes medios de cada acto asistencial para cada uno de los grupos se recogen en la **Tabla 3**. El coste total medio en los pacientes del grupo ECO fue significativamente inferior al registrado para los del grupo CLN (2707 euros vs 3347 euros, $p=0.024$). A pesar de que los pacientes del grupo ECO tuvieron un coste mayor en ecografías preoperatorias o de seguimiento, el grupo CLN tuvo un costo superior respecto a consultas de seguimiento, intervenciones quirúrgicas sucesivas, material protésico y días de ingreso. Estas diferencias se mantuvieron incluso si se analizaban solamente los pacientes que sí entraron en hemodiálisis.

Respecto a otros factores asociados al coste, la obesidad ($IMC>30$) implicó un mayor coste en el global de los pacientes ($p=0.037$) y en el grupo CLN ($p=0.042$), pero no dentro del grupo ECO ($p=0.342$). El resto de factores no resultaron significativos.

TABLA 3: Coste medio de los diferentes actos asistenciales para lograr un AV útil durante como mínimo de 1 mes: a) en el global de los pacientes; y b) sólo en los pacientes que se han llegado a emplear el AV para realizar hemodiálisis. Indicado tras valoración clínica aislada (CLN) o tras eco-Doppler preoperatorio (ECO), en Euros.

	PRECIO UNITARIO	COSTE FAV ÚTIL, TODOS LOS PACIENTES			COSTE FAV ÚTIL, SÓLO DIALIZADOS		
		Grupo CLN (n=86)	Grupo ECO (n=92)	p	Grupo CLN (n=60)	Grupo ECO (n=75)	p
Consulta Previa	173,57€	173,57€	173,57€	ns	173,57€	173,57€	ns
Ecografía Previa	172,40€	0€	172,40€	<0.001	0€	172,40€	<0.001
Intervención AV inicial	1344,23€	1344,23€	1344,23€	ns	1344,23€	1344,23€	ns
Consulta Seguimiento	81,20€	169,95€	111,21€	0.001	165,11€	109,35€	0.001
Ecografía Seguimiento	172,40€	52,12€	108,69€	0.016	51,72€	114,93€	0.025
Intervención AV Sucesivo	1344,23€	640,85€	265,89€	0.004	537,69€	326,97€	ns
Intervención Adicional	1344,23€	312,61€	321,44€	ns	358,46€	358,46€	ns
Material Protésico	PTFE 625,25€	94,51€	33,98€	ns	72,95€	41,68€	ns
	CVC 494,24€	45,97€	10,74€	0.069	57,66€	13,18€	0.072
Días Ingreso	367,97€	513,44€	167,98€	0.008	533,56€	152,09€	0.020
Total		3347,28€	2707,26€	0.024	3294,94€	2802,51€	0.027

AV (Acceso Vascular); PTFE (Prótesis Vascular: tubo de politetrafluoroetileno); CVC (Catéter Venoso Central); ns (no significativo)

DISCUSIÓN.

El resultado más destacable del estudio es que el coste para lograr un AV útil fue un 21% inferior en el grupo ECO respecto al grupo CLN. Los aspectos fundamentales que influyeron en esta disminución del coste fue un menor número de visitas de seguimiento y, sobre todo, una menor necesidad de realizar nuevos AV sucesivos por fracaso del inicial, con el consiguiente ahorro del gasto en días de ingreso hospitalario y material, al no tener que emplear un AV de recurso, como prótesis arterio-venosas o CVC tunelizados. Esta reducción ha sido superior al sobrecoste que han supuesto las valoraciones ecográficas, tanto de forma pre-operatoria como durante el seguimiento.

Para controlar los posibles sesgos que podía provocar el análisis por intención de tratamiento del global de los pacientes, con un uso del AV y unos tiempos de seguimiento dispares, realizamos un segundo análisis seleccionando a aquellos pacientes en los que se había llegado a emplear el AV para realizar HD. Los resultados obtenidos son muy similares a los del global de los pacientes y vendrían a confirmar una diferencia de costes independientemente del empleo definitivo del AV. Cabe destacar que el coste para lograr un AV útil en el grupo CLN fue discretamente inferior en el subgrupo de pacientes que se dializaron respecto a los que no, inversamente a lo observado en el grupo ECO. Un mayor porcentaje de AV

protésicos que no llegaron a utilizarse explicaría el sobrecoste en los pacientes no dializados del grupo CLN.

En nuestro estudio, de cara a ajustar mejor el valor real, decidimos incluir todos los procesos asistenciales relacionados con la creación y seguimiento del AV facturados por parte del hospital. Además decidimos valorar los gastos hasta lograr un objetivo: la utilidad del AV para ser empleado para realizar HD durante 1 mes sin complicaciones o hasta final de seguimiento en los que no se llegaron a puncionar. Consideramos que realizar el cálculo a lo largo de todo el seguimiento podría producir sesgos, ya que las 2 series valoradas no fueron coincidentes en el tiempo y por tanto el periodo del grupo CLN fue superior. Además no son comparables las complicaciones que presenta un AV que está siendo puncionado habitualmente del que no lo está, por lo que decidimos acotar la tasación al inicio de su uso para realizar HD.

Existe cada vez un mayor grado de evidencia científica a favor de emplear la ED en la valoración previa a la realización de un AV para HD (3,4), pero los estudios existentes en la literatura sobre el coste/efectividad de esta exploración son muy escasos. El grupo austriaco de Györi⁸ publicó en 2019 un estudio en el que, además de un análisis de permeabilidad y complicaciones de su serie, aportaba un análisis de costes, aunque incluyendo solamente las intervenciones quirúrgicas realizadas a lo largo de todo el seguimiento. Al igual que nuestro estudio, concluía que, dado el mayor número de reintervenciones en el grupo de valoración clínica, los AV realizados tras valoración ecográfica tenían significativamente un menor coste (4074€ vs 6078€; $p < 0.001$). No son comparables las cifras económicas de este estudio con el realizado en nuestro centro, ya que la factura de la actividad quirúrgica en ambos sistemas sanitarios es muy diferente.

Otra ventaja añadida a la reducción del coste fue la reducción en los tiempos de demora en un 40%, como consecuencia de la modificación de los protocolos de derivación, así como de la mejora en el registro de los pacientes que se encontraban en espera de intervención. En la guía clínica del GEMAV³ se marcan como indicadores de calidad asistencial unos periodos de demora de 3 meses para las derivaciones de prioridad normal y de 6 semanas para las preferentes. En nuestro estudio, la demora media de grupo ECO fue de 49 días, por lo que estaría dentro de los estándares de calidad propuestos, aunque no discriminamos entre los AV de prioridad preferente de los que no.

Los pacientes incluidos en nuestro trabajo han presentado un número y unas características similares en los dos grupos, a excepción de una media de edad más avanzada en el grupo CLN. Entre los factores de riesgo reconocidos^{9, 10}, la edad avanzada es uno de los que pueden implicar un peor pronóstico

⁸ Györi GP, Elienberg W, Dittrich L, Neumayer C, Roka S, Berlakovich GA. Preoperative ultrasound improves patency and cost effectiveness in arteriovenous fistula surgery. *J Vasc Surg.* 2019 Feb;69(2):526-531.

⁹ Smith GE, Gohil R, Chetter IC. Factors affecting the patency of arteriovenous fistulas for dialysis access. *J Vasc Surg.* 2012; 55:849-55.

¹⁰ Feldman HI, Joffe M, Rosas SE, Burns JE, Knauss J, Brayman K. Predictors of successful arteriovenous fistula maturation. *Am J Kidney Dis.* 2003; 42:1000-12.

de los AV¹¹, por lo que la diferencia hallada (68.4 vs 64 años) podría tener cierta influencia a la hora de explicar un peor resultado del grupo CLN. Pero en el análisis de factores de riesgo la edad no influyó sobre el coste, por lo que consideramos que esta diferencia no ha resultado de gran relevancia en el aspecto económico.

A parte de la valoración ecográfica, la obesidad supuso un factor de riesgo de mayor coste económico en el global de los pacientes. Pero analizando por separado ambos grupos, observamos como su influencia queda diluida en el grupo ECO. Es ampliamente reconocida la influencia negativa de la obesidad en los resultados clínicos de los AV para HD, así como la utilidad de la ED para valorar el patrimonio venoso en este subgrupo de pacientes^{12 12}, evitando así intervenciones adicionales innecesarias.

No existieron diferencias entre ambos grupos (19% vs 22%) en el porcentaje de pacientes no controlados previamente por Nefrología y que habían iniciado HD de forma urgente mediante CVC antes de la valoración y realización del AV. Pero sí resultó significativo que se lograra reducir en el grupo ECO la necesidad de implantar un CVC por retraso en la maduración de una FAV ya realizada (11.5% vs. 2.7%). La disminución de la demora quirúrgica y el incremento en la utilidad de las FAV han contribuido sin duda a la mejora de este parámetro. En Cataluña, el porcentaje de pacientes incidentes que iniciaron HD a través de un catéter durante el año 2018 fue del 59.4%^{13 13}, cifras que distan mucho de las observadas en nuestra serie.

Este estudio no está exento de limitaciones que se quieren poner de manifiesto. En primer lugar, el carácter retrospectivo de la serie de control, que limita la validez de la información registrada. En segundo lugar, el modelo de facturación de nuestro centro, en el que existe un coste único por acto quirúrgico independientemente de su complejidad, no permite discriminar el diferente valor de las técnicas. En tercer lugar, a pesar de haber realizado las valoraciones un único explorador, la ecografía tiene un componente subjetivo inherente a la propia técnica, aunque este hecho es compartido por el resto de estudios de similares características. Finalmente, la recogida de datos pertenece a un solo centro hospitalario con un número limitado de pacientes y los resultados obtenidos podrían no ser extrapolables a otras poblaciones, por lo que deben interpretarse con cautela.

Como conclusión, la introducción de una consulta específica de acceso vascular para hemodiálisis, con valoración mediante eco-Doppler, ha permitido disminuir el coste para lograr un primer AV útil, como consecuencia de una reducción en los tiempos de demora, las visitas de control, el número de re-intervenciones, los días de ingreso y la implantación de catéteres.

¹¹ Lazarides MK, Georgiadis GS, Antoniou GA, Stamos DN. A meta-analysis of dialysis access outcome in elderly patients. *J Vasc Surg.* 2007; 45:420-6.

¹² Vassalotti JA, Falk A, Cohl ED, Uribarri J, Teodorescu V. Obese and non-obese hemodialysis patients have a similar prevalence of functioning arteriovenous fistula using pre-operative vein mapping. *Clin Nephrol.* 2002;58:211-214

¹³ Informe estadístico del Registro de Enfermos Renales de Cataluña 2018.

ANEXO 3: ARTÍCULO

TÍTULO:

Angioplastia guiada mediante eco-Doppler en el tratamiento de las estenosis de fístula arteriovenosa para hemodiálisis.

AUTORES:

Eduardo Mateos Torres ^{a,b}, Meritxell Mellado Joan ^{a,b}, Laura Calsina Juscafresa ^a, Carlos Ruiz Carmona ^{a,b}, Albert Clará Velasco ^{a,b}

- a) Servicio de Angiología y Cirugía Vascular. Institut Hospital del Mar d'Investigacions Mèdiques (IMIM). Hospital del Mar. Barcelona.
- b) Universitat Autònoma. Barcelona.

REVISTA:

Angiología. Volumen 71, Número 5, Septiembre–Octubre 2019, Páginas 183-189.

<https://doi.org/10.20960/angiologia.00008>



ISSN (electrónico): 1695-2987 - ISSN (papel): 0003-3170

Angiología



Original

Angioplastia guiada mediante eco Doppler en el tratamiento de las estenosis de fístula arteriovenosa para hemodiálisis

Ultrasound-guided angioplasty in the treatment of arterio-venous fistula stenosis

Eduardo Mateos Torres^{1,2}, Meritxell Mellado Joan^{1,2}, Laura Calsina Juscafresa¹, Carlos Ruiz Carmona^{1,2}, Albert Clará Velasco^{1,2}

¹Servicio de Angiología y Cirugía Vascular. Institut Hospital del Mar d'Investigacions Mèdiques (IMIM). Hospital del Mar. Barcelona. ²Universitat Autònoma. Barcelona

Resumen

Las estenosis en el trayecto de fistulas arteriovenosas (FAV) para hemodiálisis son un problema muy prevalente y existe una larga experiencia en su tratamiento mediante angioplastia percutánea (ATP). Estos procedimientos, sin embargo, implican unas necesidades no despreciables de aparataje, exposición a radiación y contraste intravenoso que no son beneficiosas para el paciente y hacen más compleja su realización. Este estudio revisa nuestra experiencia inicial en la angioplastia guiada mediante ecografía Doppler.

Cohorte prospectiva de pacientes con disfunción de la FAV nativa por estenosis venosas significativas tratados mediante una ATP guiada mediante eco Doppler. La punción de la FAV, la cateterización de la lesión, la localización y el inflado del balón y la comprobación del resultado se hicieron de forma ecoguiada. Tan solo se realizaron una fistulografía comprobatoria previa y otra posterior a la dilatación. Como control, se recogieron también los casos realizados durante el mismo periodo por el método angiográfico habitual.

Entre febrero de 2015 y septiembre de 2018 se realizaron 51 ATP sobre FAV nativa, de las que 27 fueron de forma ecoguiada (edad media, 65,3 años; 63% varones). El éxito técnico fue del 96%. En el 26% de los casos se repitió la ATP por estenosis residual tras la imagen angiográfica. Hubo un 7,3% de complicaciones periprocedimiento. El 92% de las FAV fueron puncionadas a las 24 h. La permeabilidad primaria a 1 mes, 6 meses y 1 año fue del 100%, 64,8% y 43,6%, y la asistida del 100%, 87,2% y 74,8%. No hubo diferencias significativas en los resultados inmediatos o tardíos respecto a las angioplastias de FAV guiadas mediante angiografía.

La ATP-FAV puede realizarse de manera segura y eficaz guiada mediante ecografía Doppler, lo que permite simplificar la logística necesaria para su realización, si bien debemos mejorar todavía la capacidad de comprobación precoz del resultado con esta técnica de imagen.

Palabras clave:
Derivación arteriovenosa quirúrgica.
Hemodiálisis.
Ecografía Doppler.
Angioplastia.

La presente investigación no ha recibido ayudas específicas provenientes de agencias del sector público, sector comercial o entidades sin ánimo de lucro.

Recibido: 13/01/2019 • Aceptado: 12/09/2019

Mateos Torres E, Mellado Joan M, Calsina Juscafresa L, Ruiz Carmona C, Clará Velasco A. Angioplastia guiada mediante eco Doppler en el tratamiento de las estenosis de fístula arteriovenosa para hemodiálisis. *Angiología* 2019;71(5):183-189.

DOI: <http://dx.doi.org/10.20960/angiologia.00008>

Correspondencia:

Eduardo Mateos Torres. Servicio de Angiología y Cirugía Vascular. Hospital del Mar. Passeig Marítim, 25. 08903 Barcelona
e-mail: emateos@parcdesalutmar.cat

©Copyright 2019 SEACV y ©Arán Ediciones S.L. Este es un artículo Open Access bajo la licencia CC BY-NC-SA (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-na/4.0/>).

Abstract

Stenoses in the arterio-venous fistulae (AVF) for hemodialysis are a very common problem and there is a long experience in its treatment by percutaneous angioplasty (PTA). These procedures, however, imply important needs for equipment, exposure to radiation and intravenous contrast that are not beneficial for the patient and make it more complex to perform. This study reviews our initial experience in ultrasound-guided angioplasty.

Prospective cohort of patients with native AVF dysfunction due to significant venous stenosis, undergoing a PTA ultrasound-guided. Puncture of the AVF, catheterization of the lesion, localization and inflation of the balloon and verification of the result were ultrasound-guided, with only a fistulography performed before and after the dilation. As a control-cases, patients intervened by the usual angiographic method were also collected.

Of the 51 ATP performed on native AVF between February 2015 and September 2018, 27 were ultrasound-guided (mean age 65.3 years, 63% males). The technical success was 96%. In 26% of the cases, ATP was repeated due to residual stenosis after the angiographic image. There were 7.3% peri-procedural complications. 92% of the AVF were punctured at 24 h. Primary patency rates at 1 month, 6 months and 1 year was 100%, 64.8% and 43.6% and Assisted 100%, 87.2% and 74.8%, respectively. There were no significant differences in the immediate or late results with respect to angioplasty of AVF guided by angiography.

ATP-FAV can be safe and effectively performed by Doppler ultrasound guidance. This method simplifies the logistics of the procedure although further improvements are needed to ensure that ultrasound is adequate to ensure the correct patency of the vessel.

Key words:

Ruptured abdominal aortic aneurysm. Cardiovascular events. Late mortality. Open repair. Survival.

INTRODUCCIÓN

Las estenosis en el trayecto de fístulas arteriovenosas (FAV) para hemodiálisis (HD) son un problema muy prevalente. Se presentan de forma significativa hasta en el 42% de las FAV nativas (1,2). Existe una larga experiencia en su tratamiento mediante angioplastia percutánea, procedimiento que, sin embargo, implica unas necesidades no despreciables de aparataje, exposición a radiación y contraste intravenoso que no son beneficiosas para el paciente y hacen más compleja su realización.

Las guías más recientes (3,4) recomiendan la ecografía Doppler como exploración de imagen de primera elección para indicar el tratamiento electivo ante toda sospecha de una estenosis significativa. En estas, se recomienda también el tratamiento mediante angioplastia de la estenosis del trayecto venoso de la FAV nativa, por ser menos invasiva que la cirugía. Teniendo en cuenta estas recomendaciones, es lógico pensar que, si puede combinarse la opción diagnóstica con la opción terapéutica de elección, podríamos aportar un beneficio a la técnica, tal y como ya se ha descrito en la literatura médica (5-7).

El objetivo de este estudio fue valorar nuestra experiencia inicial en la angioplastia de FAV nativa guiada mediante ecografía Doppler.

PACIENTES Y MÉTODOS

Cohorte prospectiva de pacientes a los que se realizó una angioplastia de FAV nativa guiada mediante eco Doppler y angiografía (Grupo ECO). Se descartaron las angioplastias en accesos protésicos y venas centrales. Se recogieron también los datos de la cohorte de pacientes a los que se les realizó la técnica exclusivamente mediante angiografía (Grupo RX) en el mismo periodo como grupo control para comparar la seguridad y la eficacia. La asignación de los pacientes a uno u otro grupo de tratamiento no fue aleatorizada, sino que fue el cirujano el que decidió en cada caso el tipo de técnica a realizar en función del tipo de lesión, de su visualización mediante eco Doppler y de la disponibilidad de equipo de ecografía en el quirófano.

Se valoraron variables demográficas (edad, sexo...), antecedentes clínicos (diabetes *mellitus*, hipertensión arterial...), datos nefrológicos (HD activa o prediálisis, grado de urgencia...) y características de la FAV: tipo de FAV (radiocefálica, húmero-cefálica o húmero-basílica), lateralidad, fecha de realización y localización de la estenosis (yuxtaanastomótica o en el trayecto de la vena).

El diagnóstico de estenosis y la decisión del tipo de intervención se realizaron a partir de la valoración clínica y el eco Doppler preoperatorio. La exploración

ecográfica se realizó mediante un transductor lineal de 7-11 MHz y equipo Logiq S7 Expert (General Electric Healthcare, Estados Unidos). Se consideró que existía una sospecha de estenosis hemodinámicamente significativa en un punto de la FAV si se cumplía alguna de las siguientes condiciones: a) Una ratio de velocidad picosistólica superior a 3 entre el punto de máxima aceleración y el vaso normal proximal; b) Una disminución de diámetro < 50% en modo B y *aliasing* por turbulencia en modo color en ese punto; y c) Un caudal de FAV Qa < 500 ml/min calculado mediante eco Doppler.

Las intervenciones se realizaron de forma ambulatoria y bajo anestesia local. Se empleó introductor de 5F, guía hidrofílica de 0,035" y balones de angioplastia simple Oceanus (iVascular, España) o Advance (Cook Medical, Estados Unidos), con presiones de inflado de hasta 22 atm. En los casos realizados de forma ecoguiada, la técnica de punción, la cateterización de la lesión, la toma de medidas, la colocación del balón y la angioplastia se realizaron por eco Doppler, mediante un transductor lineal de 6-15 MHz y equipo SII (Sonosite, Estados Unidos). Se realizó una fistulografía previa con contraste yodado (una vez cateterizada la lesión) y otra posterior a la angioplastia, como confirmación de la estenosis y comprobación final. Se consideró éxito técnico la resolución de la lesión o una estenosis residual < 30%. Se recogieron los tiempos de intervención y la dosis de contraste yodada empleada.

Los controles después del procedimiento se realizaron de forma clínica. Aquellos pacientes en los que se detectaron FAV disfuncionantes fueron valorados ecográficamente. Durante el seguimiento se registró la primera fecha de punción, la permeabilidad, la utilidad para HD, las reintervenciones y la necesidad de nuevos accesos vasculares (AV).

El análisis estadístico se realizó mediante el programa SPSS versión 22. Para el análisis descriptivo se utilizó la media; para las variables cuantitativas, la desviación estándar (DE), y la frecuencia y los porcentajes para las cualitativas. La comparación entre variables cuantitativas se realizó mediante el test T-Student y entre las cualitativas, el test chi cuadrado. El análisis de la permeabilidad se realizó mediante curvas de supervivencia Kaplan-Meier y su comparación mediante los test Log-Rank y Breslow. El análisis multivariable se realizó mediante Regresión Cox.

RESULTADOS

De las 51 angioplastias realizadas sobre FAV nativa, entre febrero de 2015 y septiembre de 2018, 27 fueron guiadas mediante eco Doppler (Grupo ECO): 21 fueron primeras intervenciones y 6, reestonosis. Las 24 angioplastias restantes fueron realizadas exclusivamente mediante control angiográfico (Grupo RX).

Las características basales de los pacientes intervenidos mediante control ecográfico se describen en la **tabla I**, sin que existan diferencias significativas en relación a aquellos intervenidos únicamente con control angiográfico.

El tipo de AV sobre el que se intervino en el Grupo ECO fueron 8 FAV radiocefálicas (30%), 16 húmero-mediana/cefálica (59%) y 3 húmero-basilica (11%); el brazo derecho fue de un 59%. La localización de la lesión fue yuxtananastomótica en 16 casos (59%) y en el trayecto de la vena, en 11 (41%). No se observaron diferencias significativas en relación a aquellos intervenidos únicamente con control angiográfico.

En cuanto a la dosis administrada de contraste yodado, en el Grupo ECO se utilizó una media de 23 ml (DE = 7,888), mientras que en el Grupo RX fue de 42 ml (DE = 19,497), una diferencia estadísticamente significativa ($p < 0,001$). El tiempo medio de intervención en el Grupo ECO fue de 51 minutos (DE = 21,975), y en el Grupo RX, de 57 (DE = 41,369), sin que estas diferencias sean significativas ($p = 0,5015$).

En cuanto a los resultados inmediatos de las angioplastias ecoguiadas, el éxito técnico fue del 96% (en un paciente con doble estenosis solo se logró ca-

Tabla I. Características basales de los pacientes

	Grupo ECO (n = 27)	Grupo RX (n = 24)	p
Edad*	65,3 (14,7)*	71,4 (13,7)*	0,309
Sexo (varones)	17 (63%)	14 (58%)	0,453
Hipertensión Arterial	19 (79%)	22 (91%)	0,283
Diabetes mellitus	14 (52%)	13 (54%)	0,618
Prediálisis	3 (11%)	5 (21%)	0,139

*Media (desviación estándar).

nalizar una). En 7 casos (26%) se repitió la angioplastia con un balón de mayor calibre al objetivarse una imagen de estenosis residual en la comprobación angiográfica. El diámetro medio del balón utilizado fue de 5,13 mm. El 92% de las FAV pudieron puncionarse para HD el mismo día o a las 24 h, 1 se demoró a los 8 días y 1 caso no se puncionó de forma inmediata al no estar todavía el paciente en programa de HD.

2 pacientes (7,4%) presentaron complicaciones inmediatas: 1 ruptura del vaso angioplastiado, que se corrigió mediante la implantación de un *stent* cubierto (Viabhan, 5 x 50 mm) y 1 hematoma en el sitio de punción que se resolvió de forma conservadora. En ambos casos se mantuvo la permeabilidad del acceso.

La media del caudal de la FAV (Qa) medido en el eco Doppler previo fue de 433 ml/min (DE = 150), que se incrementó de forma estadísticamente significativa a 1154 ml/min (DE = 610) tras la intervención (p = 0,017).

El seguimiento medio fue de 392 días. La permeabilidad primaria a 1 mes, a 6 meses y a 1 año fue del 100%, del 64,8% y del 43,6%, respectivamente (Fig. 1).

Durante el seguimiento, para mantener el funcionamiento del AV, 9 pacientes (33%) requirieron

intervenciones adicionales: 7 angioplastias de reestenosis de la lesión (en un caso por 2 ocasiones), 1 interposición de PTFE en zona estenótica y 1 superficialización de vena basilica. Como consecuencia de estas, las tasas de permeabilidad asistida fueron a 1 mes, 6 meses y 1 año del 100%, del 87,2% y del 74,8% (Fig. 2).

Requirieron un nuevo AV durante los primeros 6 meses tras la intervención, por trombosis o por acceso no útil, 3 pacientes (11%). Se realizaron 2 reanastomosis de la FAV proximales a la lesión tratada y 1 una prótesis AV.

Ninguna de las variables clínicas valoradas influyó en los resultados de permeabilidad en el análisis multivariable de regresión de Cox.

En cuanto a los resultados de las 24 angioplastias de FAV nativa realizadas exclusivamente mediante control angiográfico (Grupo RX), las tasas de permeabilidad primaria a 1 mes, 6 meses y 1 año fueron del 95,0%, 66,3% y 59,7%, respectivamente; y la permeabilidad asistida del 95,0%, 78,4% y 71,9%, respectivamente, sin que existan diferencias significativas respecto al grupo de angioplastias ecoguiadas.

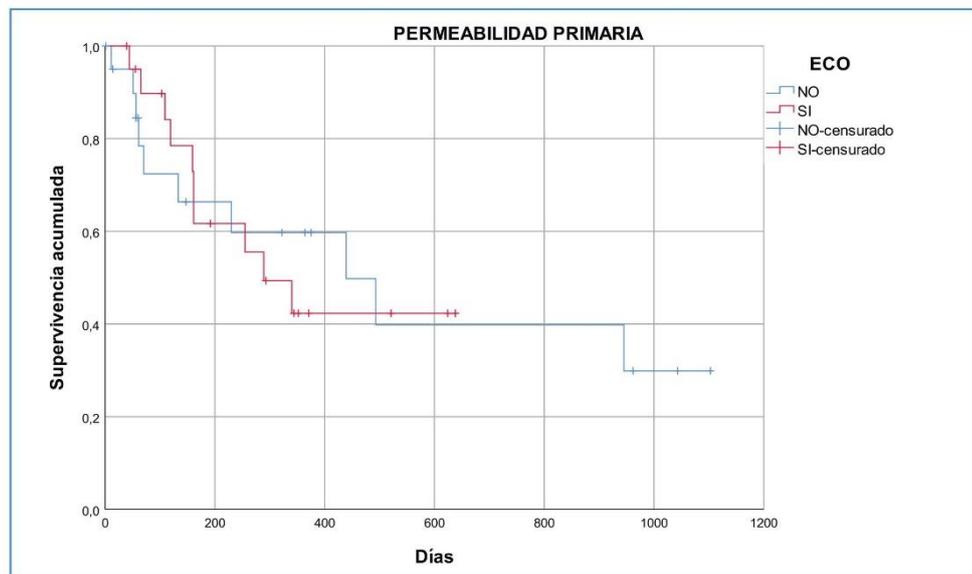


Figura 1. Permeabilidad primaria de la angioplastia guiada mediante eco Doppler (rojo) y mediante angiografía (azul).

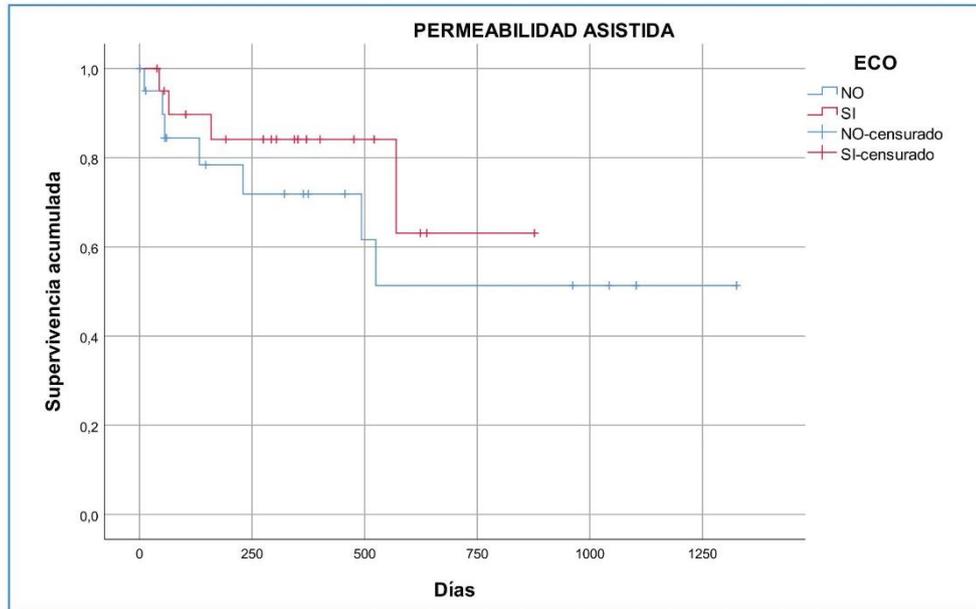


Figura 2. Permeabilidad asistida de la angioplastia guiada mediante eco Doppler (rojo) y mediante angiografía (azul).

Tampoco existieron diferencias en cuanto a la tasa de complicaciones intraoperatorias (9,7%).

DISCUSIÓN

La angioplastia guiada mediante eco Doppler es una técnica ya descrita en la literatura médica desde hace años (las primeras series se remontan al año 2000 [5]), y ha demostrado ser factible de aplicar en el acceso vascular para hemodiálisis dado que, por sus características anatómicas, los vasos de las extremidades superiores son fácilmente explorables.

Desde el punto de vista técnico, requiere una importante práctica en el manejo y en la interpretación del ecógrafo, pero con un entrenamiento adecuado pueden distinguirse de forma precisa los elementos tanto de la FAV como del material empleado en la técnica, lo que facilita, además, la navegación en un territorio —el venoso— que por angiografía muchas veces es de difícil interpretación. Además, tiene la ventaja de aportar información no solo anatómica,

sino también hemodinámica, con la que podemos tener más datos sobre la correcta resolución de la lesión. Este punto ha sido una de las limitaciones principales que hemos tenido en nuestra serie, dado que con el ecógrafo del que disponíamos en el quirófano no podían realizarse mediciones de velocidades y cálculo de flujo del vaso (Q_a), por lo que la comprobación del resultado de forma angiográfica fue imprescindible en esta fase. Disponer de los equipos adecuados es uno de los requerimientos para poder realizar la técnica de forma exclusivamente ecográfica, lo que abriría la puerta a llevarla a cabo en espacios que no sean un quirófano o una sala de angiorradiología, siempre y cuando se cumplan unas condiciones de esterilidad.

Realizando una revisión de la bibliografía hallamos estudios como el de Ascher y cols. (8), de 2009, que realizaron 32 angioplastias en 25 pacientes por accesos no maduros, con tasas de permeabilidad primaria a 6 meses del 53%. Gorin y cols. (9) en 2012 informaron de una pérdida de fistula del 10% después de la dilatación. Pero la serie más extensa es la

del japonés Masanori Wakabayashi (6), que en 2013 reportó 4869 casos con un éxito inmediato en el 97,1% de las estenosis. Durante el primer año de su serie, requirió soporte angiográfico en un 25% de los casos, aunque posteriormente su uso fue anecdótico.

Más recientemente, hallamos series como las de García-Medina y cols. (10), que en 2016 publicaron 189 PTA mediante técnica ecográfica sin necesidad de apoyo angiográfico en el 67,2% de los casos y con una permeabilidad primaria al año del 41%. El grupo de Kumar (11) en 2017 realizó 78 angioplastias con un éxito del 89,7% y una permeabilidad primaria al año del 60,2% y secundaria del 100%; y también en 2017 Leskovar (7) presentó 228 PTA percutáneas o como complemento en trombectomías quirúrgicas abiertas; un 46% requirió una nueva angioplastia por reestenosis durante el seguimiento.

Comparando con los resultados de nuestra serie, la permeabilidad y las complicaciones no difirieron significativamente con las reportadas en la literatura ni con el grupo de control angiográfico, con permeabilidades primarias a 1 año modestas, pero que mejoran considerablemente las asistidas si se realiza un correcto seguimiento del AV. En la reciente guía del GEMAV (3) se citan permeabilidades primarias en torno al 40-50% (12) de la técnica realizada mediante la técnica angiográfica habitual, por lo que los resultados de las series guiadas mediante eco Doppler aparentemente no serían inferiores.

En cuanto a las diferencias técnicas con respecto a la literatura citada, en nuestra serie fue imprescindible la comprobación del resultado de forma angiográfica dada la limitación técnica del equipo ya comentada, que no permitía que la comprobación ecográfica pudiera realizarse de una forma fiable. Los parámetros de velocidad y caudal Qa se describen como necesarios, además de la mejoría de diámetro del vaso en modo B (8). En múltiples estudios informan de la necesidad de soporte angiográfico para confirmar el resultado hasta en un 33% de las técnicas (10), pero desconocemos en nuestro caso cuántos hubieran requerido reconversión de haber podido realizarlo en óptimas condiciones técnicas. A pesar de esta dependencia de la comprobación angiográfica, como era de esperar, las necesidades de contraste yodado fueron significativamente menores con respecto al Grupo RX, y no supuso un incremento del tiempo requerido para la intervención.

Han supuesto limitaciones a nuestro estudio el escaso número de pacientes y que no estuvieran sometidos a aleatorización, pero la limitación principal fue la dependencia del control angiográfico, dada la imposibilidad técnica de una correcta comprobación de la técnica mediante un eco Doppler de prestaciones adecuadas. Fruto de esta limitación, una cuarta parte de los casos requirieron una nueva angioplastia con balón de mayor calibre tras la fistulografía de control durante el mismo procedimiento. El hecho de que el resultado final estuviera condicionado por la comprobación angiográfica provoca que la comparación de permeabilidad entre técnicas pierda validez, pero hemos creído interesante reflejar también los resultados de los casos realizados mediante control angiográfico (Grupo RX) de cara a auditar la seguridad y que no existiera una disminución en la calidad de resultados ofrecidos al paciente.

Concluimos, por tanto, que la angioplastia de las estenosis de FAV puede realizarse de manera segura y eficaz guiada mediante ecografía Doppler, lo que permite simplificar la logística necesaria para su realización, si bien todavía debemos mejorar la capacidad de comprobación precoz del resultado con esta técnica de imagen.

BIBLIOGRAFÍA

1. Moreno Sánchez T, Martín Hervás C, Sola Martínez E, et al. Valor de la ecografía Doppler en la disfunción de los accesos vasculares periféricos para hemodiálisis. *Radiología* 2014;56:420-8.
2. Salman L, Ladino M, Alex M, et al. Accuracy of Ultrasound in the Detection of Inflow Stenosis of Arteriovenous Fistulae: Results of a Prospective Study. *Semin Dial* 2010;23:117-21.
3. Ibeas J, Roca-Tey R, Vallespín J, et al. Guía Clínica Española del Acceso Vascular para Hemodiálisis. *Nefrología* 2017;37(Supl.1):1-192.
4. Schmidli J, Widmer MK, Basile C, et al. Vascular Access: 2018 Clinical Practice Guidelines of the European Society for Vascular Surgery (ESVS). *Eur J Vasc Endovasc Surg* 2018;55:757-818.
5. Bacchini G, Cappello A, La Millia V, et al. Color doppler ultrasonography imaging to guide transluminal angioplasty of venous stenosis. *Kidney Int* 2000;58(4):1810-3.
6. Wakabayashi M, Hanada S, Nakano H, et al. Ultrasound-guided endovascular treatment for vascular access malfunction: results in 4896 cases. *J Vasc Access* 2013;14(3):225-30.
7. Leskovar B, Furlan T, Poznič S, et al. Ultrasound-guided percutaneous endovascular treatment of arteriovenous fistula/graft. *Clin Nephrol* 2017;Supplement 1;88(13):61-4.
8. Ascher E, Hingorani A, Marks N. Duplex-guided balloon angioplasty of failing or nonmaturing arterio-venous fis-

- tulae for hemodialysis: a new office-based procedure. *J Vasc Surg* 2009;50(3):594-9.
9. Gorin DR, Perrino L, Potter DM, et al. Ultrasound-guided angioplasty of autogenous arteriovenous fistulas in the office setting. *J Vasc Surg* 2012;55(6):1701-5.
 10. García-Medina J, García-Alfonso JJ. Ultrasound-Guided Angioplasty of Dysfunctional Vascular Access for Haemodialysis. The Pros and Cons. *Cardiovasc Intervent Radiol* 2017;40(5):750-4.
 11. Kumar S, Mahajan N, Patil SS, et al. Ultrasound-guided angioplasty for treatment of peripheral stenosis of arteriovenous fistula - a single-center experience. *J Vasc Access* 2017;18(1):52-6.
 12. Mortamais J, Papillard M, Girouin N, et al. Endovascular treatment of juxta-anastomotic venous stenoses of forearm radiocephalic fistulas: long-term results and prognostic factors. *J Vasc Interv Radiol* 2013;24:558-64.

ANEXO 4: PROTOCOLO DE EXPLORACIÓN.

TÍTULO:

Ecografía-Doppler del acceso vascular para hemodiálisis.

AUTOR:

Eduardo Mateos Torres

FUENTE:

Protocolos de Exploraciones Complementarias en Laboratorio Vascular 2020. Servicio de Angiología y Cirugía Vascular. Parc de Salut Mar. Barcelona. Agosto 2020.

ECOGRAFÍA-DOPPLER DE ESTUDIO PREVIO A LA REALIZACIÓN DEL ACCESO VASCULAR PARA HEMODIÁLISIS.

JUSTIFICACIÓN

Clásicamente, la elección del lugar de realización de una fístula arterio-venosa se ha basado en la exploración física por parte del cirujano. Pero recientemente, múltiples estudios han demostrado que la valoración ecográfica previa a la realización del acceso vascular mejora la tasa de fallos precoces y su maduración^{14 15 16}.

Basados en la experiencia propia y en la revisión de la bibliografía, proponemos un protocolo para realizar la exploración ecográfica del patrimonio venoso y arterial, los parámetros a considerar y recomendaciones de cara a realizar un informe que permita escoger el acceso más adecuado para cada paciente.

¿CÓMO SE REALIZA?

Se coloca al paciente sentado o en decúbito supino, pudiendo movilizar y girar bien el brazo. Se recomienda que la temperatura ambiente y el gel de ultrasonido no estén fríos, para evitar el espasmo de los vasos. Se utiliza un transductor lineal de 7-12 MHz, en un equipo que disponga función Doppler para cálculo de velocidades y de flujo. Se recomienda mantener siempre el mismo orden: de distal a proximal, primero el derecho e indicando claramente cuál es el miembro superior no dominante.

¹⁴ Smith GE, Gohil R, Chetter IC. Factors affecting the patency of arteriovenous fistulas for dialysis access. *J Vasc Surg.* 2012;55:849–55.

¹⁵ Ferring M, Claridge M, Smith SA, Wilmink T. Routine Preoperative Vascular Ultrasound Improves Patency and Use of Arteriovenous Fistulas for Hemodialysis: A Randomized Trial. *Clin J Am Soc Nephrol.* 2010 Dec 1;5(12):2236–44.

¹⁶ Mihmanli I, Besirli K, Kurugoglu S, Atakir K, Haider S, Ogut G, et al. Cephalic vein and hemodialysis fistula: surgeon's observation versus color Doppler ultrasonographic findings. *J Ultrasound Med.* 2001 Mar;20(3):217–22.

- **VENOSO:**

Se coloca un torniquete con smarch a nivel del brazo proximal y se realizan ejercicios de presión manual durante 1-2 minutos.

Se estudia inicialmente la vena cefálica del antebrazo desde la muñeca, que deberá tener un diámetro mínimo de 2,5 mm en todo su trayecto. Se mide la profundidad existente entre la superficie de la piel y la pared anterior de la vena, que no debe ser mayor de 6 mm. Valorar la salida de venas accesorias que puedan derivar el flujo y de otras variantes de la normalidad que puedan condicionar su localización quirúrgica (ubicación más dorsal de la habitual).

Seguidamente se exploran los mismos parámetros a nivel del brazo. Especificar si la vena mediana (denominada así cuando sale la vena perforante del codo) se bifurca en rama cefálica y basílica y cuál es la dominante. Seguimos el trayecto de la vena cefálica del brazo hasta la subclavia, que deberá tener un diámetro mínimo de 3 mm en todo su trayecto. Posteriormente se valorará la vena basílica del brazo, especificando su profundidad y a qué nivel drena en el sistema venoso profundo humeral/axilar (por si se requiriera su superficialización).

No podemos explorar completamente mediante ecografía el sistema venoso profundo intratorácico, pero podemos evaluar su permeabilidad mediante signos indirectos como la fasicidad respiratoria del flujo. Estos son especialmente importantes en pacientes con antecedentes de CVC o marcapasos. En casos en que no se observe fasicidad y con flujos muy bajos, valorar realizar otras pruebas de imagen como AngioTAC o RMN^{17 18}.

¹⁷ Chin EE, Zimmerman PT, Grant EG. Sonographic evaluation of upper extremity deep venous thrombosis. J Ultrasound Med. 2005 Jun;24(6):829-38; quiz 839-40.

¹⁸ Patel MC, Berman LH, Moss HA, McPherson SJ. Subclavian and internal jugular veins at Doppler US: abnormal cardiac pulsatility and respiratory phasicity as a predictor of complete central occlusion. Radiology. 1999 May;211(2):579-83.

- **ARTERIAL:**

Con la sonda en transversal, medimos el diámetro interno de la arteria radial, que no debe ser menor de 2 mm en la muñeca. Valorar también la presencia de placas calcificadas en la arteria, que se visualizan fácilmente ya que provocan una sombra acústica posterior en la imagen ecográfica.

Medimos el diámetro de la arteria humeral, que no debe ser menor de 3 mm a nivel del pliegue del codo. Valorar si existen variantes anatómicas como doble arteria humeral o bifurcación humeral alta, presente en hasta en un 20% de los pacientes¹⁹.

Tabla 1: parámetros normales en la exploración ecográfica previa a la realización de un AV.

PARÁMETRO	Antebrazo	Brazo
Diámetro Arteria	>2 mm	>3 mm
Doppler Arteria	Trifásica	
Diámetro Vena	>2.5 mm	>3 mm
Profundidad Vena	<6 mm	

Con la sonda en longitudinal, analizamos la onda espectral Doppler de las arterias radial y humeral, debiendo presentar un patrón trifásico normal. En caso de ser patológica, realizar exploración completa de la arteria proximal en busca de oclusiones/estenosis severas que la justifiquen. Tomaremos también la Velocidad Pico Sistólica (VPS), que debe ser superior a 50 cm/seg.

¹⁹ Rodríguez-Niedenführ M, Vázquez T, Nearn L, Ferreira B, Parkin I, Sañudo JR. Variations of the arterial pattern in the upper limb revisited: a morphological and statistical study, with a review of the literature. J Anat. 2001 Nov;199(Pt 5):547–66.

REALIZACIÓN DE INFORME:

Realizaremos un informe que se iniciará haciendo constar la extremidad dominante.

Constará de una primera parte redactada en la que explicaremos, para cada brazo, la permeabilidad arterial, si presenta correctos calibres y morfología de la curva Doppler. Haremos una descripción del patrimonio venoso, refiriendo para cada vena explorada si está permeable y si sus calibres son correctos. Finalmente especificaremos si existe fascicidad respiratoria a nivel de las venas axilares.

Anotaremos a continuación en una tabla los valores de diámetro y profundidad de las venas estudiadas (habitualmente: cefálica de antebrazo, cefálica de brazo y basilíca de brazo) en tres puntos diferentes (distal, medio y proximal). También constará en la tabla los parámetros de las arterias radial y humeral: diámetro, VPS y morfología de la curva Doppler.

Con los datos obtenidos, realizamos en una representación gráfica de las venas exploradas, indicando su diámetro y profundidad. Representaremos mediante códigos de colores si consideramos: vena apta (verde), con medidas por debajo de la normalidad o con alteraciones que pueden condicionar su utilidad (amarillo) o vaso no útil o inexistente (rojo).

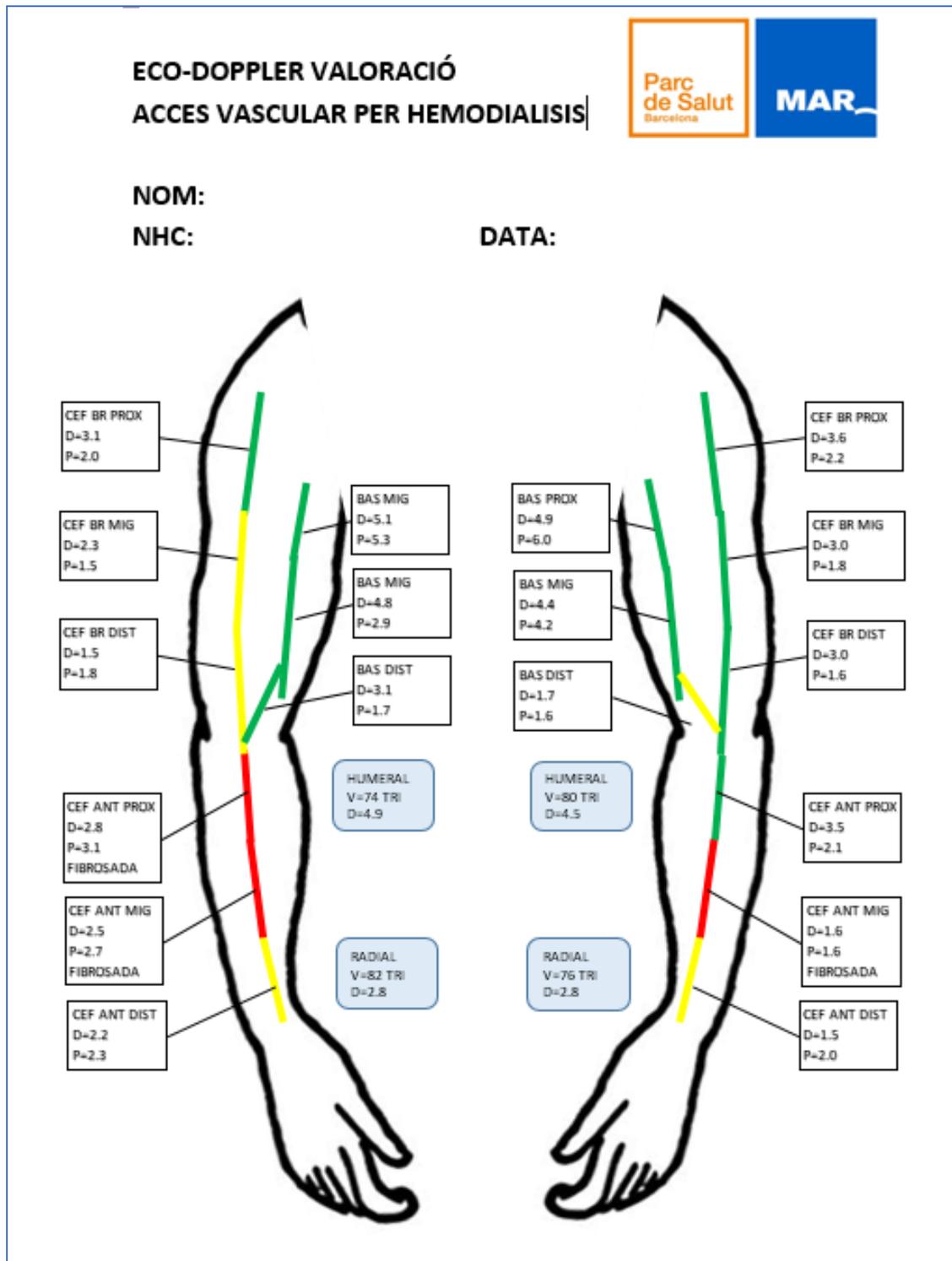


Figura 1: Representación gráfica de la exploración ecográfica previa a la realización de un AV.

ECOGRAFÍA-DOPPLER DE SEGUIMIENTO DEL ACCESO VASCULAR PARA HEMODIÁLISIS.

JUSTIFICACIÓN

Ante una FAV con sospecha de disfunción, la ecografía-Doppler es la primera exploración complementaria a realizar²⁰. Es una exploración fácilmente accesible (incluso en la misma sala de HD), aporta información hemodinámica además de morfológica y es de bajo riesgo para el paciente. Las principales limitaciones son su dependencia del explorador y escasa utilidad para valorar las lesiones de los vasos centrales intra-torácicos.

CÓMO SE REALIZA.

Se coloca al paciente sentado o en decúbito supino, pudiendo movilizar y girar bien el brazo. Se recomienda que la temperatura ambiente y el gel de ultrasonido no estén fríos. Se utiliza un transductor lineal de 7-12 MHz, en un equipo que disponga función Doppler para cálculo de velocidades y de flujo. Se debe seguir siempre una misma sistemática de cara a evitar pasar por alto lesiones.

- ARTERIAL:

Con la sonda en transversal valoramos de la arteria previa a la anastomosis de la FAV, objetivando el calibre, la presencia de flujo y si existen alteraciones de la pared sugestivas de estenosis o calcificación.

²⁰ Ibeas J, Roca R, Vallespín J, Moreno T, Moñux G, Martí A et al. Guía Clínica Española del Acceso Vascular para Hemodiálisis. Nefrología 2017;37(Supl 1):1-192.

Posteriormente con la sonda en longitudinal, analizamos la onda espectral de la arteria dadora a unos 5 cm antes de la anastomosis, para evitar la turbulencia de flujo de la misma. Encontraremos una curva monofásica debido a la baja resistencia al flujo ($IR < 0,6$). En este punto realizaremos un cálculo del flujo de FAV (Q_a), tal y como se describe en el próximo apartado.

Distal a la anastomosis debería existir un flujo anterógrado con mayor índice de resistencia. Ante la inversión del flujo en la arteria distal a la FAV debemos sospechar un fenómeno de robo arterial (dolor, disestesias y alteraciones motoras de la mano, en especial durante la diálisis), aunque el robo asintomático carece de trascendencia clínica.

- ANASTOMOSIS:

Valoramos su morfología en modo B, valorando los cambios de calibre del vaso. La existencia de aceleraciones y turbulencia en este punto es normal, por lo que el análisis de la curva Doppler y la VPS serán de escasa utilidad.

- VENOSA:

Con la sonda en transversal se explorará todo el trayecto de las venas arterializadas. Se objetivarán los diámetros y la presencia de trombosis, estenosis, hematomas o aneurismas en su trayecto. El diámetro venoso mínimo debe ser $>4\text{mm}$, sospechando la existencia de una estenosis si observamos una reducción de la luz superior al 60-70%.

Con la sonda en longitudinal y mediante Doppler Color se observan velocidades de flujo elevadas y turbulentas en el trayecto. Si la vena está visiblemente estrechada y existe un aumento de la turbulencia por color, se miden las velocidades sistólicas máximas en la estenosis y en un punto ubicado a 2 cm de ella en dirección caudal, calculando el cociente o ratio entre ambas. Se considera sugestivo de estenosis significativa si la ratio es >3 .

Mediante eco-doppler no podemos estudiar directamente las venas centrales intratorácicas, pero valoraremos de forma indirecta su permeabilidad si existe fasicidad del flujo con la respiración o si observamos una expansión de las mismas al realizar una maniobra de Valsalva. En caso de que no objetivar estos signos y tengamos sospecha clínica de obstrucción de las mismas, deberíamos realizar otras pruebas de imagen como TAC, Angio RMN o flebografía para confirmar la existencia de lesiones.

- MEDICIÓN DEL FLUJO DE FAV (Qa):

La determinación del flujo de la FAV es un método indirecto efectivo en la detección de estenosis y/o riesgo de trombosis de la FAV. El cálculo de flujo puede realizarse en la propia vena fistulizada, aunque puede ser más dificultoso debido a que puede presentar calibres variables y es más fácilmente compresible. Por este motivo algunos autores y guías clínicas recomiendan su determinación en la arteria humeral, unos 5 cm por encima de la anastomosis^{7 21}. En fístulas distales también se puede medir el flujo en la arteria humeral, para contabilizar también la sangre que pueda llegar a través del arco palmar.

Se puede calcular de forma automática en la mayoría de ecógrafos, o mediante la fórmula:

$$\text{Flujo Qa (mL/min)} = \text{Velocidad Media (cm/min)} \times r^2 \text{ (cm}^2\text{)} \times \pi$$

Se consideran patológicos los siguientes valores umbrales o la disminución de un 25% del valor basal:

$$\text{FAV nativa} < 500 \text{ ml/min.} \quad \text{Prótesis PTFE} < 600\text{mL/min.}$$

²¹ Teodorescu V, Gustavson S, Schanzer H. Duplex Ultrasound Evaluation of Hemodialysis Access: A Detailed Protocol. Int J Nephrol. 2012;2012:1–7.

COMPLICACIONES DE LA FAV.

Mediante el estudio mediante eco-Doppler podemos diagnosticar toda una serie de complicaciones de la FAV:

- ESTENOSIS:

Se trata de disminuciones en el calibre del vaso que limiten el flujo del mismo. No todas las lesiones estenóticas que se detectan en un examen ecográfico deben ser tratadas, tan sólo aquellas que muestren una repercusión hemodinámica sobre el funcionamiento de la FAV. La valoración mediante eco-Doppler tiene la ventaja que aporta una información tanto morfológica como funcional y puede lograr una elevada sensibilidad y especificidad (89,3% y 94,7%) (60, 66). Los criterios ecográficos para diagnosticar una estenosis significativa en FAV son^{7 22}:

- Reducción de la luz vascular superior al 60%
- VPS >400 cm/s (excepto en la anastomosis)
- Ratio de VPS >3
- IR>0,6. Curva Doppler de alta resistencia en la arteria dadora
- Flujo Qa <500 ml/min en FAVn o <600 ml/min en FAVp. Disminución del flujo en un 25% respecto a la basal.

- ANEURISMAS:

Se valorarán las zonas de masas pulsátiles en el trayecto de la FAV. Los aneurismas verdaderos se producen como resultado de cambios degenerativos de las paredes del vaso, pero manteniéndose todas las capas del mismo alrededor de la dilatación. Se

²² Mestres G., Moñux G., Yugueros X., Gonzalo B. Guía de práctica clínica: Utilidad de los ultrasonidos en la creación y mantenimiento de los accesos arteriovenosos. Capítulo de Diagnóstico Vascular. Sociedad Española de Angiología y Cirugía Vascular.

definen como aumentos en el diámetro del vaso de más de 20-30 mm, que supongan un crecimiento de más del doble respecto del segmento previo.

Los pseudo-aneurismas se diferencian del verdadero por no tener las capas del vaso, sino que se forman por una fuga de sangre del vaso al espacio peri-vascular, manteniendo el flujo pulsátil en su interior. Es una complicación típica de las zonas de punción y suelen tener un cuello bien definido que lo une al vaso.

- ISQUEMIA POR ROBO

Es el descenso de irrigación arterial en el territorio distal a una FAV. Se puede provocar por un paso excesivo de flujo al circuito venoso o por lesiones arteriales que lo disminuyan.

Mediante la exploración ecográfica constataremos una inversión o disminución de flujo en la arteria distal a la anastomosis, que se vuelve anterógrado o mejora con la compresión de la FAV. Se estudiará la presencia de lesiones arteriales proximales o distales a la anastomosis. El cálculo de flujo nos permitirá diferenciar los robos en FAVs de alto flujo (>800ml/min)²³ que requerirán técnicas de reducción de flujo para su corrección, de aquellas de bajo flujo (<800ml/min) que se corregirán mediante revascularización distal.

- FUGA POR VENAS COLATERALES

El drenaje del flujo a través de ramas accesorias puede reducir el desarrollo de la vena principal y ser una causa de inmadurez de la FAV. La ecografía permite cuantificarlas y localizarlas para su ligadura.

- COMPLICACIONES EN ZONAS DE PUNCIÓN

²³ Beathard GA, Spergel LM. Hand ischemia associated with dialysis vascular access: an individualized access flowbased approach to therapy. *Semin Dial.* 2013;26:287-314.

Ante la presencia de colecciones en zonas de punción de la FAV, la ecografía nos permite diagnosticar la existencia de hematomas, pseudoaneurismas o abscesos.

9- BIBLIOGRAFIA

9- BIBLIOGRAFÍA:

- 1 Guía de Práctica Clínica sobre la Detección y el Manejo de la Enfermedad Renal Crónica. Guías de práctica clínica en el SNS 2016. Ministerio de Sanidad, Servicios sociales e Igualdad.
- 2 National Kidney Foundation. K/DOQI clinical practice guidelines for chronic kidney disease: evaluation, classification, and stratification. *Am J Kidney Dis.* 2002 Feb;39(2 Suppl 1):S1-266.
- 3 Kidney Disease: Improving Global Outcomes (KDIGO) CKD Work Group. KDIGO 2012 Clinical Practice Guideline for the Evaluation and Management of Chronic Kidney Disease. *Kidney inter., Suppl.* 2013;3:1–150.
- 4 Alcazar R, Orte L, Otero A. Enfermedad renal crónica avanzada. *Nefrología, Suppl.* 2008;3:3-6.
- 5 Engलगau MM, El-Saharty S, Kudesia P, et al. Regional aging and disease burden. In: *Capitalizing on the demographic transition: tackling noncommunicable diseases in South Asia.* Washington, DC: World Bank. 2011:15–40.
- 6 Ayodele OE, Alebiosu CO. Burden of chronic kidney disease: an international perspective. *Adv Chronic Kidney Dis.* 2010;17:215–24.
- 7 Lozano R, Naghavi M, Foreman K, et al. Global and regional mortality from 235 causes of death for 20 age groups in 1990 and 2010: a systematic analysis for the Global Burden of Disease Study 2010. *Lancet.* 2013;380:2095–128.
- 8 James MT, Hemmelgarn BR, Tonelli M. Early recognition and prevention of chronic kidney disease. *Lancet.* 2010;375:1296–309.
- 9 White SL, Chadban SJ, Jan S, et al. How can we achieve global equity in provision of renal replacement therapy? *Bull World Health Organ.* 2008;86:229–37.
- 10 Gorostidi M, Sánchez-Martínez M, Ruilope LM, Graciani A, de la Cruz JJ, Santamaría R. Chronic kidney disease in Spain: Prevalence and impact of accumulation of cardiovascular risk factors. *Nefrología.* 2018; 38(6):606-615.

- 11 Otero A, de Francisco A, Gayoso P, et al. EPIRCE Study Group. Prevalence of chronic renal disease in Spain: results of the EPIRCE study. *Nefrologia*. 2010;30(1):78-86.
- 12 Informe de Diálisis y Trasplante 2018. Registro Español de Enfermos Renales (REER).
- 13 Weiswasser JM, Kellicut D, Arora S, Sidawy AN. Strategies of arteriovenous dialysis access. *Seminars Vasc Surg*. 2004;1:10-8.
- 14 Mackrell PJ. *Comprehensive Vascular and Endovascular Surgery*. St. Louis (Miss): Mosby-Elsevier Id.; 2004. p. 361-90.
- 15 Ascher E, Hingorani A. The dialysis outcome and quality initiative (DOQI) recommendations. *Seminars Vasc Surg*. 2004;1:3-9.
- 16 Fissell RB, Fuller DS, Morgenstern H, Gillespie BW, Mendelssohn DC, Rayner HC, et al. Hemodialysis patient preference for type of vascular access: variation and predictors across countries in the DOPPS. *J Vasc Access*. 2013;14:264-72.
- 17 Brescia M, Cimino J, Appel K et al. Chronic hemodialysis using venopuncture a surgically created arteriovenous fistula. *N Engl J Med* 1966; 275: 1089-92
- 18 Huber TS, Carter JW, Carter RL, Seeger JM. Patency of autogenous and polytetrafluoroethylene upper extremity arteriovenous hemodialysis accesses: A systematic review. *J Vasc Surg*. 2003;38:1005-11.
- 19 Bethesda MD. The Cost Effectiveness of Alternative Types of Vascular access and the Economic Cost of ESRD. National Institutes of Health, National Institute of Diabetes and Digestive and Kidney Diseases, 1995. p. 139-57
- 20 Nassar GM, Ayus JC. Infectious complications of the hemodialysis access. *Kidney Int*. 2001;60:1-13.
- 21 Ravani P, Palmer SC, Oliver MJ, Quinn RR, MacRae JM, Tai DJ, et al. Associations between hemodialysis access type and clinical outcomes: a systematic review. *J Am Soc Nephrol*. 2013;24:465-73.
- 22 Reinhold C, Haage P, Hollenbeck M, Mickley V, Ranft J. Multidisciplinary management of vascular access for haemodialysis: from the preparation of the initial access to the treatment of stenosis and thrombosis. *VASA*. 2011;40:188-98.
- 23 Konner K, Nonnast-Daniel B, Ritz E. The arteriovenous fistula. *J Am Soc Nephrol*. 2003;14:1669-80.

- 24 Hernandez T, Saudan P, Berney T, Merminod T, Bednarkiewicz M, Martin PY. Risk factors for early failure of native arteriovenous fistulas. *Nephron Clin Pract.* 2005;101:c39-44.
- 25 Arenas MD, Gil MT, Malek T, Moledous A, Núñez C, López-Collado M. Superficialización de accesos venosos autólogos: una alternativa al uso de prótesis vasculares y catéteres permanentes. *Nefrología.* 2009;29:67-70.
- 26 Pisoni RL, Zepel L, Port FK, Robinson BM. Trends in US Vascular Access Use, Patient Preferences, and Related Practices: An Update From the US DOPPS Practice Monitor With International Comparisons. *Am J Kidney Dis.* 2015;65:905-1.
- 27 Inaguma D, Ando R, Ikeda M, Joki N, Koiwa F, Komatsu Y, et al. Nephrologist care for 12 months or more increases hemodialysis initiation with permanent vascular access. *Clin Exp Nephrol.* 2011;15:738-44.
- 28 Ibeas J, Roca R, Vallespín J, Moreno T, Moñux G, Martí A et al. Guía Clínica Española del Acceso Vascular para Hemodiálisis. *Nefrología* 2017;37(Supl 1):1-192.
- 29 Weijmer MC, Vervloet MG, Ter Wee PM. Compared to tunnelled cuffed haemodialysis catheters, temporary untunnelled catheters are associated with more complications already within 2 weeks of use. *Nephrol Dial Transplant.* 2004;19:670-7
- 30 Yevzlin AS, Chan MR, Wolff MR. Percutaneous, non-surgical placement of tunneled, cuffed, external jugular hemodialysis catheters: a case report. *J Vasc Access.* 2007;8:126-8.
- 31 Schmidli J, Widmer MK, Basile C, de Donato G, Gallieni M, Gibbons CP. Vascular Access: 2018 Clinical Practice Guidelines of the European Society for Vascular Surgery (ESVS). *Eur J Vasc Endovasc Surg.* 2018 Jun;55(6):757-818.
- 32 Cambor-Santervás LA, Menéndez-Herrero MA, Carreño-Morrondo JA, Llana-Coto JM, Rodríguez-Olay J. Estudio preoperatorio del paciente: examen físico y pruebas de imagen. *Angiología.* 2005;57 Supl 2:23-34.
- 33 Gonzalez-Alvarez MT, Martinez-Cercós R. Manual de accesos vasculares para hemodiálisis. Editorial Marge, 2010. ISBN 978-84-92442-91-1.
- 34 Allon M. Current management of vascular access. *Clin J Am Soc Nephrol.* 2007;2:786-800.

- 35 Fontseré N, Mestres G, Yugueros X, López T, Yuguero A, Bermúdez P, et al Effect of a postoperative exercise program on arteriovenous fistula maturation: A randomized controlled trial. *Hemodial Int.* 2016;20:306-14.
- 36 Saran R, Dykstra DM, Pisoni RL, Akiba T, Akizawa T, Canaud B, et al Timing of first cannulation and vascular access failure in haemodialysis an analysis of practice patterns at dialysis facilities in the DOPPS. *Nephrol Dial Transplant.* 2004; 19:2334-40.
- 37 Rayner HC, Pisoni RL, Gillespie BW, Goodkin DA, Akiba T, Akizawa T, et al; Dialysis Outcomes and Practice Patterns Study. Creation, cannulation and survival of arteriovenous fistulae: data from the Dialysis Outcomes and Practice Patterns Study. *Kidney Int.* 2003;63:323-30.
- 38 Roca-Tey R. Diagnóstico precoz de la estenosis del acceso vascular para hemodiálisis mediante la determinación no invasiva del flujo sanguíneo. Tesis Doctoral, Universitat Autònoma de Barcelona, 2010.
- 39 Gruss E, Portolés J, Jiménez P, Hernández T, Rueda JA, Del Cerro M, et al. Seguimiento prospectivo del acceso vascular en hemodiálisis mediante un equipo multidisciplinario. *Nefrología.* 2006;26:703-10.
- 40 Roca-Tey R. Vigilancia y seguimiento del acceso vascular: indicaciones, cuidados y métodos de monitorización. Situación actual del acceso vascular en Cataluña. En: Collado S, Pascual J, coordinadores. *Avances en diálisis.* Barcelona: Publicaciones Permanyer; 2012. p. 49-59.
- 41 Hakim R, Himmelfarb J. Hemodialysis access failure: a call to action. *Kidney Int.* 1998;54:1029-40.
- 42 Blanes P. Características de los ultrasonidos. En: Merino O, Miralles M, Vila R. *Guía de diagnóstico vascular mediante ultrasonidos. Principios físicos e instrumentación.* Editorial: Capítulo de Diagnóstico Vascular; Barcelona 2015. ISBN 978-84-8049-700-8. p. 9-25.
- 43 Cuenca J. Efecto Doppler. En: Merino O, Miralles M, Vila R. *Guía de diagnóstico vascular mediante ultrasonidos. Principios físicos e instrumentación.* Editorial: Capítulo de Diagnóstico Vascular; Barcelona 2015. ISBN 978-84-8049-700-8. p. 123-130.

- 44 Wiese P, Nonnast-Daniel B. Colour Doppler ultrasound in dialysis access. *Nephrol Dial Transplant*. 2004 Aug;19(8):1956–63.
- 45 Vascular Access Work Group. Clinical practice guidelines for vascular access. *Am J Kidney Dis*. 2006 Jul;48 Suppl 1:S248-73.
- 46 Lauvao LS, Ihnat DM, Goshima KR, Chávez L, Gruessner AC, Mills JL Sr. Vein diameter is the major predictor of fistula maturation. *J Vasc Surg*. 2009;49:1499-504.
- 47 Khavanin Zadeh M, Gholipour F, Naderpour Z, Porfakharan M. Relationship between vessel diameter and time to maturation of arteriovenous fistula for hemodialysis access. *Int J Nephrol*. 2012;2012:94250.
- 48 Parmar J, Aslam M, Standfield N. Pre-operative radial arterial diameter predicts early failure of arteriovenous fistula (AVF) for haemodialysis. *Eur J Vasc Endovasc Surg*. 2007;33:113-5.
- 49 Doelman C, Duijm LEM, Liem YS, Froger CL, Tielbeek A V, Donkers-van Rossum AB, et al. Stenosis detection in failing hemodialysis access fistulas and grafts: comparison of color Doppler ultrasonography, contrast-enhanced magnetic resonance angiography, and digital subtraction angiography. *J Vasc Surg*. 2005 Oct;42(4):739–46.
- 50 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 Sep;42(3):539–45.
- 51 Ibeas J, Vallespín 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 infirmary. A 4 years experience. *J Am Soc Nephrol*. 2008;19:254A.
- 52 Lumsden AB, MacDonald MJ, Kikeri D, Cotsonis GA, Harker LA, Martin LG. Cost efficacy of duplex surveillance and prophylactic angioplasty of arteriovenous ePTFE grafts. *Ann Vasc Surg*. 1998 Mar;12(2):138–42.

- 53 Tordoir JH, Hoeneveld H, Eikelboom BC, Kitslaar PJ. The correlation between clinical and duplex ultrasound parameters and the development of complications in arteriovenous fistulas for haemodialysis. *Eur J Vasc Surg.* 1990;4:179-84.
- 54 Older RA, Gizienski TA, Wilkowski MJ, Angle JF, Cote DA. Hemodialysis access stenosis: early detection with color Doppler US. *Radiology.* 1998;207:161-4.
- 55 Scaffaro LA, Bettio JA, Cavazzola SA, Campos BT, Burmeister JE, Pereira RM, et al. Maintenance of hemodialysis arteriovenous fistulas by an interventional strategy. Clinical and Duplex ultrasonographic surveillance followed by transluminal angioplasty. *J Ultrasound Med.* 2009;28:1159-65.
- 56 Moreno Sánchez T, Martín Hervás C, Sola Martínez E, Moreno Rodríguez F. Valor de la ecografía Doppler en la disfunción de los accesos vasculares periféricos para hemodiálisis. *Radiología.* 2014;56:420-8.
- 57 Roca-Tey R, Rivas A, Samon R, Ibrik O, Viladoms J. Study of vascular access (VA) by color Doppler ultrasonography (CDU). Comparison between Delta-H and CDU methods in measuring VA blood flow rate. *Nefrología.* 2005;25:678-83.
- 58 Guedes-Marques M, Ibeas J, Botelho C, Maia P, Ponce P. Doppler ultrasound: a powerful tool for vascular access surveillance. *Semin Dial.* 2015;28:206-10.
- 59 Campos RP, Do Nascimento MM, Chula DC, Do Nascimento DE, Riella MC. Stenosis in hemodialysis arteriovenous fistula: evaluation and treatment. *Hemodial Int.* 2006;10:152-61.
- 60 Miranda CL, Sands JJ. Duplex referral of hemodialysis accesses for percutaneous balloon angioplasty. *J Vasc Tech.* 1996;20:99-103.
- 61 Gadallah MF, Paulson WD, Vickers B, Work J. Accuracy of Doppler ultrasound in diagnosing anatomic stenosis of hemodialysis arteriovenous access as compared with fistulography. *Am J Kidney Dis.* 1998;32:273-7.
- 62 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;23:117-21.
- 63 Cansu A, Soy Turk M, Ozturk MH, Kul S, Pulathan Z, Dinc H. Diagnostic value of color Doppler ultrasonography and MDCT angiography in complications of hemodialysis fistulas and grafts. *Eur J Radiol.* 2013;82:1436-43.

- 64 Bacchini G, Cappello A, La Milia V, et al. Color doppler ultrasonography imaging to guide transluminal angioplasty of venous stenosis. *Kidney Int* 2000;58(4):1810-3.
- 65 Wakabayashi M, Hanada S, Nakano H, et al. Ultrasound-guided endovascular treatment for vascular access malfunction: results in 4896 cases. *J Vasc Access* 2013;14(3):225-30.
- 66 Ascher E, Hingorani A, Marks N. Duplex-guided balloon angioplasty of failing or nonmaturing arterio-venous fistulae for hemodialysis: a new office-based procedure. *J Vasc Surg* 2009;50(3):594-9.
- 67 García-Medina J, García-Alfonso JJ. Ultrasound-Guided Angioplasty of Dysfunctional Vascular Access for Haemodialysis. The Pros and Cons. *Cardiovasc Intervent Radiol* 2017;40(5):750-4.
- 68 Kumar S, Mahajan N, Patil SS, et al. Ultrasound-guided angioplasty for treatment of peripheral stenosis of arteriovenous fistula - a single-center experience. *J Vasc Access* 2017;18(1):52-6.
- 69 Mortamais J, Papillard M, Girouin N, et al. Endovascular treatment of juxta-anastomotic venous stenoses of forearm radiocephalic fistulas: long-term results and prognostic factors. *J Vasc Interv Radiol* 2013;24:558-64.
- 70 Al-Jaishi AA, Oliver MJ, Thomas SM, Lok CE, Zhang JC, Garg AX, et al. Patency rates of the arteriovenous fistula for hemodialysis: A systematic review and meta-analysis. *Am J Kidney Dis*. 2014;63:464–78.
- 71 Allon M, Robbin ML. Increasing arteriovenous fistulas in hemodialysis patients: Problems and solutions. *Kidney Int*. 2002;62:1109–24.
- 72 Ferring M, Henderson J, Wilmink A, Smith S. Vascular ultrasound for the pre-operative evaluation prior to arteriovenous fistula formation for haemodialysis: review of the evidence. *Nephrol Dial Transplant*. 2008; 23:1809-15.
- 73 Kosa SD, Al-Jaishi AA, Moist L, Lok CE. Preoperative vascular access evaluation for haemodialysis patients. *Cochrane Database Syst Rev*. 2015;(9):CD007013.
- 74 Wong CS, McNicholas N, Healy D, Clarke-Moloney M, Coffey JC, Grace PA, et al. A systematic review of preoperative duplex ultrasonography and arteriovenous fistula formation. *J Vasc Surg*. 2013; 57:1129-33.

- 75 Georgiadis GS, Charalampidis DG, Argyriou C, Georgakarakos EI, Lazarides MK. The necessity for routine pre-operative ultrasound mapping before arteriovenous fistula creation: a meta-analysis. *Eur J Vasc Endovasc Surg.* 2015;49(5):600–5.
- 76 Györi GP, Eilenberg W, Dittrich L, Neumayer C, Roka S, Berlakovich GA. Preoperative ultrasound improves patency and cost effectiveness in arteriovenous fistula surgery. *J Vasc Surg.* 2019 Feb;69(2):526-531.
- 77 Smith GE, Gohil R, Chetter IC. Factors affecting the patency of arteriovenous fistulas for dialysis access. *J Vasc Surg.* 2012;55:849–55.
- 78 Feldman HI, Joffe M, Rosas SE, Burns JE, Knauss J, Brayman K. Predictors of successful arteriovenous fistula maturation. *Am J Kidney Dis.* 2003;42:1000–12.
- 79 Lazarides MK, Georgiadis GS, Antoniou GA, Staramos DN. A meta-analysis of dialysis access outcome in elderly patients. *J Vasc Surg.* 2007;45:420–6.
- 80 Martínez L, Esteve V, Yeste M, Artigas V, Llagostera S. Utilidad del mapeo ecográfico preoperatorio para los accesos vasculares de hemodiálisis. *Angiología,* 2016;68(6):478-483.
- 81 Allon M, Lockhart ME, Lilly RZ, Gallichio MH, Young CJ, Barker J, Deierhoi MH, Robbin ML. Effect of preoperative sonographic mapping on vascular access outcomes in hemodialysis patients. *Kidney Int.* 2001 Nov;60(5):2013-20.
- 82 Vassalotti JA, Falk A, Cohl ED, Uribarri J, Teodorescu V. Obese and non-obese hemodialysis patients have a similar prevalence of functioning arteriovenous fistula using pre-operative vein mapping. *Clin Nephrol.* 2002;58:211-214.
- 83 Informe estadístico del Registro de Enfermos Renales de Cataluña 2018.
- 84 Gorin DR, Perrino L, Potter DM, et al. Ultrasound-guided angioplasty of autogenous arteriovenous fistulas in the office setting. *J Vasc Surg* 2012;55(6):1701-5.
- 85 Leskovaar B, Furlan T, Poznič S, et al. Ultrasound-guided percutaneous endovascular treatment of arteriovenous fistula/graft. *Clin Nephrol* 2017;Supplement 1;88(13):61-4.

