



ORIGINAL

Utilidad del mapeo ecográfico preoperatorio para los accesos vasculares de hemodiálisis



L. Martínez Carnovale^{a,c,*}, V. Esteve Simó^b, M. Yeste Campos^a, V. Artigas Raventós^d y S. Llagostera Pujol^e

^a Servicio de Angiología y Cirugía Vasculard, Hospital de Terrassa, Consorci Sanitari de Terrassa, Barcelona, España

^b Servicio de Nefrología, Hospital de Terrassa, Consorci Sanitari de Terrassa, Barcelona, España

^c Departamento de Cirugía, Universidad Autónoma de Barcelona (UAB), Barcelona, España

^d Servicio de Cirugía General, Hospital de la Santa Creu i Sant Pau, Barcelona, España

^e Servicio de Angiología y Cirugía Vasculard, Hospital Universitario German Triás i Pujol, Badalona, España

Recibido el 6 de abril de 2016; aceptado el 3 de mayo de 2016

Disponible en Internet el 10 de junio de 2016

PALABRAS CLAVE

Fístula arteriovenosa;
Ecografía doppler
color;
Mapeo prequirúrgico;
Tasa de
permeabilidad

Resumen

Objetivos: Valorar la utilidad clínica de la introducción rutinaria del mapeo ecográfico de extremidades superiores en el estudio preoperatorio de los pacientes candidatos a un acceso vascular (AV) para hemodiálisis.

Material y métodos: Estudio unicéntrico retrospectivo de 4 años de duración. Incluimos pacientes con enfermedad renal crónica terminal (ERCT) candidatos a un AV para hemodiálisis, excluyendo a aquellos con fístulas arteriovenosas (FAV) previas en la misma extremidad superior. Dos grupos de estudio: exploración física (EF: junio de 2011-febrero de 2014) y mapeo ecográfico (ECO: marzo de 2014-junio de 2015). Analizamos: variables demográficas, comorbilidad y tipo de AV. En el subgrupo FAV radiocefálicas, analizamos la tasa de permeabilidad inmediata (48 h), precoz (4 semanas), tardía (6 meses) y los procedimientos realizados.

Resultados: Estudiamos a 81 pacientes (EF: 42; ECO: 39), de los que el 63% eran hombres, con una edad media de $66,5 \pm 13,1$ años. El 81% fueron izquierdos. No se evidenciaron diferencias significativas entre los grupos respecto a demografía, comorbilidad ni etiología de la ERCT. Tipo de AV (EF vs. ECO): FAVRC^{*} (47,6 vs. 69,2%; ^{*}p < 0,05); húmero-cefálicas^{*} (38,1 vs. 10,3%); húmero-basílicas (11,9 vs. 17,9%) y prótesis húmero-axilares (2,4 vs. 2,6%). Tasa de permeabilidad FAV radiocefálicas: inmediata (90 vs. 85,2%); precoz (75 vs. 100%^{*}) y tardía (55 vs. 88,9%^{*}), respectivamente. Solo observamos un mayor número de AV realizados en otros territorios (25 vs. 3,7%^{*}) en el grupo EF de las FAV radiocefálicas.

* Autor para correspondencia.

Correo electrónico: LMartinez@CST.CAT (L. Martínez Carnovale).

Conclusiones: En nuestro centro, la introducción rutinaria del mapeo ecográfico de las extremidades superiores en el estudio preoperatorio de los pacientes candidatos a un AV permitió optimizar el territorio vascular distal y mejorar la permeabilidad precoz y tardía de las fístulas radiocefálicas.

© 2016 SEACV. Publicado por Elsevier España, S.L.U. Todos los derechos reservados.

KEYWORDS

Arteriovenous fistulae;
Colour doppler ultrasound;
Pre-operative mapping;
Patency rates

Use of pre-operative ultrasound mapping for haemodialysis vascular access

Abstract

Objectives: To assess the clinical usefulness of routine doppler ultrasound vascular mapping of upper extremities before creating a vascular access (VA) for haemodialysis.

Material and methods: A retrospective single-centre study conducted over a four-year period including end-stage renal disease (ESRD) patients referred to for VA creation for haemodialysis. Patients with previous VA in the same upper extremities were excluded. Two study groups were formed: Physical examination (PE: June 2011-February 2014) and ultrasound mapping (US: March 2014-June 2015). An analysis was performed on the demographic variables, comorbidities and AV location. The results of the patency rates of the radio-cephalic fistulae (RCF) subgroup were recorded, immediately (48 h), early (4 weeks), and late (6 months).

Results: The study included a total 81 patients (42 PE, 39 US), with 63% males. The mean age was 66.5 ± 13.1 years, and 81% were affected on the left side. There were no significant differences between the groups as regards, demographics, comorbidities, or ESRD aetiology. The VA type (PE vs. US): 47.6 vs. 69.2% radio-cephalic fistula* ($P < .05$), 38.1 vs. 10.3% brachial-cephalic fistula*, 11.9 vs. 17.9% brachio-basilic fistula, and 2.4 vs. 2.6% humeral-axillary grafts. RCF patency rates: Immediate 90 vs. 85.2%, early 75 vs. 100%*, and late 88.9 vs. 55%*, respectively. However, an increase in AV performed in other territories was observed in PE group (25 vs. 3.7%*) in RCF.

Conclusions: Routine doppler ultrasound mapping of upper extremities before VA creation in our centre allowed the distal vascular territory to be optimised, and improved the primary patency rates of both early and late radio-cephalic fistulas.

© 2016 SEACV. Published by Elsevier España, S.L.U. All rights reserved.

Introducción

Los accesos vasculares (AV) son una condición indispensable para que los pacientes puedan iniciar tratamiento sustitutivo renal mediante hemodiálisis (HD)^{1,2}. Existe un amplio consenso en que las fístulas arteriovenosas (FAV) son los AV de primera elección, por presentar una mayor permeabilidad y una menor tasa de complicaciones^{3,4}. De los distintos tipos de FAV existentes, las radiocefálicas (FAVRC) descritas en el año 1966 por Cimino y Brescia⁵ son el AV ideal, por lograr preservar el territorio venoso y presentar menor comorbilidad asociada⁶.

Tradicionalmente, la selección de los vasos utilizados en la construcción de las FAV se basaba en la exploración física (EF) de las extremidades superiores (EES), que aporta información detallada de la circulación venosa superficial, pero la información respecto a la circulación arterial era limitada, y se considera insuficiente en un porcentaje considerable de pacientes (25-50%)⁷. Del mismo modo, el progresivo envejecimiento de la población en programa de HD y el mayor número de comorbilidades que presentan estos pacientes generan un efecto negativo en la permeabilidad y supervivencia de las FAV⁸.

Por estos motivos, en los últimos años está cobrando gran importancia la valoración preoperatoria mediante mapeo

ecográfico de las EES. La ecografía es una exploración accesible, reproducible, poco costosa, no invasiva y sin riesgos añadidos; capaz de aportar información, tanto morfológica como funcional, del sistema venoso superficial y de la circulación arterial. De esta forma, es posible seleccionar el tipo de acceso más apropiado para cada paciente. No obstante, su uso no está instaurado completamente en la práctica clínica habitual⁹.

El objetivo de nuestro estudio es valorar el aumento en la creación de AV distales y la mejoría de su supervivencia, en aquellos casos en los que se realiza mapeo ecográfico preoperatorio en nuestro centro.

Material y métodos

Se trata de un estudio unicéntrico retrospectivo con 2 cohortes establecidas, entre junio de 2011 y junio de 2015, aprobado por el Comité Ético de nuestra institución y realizado de acuerdo con las normas de la declaración de Helsinki, para valorar la utilidad clínica de la introducción rutinaria del mapeo ecográfico en el estudio preoperatorio de las EES en los pacientes candidatos a la creación de un AV para HD.

A partir del registro quirúrgico informatizado de nuestro centro, seleccionamos a aquellos pacientes con enfermedad

renal crónica terminal (ERCT) a los que se les realizó un AV primario en EESS para HD con seguimiento mínimo de 6 meses posterior a la intervención. Se excluyó a aquellos pacientes con FAV previas en la misma extremidad superior.

Tras la revisión de las historias clínicas, se recogieron las principales variables demográficas (sexo, edad), etiología y situación de la ERCT (prediálisis, HD o diálisis peritoneal), tipo de AV así como la presencia de los principales factores de riesgo cardiovasculares tradicionales: hipertensión arterial (HTA), diabetes mellitus (DM) y dislipidemia (DLP).

Según la valoración realizada previamente a la cirugía, se establecieron 2 grupos de estudio: grupo exploración física (EF: de junio de 2011 a febrero de 2014) y grupo mapeo ecográfico (ECO: de marzo de 2014 a junio de 2015). El grupo EF fue valorado exclusivamente mediante EF; el grupo ECO, adicionalmente mediante mapeo ecográfico EESS (Siemens Sonoline G40, Siemens Medical Solutions USA, Inc.).

La EF consistía en la valoración visual en ambas EESS de limitaciones articulares, déficits motores o sensitivos, grosor de la piel y grasa subcutánea, presencia de cicatrices o edema de la extremidad, así como existencia de circulación colateral en brazo u hombro. Se valoraba la presencia y calidad de los pulsos arteriales mediante palpación digital, incluyendo la maniobra o test de Allen; la toma de presiones arteriales en ambas EESS y la exploración del sistema venoso mediante la palpación venosa con y sin torniquete.

Los datos ecográficos analizados en ambas EESS fueron los diámetros (mm) de la arteria radial (AR), arteria humeral (AH), vena cefálica antebrazo (VCA) y del brazo, diámetro y profundidad de la vena basilica de brazo, así como la permeabilidad y continuidad de todos los vasos. Del mismo modo, se obtuvieron las velocidades (cm/s), el pico sistólico de AR y de la arteria humeral y el índice de resistencia de la AR tras el test de hiperemia reactiva.

Todas las intervenciones fueron realizadas por el mismo equipo de Cirugía Vascular, mediante la técnica quirúrgica habitual según el tipo de procedimiento. Todos los pacientes siguieron los mismos cuidados postoperatorios y fueron visitados a los 7 días de la intervención para comprobar el correcto funcionamiento de la FAV. Continuaron posteriormente sus controles habituales nefrológicos.

En el subgrupo de las FAVRC, se analizó la tasa de permeabilidad inmediata (48 h), precoz (4 semanas) y tardía (6 meses) así como los procedimientos realizados sobre ellas (reanastomosis quirúrgica, angioplastia percutánea o nuevo AV) en el período de estudio.

El análisis estadístico se realizó con el programa SPSS versión 19.0 (SPSS Inc, Chicago, IL, EE.UU.). Los datos presentaban una distribución normal. Las variables cuantitativas se expresaron mediante la media y la desviación estándar. Las variables cualitativas, mediante porcentaje o distribución de frecuencias. La comparación entre grupos se realizó mediante el test estadístico t de Student para variables cuantitativas y el test de chi cuadrado para las variables cualitativas (con la correlación de Fisher cuando lo requiera). Se estableció como nivel de significación estadística un valor de $p < 0,05$.

Resultados

En el período de estudio, se realizaron en nuestro centro un total de 117 AV para HD. De estos, 36 pacientes fueron excluidos. Los motivos de exclusión fueron: presencia de AV previos en la misma extremidad superior (21), AV realizado en extremidades inferiores (9) y seguimiento inferior a 6 meses (6). Un total de 81 pacientes fueron incluidos en nuestro trabajo (42 pacientes en el grupo EF; 39 en el grupo ECO); con un total de 81 AV primarios. La edad media fue de $66,5 \pm 13,1$ años, 51 hombres (63%). Un total de 66 AV (81%) fueron realizados en la extremidad superior izquierda. En el momento de la realización del AV, un 60% de los pacientes se encontraban en tratamiento sustitutivo renal (54% HD; 6% DP) y un 40% en situación de prediálisis. Las principales comorbilidades asociadas fueron la HTA (88%), DM (56%) y DLP (40%). La principal etiología de la ERCT queda reflejada en la [figura 1](#); la HTA 26% y la DM 26% fueron las más prevalentes. No se evidenciaron diferencias significativas en las características basales de los grupos de estudio respecto a las variables demográficas, etiología de la ERCT ni comorbilidades asociadas ([tabla 1](#)).

Los datos relativos al tipo de AV confeccionado (EF vs. ECO) se muestran en la [figura 2](#). En nuestro estudio observamos significativamente un mayor número de FAVRC (47,6 vs. 69,2%; $p < 0,05$) y menor número de FAV húmero-cefálicas realizadas en el grupo ECO (38,1 vs. 10,3%; $p < 0,05$), mientras que no observamos diferencias relevantes entre grupos con relación a las FAV húmero-basilicas (11,9 vs. 17,9%) ni prótesis húmero-axilares (2,4 vs. 2,6%) realizadas. Únicamente a 2 pacientes del grupo ECO, a los que se les había indicado preoperatoriamente una FAVRC, se decidió realizarles una FAV húmero-cefálica tras los hallazgos intraoperatorios de los vasos.

Con relación al análisis del subgrupo de las 47 FAVRC realizadas, la [figura 3](#) muestra los resultados de las tasas de permeabilidad inmediata (48 h), precoz (4 semanas) y tardía (6 meses) en ambos grupos. En el grupo ECO observamos,

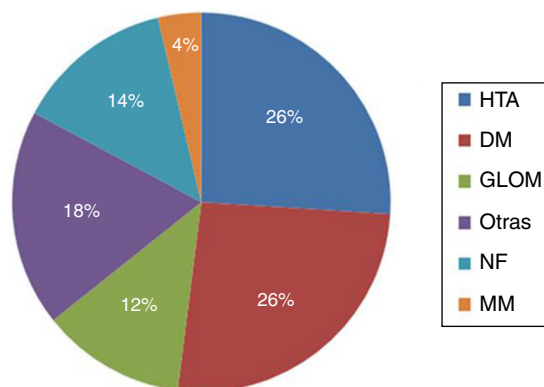


Figura 1 Principal etiología de la enfermedad renal crónica terminal.

DM: diabetes mellitus; ERCT: enfermedad renal crónica terminal; GLOM: enfermedad glomerular; HTA: hipertensión arterial; MM: mieloma múltiple; NF: no filiada; Otras: otras enfermedades renales (poliquistosis, túbulo-intersticiales, nefrectomía, etc.).

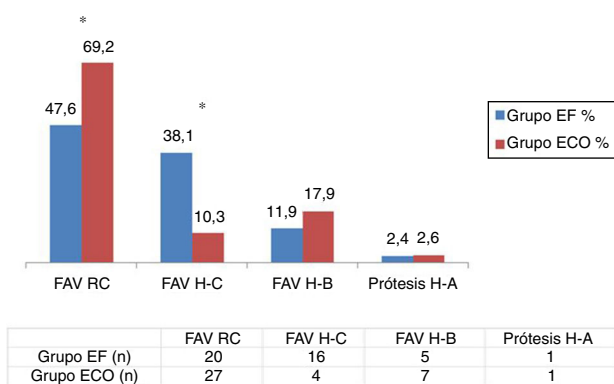
Tabla 1 Datos demográficos, parámetros clínicos, comorbilidad asociada y situación de la enfermedad renal

	Global	Grupo EF	Grupo ECO	p
Edad (años)	66,5 ± 13,1	64,8 ± 12,6	68,3 ± 13,6	0,981
Sexo % (n)				
Hombre	63 (51)	60 (25)	67 (26)	0,506
Mujer	37 (30)	40 (17)	33 (13)	0,552
Lateralidad del AV % (n)				
Derecha	19 (15)	26 (9)	10 (4)	0,450
Izquierda	81 (66)	74 (31)	90 (35)	0,523
Situación de ERCT % (n)				
Diálisis	60 (49)	69 (29)	51 (20)	0,792
Prediálisis	40 (32)	31 (13)	49 (19)	0,610
HTA % (n)	88 (71)	86 (36)	90 (35)	0,582
DM % (n)	56 (42)	47 (17)	64 (25)	0,421
DLP % (n)	40 (32)	43 (18)	36 (14)	0,522

Grupo EF (n = 42) y ECO (n = 39) al inicio del estudio.

AV: acceso vascular; DLP: dislipidemia; DM: diabetes mellitus; ERCT: enfermedad renal crónica terminal; HTA: hipertensión arterial.

Significación estadística: * p < 0,05.

**Figura 2** Tipos de accesos vasculares creados.

Grupo EF (n = 42) y ECO (n = 39).

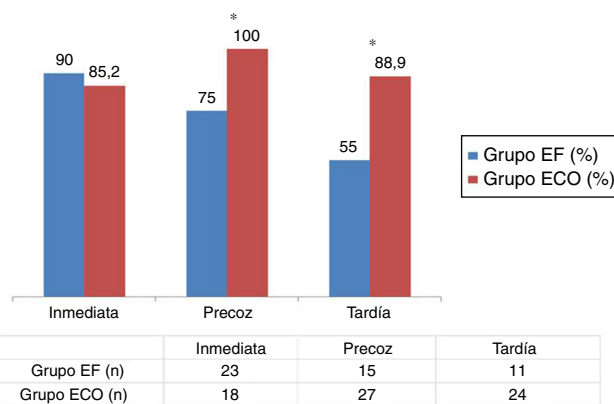
FAV H-B: fístula húmero-basílica; FAV H-C: fístula húmero-cefálica; FAV RC: fístula radiocefálica; Prótesis H-A: prótesis húmero-axilar.

Significación estadística: * p < 0,05.

de manera estadísticamente significativa, una mayor permeabilidad precoz (75 vs. 100%; p < 0,05) y tardía (55 vs. 88,9%; p < 0,05), respectivamente. No se observaron cambios relevantes en la permeabilidad inmediata, si bien esta fue ligeramente mayor en el grupo EF.

Con relación a los procedimientos realizados sobre las FAVRC durante el período de seguimiento, no se encontraron cambios relevantes entre los grupos de estudio con relación al número de angioplastias percutáneas ni de reanastomosis quirúrgicas, si bien todos estos fueron mayores en el grupo ECO. Únicamente observamos de forma significativa un mayor número de nuevos AV realizados en otros territorios en el grupo EF (25 vs. 3,7%; p < 0,05) (tabla 2).

Con relación a los valores ecográficos de las FAVRC realizadas en el grupo ECO, el diámetro medio de la AR fue

**Figura 3** Tasas de permeabilidad inmediata (<48 h), precoz (4 semanas) y tardía (6 meses) de las fístulas arteriovenosas radiocefálicas.

Grupo EF (n = 20) y ECO (n = 27).

Significación estadística: * p < 0,05.

de 2,6 ± 0,4 mm, VCA 3,1 ± 0,7 mm, pico sistólico de la AR 60,2 ± 12 cm/s y el índice de resistencia de la AR 0,76 ± 0,08.

Discusión

Las características del territorio vascular así como la necesidad de iniciar HD a través de una AV funcional son algunos de los factores involucrados en el complejo proceso de elección del tipo de AV en los pacientes con ERCT. Si bien las FAV son el AV ideal, uno de sus principales inconvenientes, en especial de las FAVRC, es su baja supervivencia y permeabilidad, con una tasa de fallo precoz estimada del 15,3%, una supervivencia primaria del 62,5% y secundaria del 66% a los 12 meses, en un reciente metaanálisis publicado por Rooijens et al.¹⁰. Clásicamente, la edad avanzada, el sexo femenino, la presencia de DM y de arteriopatía periférica¹¹⁻¹⁶ son algunos de los factores relacionados con peor supervivencia.

En vista de estos resultados, uno de los aspectos cruciales es utilizar nuevas herramientas para mejorar la supervivencia global de las FAV. Una de las estrategias que se han llevado a cabo en los últimos años es la incorporación del mapeo ecográfico de EESS en la planificación preoperatoria de los AV. La ecografía es una exploración accesible, reproducible, poco costosa, no invasiva y sin riesgos añadidos; capaz de aportar información morfológica y funcional del sistema venoso superficial y de la circulación arterial, lo que hace posible seleccionar el tipo de AV más apropiado para cada paciente.

Si bien las guías K/DOQI² recomiendan la realización de esta exploración en todos los pacientes candidatos a un AV, en la actualidad su uso no está instaurado completamente en la práctica clínica. Esto es debido a la falta de evidencia suficiente para recomendar su aplicación de manera rutinaria. En algunos estudios publicados, los autores refieren que la realización de esta exploración permite aumentar el número de FAV nativas respecto a fístulas protésicas y mejorar, de manera significativa, la tasa de fallo precoz y su permeabilidad a corto plazo¹⁷⁻²⁰. Mientras que una revisión sistemática publicada por Wong et al.²¹ concluye que, si bien

Tabla 2 Procedimientos realizados en el subgrupo de las fístulas arteriovenosas radiocefálicas en el período de estudio (ausencia de procedimientos, angioplastia percutánea, reanastomosis quirúrgicas y creación de nuevos accesos vasculares en otros territorios)

Procedimientos % (n)	Global	Grupo EF	Grupo ECO	p
Ausencia de procedimientos	68,1 (32)	65 (13)	70,4 (19)	0,789
Reanastomosis quirúrgica	25,5 (12)	5 (5)	11,1 (7)	0,541
Angioplastia percutánea	8,5 (4)	5 (1)	14,8 (3)	0,328
Nuevo AV	12,7 (6)	25 (5)	3,7 (1)	0,008*

Grupo EF (n = 20) y ECO (n = 27).

AV: acceso vascular.

Significación estadística: *p < 0,05.

el mapeo preoperatorio puede mejorar las tasas de maduración, los resultados no presentaron significación estadística. Un reciente metaanálisis publicado por Georgadis et al.²², en el que se compara la realización del estudio preoperatorio mediante EF reglada frente al mapeo ecográfico, recomienda que la EF sea siempre complementada con el mapeo ecográfico antes de la creación de un AV. De este modo, se consigue evitar exploraciones quirúrgicas negativas, así como reducir la tasa de fracaso inmediato de los AV de forma significativa.

De forma global, estos resultados son similares a los obtenidos en nuestro trabajo, donde observamos un mayor número de FAVRC, así como una mayor permeabilidad precoz y tardía tras la introducción rutinaria del mapeo ecográfico en la valoración preoperatoria de los pacientes con ERCT candidatos a un AV. Curiosamente, observamos una mayor permeabilidad inmediata, sin significado estadístico, en el grupo valorado por EF. En nuestra opinión, este hallazgo podría atribuirse a la utilización en el grupo ECO de vasos de tamaño y características limítrofes que, posiblemente, por EF no hubieran sido aptos para la realización de un AV distal. En este aspecto, en la literatura no existe un claro consenso acerca del diámetro recomendado de los vasos en la construcción de una FAVRC. Según los distintos autores, el diámetro de la VCA varía entre 2 y 2,6 mm^{23,24}, y de la AR entre 1,5 y 2,1 mm^{25,26}, datos que son similares a los utilizados en nuestro estudio.

En cuanto a la mejor permeabilidad precoz y tardía observada tras la introducción rutinaria del mapeo ecográfico, cabe mencionar que fue a expensas de un aumento no significativo del número de angioplastias percutáneas y reanastomosis de los pacientes del grupo ECO. Adicionalmente, evidenciamos un mayor número de nuevas FAV realizadas en otros territorios en el grupo EF. En nuestra opinión, estos resultados pondrían de manifiesto la utilidad de la ecografía en la elección del territorio vascular más adecuado para cada paciente, y permiten optimizar el territorio vascular distal.

Entre las limitaciones de nuestro estudio, cabe mencionar el diseño retrospectivo y el período de seguimiento no superior a 6 meses. Esta última limitación fue debida a la reciente incorporación del mapeo ecográfico preoperatorio del AV de forma habitual en nuestro centro. A su vez, mencionamos el escaso tamaño muestral de las FAVRC; este subgrupo de AV fue prioritario en nuestro análisis principalmente por los múltiples beneficios que ofrece a los pacientes, considerándose el AV de primera elección.

Concluimos que, en nuestro centro, la introducción del mapeo ecográfico de EESS en el estudio preoperatorio de los pacientes con ERCT candidatos a AV para HD permitió optimizar el territorio vascular distal y mejorar la tasa de permeabilidad precoz y tardía de las FAVRC. Con los resultados obtenidos, consideraremos su introducción rutinaria en nuestra práctica clínica habitual.

Responsabilidades éticas

Protección de personas y animales. Los autores declaran que para esta investigación no se han realizado experimentos en seres humanos ni en animales.

Confidencialidad de los datos. Los autores declaran que han seguido los protocolos de su centro de trabajo sobre la publicación de datos de pacientes.

Derecho a la privacidad y consentimiento informado. Los autores declaran que en este artículo no aparecen datos de pacientes.

Conflicto de intereses

No existe conflicto de intereses.

Agradecimientos

Este trabajo de investigación se ha realizado en el marco del programa de Doctorado en Cirugía de la Universidad Autónoma de Barcelona (UAB).

Bibliografía

1. Besarab A. Access monitoring is worthwhile and valuable. *Blood Purif.* 2006;24:7–89.
2. Clinical practice guidelines for vascular access. *Am J Kidney Dis.* 2006;48:S176–247.
3. Rodríguez Hernández JA, González Parra E, Julián Gutiérrez JM, Segarra Medrano A, Almirante B, Martínez MT, et al. Vascular access guidelines for hemodialysis. *Nefrol Publ Of Soc Esp Nefrol.* 2005;25 Suppl 1:3–97.
4. Clinical practice guidelines for hemodialysis adequacy, Update 2006. *Am J Kidney Dis.* 2006;48:S2–90.
5. Brescia MJ, Cimino JE, Appell K, Hurwich BJ, Scribner BH. Chronic hemodialysis using venipuncture and a surgically created arteriovenous fistula. *J Am Soc Nephrol.* 1996;10:193–9.

6. Hoggard J, Saad T, Schon D, Vesely TM, Royer T. Guidelines for venous access in patients with chronic kidney disease. A position statement from the American Society of Diagnostic and Interventional Nephrology, Clinical Practice Committee and the Association for Vascular Access. *Semin Dial.* 2008;21:186-91.
7. Malovrh M. Native arteriovenous fistula: Preoperative evaluation. *Am J Kidney Dis.* 2002;39:1218-25.
8. Allon M, Robbin ML. Increasing arteriovenous fistulas in hemodialysis patients: Problems and solutions. *Kidney Int.* 2002;62:1109-24.
9. Zamboli PA, Fiorini F, D'Amelio A, Fatuzzo P, Granata A. Color Doppler ultrasound and arteriovenous fistulas for hemodialysis. *J Ultrasound.* 2014;17:253-63.
10. Rooijens PP, Tordoir JH, Stijnen T, Burgmans JP, Smet de AA, Yo TI. Radiocephalic wrist arteriovenous fistula for hemodialysis: Meta-analysis indicates a high primary failure rate. *Eur J Vasc Endovasc Surg.* 2004;28:583-9.
11. Wong V, Ward R, Taylor J, Selvakumar S, How TV, Bakran A. Factors associated with early failure of arteriovenous fistulae for haemodialysis access. *Eur J Vasc Endovasc Surg.* 1996;12:207-13.
12. Smith GE, Gohil R, Chetter IC. Factors affecting the patency of arteriovenous fistulas for dialysis access. *J Vasc Surg.* 2012;55:849-55.
13. Lauvaio LS, Ihnat DM, Goshima KR, Chavez L, Gruessner AC, Mills JL. Vein diameter is the major predictor of fistula maturation. *J Vasc Surg.* 2009;49:1499-504.
14. Lazarides MK, Georgiadis GS, Antoniou GA, Stamos DN. Meta-analysis of dialysis access outcome in elderly patients. *J Vasc Surg.* 2007;45:420-6.
15. Miller PE, Towani A, Luscly CP, Deierhoi MH, Bailey R, Redden DT, et al. Predictors of adequacy of arteriovenous fistulas in hemodialysis patients. *Kidney Int.* 1999;56:275-80.
16. 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.
17. Silva MB, Hobson RW, 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, discussion 307-308.
18. 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.
19. McGill RL, Marcus RJ, Healy DA, Brouwer DJ, Smith BC, Sandroni SE, et al. AV fistula rates: Changing the culture of vascular access. *J Vasc Access.* 2005;6:13-7.
20. Ilhan G, Esi E, Bozok S, Yürekli I, Özpak B, Özelçi A, et al. The clinical utility of vascular mapping with Doppler ultrasound prior to arteriovenous fistula construction for hemodialysis access. *J Vasc Access.* 2013;14:83-8.
21. Wong CS, McNicholas N, Healy D, Moloney MC, Coffey JC, Grace PA, et al. A systematic review of preoperative duplex ultrasonography and arteriovenous fistula formation. *J Vasc Surg.* 2013;57:1129-33.
22. 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.
23. Mendes RR, Farber MA, Marston WA, Dinwiddie LC, Keagy BA, Burnham SJ. Prediction of wrist arteriovenous fistula maturation with preoperative vein mapping with ultrasonography. *J Vasc Surg.* 2002;36:460-3.
24. Brimble KS, Rabbat CG, Treleaven DJ, Ingram AJ. Utility of ultrasonographic venous assessment prior to forearm arteriovenous fistula creation. *Clin Nephrol.* 2002;58:122-7.
25. 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.
26. Korten E, Toonder IM, Schrama YC, Hop WC, van der Ham AC, Wittens CH. Dialysis fistulae patency and preoperative diameter ultrasound measurements. *Eur J Vasc Endovasc Surg.* 2007;33:467-71.