

Original

Importancia del seguimiento y tratamiento del fracaso de maduración en la fístula arteriovenosa radio-cefálica en prediálisis. Papel de la ecografía

Salomé Muray Cases^{a,*}, José García Medina^b, Juan Mariano Pérez Abad^c,
Alberto Javier Andreu Muñoz^a, Fernanda Ramos Carrasco^a, Antonio Pérez Pérez^a,
Noelia Lacasa Pérez^b y Juan B. Cabezuelo Romero^a

^a Servicio de Nefrología, Hospital General Universitario Reina Sofía, Murcia, España

^b Servicio de Radiología Vasculard, Hospital General Universitario Reina Sofía, Murcia, España

^c Servicio de Cirugía, Clínica Mesa del Castillo, Murcia, España

INFORMACIÓN DEL ARTÍCULO

Historia del artículo:

Recibido el 14 de mayo de 2015

Aceptado el 28 de octubre de 2015

On-line el 2 de marzo de 2016

Palabras clave:

Fístula arteriovenosa radio-cefálica

Prediálisis

Fracaso de maduración

Ecografía

RESUMEN

El objetivo del estudio fue analizar las FAV-RC en prediálisis en las que se hizo un seguimiento clínico y ecográfico de la maduración y cuyo fracaso se trató.

Material y métodos: Estudiamos 127 FAV-RC en 117 pacientes prediálisis. Todos disponían de un mapa preoperatorio. La FAV-RC era madura si tenía un flujo en la arteria humeral ≥ 500 ml/min y un diámetro en la vena cefálica ≥ 4 mm. Se trató el fracaso de maduración según el tipo de lesión. Un total de 58 pacientes iniciaron hemodiálisis durante el seguimiento.

Resultados: En las 106 FAV-RC funcionantes, 72 (68%) fueron maduras y 34 (32%) inmaduras. El 97% de las inmaduras presentaron al menos una lesión y la localización más frecuente fue la vena postanastomótica. El 31% de las FAV-RC maduras tenían lesiones y en el 18% precisaron tratamiento. El tratamiento más frecuente del fracaso de maduración fue radiológico. A los 6 meses la permeabilidad primaria y secundaria fue del 59 y del 78%; a los 12 meses del 48 y del 77%, respectivamente. El 80% de los pacientes iniciaron hemodiálisis con una FAV distal (76% radio-cefálicas y 4% cubitobasilicas). Ningún paciente con una FAV-RC inmadura tratada lo hizo con CVC y un 78% lo hizo con dicha FAV.

Conclusión: La ecografía en el seguimiento de la maduración aporta ventajas frente al seguimiento clínico. Con nuestro abordaje del AV en prediálisis conseguimos que el 80% de nuestros pacientes inicien hemodiálisis mediante una FAV distal.

© 2015 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/>).

* Autor para correspondencia.

Correo electrónico: Salomuray@gmail.com (S. Muray Cases).

<http://dx.doi.org/10.1016/j.nefro.2015.10.016>

0211-6995/© 2015 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/>).

Importance of monitoring and treatment of failed maturation in radiocephalic arteriovenous fistula in predialysis: Role of ultrasound

ABSTRACT

Keywords:

Radiocephalic arteriovenous fistula
Predialysis
Failure of maturation
Ultrasonography

The aim of the study was to analyse outcomes of AVF-RC in predialysis stage in which a clinical and radiological follow up of its maturation had been done and primary failure had been treated.

Material and methods: We studied 127 RC-AVF in 117 predialysis patients. All cases had a preoperative map. The RC-AVF was considered mature if it had a brachial artery flow ≥ 500 ml/min and a cephalic vein diameter of ≥ 4 mm. Primary failure was treated radiologically or surgically depending on the type of lesion. Fifty-eight patients started dialysis at the time of the study.

Results: In 106 RC-AVF without thrombosis, 72 (68%) were mature and 34 (32%) were immature. A total of 97% of the immature site had at least one lesion, and the most common site was the post-anastomotic vein. Lesions were found in 31% of mature RC-AVF, and 18% of patients required treatment. Radiological treatment was the most frequent for maturation failure. After 6 months, primary and secondary patency were 59% and 78%, while after 12 months they were 48% and 77%, respectively. The 80% of patients started dialysis with a distal AVF (76% RC-AVF and 4% ulnar basilic). None of the patients with treated immature RC-AVF started dialysis with CVC, while 78% of the patients started with said AVF.

Conclusion: Ultrasonography for monitoring maturation provides advantages over clinical monitoring. With our management of RC-AVF in predialysis, 80% of patients start dialysis with an adequate distal AVF.

© 2015 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/>).

Introducción

La FAV radio-cefálica (FAV-RC) es el acceso vascular (AV) de elección para hemodiálisis (HD), pero presenta un elevado fracaso primario (20-50%)^{1,2}. El fracaso primario incluye la trombosis y el fracaso de maduración. La maduración es un proceso complejo que depende de la interrelación de factores dependientes del paciente y de factores quirúrgicos. La lesión fundamental que conduce al fracaso de maduración es una estenosis cuya sustrato patológico es la hiperplasia neointimal³. En prediálisis, el diagnóstico de madurez suele realizarse clínicamente, aunque cada vez se subraya más la importancia de la ecografía como método complementario para disponer de criterios cuantitativos objetivos. Sin embargo, no existen muchos estudios de seguimiento ecográfico de la maduración de una forma sistemática⁴⁻⁷. Por otra parte, actualmente existe un tratamiento eficaz del fracaso de maduración⁸⁻¹², pero a pesar de ello, conseguir una FAV-RC apta al inicio de HD sigue siendo un reto importante.

Es por ello por lo que estudiamos las FAV-RC realizadas en prediálisis que disponían de un seguimiento clínico y ecográfico de la maduración. Los objetivos de dicho estudio fueron conocer sus características ecográficas, la frecuencia, las causas y el tratamiento del fracaso de maduración y, finalmente, el porcentaje que fue apto al inicio de HD.

Pacientes y métodos

En este estudio retrospectivo analizamos las 127 FAV-RC que se crearon consecutivamente en 117 pacientes con enfermedad renal crónica (ERC) G4 y G5 sin diálisis desde enero del 2009 hasta marzo del 2013. Todos los pacientes disponían de un mapa vascular prequirúrgico reciente que consistía en una ecografía dúplex doppler color (Siemens Acuson 150x) y una flebografía con CO₂ (Phillips Ayura) de la extremidad superior según nuestro protocolo¹³. Todos los pacientes firmaron el consentimiento informado. Ningún paciente presentó nefrotoxicidad asociada a la escasa cuantía (3 ml) de contraste no iónico complementaria al CO₂. Se estudiaron la arteria radial, cubital y humeral, así como el sistema venoso superficial y profundo, incluyendo las venas centrales. Se desaconsejó realizar una FAV-RC si los vasos (arteria radial y vena cefálica) eran $< 1,6$ mm, si existían lesiones venosas no reparables o si había una estenosis central ipsilateral. El procedimiento quirúrgico se efectuó en las mismas condiciones para todos los pacientes y por el mismo equipo quirúrgico. El tipo de AV, finalmente confeccionado por el cirujano, se determinó según la indicación del mapa prequirúrgico y los hallazgos intraoperatorios.

El control de la maduración de las FAV-RC se efectuó de 2 formas:

- a) Exploración física, en las primeras 72 h posquirúrgicas, en el momento de realizar la ecografía y en cada una de las

visitas de seguimiento. Consistió en la inspección, palpación y auscultación del cuerpo y de la anastomosis de la FAV-RC, según el protocolo previamente publicado^{14,15}.

b) Ecografía dúplex doppler color entre 1-4 meses posquirúrgicos por el mismo equipo de radiología vascular.

La FAV-RC se consideró madura si el flujo en la arteria humeral era ≥ 500 ml/min y la vena cefálica en el antebrazo tenía un diámetro $\geq 0,4$ cm⁴. Se diagnosticó un seudorretraso de maduración cuando, presentando las características anteriores, la profundidad de la vena cefálica era $>0,5$ cm de la superficie cutánea. Las estenosis se consideraron significativas si eran $>50\%$ de la luz vascular. Se consideró el segmento yuxtananastomótico el comprendido entre la anastomosis y los 5 cm primeros de la arteria o vena (segmento postanastomótico).

El protocolo de seguimiento de la maduración y abordaje terapéutico

Las FAV-RC inmaduras se estudiaron con fistulografía y se trataron radiológica o quirúrgicamente según el tipo de lesión encontrada. El tratamiento radiológico consistió en una angioplastia transluminal percutánea (ATP) asociada o no a repermeabilización de una oclusión venosa trombótica mediante tromboaspiración. El tratamiento quirúrgico fue una reanastomosis proximal o la creación de un acceso vascular nuevo. Posteriormente se controlaron mediante ecografía seriada hasta el inicio de HD.

Las FAV-RC maduras con lesiones asociadas (estenosis con o sin oclusión trombótica) se siguieron con ecografía y si, en algún momento, se producía una disminución del flujo o un incremento del índice de resistencia, o ambos, se procedía al tratamiento pertinente, radiológico o quirúrgico, de la misma forma que se ha mencionado en el punto anterior.

Las FAV-RC maduras sin lesiones asociadas se vigilaron clínicamente hasta el inicio de HD, sin un control ecográfico protocolizado. Durante el seguimiento se realizó un estudio de imagen solo si la exploración clínica lo indicaba. No obstante, en todos los casos se realizó un estudio ecográfico previo a la primera punción de la FAV para excluir una complicación que desaconsejase su uso.

La FAV-RC se consideró apta si era el AV al inicio de HD y si continuaba siéndolo durante los 3 primeros meses de diálisis, sin requerir otro AV o catéter venoso central (CVC), aunque precisara un tratamiento radiológico durante este tiempo.

Estadística

Las variables cualitativas se expresan en porcentajes y las cuantitativas en medias y desviaciones estándar. La comparación entre variables cualitativas se realizó mediante el test de χ^2 y las variables cuantitativas mediante comparación de medias con t de Student para datos independientes. Realizamos un estudio de regresión logística multivariante en el que la variable dependiente fue la presencia de FAV-RC inmadura y como variables independientes se incluyeron algunas de las descritas en la literatura (sexo, edad, obesidad, enfermedad cardiovascular, diabetes mellitus). Se estudiaron la permeabilidad primaria y secundaria de las 127 FAV-RC en prediálisis

mediante las curvas de supervivencia de Kaplan-Meier. La permeabilidad primaria se definió como el tiempo transcurrido desde la creación de la FAV hasta la primera intervención terapéutica o la trombosis. La permeabilidad secundaria se definió como el tiempo transcurrido desde la creación de la FAV hasta su abandono por disfunción no reparable, o hasta el inicio de HD o fin del periodo de seguimiento en aquellos casos que no iniciaron HD durante ese tiempo. Finalmente, realizamos una curva ROC para predecir el flujo arterial necesario que determinase la presencia del signo clínico de hiperpulsatibilidad no colapsable en las FAV-RC inmaduras con estenosis postanastomótica significativa. Se consideró significación estadística una $p < 0,05$. Los datos se analizaron mediante SPSS versión 20.0.

Resultados

De las 127 FAV-RC, 21 (16%) presentaron una trombosis en las primeras 72 h. En las 106 FAV-RC restantes, tras el estudio ecográfico, 72 (68%) fueron maduras y 34 (32%) fueron inmaduras.

La edad media de los pacientes fue de 68 ± 13 años, el 38% eran diabéticos y un 33% presentaron enfermedad cardiovascular clínicamente manifiesta (cardiopatía isquémica, accidente cerebro-vascular isquémico, claudicación intermitente o lesiones isquémicas periféricas). Los pacientes que presentaron una FAV-RC inmadura en un 47% presentaron una enfermedad cardiovascular clínicamente manifiesta, frente al 26% de los pacientes con una FAV-RC madura ($p < 0,035$) (tabla 1). En el estudio de regresión logística la única variable de las estudiadas que se asoció a la FAV-RC inmadura fue la enfermedad cardiovascular con una OR de 2,6 (IC 95%: 1,1-6,1; $p < 0,03$).

Características ecográficas de las fistulas arteriovenosas radio-cefálicas funcionantes

El flujo medio en la arteria humeral fue de 805 ± 479 ml/min. Un 27% presentó un flujo superior a un litro por minuto y un 11% superior a un 1,5 l/min.

En las FAV-RC maduras el flujo medio en la arteria humeral fue de 1.014 ± 434 ml/min y el diámetro interno en los diferentes tercios de la vena cefálica, de distal a proximal, fue de $5 \pm 1,6$; $5,4 \pm 1,1$ y $5,5 \pm 0,9$ mm, respectivamente (fig. 1). En el 69% de las FAV-RC maduras no encontramos lesiones. En el 31% de ellas se encontró al menos una lesión (estenosis con o sin oclusión trombótica) y de estas, en el 18% encontramos más de una lesión. La lesión en el 28% de los casos fue una estenosis venosa postanastomótica (en el 10% fue significativa y en el 18% no significativa), y en el 8% se localizó en la vena proximal (1% significativa, 3% no significativa y 4% oclusión). Un 17% de las FAV-RC maduras presentaron seudorretraso de maduración. Encontramos un aneurisma sin estenosis en un 6%.

En las FAV-RC inmaduras el flujo medio en la arteria humeral fue de 362 ± 164 ml/min y el diámetro interno en los diferentes tercios de la vena cefálica, de distal a proximal, fue de $3,6 \pm 1,6$; $4 \pm 1,6$ y $4,4 \pm 1,7$ mm, respectivamente (fig. 1). En el 97% de los casos se encontró una estenosis significativa y, de estas, el 42% presentó más de una lesión. En el 76% de

Tabla 1 – Características demográficas y clínicas de la población. Comparación de dichas características entre las FAV-RC maduras e inmaduras

Variable	Población total (n=117)	FAV-RC inmadura (n=34)	FAV-RC madura (n=72)	p
Edad (media [DE]) (años)	68 (13)	69 (14)	68 (12)	n.s
Hombres/mujeres (n)	65/52	18/15	39/31	n.s
FAV-RC Izquierdas/derechas	102/25			
Diabetes mellitus n (%)	44 (38)	17 (50)	23 (32)	n.s
Enfermedad cardiovascular n (%)	38 (33)	16 (47)	19 (26)	<0,035
Obesidad (IMC>33) n (%)	30 (26)	9 (26)	19 (26)	n.s
Etiología de la ERC %				
Diabética	22	37	15	n.s
Vascular	21	15	24	
Glomerular	20	24	21	
Poliquistosis	11	9	10	
Otras	26	15	30	

los casos se localizó en la vena postanastomótica, en el 42% en la vena proximal (de estas, la mitad fue una oclusión trombótica), en el 6% en la anastomosis y en el 18% en la arteria (11% yuxtananastomótica y 7% difusa). Solo un 3% de las FAV-RC inmaduras no presentaron lesiones subyacentes.

Por lo tanto, la causa más frecuente de fracaso de maduración fue una estenosis significativa en la vena postanastomótica. Dicha lesión suele presentar como signo típico una hiperpulsatibilidad no colapsable al elevar el brazo. En nuestro caso, un 60% de las FAV-RC inmaduras con una estenosis venosa postanastomótica significativa lo presentaron. Encontramos una diferencia significativa ($p < 0,049$) en el flujo de la arteria humeral entre las que presentaron el signo (flujo 443 ± 182 ml/min) frente a las que no lo presentaron (flujo 307 ± 114 ml/min). En nuestra población, la hiperpulsatibilidad como signo de estenosis venosa postanastomótica significativa en las FAV-RC inmaduras está presente cuando el flujo es ≥ 385 ml/min (sensibilidad: 73% y especificidad: 90%) (AUC: 0,76; IC 95%: 0,56-0,96; $p < 0,03$).

Tratamiento de las fístulas arteriovenosas radio-cefálicas

De las 127 FAV-RC estudiadas, 58 (46%) recibieron algún tipo de tratamiento en prediálisis. Las causas fueron: 11% por trombosis posquirúrgica, 24% por fracaso de maduración, 6% por

lesiones que progresaron en FAV-RC maduras y un 5% por pseudorretraso de maduración. El tipo de tratamiento fue: en 20 (16%) un nuevo AV (12 FAV-RC contralaterales, 4 humero-cefálicas, 2 cubitobasílicas, una humerobasílica y un injerto humeroaxilar), 24 (19%) radiológico, 8 (6%) reanastomosis proximal, y en 6 (5%) superficialización de la vena.

Un 18% de las FAV-RC maduras precisaron tratamiento. El 88% de las FAV-RC inmaduras recibieron tratamiento, y solo un 12% no se trató (un caso por no existir lesión subyacente, 2 casos por fallecimiento y otro caso por negativa del paciente).

En la [tabla 2](#) se muestra el tratamiento realizado en cada uno de los tipos de FAV (madura con o sin lesiones, e inmadura con o sin lesiones). Un 10% de las FAV-RC maduras sin lesiones precisaron tratamiento quirúrgico (superficialización de la vena cefálica). Respecto a las FAV-RC maduras que presentaban lesiones asociadas un 36% requirió tratamiento: quirúrgico el 37,5% de los casos y radiológico el 62,5%. Finalmente, en el caso de las FAV-RC inmaduras el 56% se trató radiológicamente, un 32% se trató quirúrgicamente y un 12% no recibió tratamiento por las razones anteriormente mencionadas. Por tanto, el tratamiento más frecuente en las FAV-RC inmaduras y maduras con lesiones fue el radiológico.

Se hicieron 28 ATP en 24 FAV-RC (19 inmaduras y 5 maduras con lesiones que progresaron). En 20 pacientes se realizó

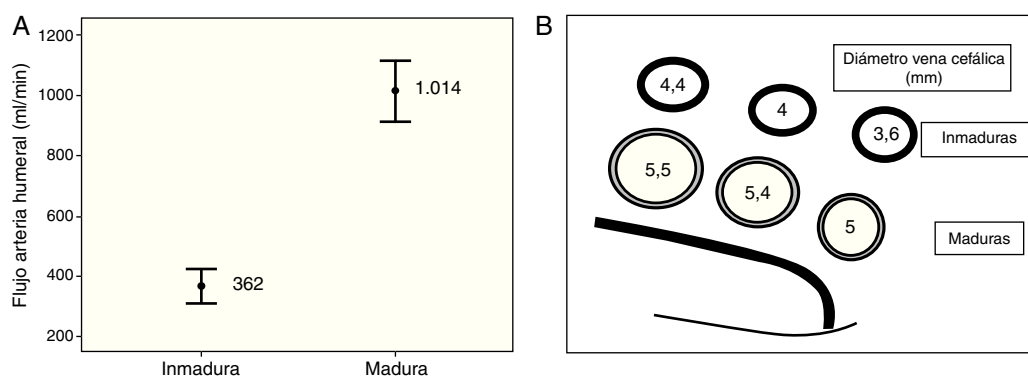
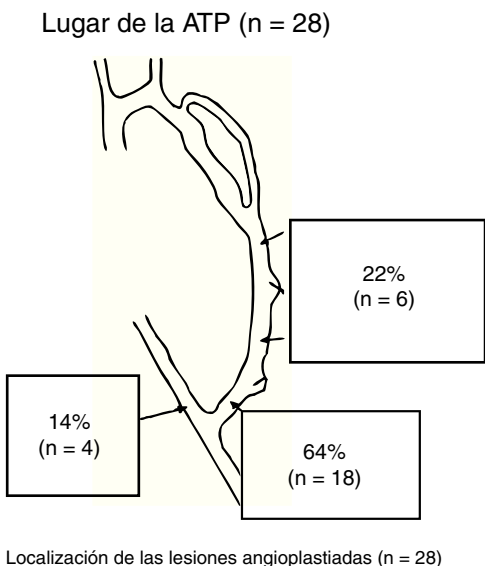


Figura 1 – Características ecográficas de las FAV-RC maduras e inmaduras.

A) Flujo en la arteria humeral. Diferencias de flujo significativas ($p < 0,000$).

B) Diámetros de la vena cefálica en antebrazo en su tercio distal, medio y proximal. Diferencia de diámetros significativa ($p < 0,000$).



Localización de las lesiones angioplastiadas (n = 28)

Figura 2 – Tratamiento radiológico de las FAV-RC en prediálisis.

ATP de una lesión y en 4 se realizó ATP de 2 lesiones en el mismo procedimiento. En 3 casos, además de la ATP, se repermeabilizó la vena por una oclusión trombótica asociada. En la figura 2 se muestra la localización de las lesiones tratadas mediante ATP.

El tratamiento de la estenosis venosa postanastomótica fue con ATP en 19 casos (68%), un AV nuevo en 5 casos (18%) y con reanastomosis proximal en 4 casos (14%).

Evolución de las fistulas arteriovenosas tratadas

De los pacientes que se trataron radiológicamente 17 iniciaron HD durante el estudio, en ellos el número medio de ATP prediálisis fue de $1,2 \pm 0,4$. El 77% precisó una ATP y el 23% precisó

Tabla 2 – Tipo de tratamiento según el tipo de FAV-RC		
Tipo de FAV	Lesión presente	Tipo de tratamiento
FAV madura (n = 72)	Sin lesión (n = 50)	5 superficialización
	Con lesión (n = 22)	1 superficialización 1 reanastomosis 1 nuevo AV 5 ATP
FAV inmadura (n = 34)	Sin lesión (n = 1)	no
	Con lesión (n = 33)	19 ATP 5 reanastomosis 6 AV nuevo 3 no

2 ATP previas al inicio de HD. El tiempo medio entre la primera ATP y el inicio de HD fue de $6,4 \pm 8$ meses (1-32 meses). En el 94% de las FAV-RC tratadas radiológicamente dicha FAV fue el AV al inicio de HD y en un 6% se requirió realizar otro tipo de FAV (fue un caso que precisó un injerto humeroaxilar ya que previamente se había realizado una FAV-RC contralateral que también había fracasado).

En el subgrupo de pacientes con una estenosis venosa postanastomótica significativa que iniciaron HD, el 93% de los que se trató con ATP (14 de 15) y el 100% (2 de 2) de los pacientes a los que se efectuó una reanastomosis proximal iniciaron HD con dicha FAV.

Las curvas de permeabilidad primaria y secundaria de todas las FAV-RC en prediálisis se muestran en la figura 3. A los 6 meses, la permeabilidad primaria y secundaria fue del 59 y 78%; a los 12 meses del 48 y 77%; y a los 24 meses del 43 y 75%, respectivamente.

Características del acceso vascular al inicio de hemodiálisis

De los 58 pacientes que iniciaron HD en el momento del estudio, el 76% lo hizo con una FAV-RC, el 10% con otra FAV (5% humerocefálica, 4% cubitobasílica, 1% injerto humeroaxilar) y

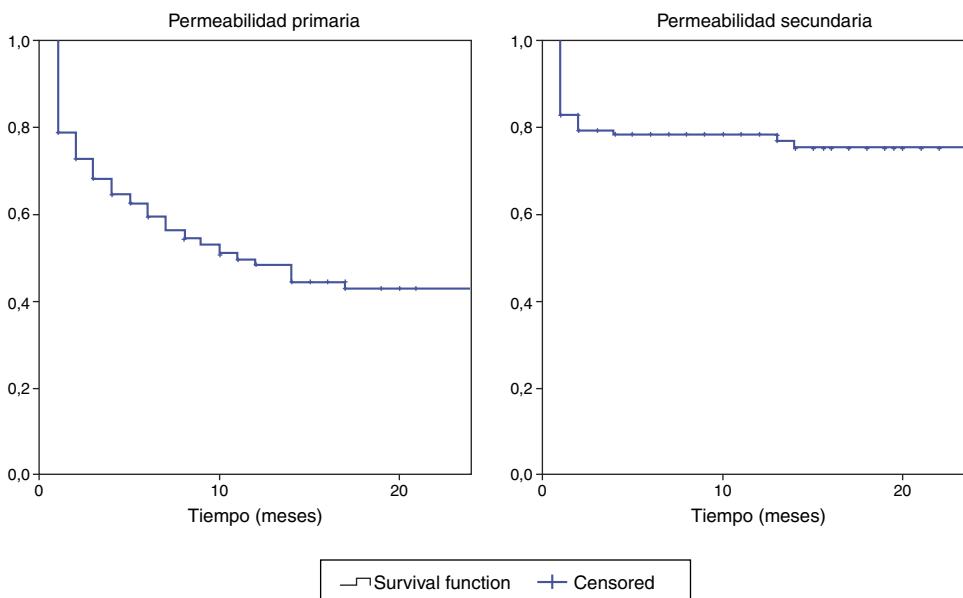


Figura 3 – Curvas de permeabilidad primaria y secundaria.

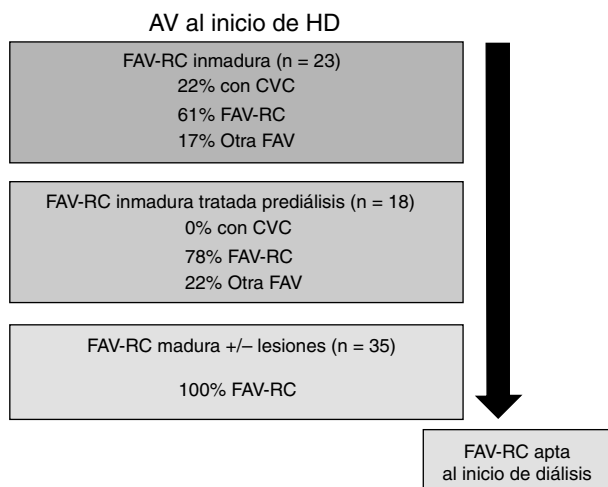


Figura 4 – AV al inicio de diálisis en relación con el tipo de FAV-RC en prediálisis.

un 14% con un CVC. El tiempo medio entre la cirugía y el inicio de HD fue de $12,7 \pm 10,7$ meses.

De la 44 FAV-RC que fueron aptas al inicio de HD, el 43% de ellas se trataron en prediálisis (36% radiológicamente y el 7% quirúrgicamente).

En la **figura 4** se representa esquemáticamente el tipo de AV con que iniciaron HD según la FAV-RC sea inmadura, inmadura específicamente tratada en prediálisis o madura. De los 58 pacientes que iniciaron HD, 23 presentaron una FAV-RC inmadura y 35 una FAV madura con o sin lesiones. De los 23 pacientes con una FAV-RC inmadura en 5 de ellos (el 22%) se precisó un CVC ya que el inicio de HD fue inesperado y, por lo tanto, no se dispuso de tiempo suficiente para realizar un tratamiento en prediálisis. En un caso de estos 5 pacientes no se pudo tratar su FAV-RC inmadura por negativa del paciente y la FAV en el momento del inicio de diálisis era irreparable. Los 4 restantes recibieron un tratamiento durante la primera semana de diálisis: un caso con ATP, 2 casos con reanastomosis proximal y un caso con FAV-RC contralateral. En los pacientes con FAV-RC inmadura específicamente tratada en prediálisis (18 pacientes) ninguno de ellos precisó CVC y un 78% lo hizo con dicha FAV-RC. Finalmente, todos los pacientes con una FAV-RC madura con o sin lesiones asociadas inició HD mediante dicha FAV-RC.

Cuando analizamos las diferencias entre los pacientes que iniciaron HD mediante CVC ($n = 8$) y los que lo hicieron con FAV ($n = 50$), no encontramos diferencias significativas en relación con la edad, sexo, diabetes mellitus, enfermedad cardiovascular, obesidad y la etiología ERC. La única diferencia encontrada es el tiempo transcurrido entre la cirugía y el inicio de HD (5 meses frente a los 13 meses, $p < 0,04$) (**fig. 5**).

Discusión

De acuerdo con la literatura, el 43% de nuestras FAV-RC presentó un fracaso primario que precisó un tratamiento en prediálisis para evitar que el paciente iniciara HD mediante un CVC^{1,2}. El 16% sufrió una trombosis en las primeras 72 h y

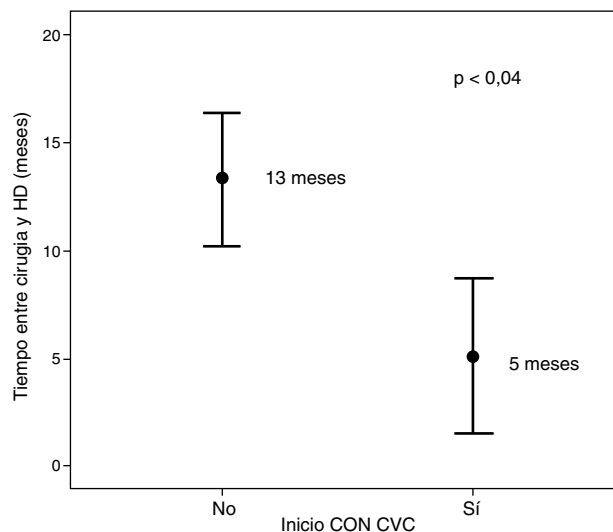


Figura 5 – Diferencia de tiempo entre la cirugía y el inicio de hemodiálisis entre los pacientes que la inician con CVC y sin CVC.

el 32% de las FAV-RC no trombosadas presentó un fracaso de maduración.

La maduración es un proceso muy complejo, mediante el cual, una FAV-RC se convierte en apta para HD. Se inicia en el mismo momento de la creación de la anastomosis, se sigue de un remodelado vascular que incluye el incremento de diámetro y de flujo arterial y venoso, así como un engrosamiento de la pared venosa que permitirá la punción venosa repetida y proporcionar suficiente flujo para la HD^{16,17}. La complejidad de este proceso obedece a que es el resultado de la interrelación de múltiples factores, unos dependientes del propio paciente que van a condicionar la capacidad de remodelado vascular, y otros quirúrgicos que van a crear la presión de cicatrizamiento intra-FAV necesaria para el remodelado vascular¹⁸.

Entre los factores prequirúrgicos asociados al fracaso de maduración, se han descrito el sexo femenino, la obesidad, la diabetes, la edad y la enfermedad cardiovascular^{12,18,19}. En nuestro caso, la única variable, de las anteriores, asociada al fracaso de maduración fue la enfermedad cardiovascular clínicamente manifiesta. La multiplicidad de factores tradicionales y no tradicionales (estrés oxidativo, inflamación, metabolismo fosfocálcico, nutrición, disfunción endotelial) asociados a la ERC que determinan un mayor riesgo cardiovascular en estos pacientes quizás pueden contribuir al fracaso de maduración del AV²⁰. En este sentido, sabemos que en modelos animales, la ERC acelera la hiperplasia neointimal venosa²¹. Por otra parte, el 83% de los pacientes con ERC avanzada presentan, en el momento de la cirugía, hiperplasia neointimal venosa³. Y finalmente, hay que añadir la posible contribución al fracaso de maduración de la alteración de la capacidad de vasodilatación arterial y venosa presente en pacientes con ERC^{22,23}.

Actualmente no disponemos de unos criterios anatómico-funcionales vasculares claramente definitorios del riesgo de fracaso de maduración⁷, pero es posible que realizar un mapa prequirúrgico en todos los pacientes, así como una buena técnica quirúrgica, contribuya a obviar el efecto negativo

sobre el fracaso de maduración de los factores anteriormente mencionados²⁴⁻²⁷. En este sentido, son múltiples los estudios que demuestran resultados similares en estas subpoblaciones de riesgo cuando se usa la ecografía preoperatoria²⁸⁻³³.

Por otra parte, sabemos que el estudio sistemático ecográfico preoperatorio aumenta el porcentaje de FAV-RC realizadas, aunque también aumenta el número de FAV-RC inmaduras³³. Sin embargo, si se dispone de un protocolo de tratamiento precoz y eficaz del fracaso de maduración, esto no supone ningún problema ya que el efecto final será un incremento de las FAV-RC aptas al inicio de HD. Nuestro protocolo de abordaje del AV en prediálisis es un ejemplo de dicho concepto, de manera que el 78% de los pacientes con una FAV-RC inmadura que se trata en prediálisis iniciarán HD con dicha FAV y ninguno con un CVC.

En las FAV-RC inmaduras encontramos una lesión subyacente en casi el 100% de los casos, y su localización más frecuente, al igual que en otras series, fue la vena postanastomótica⁸. Se han implicado diferentes razones. Fundamentalmente, contribuye la propia configuración de la FAV con las alteraciones de la presión de cizallamiento que se generan sobre el endotelio y la posible lesión directa por la propia manipulación quirúrgica. Ambas serían estímulos de la hiperplasia neointimal y vasoconstricción, con la consiguiente estenosis resultante^{16,34-38}. En nuestro caso, dicha lesión se trató radiológicamente en la mayoría de los casos con un buen resultado y precisó retratamiento en un porcentaje no muy alto (20%). Actualmente, no está establecida la superioridad del tratamiento quirúrgico o radiológico en este tipo de lesión³⁹. La disponibilidad en cada centro determinará el tipo de tratamiento utilizado. En nuestro servicio el tratamiento más frecuente es el radiológico, reservando el tratamiento quirúrgico para determinadas lesiones no tributarias de ATP (lesiones largas o múltiples), por lo que, en nuestro caso, no podemos comparar el resultado de ambos tratamientos. Otro dato de interés que avala el seguimiento ecográfico en las FAV-RC inmaduras es que solo un 60% con estenosis postanastomótica significativa presentaban hiperpulsatibilidad no colapsable, por lo que la exploración clínica tendría una limitación en su diagnóstico¹⁴.

Cabe resaltar que las FAV-RC maduras presentan lesiones en un 31% de los casos y en un 18% de los casos progresarán y precisarán tratamiento en prediálisis. Esto pone de manifiesto, como ya se había publicado en otras series pero con un menor número de FAV-RC, que el seguimiento ecográfico de la maduración aporta ventajas sobre el seguimiento exclusivamente clínico^{5,6}. Por otra parte, la ecografía es imprescindible para diagnosticar seudorretraso de maduración (el cual afecta al 17% de nuestras FAV maduras). Finalmente, debemos destacar que un elevado porcentaje de nuestras FAV presentaron flujos elevados, lo que nos obliga a estar atentos en su posible efecto deletéreo a nivel cardíaco a mediano-largo plazo^{40,41}.

En nuestra serie, como ya hemos dicho con anterioridad, el tipo de tratamiento más frecuente del fracaso de maduración fue el radiológico. La diferencia entre las curvas de permeabilidad primaria y secundaria, muy similar a las publicadas previamente^{8,12}, pone de manifiesto la eficacia del tratamiento del fracaso de maduración en nuestros pacientes. Globalmente, el 94% de las FAV-RC inmaduras tratadas radiológicamente serán aptas al inicio de HD.

Por último, el factor más determinante para evitar el CVC fue realizar una FAV-RC con suficiente antelación para que se pudiera diagnosticar y tratar el fracaso primario antes del inicio de HD. El momento de realizar un AV en prediálisis suele ser muy difícil de determinar. En nuestro caso, parece adecuado realizar un AV al menos 6-12 meses previos al inicio de HD, lo que estaría en la línea de las recomendaciones de las diferentes guías⁴²⁻⁴⁴.

En resumen, la ecografía nos resulta útil en el estudio de la maduración en prediálisis ya que nos permite: A) Conocer el estado vascular del paciente independientemente de sus posibles comorbilidades. B) Diagnosticar la FAV inmadura y sus posibles causas y orientar su tratamiento. C) Diagnosticar en las FAV maduras las posibles lesiones asociadas, que inicialmente puede que no tengan repercusión funcional, pero que podrán progresar y requerir tratamiento. D) Diagnosticar el seudorretraso de maduración. E) Cuantificar el flujo vascular. F) Diagnosticar en algunos casos lesiones que no tienen expresividad clínica. Por tanto, todas las eventualidades anteriores ponen de manifiesto que la ecografía en el seguimiento de la maduración aporta ventajas frente al seguimiento clínico exclusivo, de forma que ambos deberían complementarse.

En conclusión, con nuestro abordaje del AV en prediálisis conseguimos que el 80% de nuestros pacientes inicien la HD mediante una FAV distal (76% radiocefálica y 4% cubitobasílica), evitando las posibles complicaciones derivadas de los AV más proximales y consiguiendo un ahorro de capital venoso que puede ser vital para el futuro de nuestros pacientes.

Conflicto de intereses

Los autores declaran no tener ningún conflicto de intereses.

BIBLIOGRAFÍA

- Allon M, Robbin ML. Increasing arteriovenous fistulas in hemodialysis patients: Problems and solutions. *Kidney Int.* 2002;62:1109-24.
- Rooijens PP, Tordoir JH, Stijnen T, Burgmans JP, Smet de AA, Yo TI. Radiocephalic whist arteriovenous fistula for haemodialysis: Meta-analysis indicates a high primary failure rate. *Eur J Vasc Endovasc Surg.* 2004;28:583-9.
- Lee T, Chauhan V, Krishnamoorthy M, Wang Y, Arend L, Mistry MJ, et al. Severe venous neointimal hyperplasia prior to dialysis access surgery. *Nephrol Dial Transplant.* 2011;26:2264-70.
- Robbin ML, Chamberlain NE, Lockhart ME, Gallichio MH, Young CJ, Deierhoi MH, et al. Hemodialysis arteriovenous fistula maturity: US evaluation. *Radiology.* 2002;225:59-64.
- Grogan J, Castilla M, Lozanski L, Griffin A, Loth F, Bassiouny H. Frequency of critical stenosis in primary arteriovenous fistulae before hemodialysis access: Should duplex ultrasound surveillance be the standard of care? *J Vasc Surg.* 2005;41:1000-6.
- Ives CL, Akoh JA, George J, Vaughan-Huxley E, Lawson H, Ives CL. Pre-operative vessel mapping and early post-operative surveillance duplex scanning of arteriovenous fistulae. *J Vasc Access.* 2009;10:37-42.
- Jemcov TK. Morphologic and functional vessels characteristics assessed by ultrasonography for prediction

- of radiocephalic fistula maturation. *J Vasc Access*. 2013;14:356-63.
8. Turmel-Rodrigues L, Mouton A, Birmelé B, Billaux L, Ammar N, Grézard O, et al. Salvage of immature forearm fistulas for haemodialysis by interventional radiology. *Nephrol Dial Transplant*. 2001;16:2365-71.
 9. Singh P, Robbin ML, Lockhart ME, Allon M. Clinically immature arteriovenous hemodialysis fistulas: Effects of US on salvage. *Radiology*. 2008;246:299-305.
 10. Beathard GA, Arnold P, Jackson J, Litchfield T. Physician Operators Forum of RMS Lifeline. Aggressive treatment of early fistula failure. *Kidney Int*. 2003;64:1487-94.
 11. García Medina J, Lacasa Pérez N, Muray Cases S, Pérez Garrido I, García Medina V. Accesos vasculares para hemodiálisis trombosados: Rescate mediante técnicas de radiología vascular intervencionista. *Nefrología*. 2009;29:249-55.
 12. Voormolen EH, Jahrome AK, Bartels LW, Moll FL, Mali WP, Blankestijn PJ. Nonmaturation of arm arteriovenous fistulas for hemodialysis access: A systematic review of risk factors and results of early treatment. *J Vasc Surg*. 2009;49:1325-36.
 13. Lacasa N, García-Medina J, Muray S, García-Medina V. Mapa vascular prequirúrgico para la creación de un acceso vascular para hemodiálisis. Workshops W27. Angioaccess for hemodialysis. 14-15 junio 2010, Tours (Francia). Disponible en: www.angioaccesstours2010.org
 14. Beathard GA. An algorithm for the physical examination of early failure. *Seminars in dialysis*. 2005;18:331-5.
 15. Malovrh M. Postoperative assessment of vascular access. *J Vasc Access*. 2014;15 Suppl 7:10-4.
 16. Roy-Chaudhury P, Spergel LM, Besarab A, Asif A, Ravani P. Biology of arteriovenous fistula failure. *J Nephrol*. 2007;20:150-63.
 17. Dixon BS. Why don't fistulas mature? *Kidney Int*. 2006;70:1413-22.
 18. Miller PE, Tolwani A, Luscyc CP, Deierhoi MH, Bailey R, Redden DT, et al. Predictors of adequacy of arteriovenous fistulas in hemodialysis patients. *Kidney Int*. 1999;56:275-80.
 19. Lok CE, Allon M, Moist L, Oliver MJ, Shah H, Zimmerman D. Risk equation determining unsuccessful cannulation events and failure to maturation in arteriovenous fistulas (REDUCE FTM I). *J Am Soc Nephrol*. 2006;17:3204-12.
 20. Sarnak MJ. Cardiovascular complications in chronic kidney disease. *Am J Kidney Dis*. 2003;41 Suppl 5:11-7.
 21. Kokubo T, Ishikawa N, Uchida H, Chasnoff SE, Xie X, Mathew S, et al. CKD accelerates development of neointimal hyperplasia in arteriovenous fistulas. *J Am Soc Nephrol*. 2009;20:1236-45.
 22. Joannides R, Bakkali EH, le Roy F, Rivault O, Godin M, Moore N, et al. Altered flow-dependent vasodilatation of conduit arteries in maintenance haemodialysis. *Nephrol Dial Transplant*. 1997;12:2623-8.
 23. Langer S, Kokozidou M, Heiss C, Kranz J, Kessler T, Paulus N, et al. Chronic kidney disease aggravates arteriovenous fistula damage in rats. *Kidney Int*. 2010;78:1312-21.
 24. 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.
 25. Basile C, Lomonte C. The operating surgeon is the major determinant for a successful arteriovenous fistula maturation. *Kidney Int*. 2007;72:772.
 26. Feldman HI, Joffe M, Rosas SE, Burns JE, Knauss J, Brayman K, et al. Predictors of successful arteriovenous fistula maturation. *Am J Kidney Dis*. 2003;42:1000-12.
 27. Pirozzi N, Apponi F, Napoletano AM, Luciani R, Pirozzi V, Pugliese F. Microsurgery and preventive haemostasis for autogenous radial-cephalic direct whist access in adult patients with radial artery internal diameter below 1.6 mm. *Nephrol Dial Transplant*. 2010;25:520-5.
 28. Lok CE, Oliver MJ, Su J, Bhola C, Hannigan N, Jassal SV. Arteriovenous fistula outcomes in the era of the elderly dialysis population. *Kidney Int*. 2005;67:2462-9.
 29. Caplin N, Sedlacek M, Teodorescu V, Falk A, Uribarri J. Venous access: Women are equal. *Am J Kidney Dis*. 2003;41:429-32.
 30. 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;58:211-4.
 31. Sedlacek M, Teodorescu V, Falk A, Vassalotti JA, Uribarri J. Hemodialysis access placement with preoperative noninvasive vascular mapping: Comparison between patients with and without diabetes. *Am J Kidney Dis*. 2001;38:560-4.
 32. Lazarides MK, Georgiadis GS, Tzilalis VDL. Diabetes should not preclude efforts for creation of a primary radiocephalic fistula. *Nephrol Dial Transplant*. 2002;17:1852-3.
 33. Allon M, Lockhart ME, Lilly RZ, Gallichio MH, Young CJ, Barker J, et al. Effect of preoperative sonographic mapping on vascular access outcomes in hemodialysis patients. *Kidney Int*. 2001;60:2013-20.
 34. Sivanesan S, How TV, Black RA, Bakran A. Flow patterns in the radiocephalic arteriovenous fistula: An in vitro study. *J Biomech*. 1999;32:915-25.
 35. Achneck HE, Sileshi B, Li M, Partington EJ, Peterson DA, Lawson JH. Surgical aspects and biological considerations of arteriovenous fistula placement. *Semin Dial*. 2010;23:25-33.
 36. Diskin CJ. Novel insights into the pathobiology of the vascular access - do they translate into improved care? *Blood Purif*. 2010;29:216-29.
 37. Ikegaya N, Yamamoto T, Takeshita A, Watanabe T, Yonemura K, Miyaji T, et al. Elevated erythropoietin receptor and transforming growth factor- β 1 expression in stenotic arteriovenous fistulae used for hemodialysis. *J Am Soc Nephrol*. 2000;11:928-35.
 38. Roy-Chaudhury P, Arend L, Zhang J, Krishnamoorthy M, Wang Y, Banerjee R, et al. Neointimal hyperplasia in early arteriovenous fistula failure. *Am J Kidney Dis*. 2007;50:782-90.
 39. Tessitore N, Mansueto G, Lipari G, Bedogna V, Tardivo S, Baggio E, et al. Endovascular versus surgical preemptive repair of forearm arteriovenous fistula juxta-anastomotic stenosis: Analysis of data collected prospectively from 1999 to 2004. *Clin J Am Soc Nephrol*. 2006;1:448-54.
 40. Iwashima Y, Horio T, Takami Y, Inenaga T, Nishikimi T, Takishita S, et al. Effects of the creation of arteriovenous fistula for hemodialysis on cardiac function and natriuretic peptide levels in CRF. *Am J Kidney Dis*. 2002;40:974-82.
 41. Basile C, Lomonte C, Vernaglione L, Casucci F, Antonelli M, Losurdo N. The relationship between the flow of arteriovenous fistula and cardiac output in haemodialysis patients. *Nephrol Dial Transplant*. 2008;23:282-7.
 42. National Kidney Foundation. KDOQI Clinical Practice Guidelines and Practice Recommendations for 2006 Updates: Hemodialysis adequacy, peritoneal dialysis adequacy and vascular access. *Am J Kidney Dis*. 2006;48 Suppl 1:1-322.
 43. Tordoir J, Canaud B, Haage P, Konner K, Basci A, Fouque D, et al. European best practice guidelines (EBPG) on vascular access. *Nephrol Dial Transplant*. 2007;22 Suppl 2:88-117.
 44. Vascular Access Society. Clinical algorithms on vascular access for hemodialysis. Disponible en: www.vascularaccesssociety.com