



## Evaluación, mediante Doppler color, de las fístulas arteriovenosas para hemodiálisis

Alonso-Rodríguez L

### Resumen

Las fístulas arteriovenosas son el método de elección de acceso vascular para pacientes en terapia de sustitución renal; una correcta evaluación preoperatoria y el conocimiento de los criterios de buen pronóstico conllevan a una mejor elección de las arterias y venas para la creación y el éxito del acceso. Así mismo, la evaluación posoperatoria para reconocer la madurez de las fístulas arteriovenosas y de sus posibles complicaciones da como resultado un acceso vascular apropiado y funcional. El método de elección para realizar la exploración es el ultrasonido Doppler color por no ser invasivo y estar disponible en cualquier centro. Es fundamental el papel del médico radiólogo, como experto, en la evaluación de las fístulas arteriovenosas.

**PALABRAS CLAVE:** fístulas arteriovenosas, ultrasonido Doppler color, acceso vascular para hemodiálisis.

Anales de Radiología México 2017 Oct;16(4):320-328.

## Evaluation, by color Doppler, of arteriovenous fistulae for hemodialysis.

Alonso-Rodríguez L

### Abstract

Arteriovenous fistulae are the method of choice in vascular access for patients in renal replacement therapy; proper preoperative evaluation and knowledge of good prognostic criteria lead to a better choice of arteries and veins for the creation and success of access. Also, post-operative evaluation to recognize the maturity of arteriovenous fistulae and their potential complications results in appropriate and functional vascular access. The method of choice for exploration is color Doppler ultrasound because it is non-invasive and available at any facility. The role of the radiologist is fundamental as an expert in evaluation of arteriovenous fistulae.

**KEYWORDS:** arteriovenous fistulae; color Doppler ultrasound; vascular access for hemodialysis

Médico Radiólogo adscrito al servicio de Doppler Color y profesor titular de la Residencia Médica de Imagenología Diagnóstica y Terapéutica del Instituto Mexicano del Seguro Social, Unidad Médica de Alta Especialidad No. 2, Cd. Obregón. Prolongación Hidalgo s/n, Colonia Bellavista, 85310, Ciudad Obregón, Sonora.

**Recibido:** 2 de febrero 2017

**Aceptado:** 24 de octubre 2017

### Correspondencia

Luis Alonso Rodríguez  
wuichol@hotmail.com

### Este artículo debe citarse como

Alonso-Rodríguez L. Evaluación, mediante Doppler color, de las fístulas arteriovenosas para hemodiálisis. Anales de Radiología México 2017;16(4): 320-328.

## INTRODUCCIÓN

El acceso vascular por medio de las fístulas arteriovenosas para hemodiálisis en el brazo son una excelente elección para la terapia de sustitución renal, por su bajo riesgo de complicaciones y su alta durabilidad. El ultrasonido Doppler Color, como método de imagen para la evaluación de las fístulas arteriovenosas, es fundamental y no ha sido superado por otro método por ser una herramienta no invasiva, de bajo costo y accesible en cualquier centro hospitalario.<sup>1</sup>

## OBJETIVO

El objetivo de este trabajo es dar a conocer, de una manera accesible y detallada, la exploración por ultrasonido Doppler Color en la revisión de las fístulas arteriovenosas, desde su planeación hasta su creación, hecha por el médico radiólogo y orientada al médico radiólogo, ya que éste se ha visto desplazado por otras especialidades en dicha la evaluación. Asimismo, favorecer la adecuada selección de los pacientes candidatos para la realización de este acceso vascular y para su éxito.

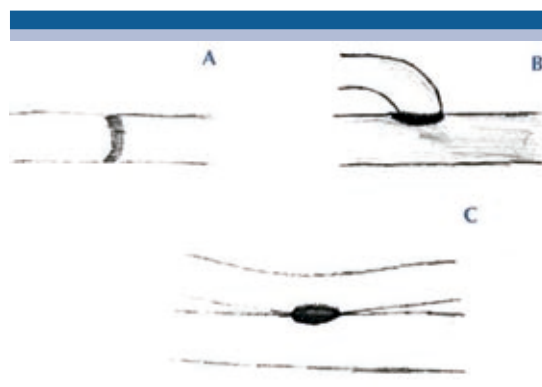
## MATERIAL Y MÉTODOS

Para la realización de este trabajo se efectuó una minuciosa revisión bibliográfica, comprensible, actualizada y completa de la evaluación prequirúrgica y posquirúrgica, así como de las complicaciones de las fístulas arteriovenosas como accesos vasculares para la terapia de sustitución renal por ultrasonido Doppler color.

## REVISIÓN

Fístulas arteriovenosas: de acuerdo con las guías de la *National Kidney Foundation* (NKF-K/DOQI) el orden de los sitios para la intervención quirúrgica mediante de fístulas arteriovenosas para hemodiálisis es el siguiente: en el antebrazo

(radio-cefálica o fístula arteriovenosa distal), en el codo (braquiocefálica o fístula arteriovenosa proximal) y en el brazo (braquio-basílica fístula arteriovenosa con transposición o proximal); las anastomosis más comunes son: latero-lateral (más frecuente), término-lateral y término-terminal (menos frecuente<sup>2</sup> (**Figura 1**). El método de elección para decidir sobre el tipo y la ubicación del acceso vascular es la ecografía Doppler ya que permite la evaluación de los diámetros arteriales y venosos, es una herramienta de fácil acceso, económica y es un método no invasivo.<sup>3</sup>



**Figura 1.** Tipos de anastomosis más frecuentes. **a)** término-terminal, **b)** término-lateral y **c)** latero-lateral.

La fístula arteriovenosa directamente en la muñeca (distal) es considerada el procedimiento de elección para el acceso vascular debido a su baja incidencia de complicaciones y a que a su tasa de permeabilidad a largo plazo es excelente.<sup>4</sup> La segunda opción quirúrgica es una fístula arteriovenosa en el codo (proximal), una de cuyas ventajas es la utilización de material autógeno, que es de mayor calibre, facilitando el proceso quirúrgico y su canalización posterior para el acceso vascular, también su mayor tasa de permeabilidad comparada con las fístulas arteriovenosas distales; sin embargo, tiene mayor índice de complicaciones como el síndrome de robo arterial distal y de alteraciones en el gasto cardíaco.<sup>5</sup>

Las fístulas arteriovenosas braquio-basílicas (proximales o con transposición) requieren de un procedimiento técnico adicional que consiste en la superficialización de la vena basílica.<sup>6</sup> En nuestro centro hospitalario prevalece más el uso de fístulas braquio-cefálicas o braquio-basílicas (fístulas arteriovenosas proximales). Las fístulas arteriovenosas deben de planificarse al menos uno o dos meses antes de iniciar la hemodiálisis ya que se requiere este tiempo para su maduración. Se deben de realizar evaluaciones prequirúrgicas, transquirúrgicas y posquirúrgicas.

Los injertos arteriovenosos son otro tipo de acceso vascular elaborados con prótesis que se interponen entre una vena y una arteria con el propósito de conectarlas y de insertar catéteres de hemodiálisis en el segmento protésico, estos se utilizan como segunda línea para el tratamiento de acceso vascular, en algunos casos seleccionados como primera elección en caso de escasez de material autógeno o para cortos periodos de hemodiálisis, especialmente en niños, en pacientes obesos donde las venas superficiales son profundas y, por último, en pacientes con púrpura trombocitopénica donde el riesgo de punción venosa aumenta el riesgo de heridas y hematomas.<sup>7-9</sup>

Debido a que existe muy escasa información en cuanto a la evaluación y la adecuada explicación de la exploración por Doppler color en los periodos prequirúrgico, transquirúrgico y posquirúrgico, hechas por médicos radiólogos para médicos radiólogos, se presenta esta revisión.

### **Análisis prequirúrgico**

La evaluación por Doppler se debe realizar con un transductor lineal de 7.0 MHz o mayor. El paciente deberá ser estudiado en posición supina sin angular el codo. Se debe evaluar tanto el sistema arterial como el sistema venoso superficial y profundo de ambos brazos, desde la subclavia

media-distal (si es técnicamente posible) hasta la muñeca, examinando dirección del flujo, velocidades, morfología del espectro, presencia de trombosis u oclusiones y variantes anatómicas en los sistemas arteriales y venosos.<sup>10</sup>

### **Evaluación venosa**

La única manera de evaluar las venas subclavia proximal y cava superior es de forma indirecta por ecografía Doppler, analizando la morfología del espectro, encontrando alteraciones tales como la ausencia de flujo espontáneo durante la inspiración profunda y la falta de pulsatilidad refleja, los principales signos que nos harían sospechar de estenosis u oclusiones centrales; los métodos de elección son la flebografía y la venografía por resonancia magnética.<sup>11</sup> Se determina el diámetro de la vena del sistema superficial usando un torniquete (prueba de hiperemia) tomando como diámetro mínimo uno igual o mayor de 2 mm para la colocación de fístula arteriovenosa y otro igual o mayor de 4 mm para el injerto; se debe evaluar también la existencia de estenosis u oclusiones en los segmentos proximales a los vasos evaluados. En las evaluaciones sin el uso de torniquete un diámetro venoso mínimo de 2 mm es apropiado para la madurez de la fístula.<sup>3</sup>

### **Evaluación arterial**

En cuanto al diámetro arterial lo recomendable es uno interno mayor de 1.6 mm, medido de la pared interna a la pared interna del vaso en el modo B. Algunos autores recomiendan analizar la distensibilidad de la pared arterial durante la hiperemia reactiva (lograda por medio de empuñar de forma enérgica la mano) durante el puño cerrado obtendremos un espectro trifásico sobre la arteria (normal en las arterias periféricas) y después de abrir el puño obtendremos una onda bifásica de baja resistencia; un índice de resistencia (IR) prequirúrgico igual o mayor a 0.7



en la arteria nutricia, inmediatamente después de la prueba de hiperemia, reduce la probabilidad de éxito de una fístula arteriovenosa.<sup>12</sup>

### Análisis del volumen de flujo en la fístula

La maduración de una fístula se obtiene al poder utilizarla de forma exitosa para la hemodiálisis, con un volumen de flujo adecuado de aproximadamente 600 mL/min y la vena de drenaje debe de tener un diámetro mínimo de 0.6 cm a una profundidad de la piel de 0.6 cm (lo que se conoce como la regla de los 6). El tiempo de maduración es variable para los diferentes pacientes, por sus comorbilidades asociadas, pero en términos generales es de alrededor de 3 semanas para las fístulas y de 3 a 6 semanas para los injertos.<sup>2</sup> Sin embargo, los datos de las guías *Kidney Disease Outcomes Quality Initiative* (KDOQI) se basan en opiniones y no en datos formalmente válidos; los criterios de la *University of Alabama at Birmingham* (UAB) reportaron que diámetros de hasta 0.4 cm y volúmenes de flujo tan bajos como de 500 mL/min eran válidos para una fístula arteriovenosa y adecuados para la sesión de hemodiálisis<sup>13,14</sup> (**Figuras 2 y 3**).

El Doppler color sigue siendo el método de elección para el análisis de la maduración en las fístulas ya que se puede evaluar, en tiempo real, el volumen de flujo del acceso. El cálculo del volumen es un dato importante para la disfunción del acceso en fístula e injertos. Se puede medir el volumen de flujo en la vena de drenaje pero se recomienda realizarlo en la arteria nutricia dos centímetros antes de la anastomosis y después de la anastomosis, sobre la misma arteria, aplicando la siguiente fórmula:

Volumen de flujo (mL/min) = velocidad media (expresada en cm/s) x área de la arteria (cm<sup>2</sup>) x 60 (segundos). Una vez realizado el cálculo del volumen de flujo, antes y después de la anastomosis, la diferencia de estos dos cálculos nos proporciona el total de volumen de flujo que ingresa a la fístula. El cálculo del volumen de

flujo en la vena de drenaje no es recomendable porque pueden existir variaciones en el diámetro del vaso, dolicoectasias (curvaturas largas en el trayecto de un vaso) y vibraciones que generan turbulencia por la localización superficial del vaso y que pueden alterar el resultado. Los volúmenes menores a 300 mL/min para las fístulas y menores a 650 mL/min para los injertos son altamente sugerentes de disfunción.<sup>15</sup>

### Complicaciones

#### Estenosis

Las estenosis ocurren en la anastomosis, o en la vena de drenaje, originadas por una hiperplasia intimal y fibromuscular generada por la fricción del flujo sanguíneo en las zonas de disminución del calibre. Al ultrasonido Doppler color se identifican como artefactos originados por el empleo de una frecuencia de repetición de pulso inadecuada (*aliasing artifacts*)<sup>16</sup> (**Figura 4**). En la evaluación por ultrasonido se deben examinar en planos longitudinales y transversales en la arteria nutricia, anastomosis, vena de drenaje y los tejidos periféricos porque pueden ser causa de estenosis extraluminal por compresión. Para realizar el cálculo de la estenosis se mide el área transversal del sitio de estenosis comparada con el área transversal de un segmento normal cercano a la estenosis; actualmente la mayoría de los equipos realizan estas mediciones de forma automática y nos ofrecen el porcentaje sin necesidad de realizar los cálculos. La fórmula es la siguiente:

Área del vaso normal - área residual del sitio de estenosis / área del vaso normal x 100 = porcentaje de estenosis

Los criterios directos de estenosis son:

- a. Reducción del diámetro de la luz mayor a 50%.

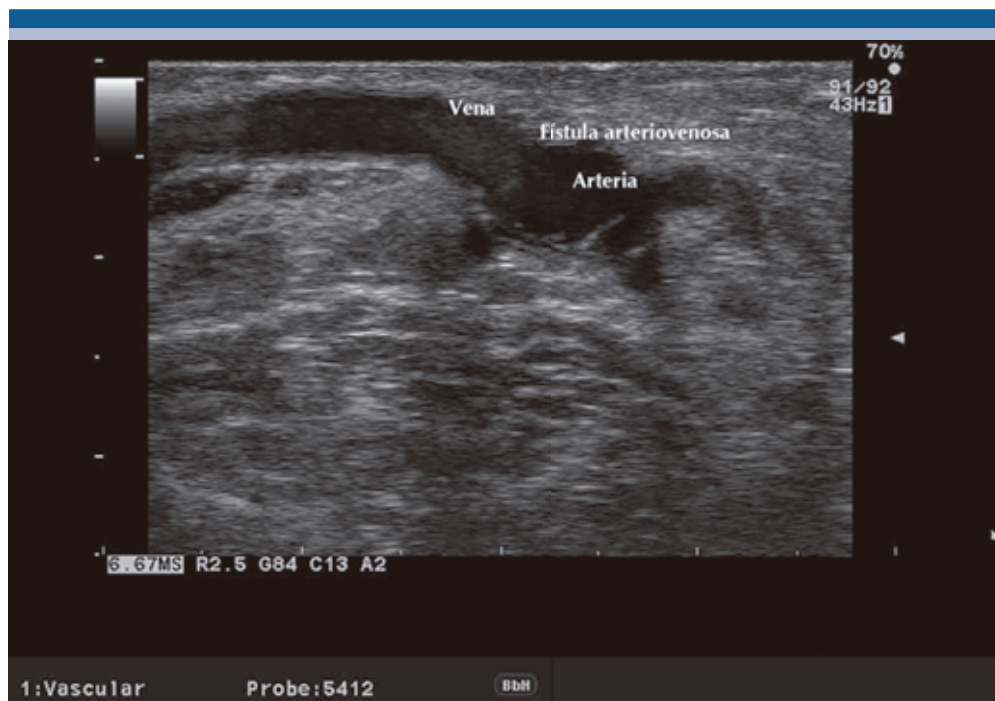


Figura 2. Sitio de anastomosis.

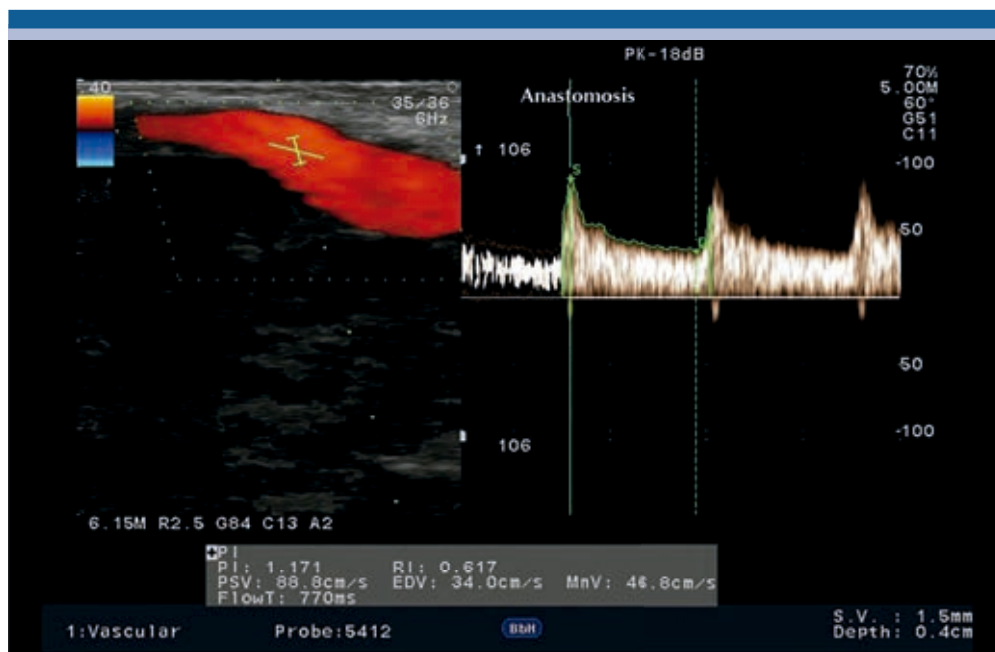
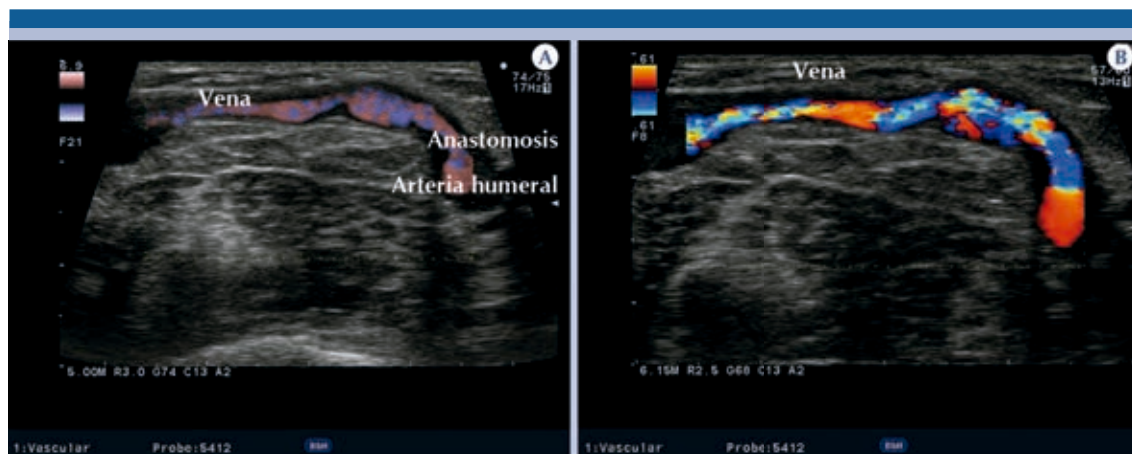


Figura 3. Sitio de anastomosis con características normales.





**Figura 4.** Múltiples estenosis de la vena de drenaje. **A)** Sitio de anastomosis y segmento de la vena de drenaje en *Eflow*. **B)** Doppler color con múltiples artefactos producto del empleo de una frecuencia de repetición de pulso inadecuada (*aliasing artifact*) en la vena de drenaje.

- b. Velocidad sistólica pico mayor a 400 cm/s (en el sitio de estenosis).
- c. Cociente de estenosis mayor a 3.5.

Los criterios indirectos son:

- a. Morfología de la onda espectral de alta resistencia previo a la estenosis.
- b. Reducción en el volumen de flujo del acceso.
- c. Artefactos originados por el empleo de una frecuencia de repetición de pulso inadecuada (*aliasing artifact*) en el sitio de estenosis.

### Trombosis

Las trombosis son la causa más común de falla en el acceso vascular; son complicaciones agudas en la creación de las fístulas debido al flujo inadecuado por el acceso o por falta de dilatación adecuada; en fístulas maduras es rara la trombosis. El Doppler color es el método no invasivo de elección para el diagnóstico, podemos observar el trombo intraluminal de diferentes ecogenicidades, dependiendo su evolución,

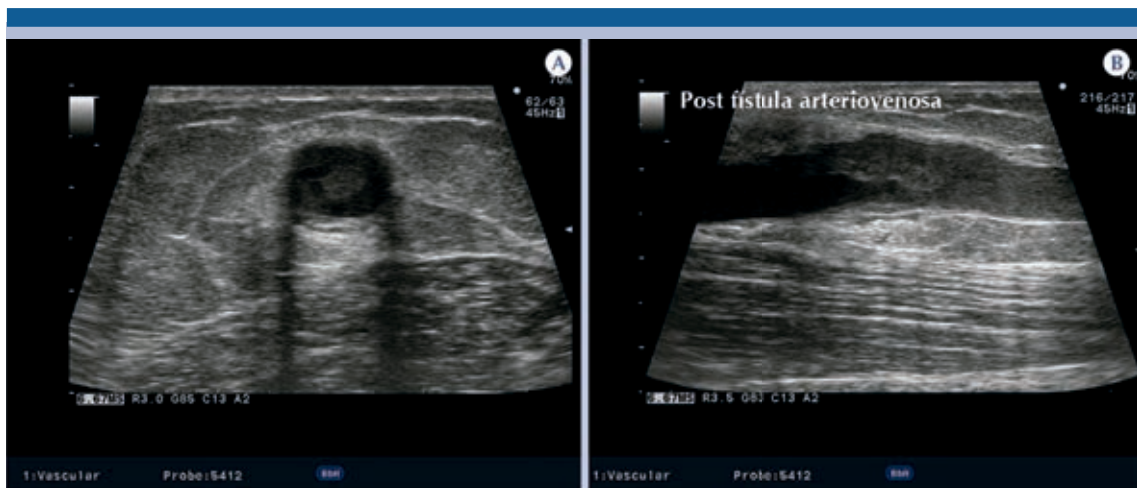
la falta de compresibilidad de la vena (poco sensible en los casos de fístulas arteriovenosas), existen métodos indirectos para la sospecha de trombosis como son un patrón de alta resistencia previo al sitio de trombosis y disminución de la velocidad pico sistólica posterior al sitio de trombosis<sup>17</sup> (**Figuras 5 y 6**).

### Robo arterial

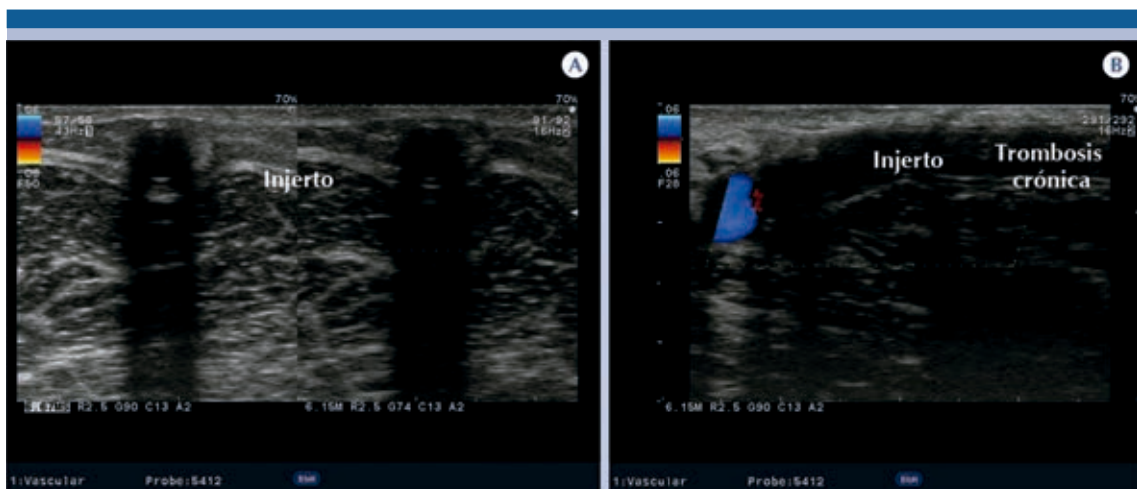
Los robos arteriales en las fístulas arteriovenosas son relativamente frecuentes.<sup>18</sup> Clínicamente se caracterizan por dolor en reposo, dolor durante las sesiones de hemodiálisis, palidez de la extremidad aunque algunas veces pueden pasar desapercibidos. El diagnóstico es fácil de demostrar por ultrasonido Doppler, comprende evaluar la arteria nutricia en sus segmentos proximales y distales a la anastomosis, evidenciando un cambio en la dirección del flujo en el Doppler color en los segmentos distales (**Figura 7**).

### Otras

Otra de las posibles complicaciones, pero poco frecuente, es la formación de pseudoaneurismas,



**Figura 5.** Trombosis de la vena de drenaje. **A)** Plano transverso **B)** Plano longitudinal en escala de grises de la vena con trombo oclusivo en su interior.

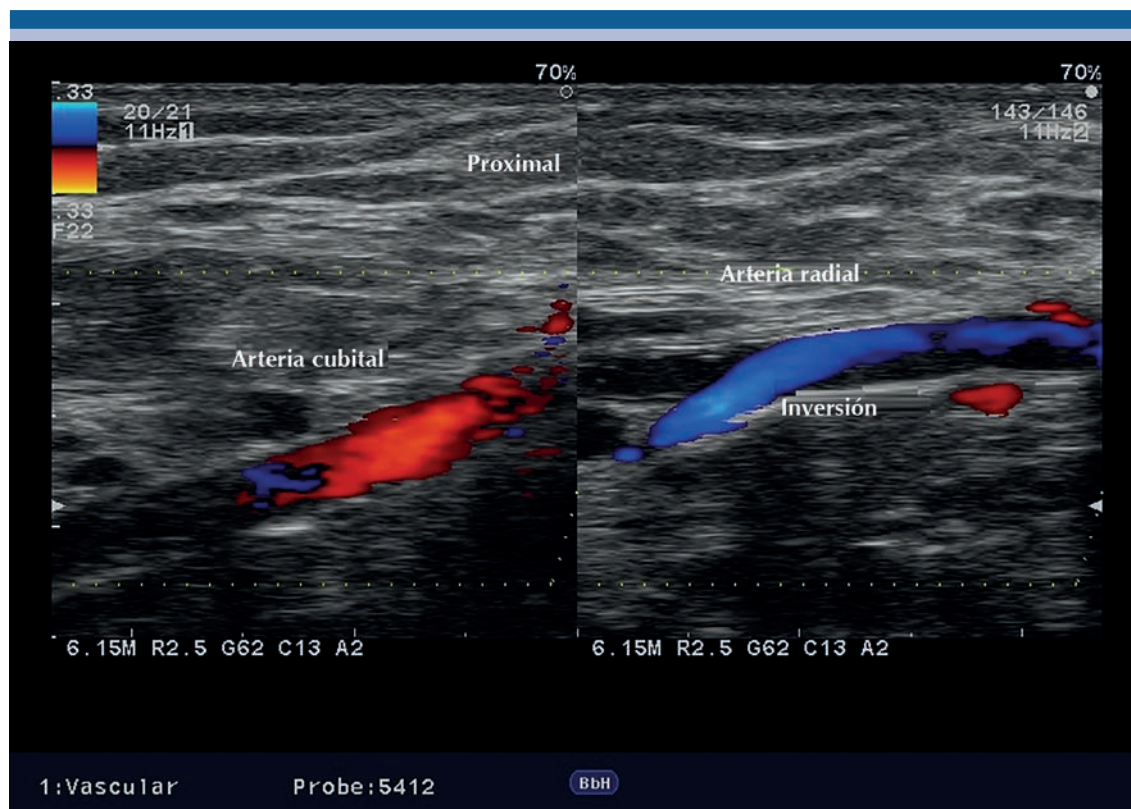


**Figura 6.** Trombosis del injerto. **A)** Plano transverso del injerto en escala de grises y con Doppler color con ausencia de mapa de color. **B)** En el plano longitudinal anastomosis del injerto sin color al Doppler color.

estos se desarrollan principalmente en el sitio de anastomosis o en los sitios de punción repetidos, se identifican claramente por ultrasonido Doppler color como dilataciones saculares mostrando el signo “yin-yang” y con flujo bidireccional (en sístole la sangre entra y diástole sale del saco); se debe evaluar la medida del cuello, el tamaño del pseudoaneurisma y si existen trombosis o hematoma periférico.

## DISCUSIÓN

El conocimiento completo y preciso para la correcta evaluación de las fístulas arteriovenosas, por medio de ultrasonido Doppler Color, desde su planeación, seguimiento transquirúrgico y posquirúrgico, sus posibles complicaciones, así como la correcta elaboración de un informe



**Figura 7.** Robo de la arteria radial proximal en una fístula arteriovenosa entre la arteria humeral y vena cefálica. Plano longitudinal al Doppler color de las arterias radial y cubital proximales: cambio en el mapa de color de la arteria radial por inversión de la dirección del flujo.

radiológico detallado que oriente al médico clínico-quirúrgico para la toma de decisiones en la creación de un acceso vascular y de su éxito, es responsabilidad del médico radiólogo.

## CONCLUSIONES

La incursión de múltiples especialidades en el campo del ultrasonido convencional, y ahora del ultrasonido Doppler Color, obliga a los médicos radiólogos a tener altas capacidades y experiencia para realizar e interpretar de manera resolutive (y aportando los mayores detalles posibles en el estudio de Doppler Color) fístulas arteriovenosas en la terapia de sustitución renal, así como para identificar sus complicaciones oportunamente.

## REFERENCIAS

1. Brescia MJ, Cimino JE, Appel K, Hurwicz BJ. Chronic hemodialysis using venipuncture and a surgically created arteriovenous fistula. *N Engl J Med* 1966;275:1089-1092.
2. National Kidney Foundation, Inc. K/DOQI Guidelines - Updates 2006. New York: National Kidney Foundation, Inc; 2001. [Accessed June 5, 2014]. Available from: [http://www.kidney.org/PROFESSIONALS/kdoqi/guideline\\_upHD\\_PD\\_VA/index.htm](http://www.kidney.org/PROFESSIONALS/kdoqi/guideline_upHD_PD_VA/index.htm)
3. Mendes RR, Farber MA, Marston WA, et al. Prediction of wrist arteriovenous fistula maturation with preoperative vein mapping with ultrasonography. *J Vasc Surg* 2002;36(3):460-463.
4. Vascular Access 2006 Work Group. Clinical practice guidelines for vascular access. *Am J Kidney Dis* 2006;48(Suppl 1):S176-S247.
5. Wolowczyk L, Williams AJ, Donovan KL, Gibbons CP. The snuffbox arteriovenous fistula for vascular access. *Eur J Vasc Endovasc Surg* 2000;9(1):70-76.



6. Korkut AK, Kosem M. Superficialization of the basilic vein technique in brachio basilic arteriovenous fistula: surgical experience of 350 cases during 4 years period. *Ann Vasc Surg* 2010;24(6):762-767.
7. Polo JR, Vázquez R, Polo J, Sanabia J, Rueda JA, Lopez-Baena JA. Brachiocephalic jump graft fistula: an alternative for dialysis use of elbow crease veins. *Am J Kidney Dis* 1999;33(5):904-909.
8. Stehman-Breen CO, Sherrard DJ, Gillen D, Caps M. Determinants of type and timing of initial permanent hemodialysis vascular access. *Kidney Int* 2000;57(2):639-645.
9. Applebaum H, Shashikumar VL, Somers LA, et al. Improved hemodialysis access in children. *J Pediatr Surg* 1980;15:764-769.
10. Silva MB, Hobson RW, Pappas PJ et al. A strategy for increasing use of autogenous hemodialysis access procedures: impact of preoperative noninvasive evaluation. *J Vasc Surg* 1998;27: 302-308.
11. Dumars MC, Thompson WE, Bluth EI et al. Management of suspected hemodialysis graft dysfunction: usefulness of suagnostic US. *Radiology* 2002;222:103-107.
12. Malovrh M. Native arteriovenous fistula: preoperative evaluation. *Am J Kidney Dis* 2002;39:1281-1225.
13. Robbin ML, Chamberlain NE, Lockhart ME, et al. Hemodialysis arteriovenous fistula maturity: US evaluation. *Radiology* 2002;225(1):59-64.
14. Sing P, Robbin ML, Lockhart ME, Allon M. Clinically immature arteriovenous hemodialysis fistula: effect of US on salvage. *Radiology* 2008;246(1):299-305.
15. Besarab A, Sherman R. The relationship of circulation to access blood flow. *Am J Kidney Dis* 1997;29:223-229.
16. Sullivan KL, Besarab A, Bonn J, et al. Hemodynamics of failing dialysis grafts. *Radiology* 1993;186:867-872.
17. May RE, Himmelfarb J, Yenicesu M et al. Predictive measures of vascular access thrombosis: a prospective study. *Kidney Int* 1997;52:1656-1662.
18. Lazarides MK, Stamos DN, Panagopoulos GN et al. Indications for surgical treatment of angioaccess-induced arterial "steal". *J Am Coll Surg* 1998;187:422-426.