

Manejo ecográfico Doppler del acceso vascular periférico en la hemodiálisis

Borja Souto Canteli, Ignacio López-Vidaur Sáenz,
Mercedes López Ferreras, Andoni López Maseda,
Leire Prada San Martín, Soledad Larburu Zavala.

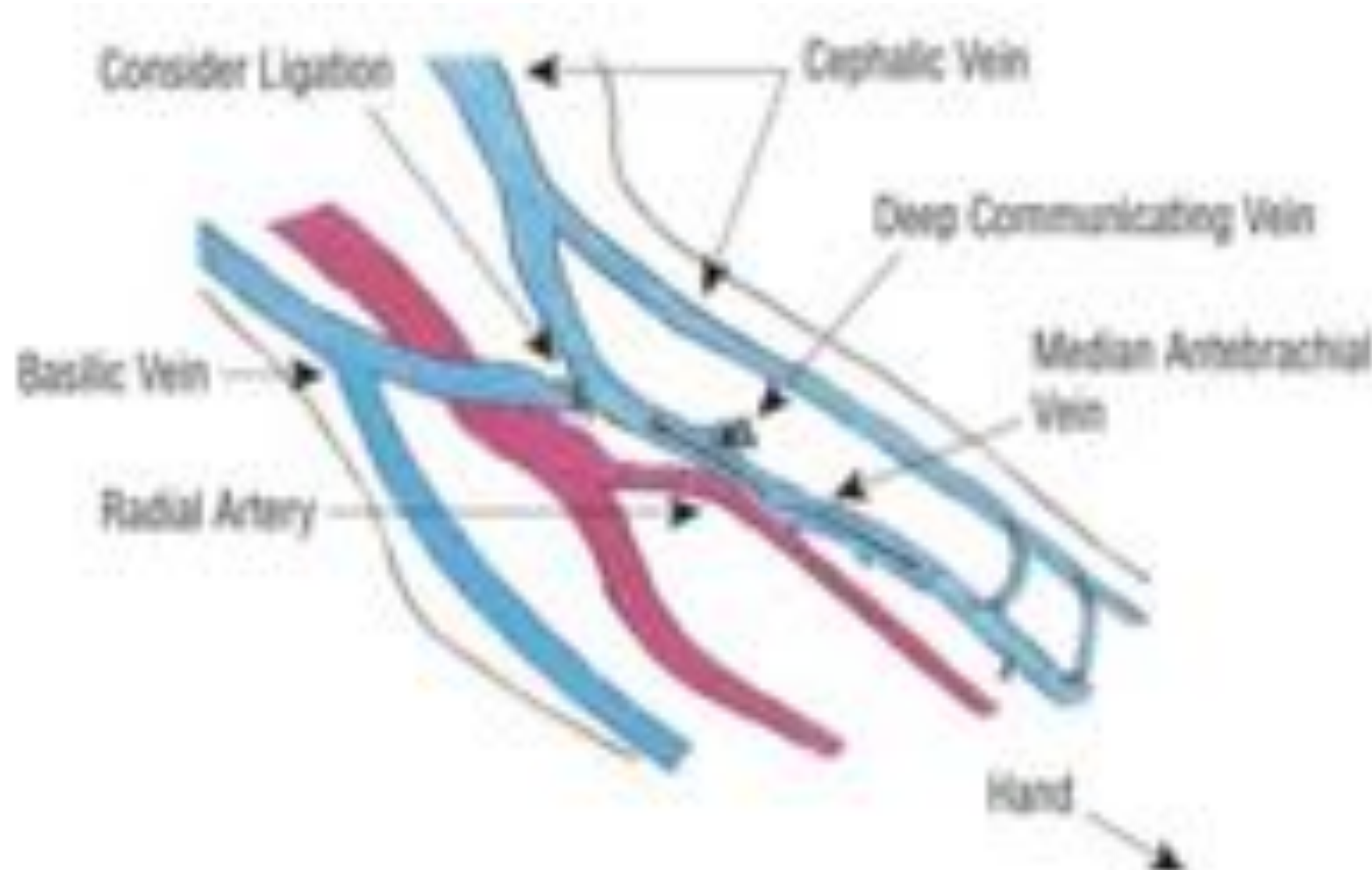
Hospital Universitario de Cruces, Barakaldo,
Bizkaia.

Contacto: borja.soutocanteli@osakidetza.eus

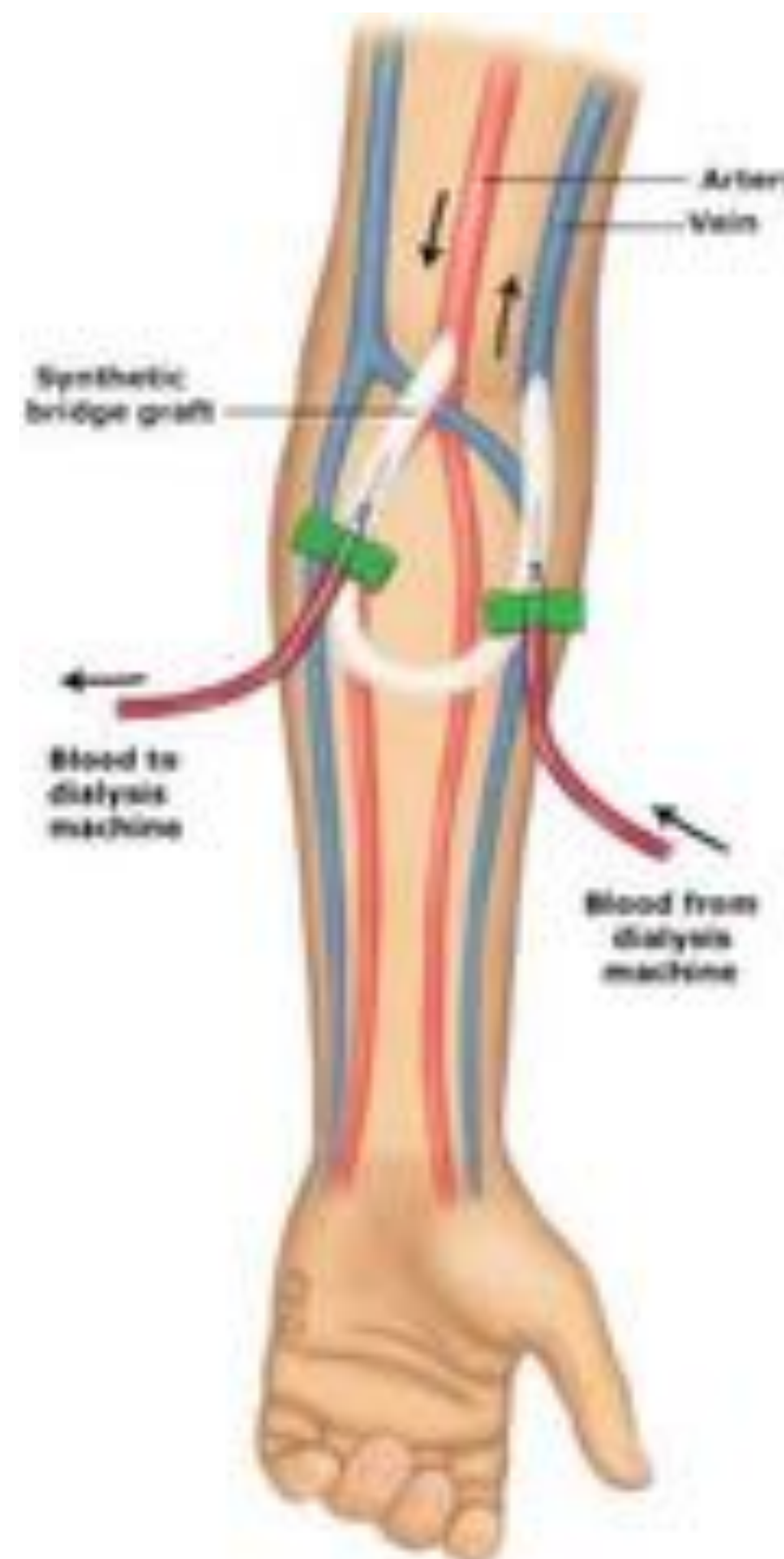
Revisión del tema:

- La ERC tiene una prevalencia global estimada entre un 8-16% y conlleva una disminución progresiva de las funciones renales medida por el descenso del filtrado glomerular (FG).
- Cuando el paciente alcanza el estadio IV (FG<29 ml/min), se debe preparar de vistas a futuro un tratamiento renal sustitutivo, ya sea idealmente el trasplante renal, o la diálisis en su modalidad peritoneal o vascular.
- Para ello y dentro de esta última, son necesarios los accesos vasculares de hemodiálisis (AVH), poco conocidos por el radiólogo general y aún más si se compara con el manejo del trasplante renal. Por ello consideramos importante describir las características ecográficas y hemodinámicas normales en los dos tiempos en los que el radiólogo tiene una importancia crítica:
 - Previa al AVH, asesorando diferentes parámetros vasculares en determinados tipos de pacientes en los que la exploración clínica del nefrólogo no sea concluyente.
 - En el seguimiento, especialmente ante fallos o problemas al iniciar la hemodiálisis, en los que debemos detectar con prontitud posibles complicaciones, de las que detallaremos las más frecuentes.
- Un AVH es una anastomosis entre una arteria y una vena, un shunt arteriovenoso, creado quirúrgicamente para permitir la hemodiálisis. Idealmente debe cumplir tres criterios:
 - Acceso seguro y repetido al sistema vascular.
 - Flujo suficiente.
 - Nulas complicaciones

- El AVH puede realizarse directamente entre la arteria y la vena (fístula arteriovenosa - FAV) o bien mediante un material protésico (graft - GAV). Entre ellas, la que mayor supervivencia tiene y menores complicaciones (hasta menos de diez veces) son las FAV.
- El AVH se realiza en el brazo no dominante y de distal a proximal, de territorio vascular superficial a profundo.
- La FAV más frecuente es la radiocefálica distal seguida de la radiocefálica proximal y de la humerocefálica.
- La GAV se suele reservar para aquellos pacientes con un sistema venoso superficial insuficiente o bien en los que han fracasado FAV previas. Se realiza un puente ("loop") entre la arteria y la vena: la más frecuente, la humerobasilica.
- Según datos de la DOQI (kidney Disease Outcomes Quality Initiative), del total de AVH un 80% deberían ser FAV, un 10% GAV y un 10% accesos centrales, mientras que según datos de USA Renal Data de 2014 en su medio un 63% correspondían a FAV, un 18% a GAV y un 19% a accesos centrales.



Representación de la FAV más frecuente, la radiocefálica.



Representación del AVH más frecuente, humerobasilica, mediante graft con el típico puente o "loop".

1. Mapeo prequirúrgico:

- Clásicamente, con la exploración física se determinaba la viabilidad y selección de los vasos para crear posteriormente un AVH. Sin embargo, se ha visto que, a pesar de que es útil para valorar territorio venoso, es menos fiable para el arterial (palpabilidad del pulso, test de Allen). Además, la mayoría de los pacientes con estadio IV son vasculópatas, principalmente en nuestro medio diabéticos, en los que la exploración física exclusiva (hasta un 25-50%) no es útil por su enfermedad de base.
- Existe aún discrepancia en si la exploración con ecografía doppler debe utilizarse de rutina en la evaluación de estos pacientes, aunque las guías internacionales lo recomiendan como un complemento a la exploración física.
- La exploración con ecografía doppler debe realizarse en modo B para evaluar morfología vascular y en modo color y espectral para valorar la hemodinámica.

1.1 Territorio arterial:

- El mapeo prequirúrgico debe comenzar valorando las arterias. Comenzaremos con la arteria radial. Cuando exista anomalías en ésta valoraremos las arterias cubital, axilar, subclavia.
- Se valorarán los siguientes aspectos:
 - Morfológicos:
 - ❖ Diámetro. Idealmente, con el diámetro arterial con la distancia íntima-íntima en corte transversal. Se ha estudiado la relación entre esta medida en la arteria radial y la viabilidad del AVH posterior. Diámetros pequeños (<1.5-1.6 mm) se asocian a porcentajes de fallo precoz de hasta un 55-64 %, mientras que en diámetros mayores (> 1.6 mm) este porcentaje disminuye hasta un 8-17% Por ello se sugieren diámetros superiores a 2 mm idealmente.
 - ❖ Grosor y alteraciones de la pared, frecuentes en estos pacientes (placas de ateroma, etc.).
 - ❖ Trayecto. Por ejemplo, bifurcación alta de la arteria braquial.
 - ❖ Posibles estenosis sectoriales.
 - Hemodinámicos.
 - ❖ Flujo. El flujo normal arterial es trifásico, de alta resistencia.
 - ❖ Velocidades. Malorvh et al. demostraron asociación entre la velocidad media en la arteria radial y un posterior AVH funcionando: velocidades superiores a 50 cm/s se asocian a éxito, mientras que velocidades inferiores a 20 cm/s se asocian a fallo en un periodo medio de 8 meses tras la cirugía.



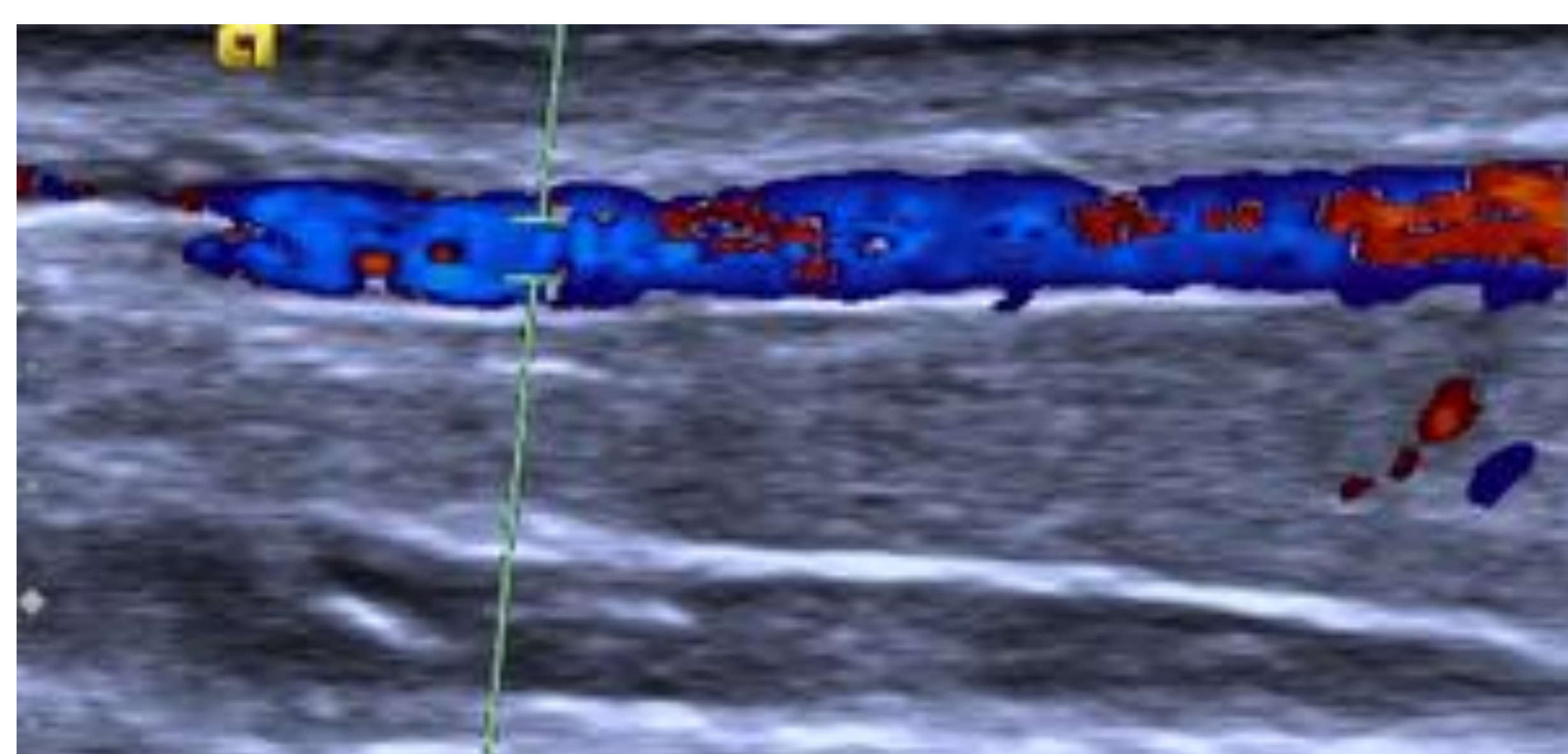
Arteria radial izquierda
tercio proximal.



Arteria radial izquierda
tercio medio.



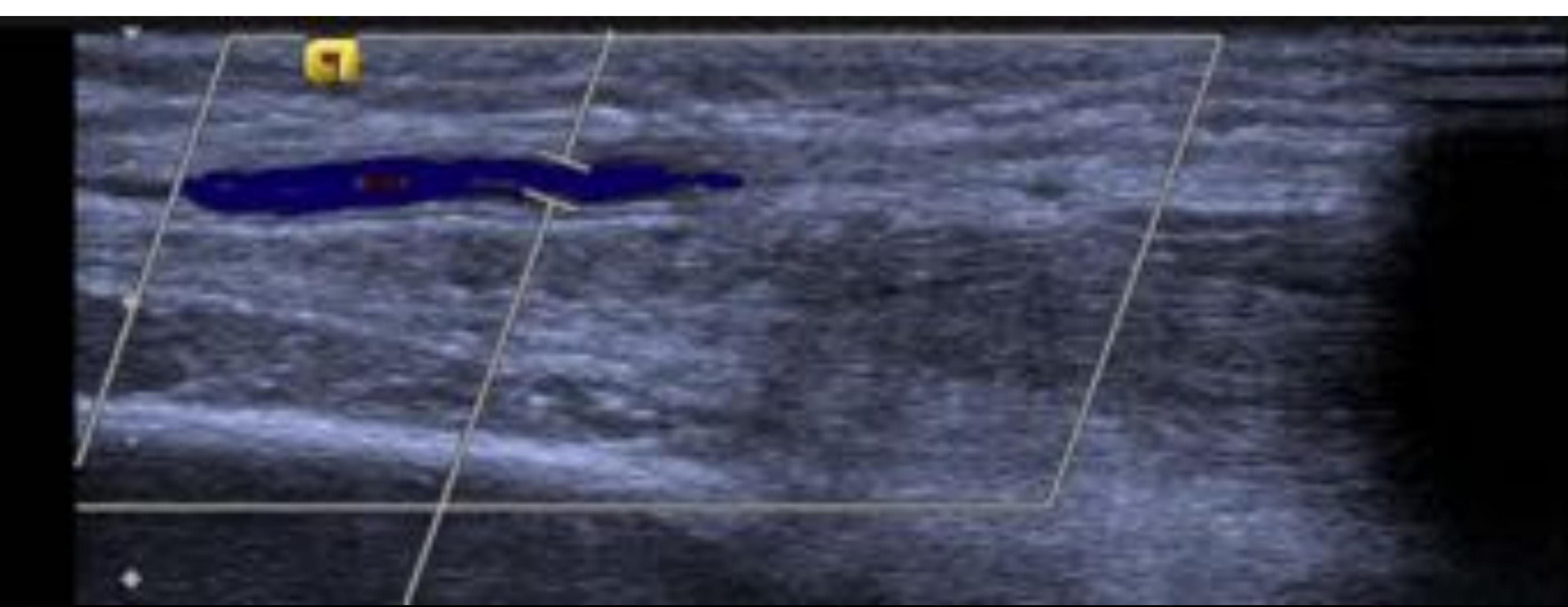
Arteria radial izquierda
tercio distal.



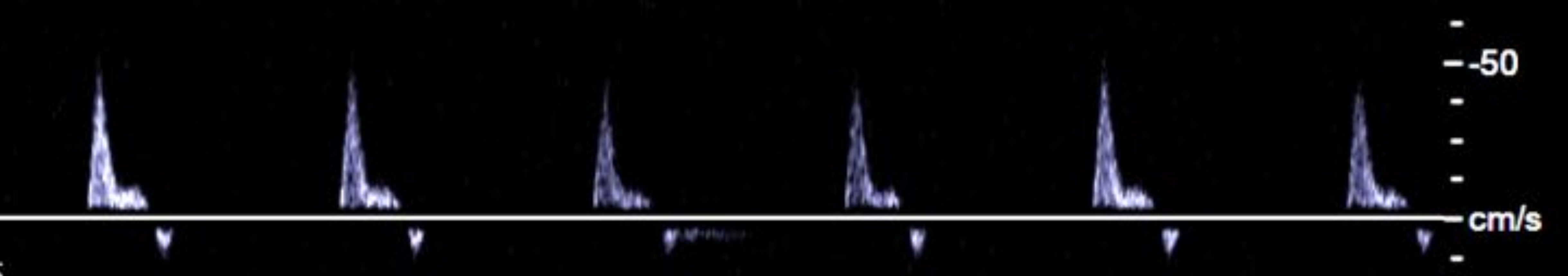
Varón de 64 años con FG de 19 ml/min, estadio IV. Diestro.

- Valoración en modo B:
 - Diámetro: mínimo 2,7 mm.
 - Ateromatosis: no.
 - Trayecto: sin variantes.
 - Posibles estenosis: no

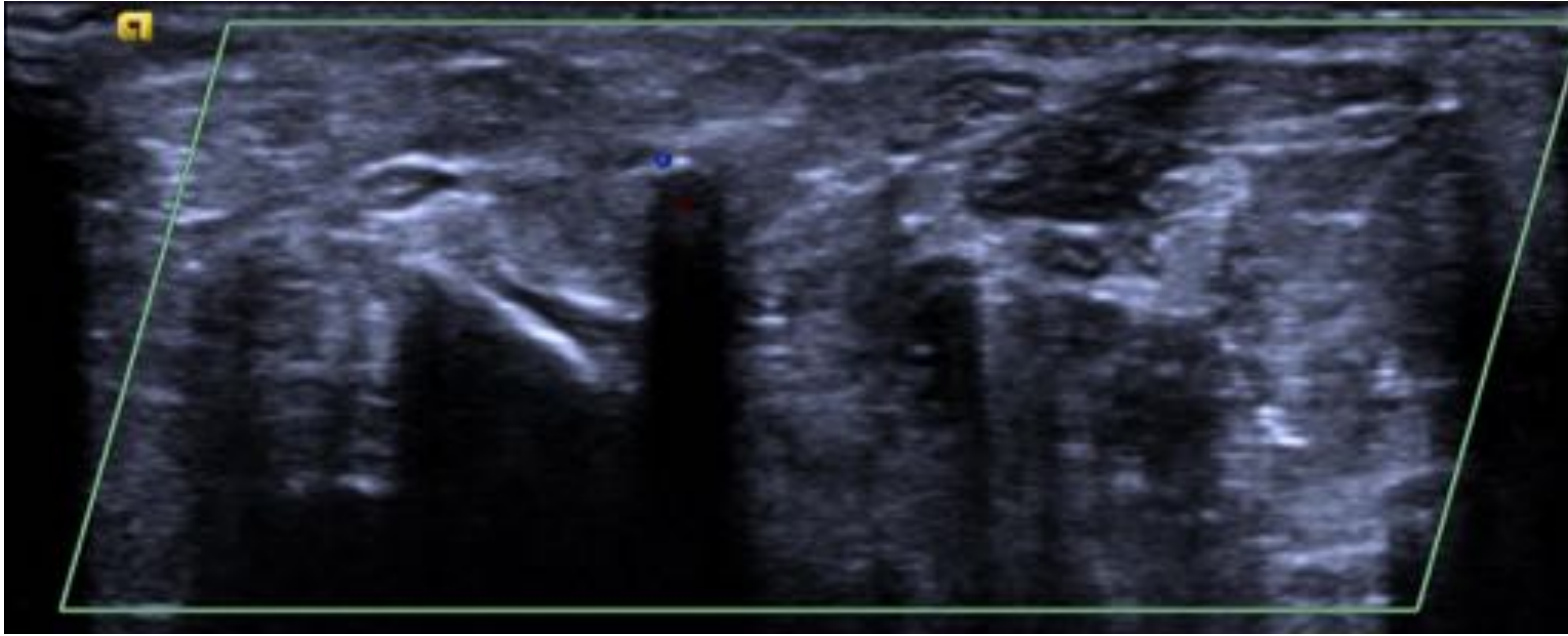
- Valoración Hemodinámica:
 - Flujo: onda de flujo trifásica, de alta resistencia, normal. Flujo anterogrado.
 - Velocidad: menor de 20 cm/s, alta probabilidad de fallo.



Arteria cubital: velocidades adecuadas



Mujer de 55 años, estadio IV.



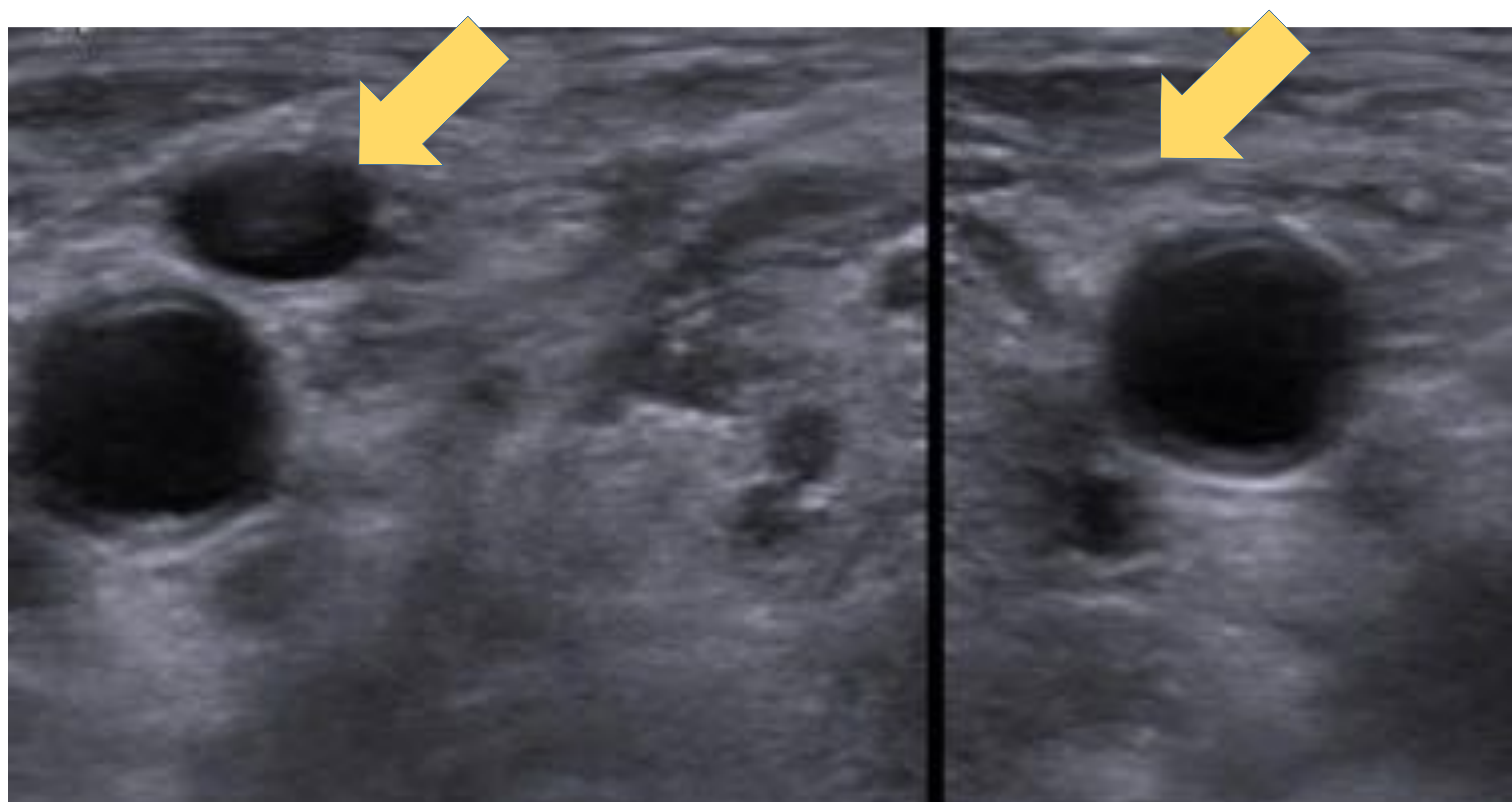
Arteria radial
ateromatosa
evidenciando placa
de ateroma
calcificada con
sombra acústica
posterior



Doppler espectral de
la misma que
muestra morfología
de onda trifásica
normal y velocidades
bajas, alta
probabilidad de fallo

1.1 Territorio venoso:

- Estudiaremos tanto el sistema venoso superficial como el profundo.
- Comenzaremos por el superficial, el más frecuentemente utilizado.
 - Morfológicos:
 - ❖ Una vena normal se caracteriza por pared fina y lumen anecoico, y será buena candidata para el AVH si su trayecto es lineal en unos 8-10 cm y se localiza a menos de 6 mm bajo la piel (para facilitar la venopunción de la hemodiálisis posterior. Siempre descartaremos posibles trombos.
 - ❖ En cuanto al diámetro, de igual manera diámetros pequeños de la vena cefálica (<1.6 mm) se asocian a mayor riesgo de fallo. Mendes et al. sugieren un diámetro superior a 2 mm. Esta medida debe realizarse en al menos 3 puntos equidistantes del trayecto.
 - Hemodinámicos:
 - ❖ Flujo. Continuo, de baja velocidad.



Vena cefálica compresible, sin datos de trombosis (flecha).

2. Seguimiento:

- Normalmente, lo valoraremos ante la sospecha clínica de disfunción del AVH o fallo en las sesiones de hemodiálisis.
- Raramente deberemos valorar una adecuada maduración del AVH, habiéndose descrito como criterios de maduración:
 - Diámetro arterial de 4 mm.
 - Flujo de 500 ml.
- De igual manera que previamente, deberemos valorar tanto la morfología en modo B y la hemodinámica de los diferentes componentes de la AVH (aferencia arterial, anastomosis y eferencia venosa).
- Para ello es importante conocer los valores normales que nos podemos encontrar en un AVH sano. Debido a que, dentro de éstos, el más frecuente es la FAV radiocefálica, existe un metaanálisis de 139 pacientes que recoge los valores normales en la misma (Tabla 1):

Parámetros hemodinámicos	Valores medios	Desviación estándar
Volumen de flujo	1204,1 ml/min	314-2800 ml/min
Velocidad máxima en la arteria radial	1,35 m/s	0,42 – 3,0 m/s
Diámetro de la arteria radial previo a la anastomosis	6,1 mm	3,9- 12 mm
Índice de resistividad	0,51	0,16 – 0,89
Índice de pulsatilidad	0,86	0,37 – 1,6

- A modo de resumen, se establece la regla de “los 6”:
 - Al menos 6 mm de diámetro de la arteria.
 - No más de 6 mm de profundidad.
 - Flujo mínimo de 600 ml/min.

2.1 Morfología:

- Valorar en modo B la arteria aferente, la anastomosis y la vena eferente con especial hincapié en detectar trombosis, principalmente de la vena (complicación más frecuente).

2.2 Hemodinámica:

- Arteria aferente. Debe haber perdido su morfología de onda trifásica - de alta resistencia y tener un flujo monofásico con un índice de resistividad bajo. Si fuera de alta resistencia sospecharíamos una estenosis distal, ya sea a nivel de la anastomosis o de la vena.
- Anastomosis. El flujo será turbulento, debiendo calcular el volumen de flujo mediante la siguiente fórmula:

$$Q = a V_m \cos \alpha$$

Donde:

- Q = volumen de flujo (m³/s)
- Área = área de la sección transversal del vaso (m²)
- Vm = velocidad media (cm/s)
- Cos alfa = coseno del ángulo de ultrasonidos

2.2 Hemodinámica:

- Tal y como hemos visto previamente, se ha visto una relación inversamente proporcional entre el volumen de flujo y la probabilidad de fallo del AVH, siendo idealmente 700-1300 ml/min. Valores por debajo de 500 ml/min y de 300 ml/min se consideran predictivos de disfunción y de trombosis inminente respectivamente. Además, se puede utilizar este valor para monitorizar el propio AVH ya que se ha visto que descensos del volumen superiores a un 25% en un periodo corto de tiempo (1-4 meses) son predictivos de estenosis y trombosis.
- Eferencia venosa. Confirmar que se ha desarrollado, posibles estenosis, trombosis,... En el Doppler espectral encontraremos un flujo arterializado de baja resistencia en las inmediaciones de la anastomosis que irá perdiendo pico sistólico a medida que nos alejamos de la misma.
- Complicaciones derivadas de la cirugía, tales como aneurismas, hematomas compresivos,...
- Entre los hallazgos que justifiquen un fallo del AVH nos podemos encontrar, por orden de frecuencia (Tabla 2):
 - Estenosis venosas. Las más frecuentes.
 - Trombosis completas.
 - Trombosis parcial.
 - Aneurismas.
 - Hematomas.
 - Otros.

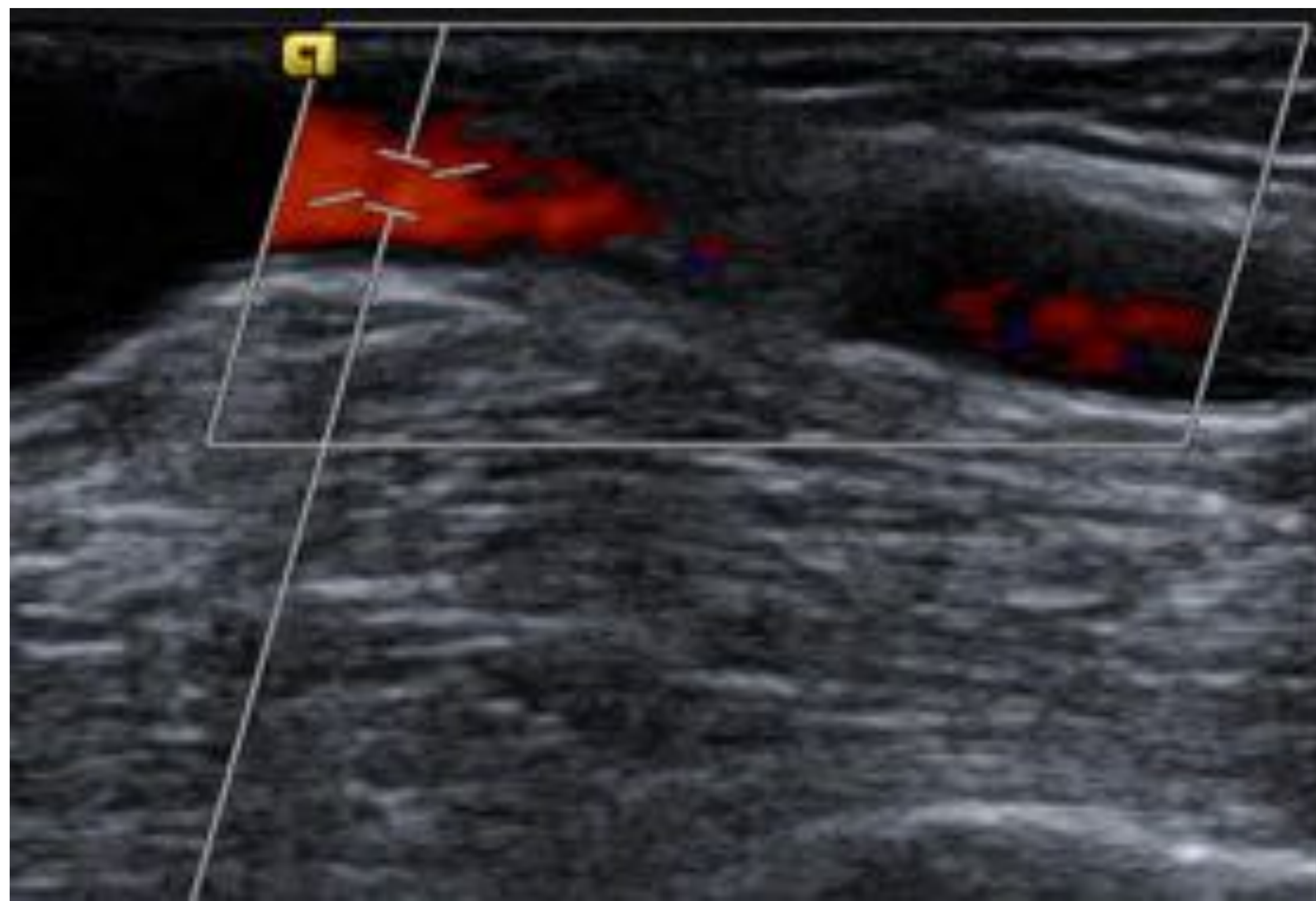
Tabla 2:

	Autor							
	Weber	Robbin	Nonnast-Daniel	Middleton	Tordior	Older	Bay	Dousset
Número de AVH	88	38	51	28	64	40	2792	22
Grafts/FAV	12/76	38/0	6/45	19/9	36/28	36/4	2066/726	22/0
Estenosis	20%	89%	35%	82%	78%	80%	45,5%	68%
Trombosis completa	18%		65%	14%				
Trombosis parcial	9%		14%	56%				
Circulación colateral	11%							2%
Aneurismas	8%		8%	68%				68%
Hematomas	4,5%							
Síndromes de robo				18%				
Otros	15%							
Volumen de flujo medio (ml/min)		1076	1525				631	
Diálisis normal	0%	0%	0%	0%	73%	100%	?	82%

Características de una FAV normal

Mujer de 82 años con FAV radiocefálica y aumento de la recirculación

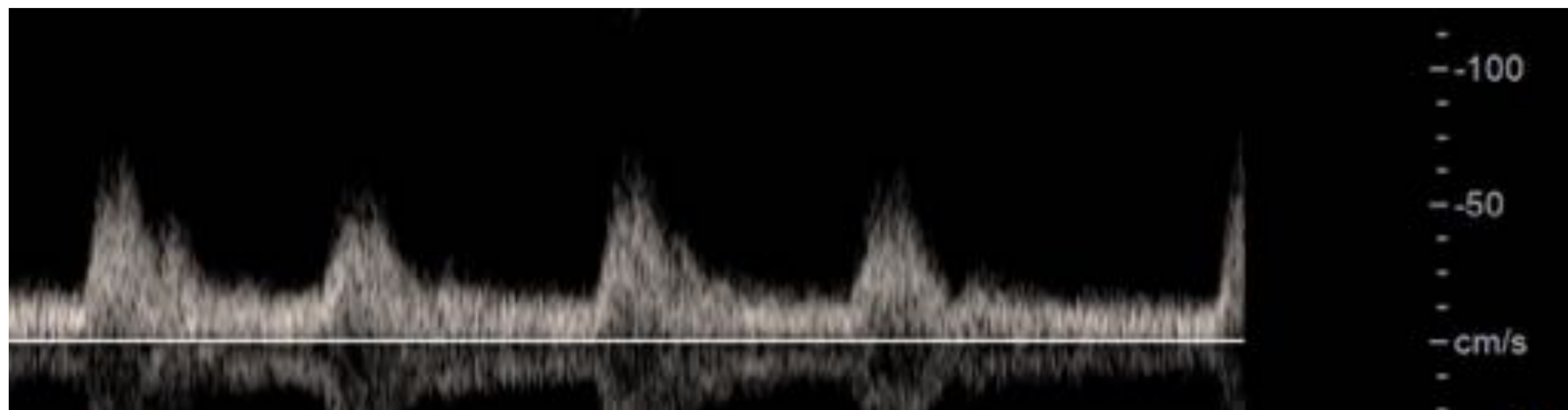
1. Arteria aferente



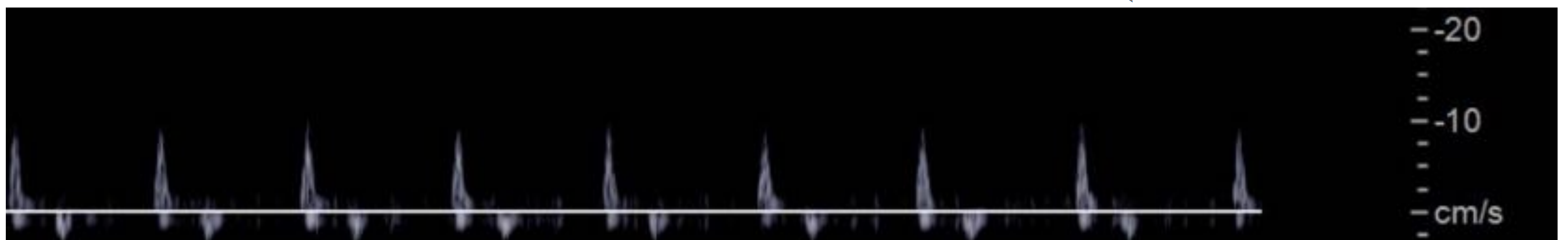
Arteria radial de morfología normal.

Doppler espectral: onda arterial monofásica, de baja resistencia.

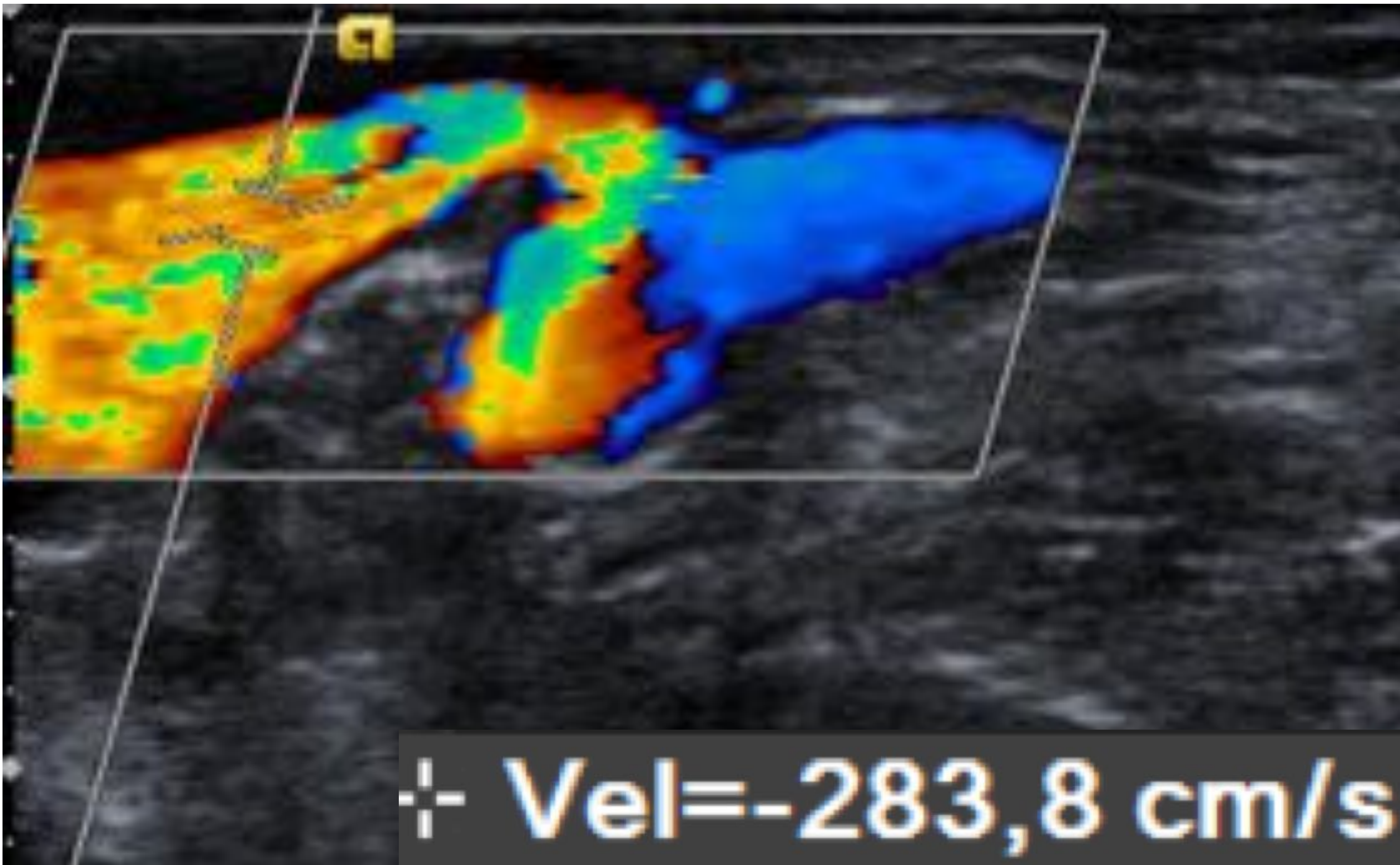
Correcta para un AVH



Comparativamente con morfología previa trifásica.

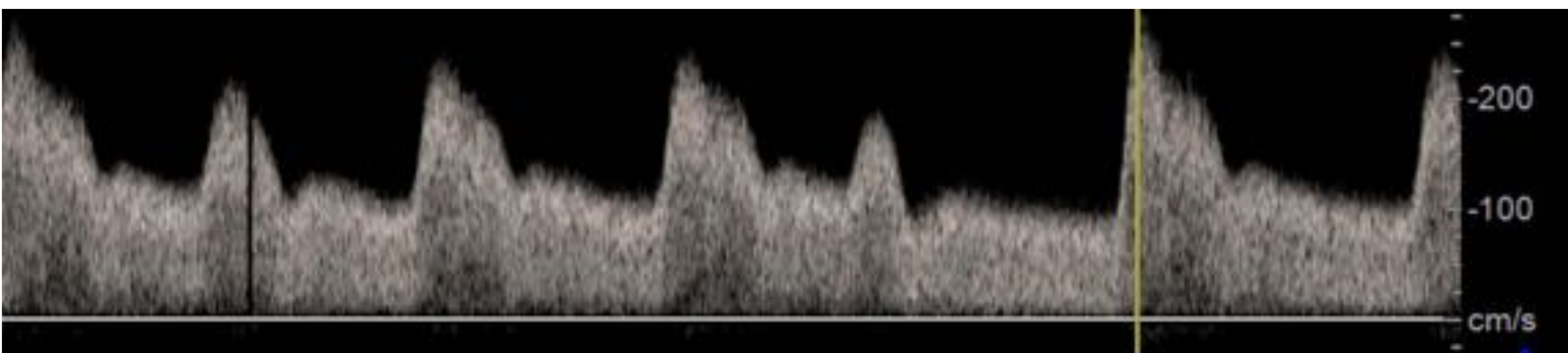


2. Anastomosis



Saturación de color propio del flujo turbulento, normal.

Doppler espectral: flujo turbulento con velocidades picosistólicas de hasta 280 cm/s.



* Cálculo del volumen de flujo

Volumen de flujo

$Q = 1300 \text{ ml/min}$

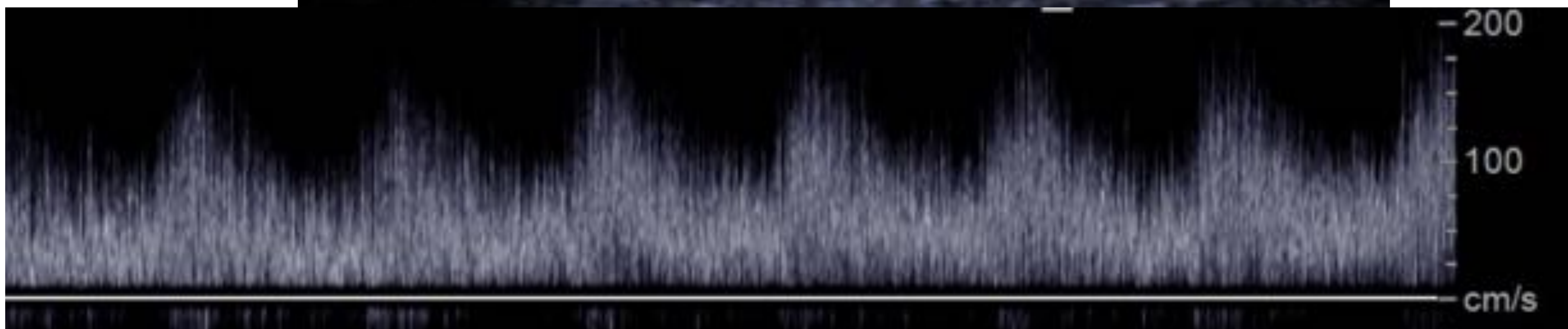
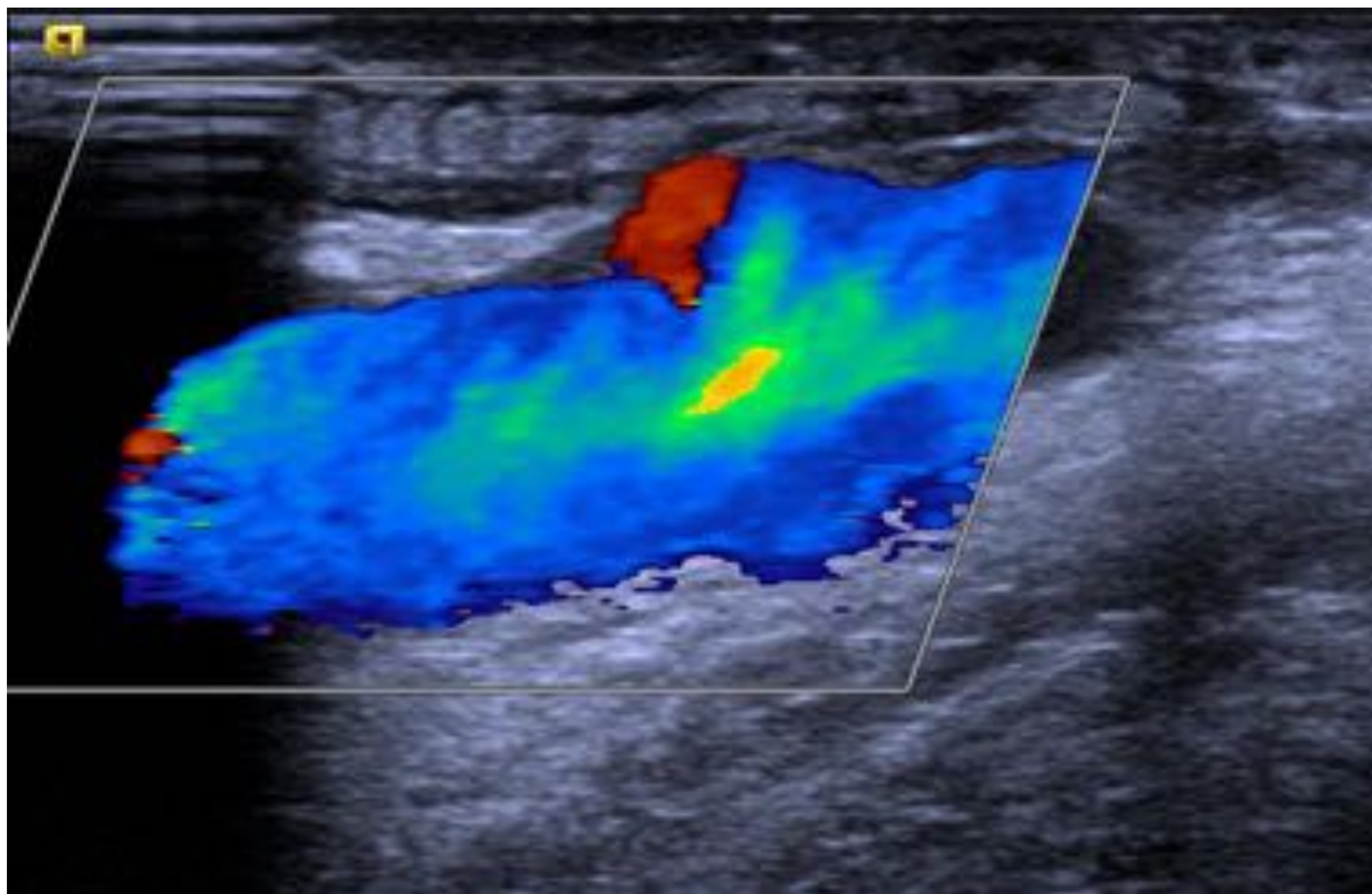
$$Q = a V_m \cos \alpha$$

Velocidad media: 144 cm/s

Área de 0,18 cc

Dentro de límites normales.

3. Eferencia venosa



Vena cefálica correctamente desarrollada, sin estenosis ni trombosis.

Doppler espectral: flujo arterializado de baja resistencia, normal.

3. Ejemplos de las complicaciones más frecuentes:

3.1 Estenosis de la anastomosis y de la vena eferente en FAV

3.2 Trombosis de la anastomosis en FAV

3.3 Trombosis de la vena eferente en FAV

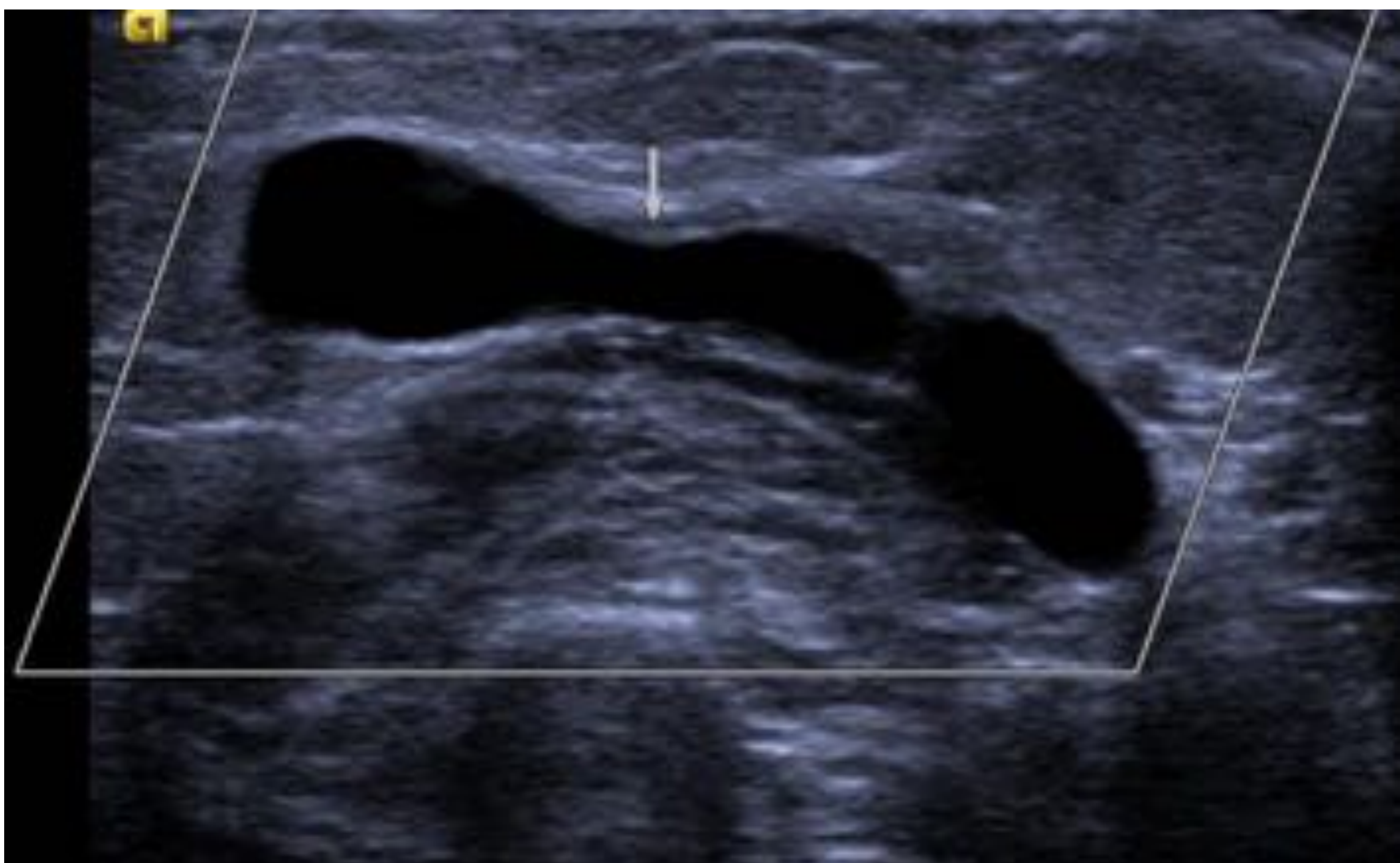
3.3 Estenosis yuxtananastomótica en un graft

3.1 Estenosis anastomosis y venosa (1):

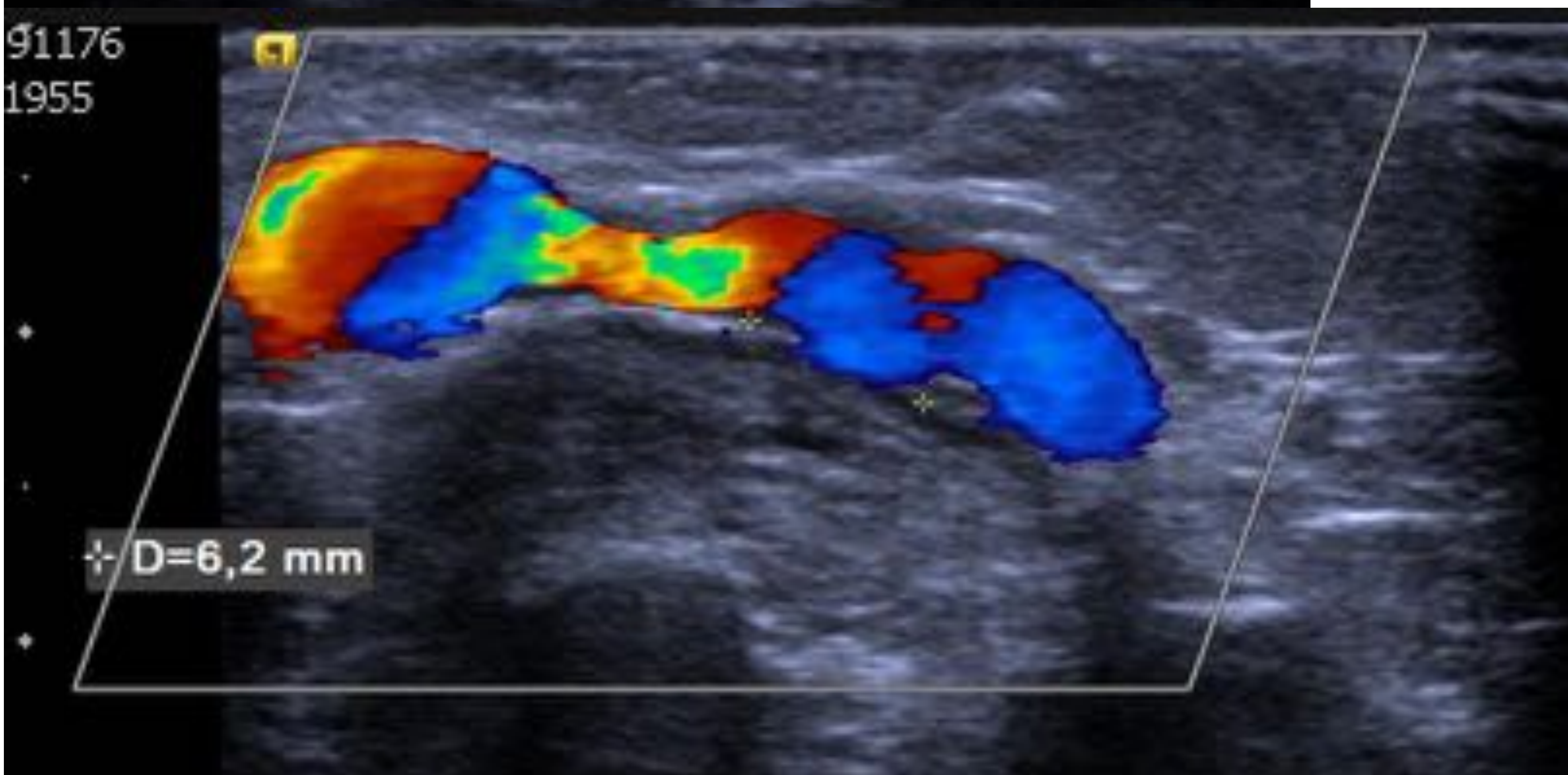
Mujer de 59 años con FAV radiocefálica izquierda no funcionante (1).



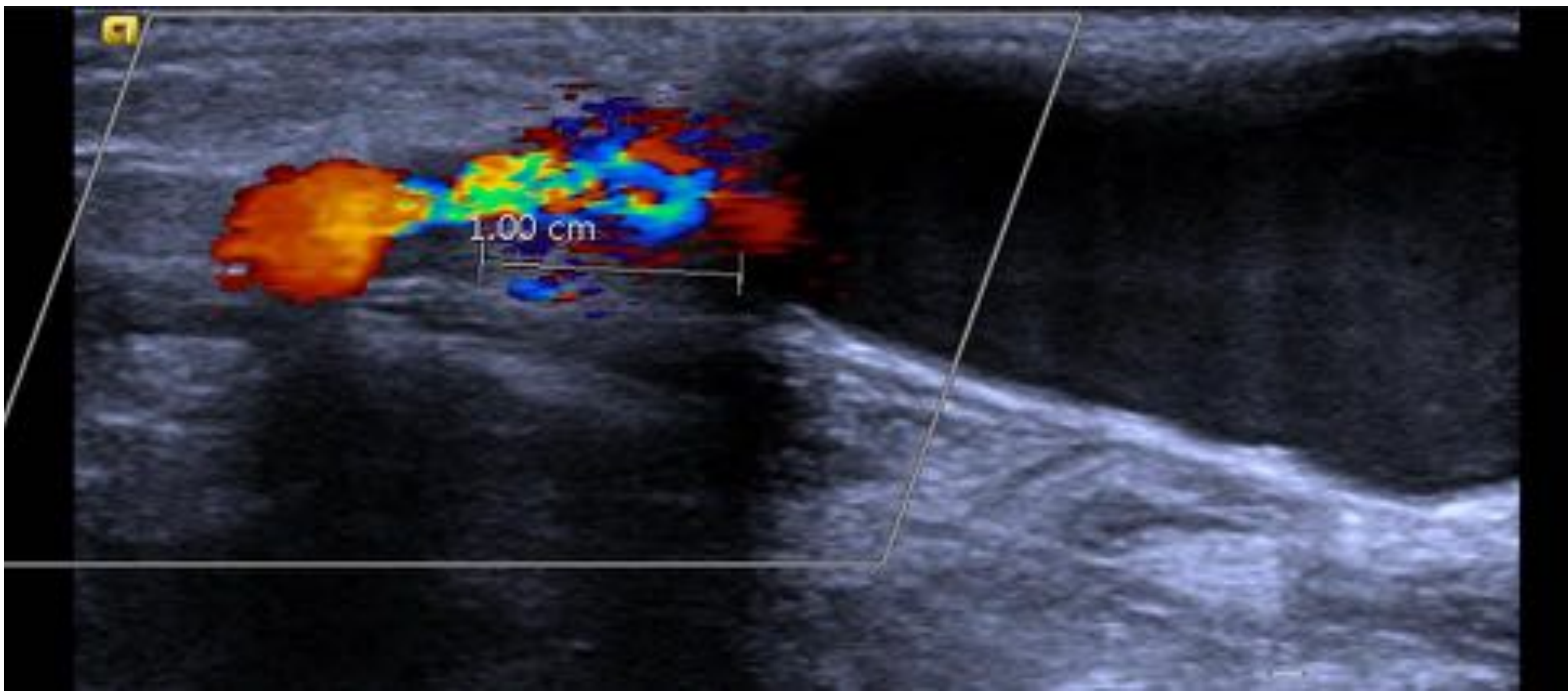
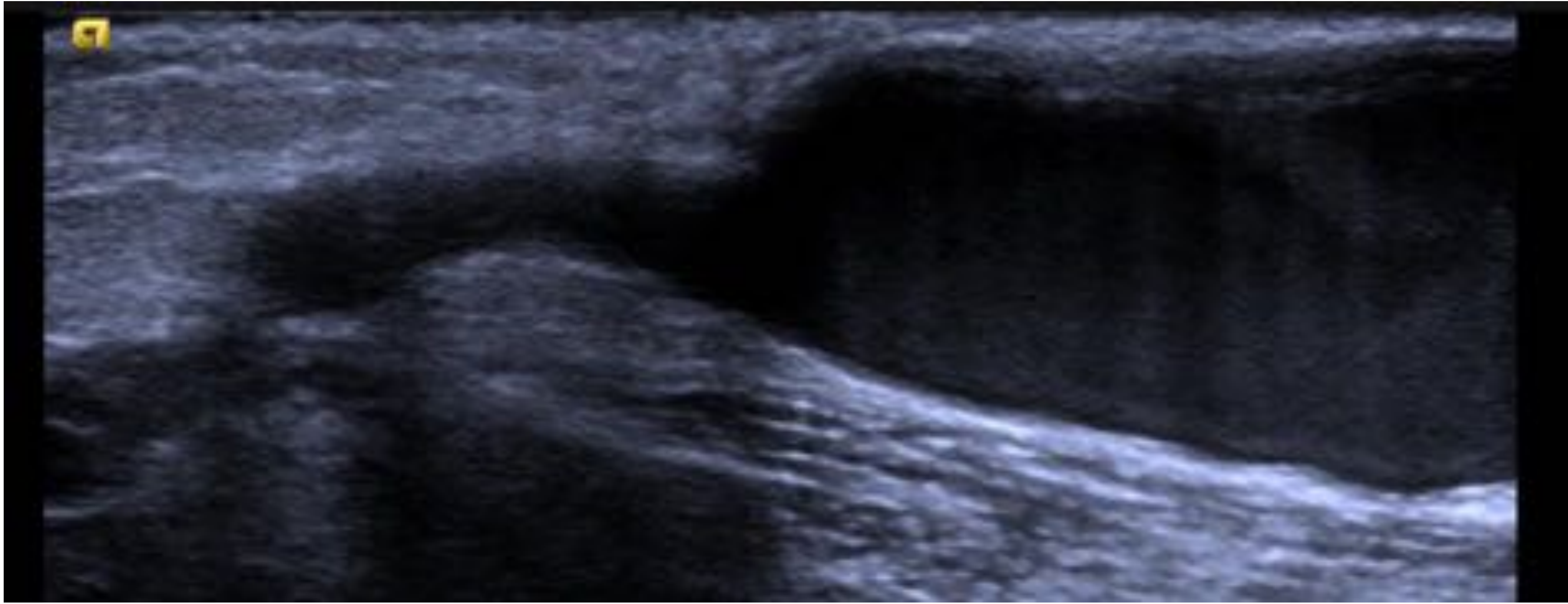
Arteria radial de morfología monofásica y velocidades adecuadas.



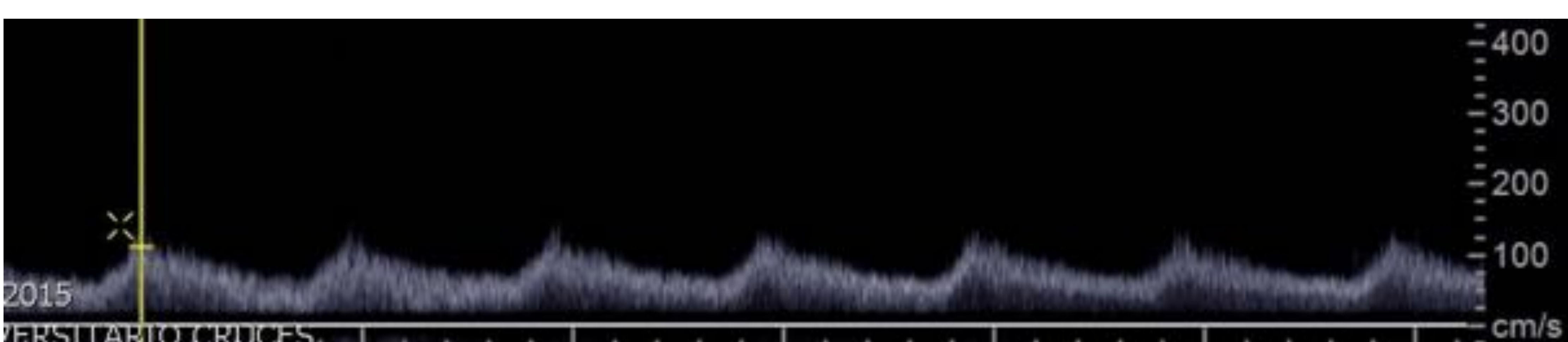
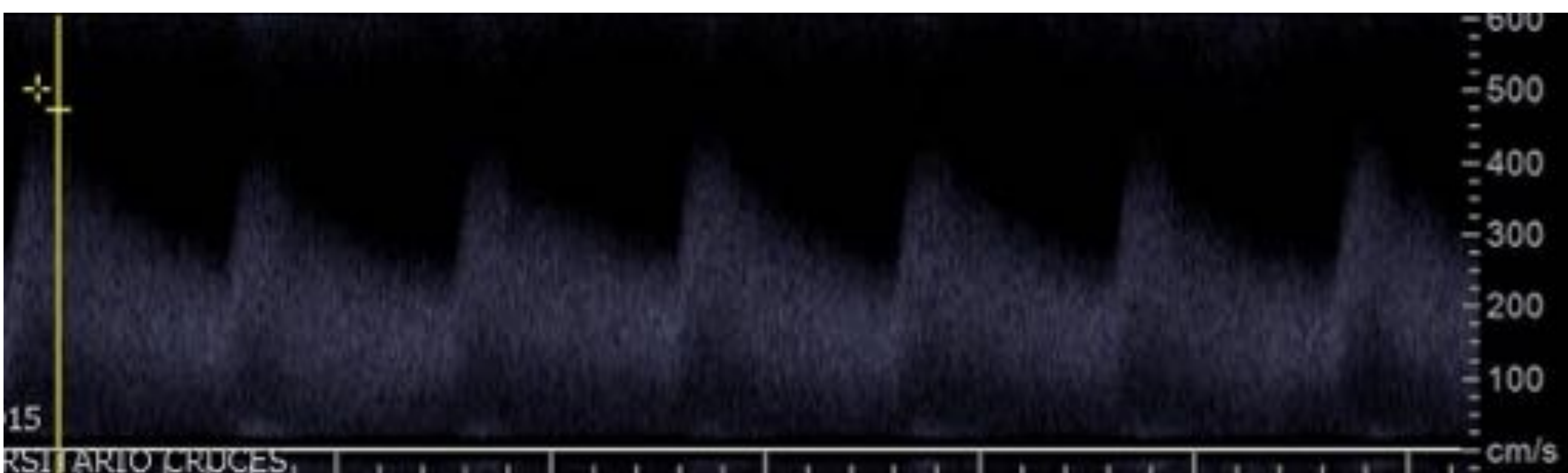
Anastomosis: Se aprecia pérdida de calibre en un segmento de unos 6 mm y saturación de color – velocidades elevadas en la misma que indica estenosis distal.



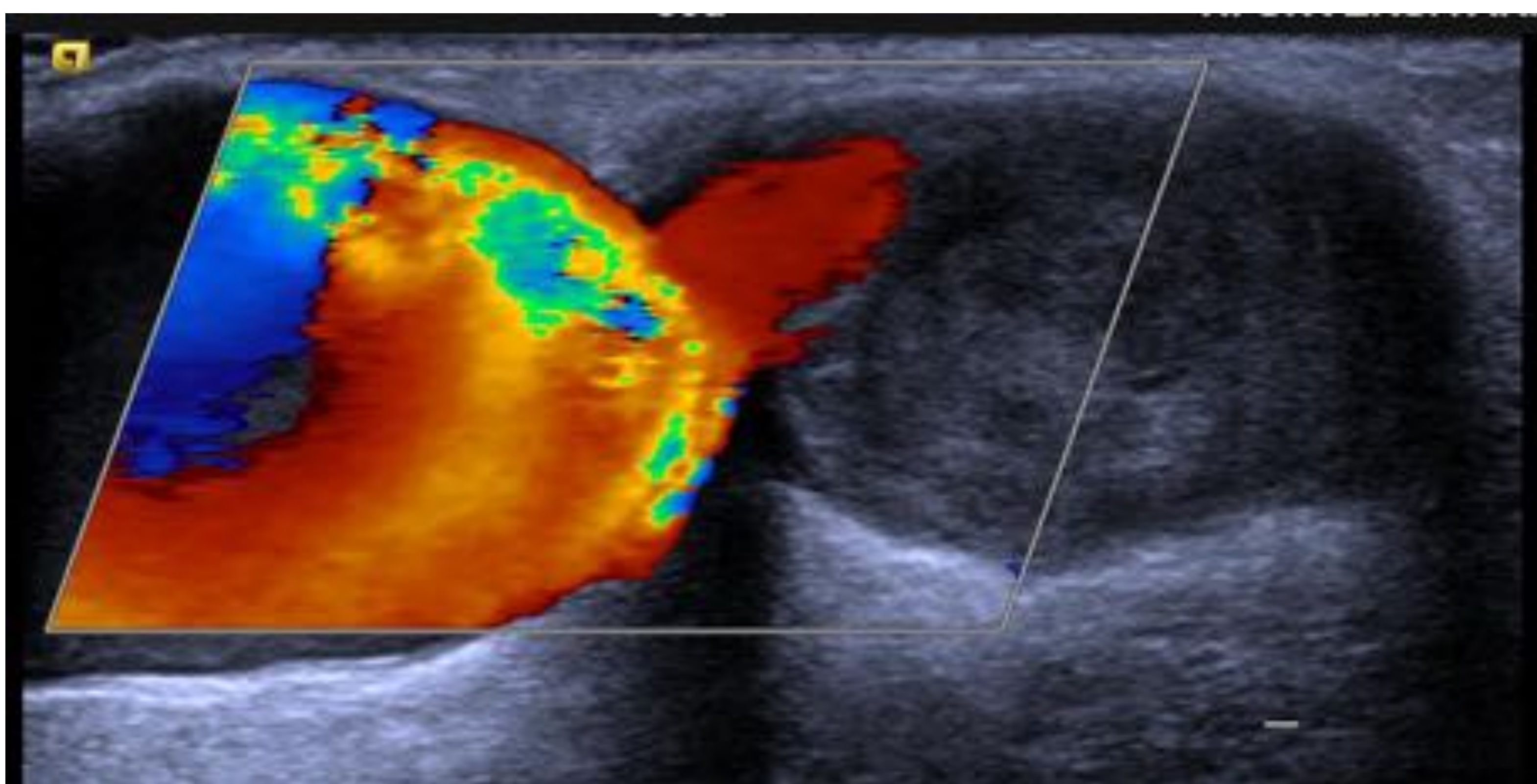
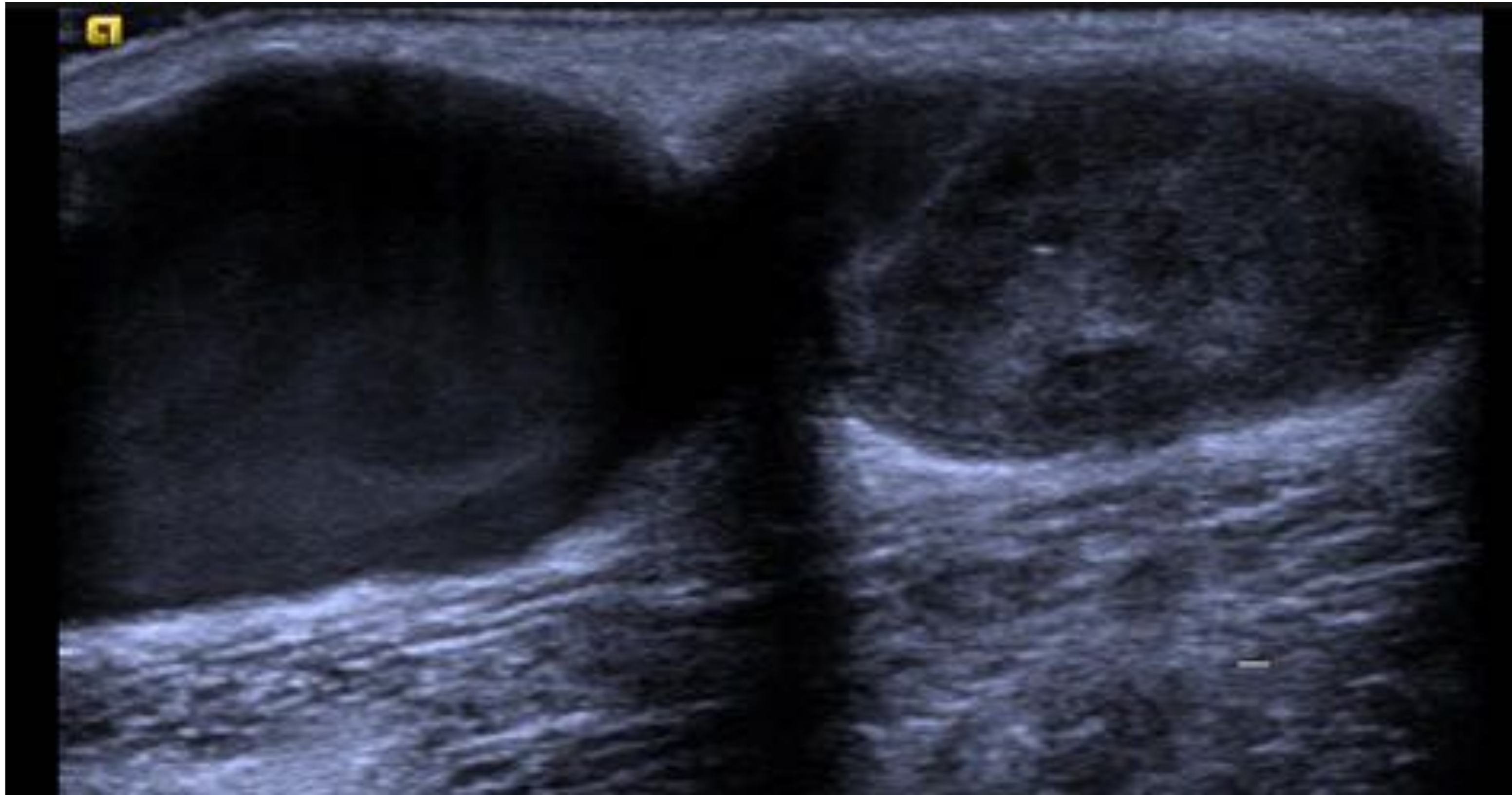
3.1 Estenosis anastomosis y venosa (2):



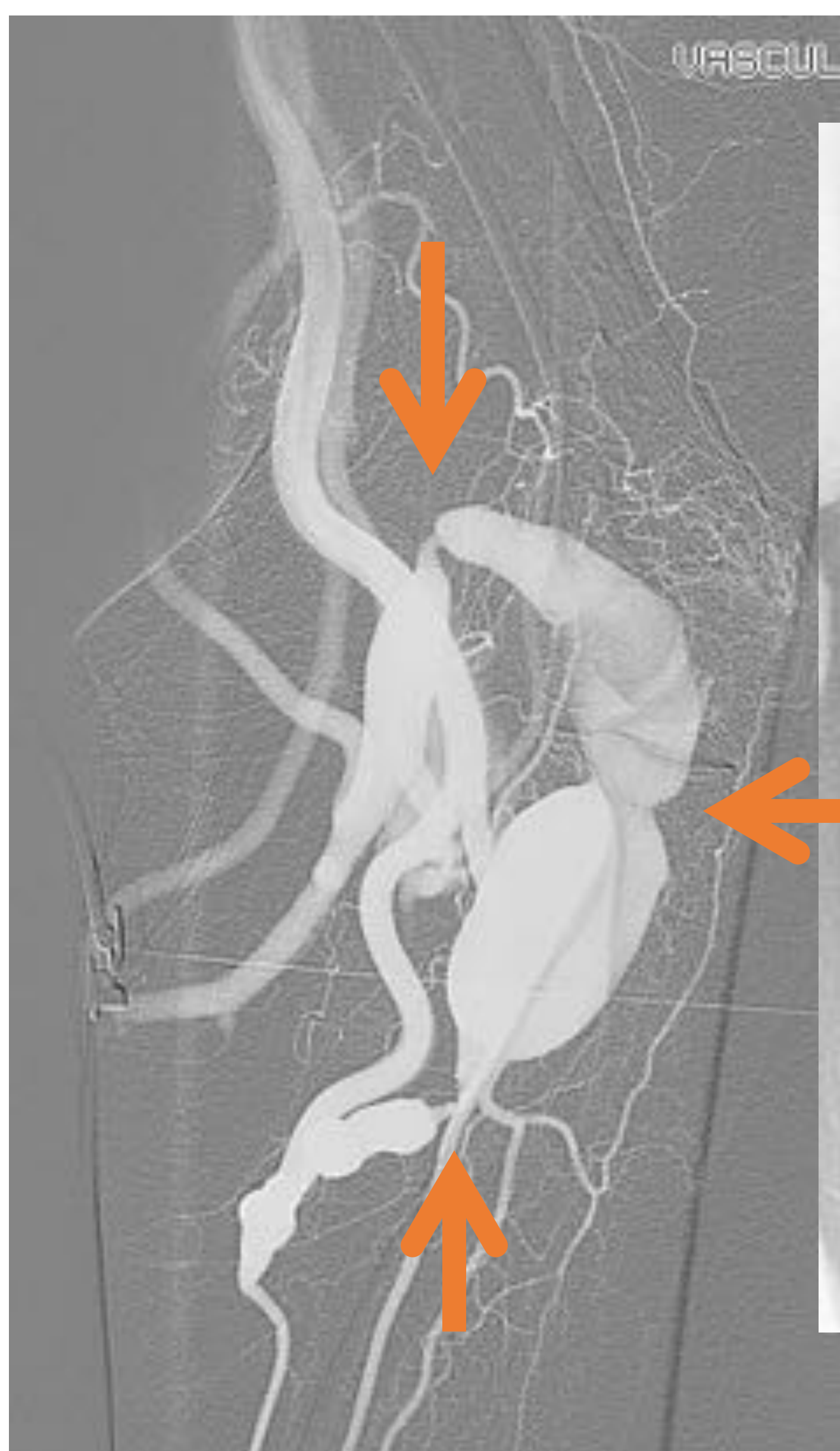
Yuxtaanastomosis:
Se aprecia en un segmento de 1 cm saturación de color y velocidades elevadas antes de la estenosis con velocidades disminuidas distales. Se calcula un índice de velocidades picosistólicas mayor de 4, lo que indica estenosis importante.



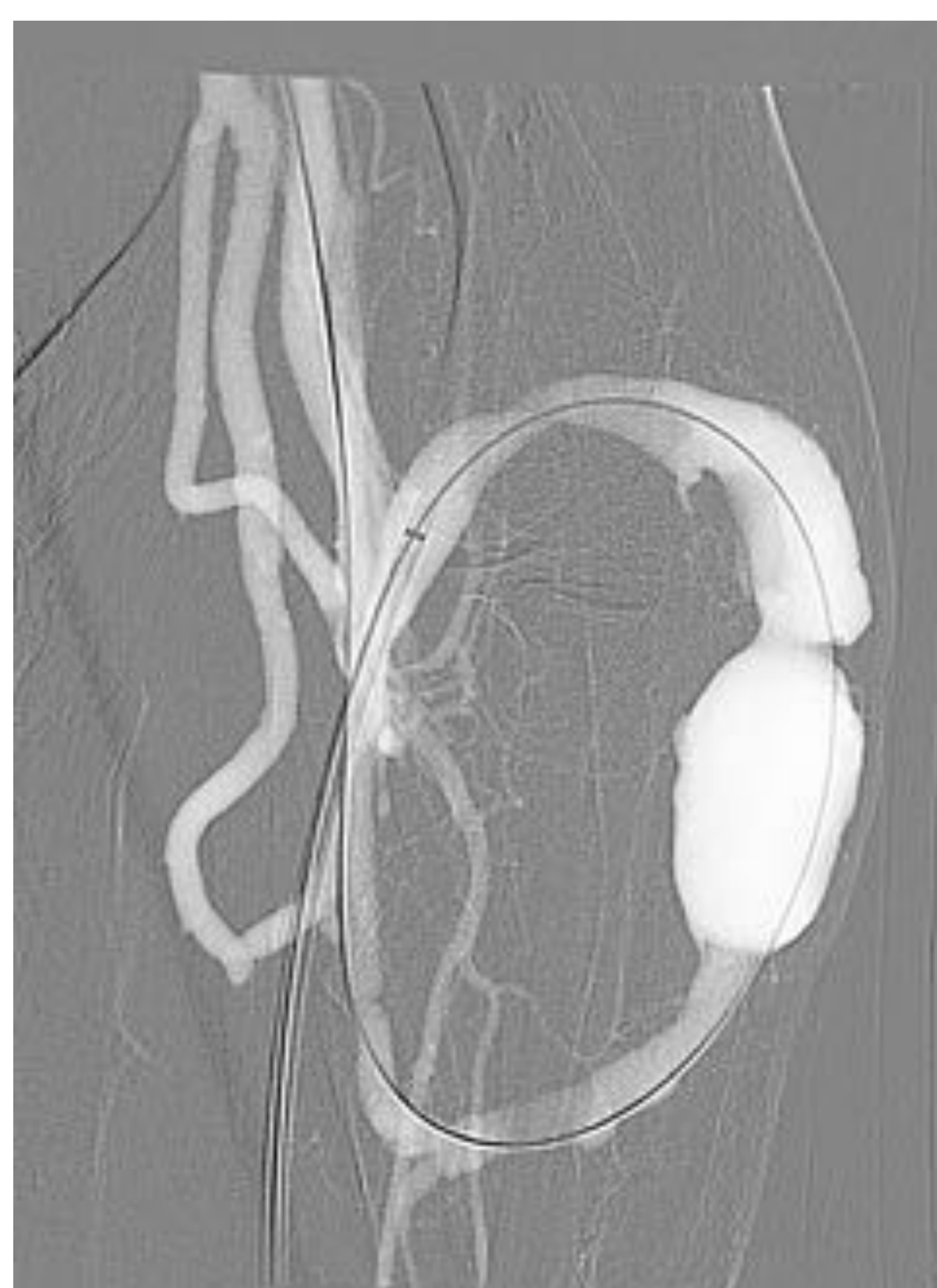
3.1 Estenosis anastomosis y venosa (3):



Además, en la vena cefálica eferente se aprecia ocupación endoluminal ecogénica en relación con trombosis de la misma.



Fistulografía:
Muestra al menos 3 estenosis yuxtananastomóticas (flechas).
Tratamiento con angioplastia con balón.

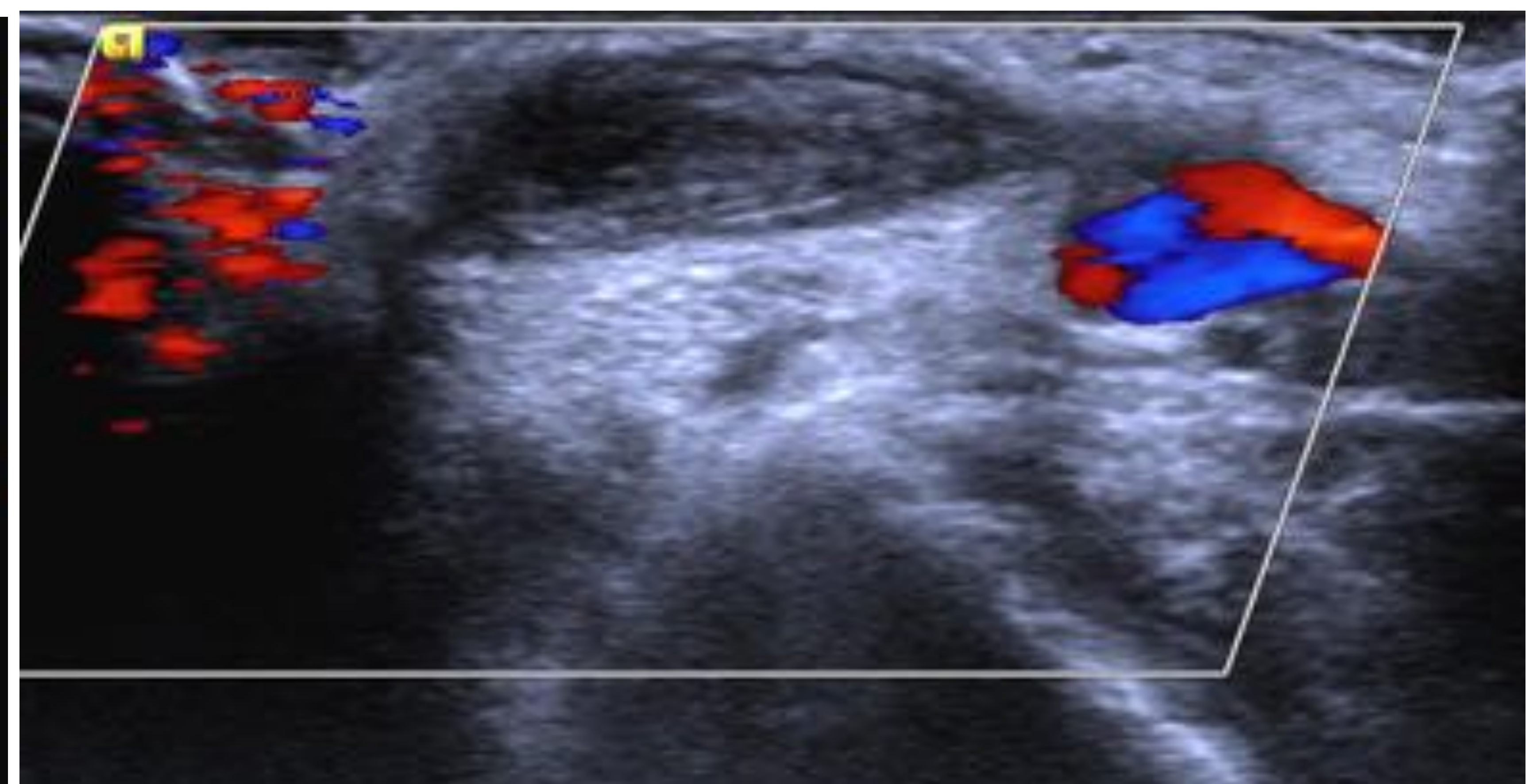
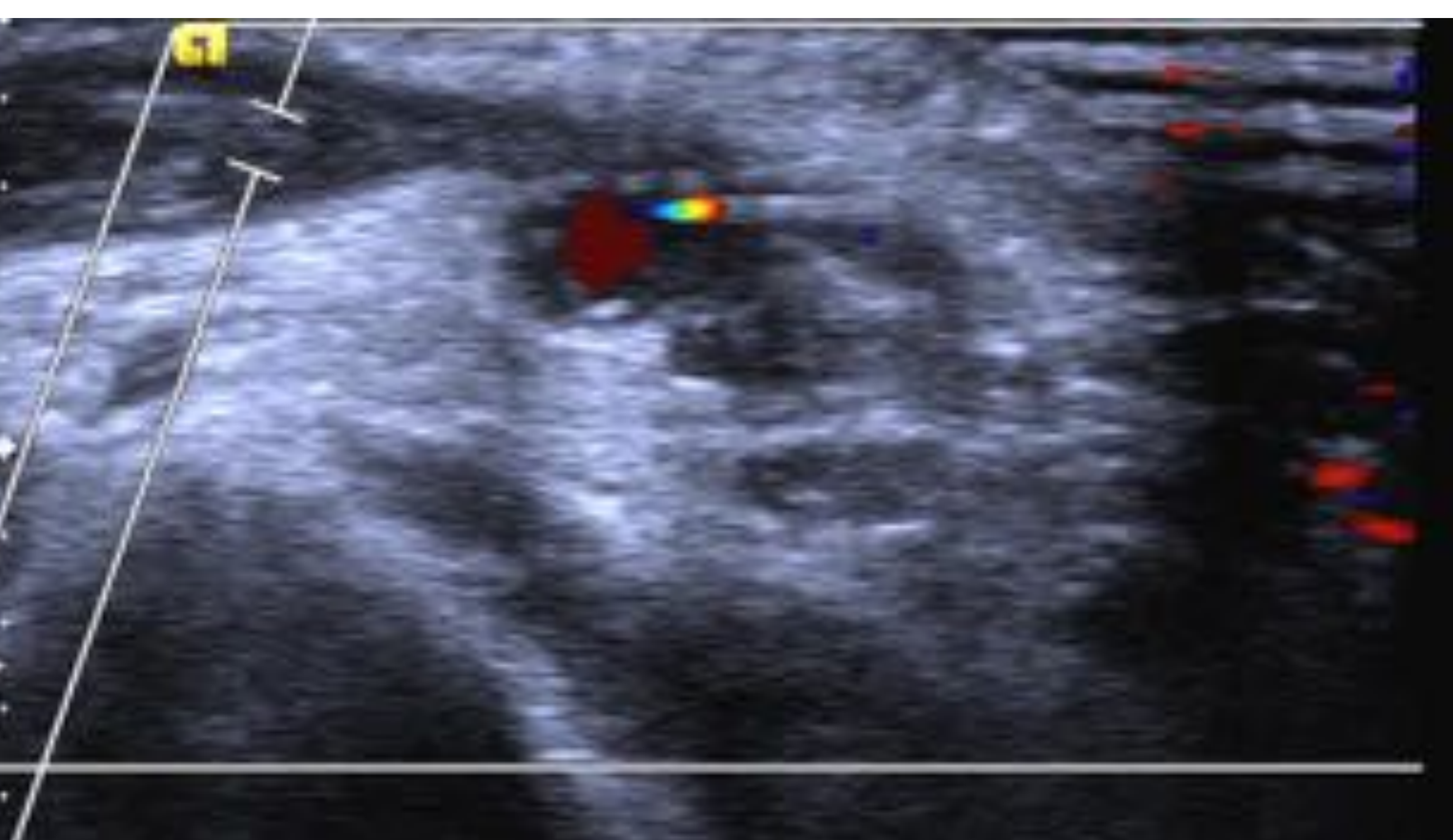
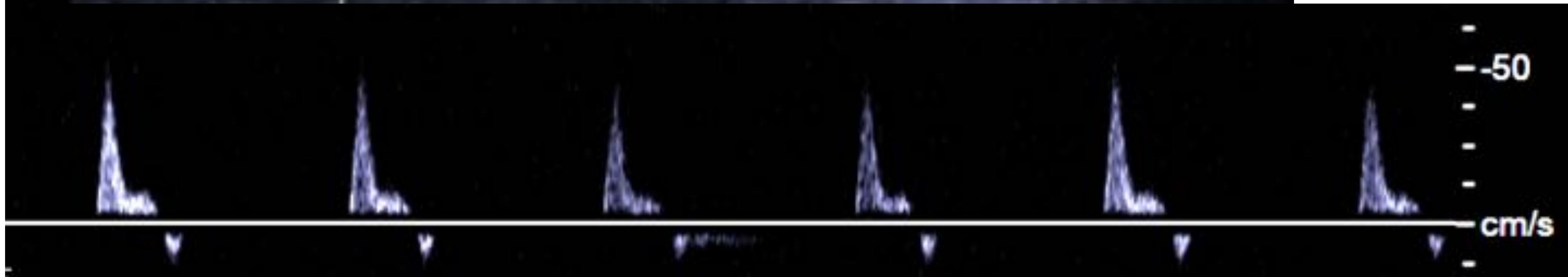
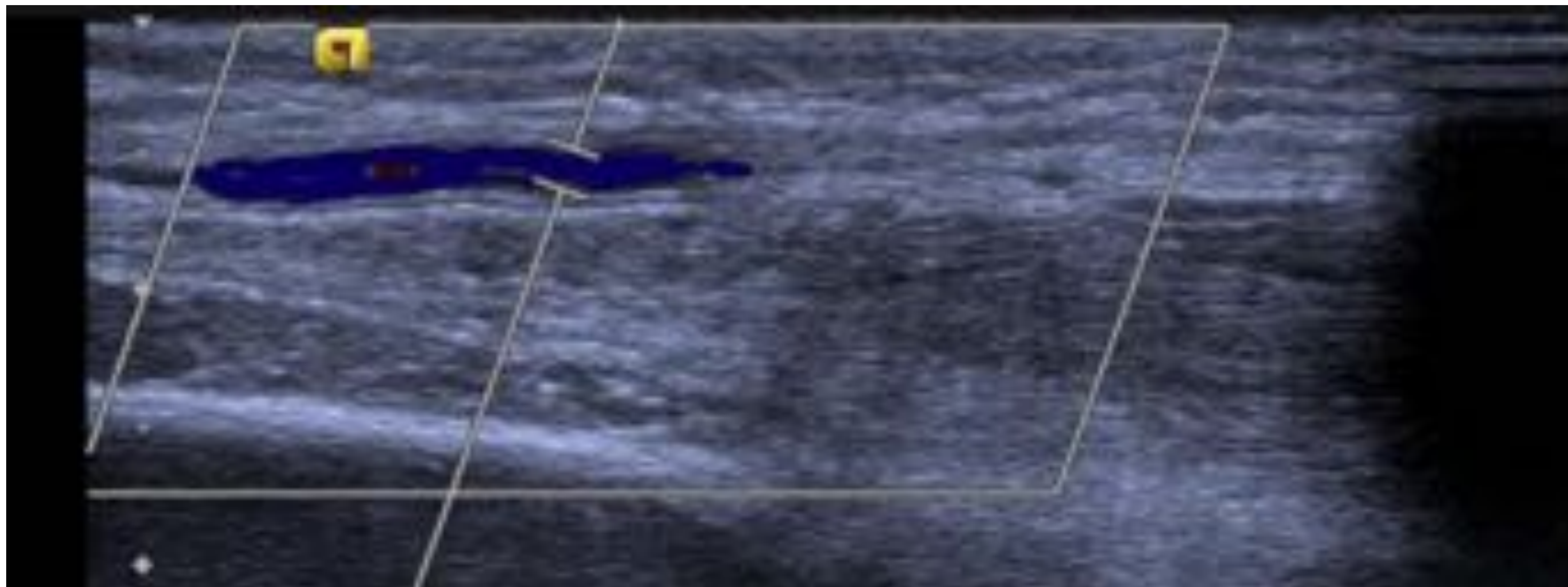


Resultado final (derecha), comparativo con previo (izquierda).

3.2 Trombosis de la anastomosis FAV

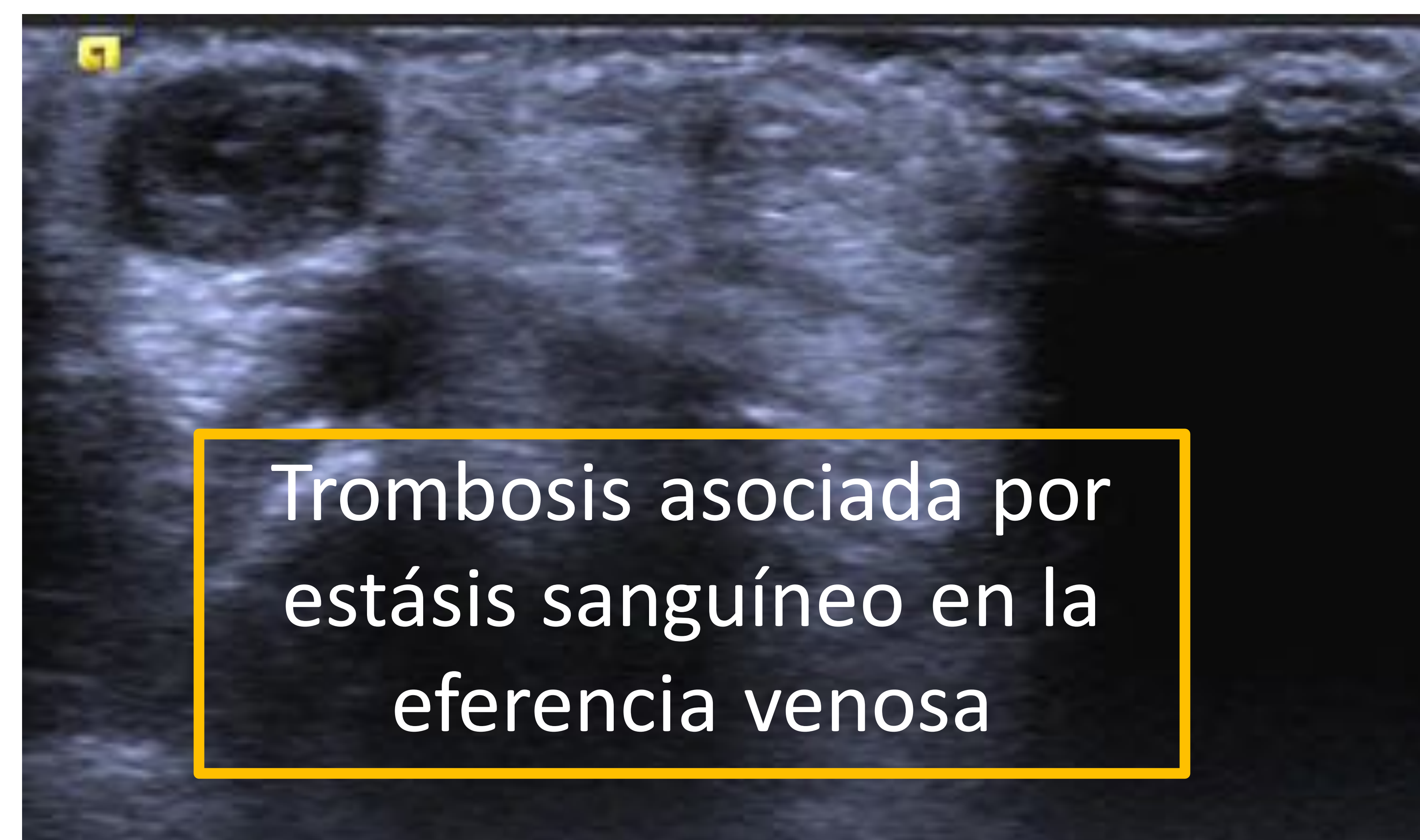
Hombre de 64 años con FAV radiocefálica no funcional.

Arteria radial con morfología de onda trifásica, no monofásica como esperaríamos, indicativo de estenosis distal.



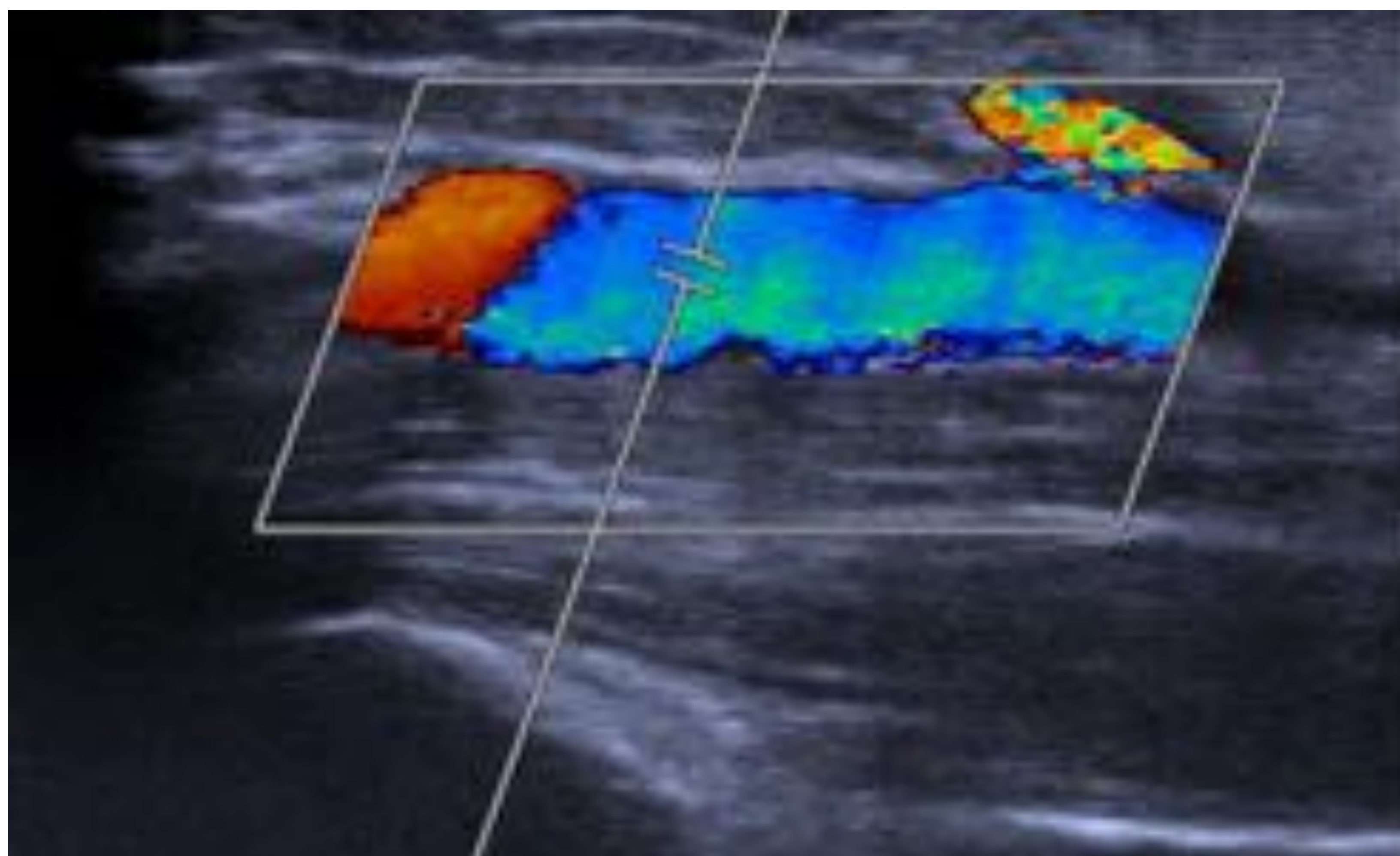
Previo a la anastomosis y en la misma, ocupación ecogénica endoluminal. Ausencia de flujo en modo Doppler color y silencio en modo Doppler espectral. Hallazgos en relación con trombosis de la misma.

Trombosis asociada por estásis sanguíneo en la eferencia venosa

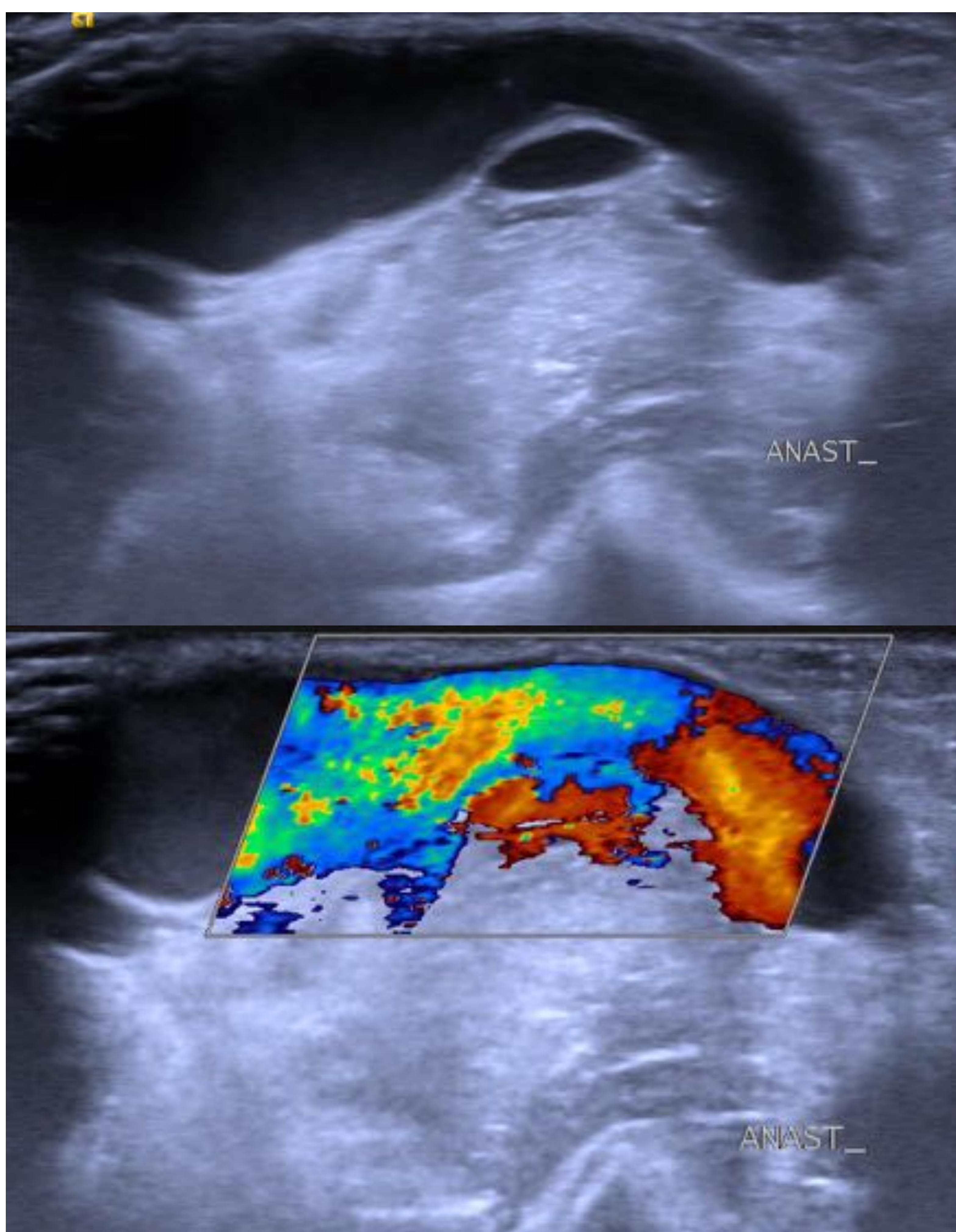
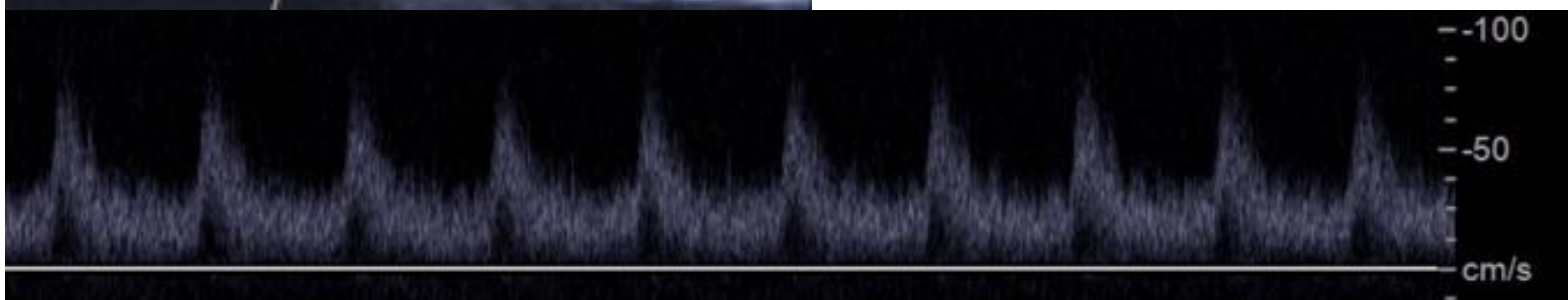


3.3 Trombosis de la vena FAV (1).

Varón de 66 años con FAV humerocefálica disfuncionante.

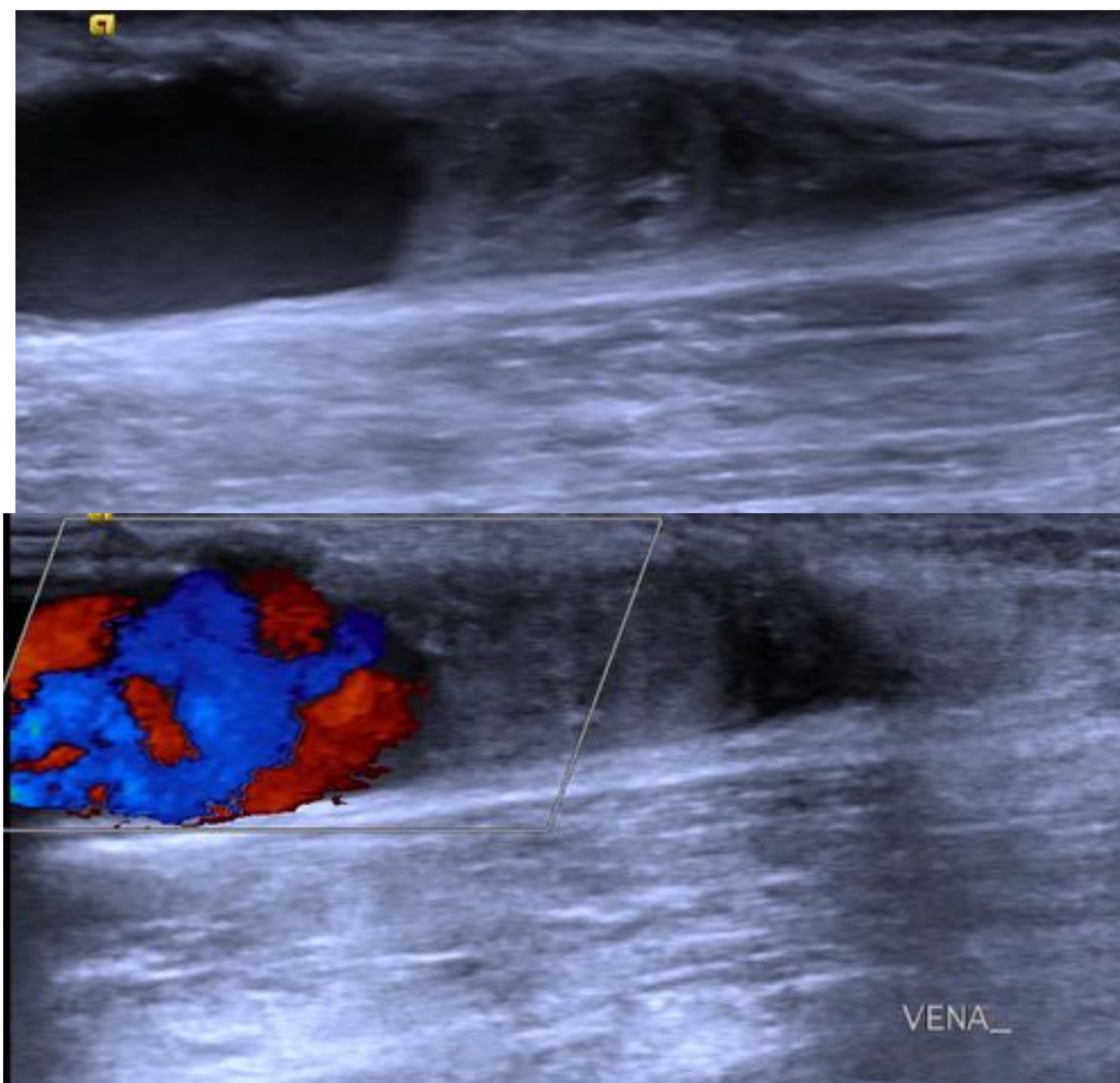


Arteria humeral permeable, con cierta pérdida de velocidades en diástole, sugiere dificultad de flujo posterior.



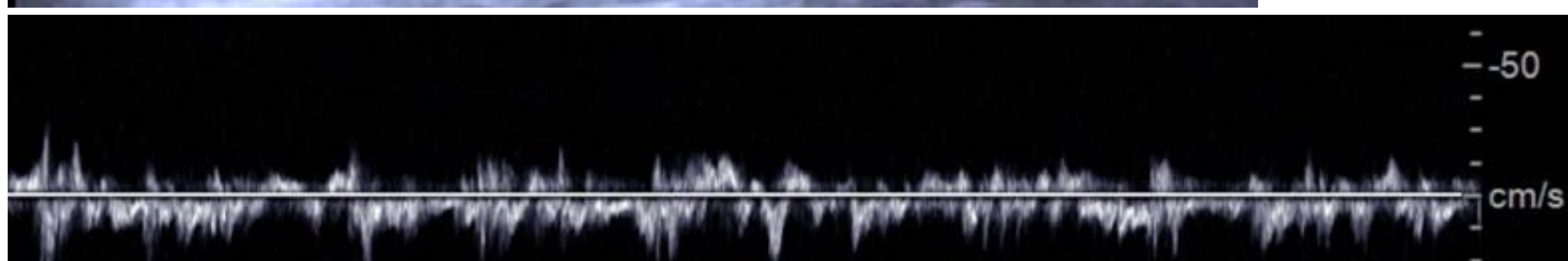
Anastomosis de flujo turbulento, normal. Buscaríamos la obstrucción al flujo más distal, en la vena eferente.

3.3 Trombosis de la vena FAV (2).



A unos 10 cm de la anastomosis en la vena cefálica se visualiza trombosis completa de la misma.

Morfología de onda previa a la anastomosis revela flujo reverberante secundario a la obstrucción.

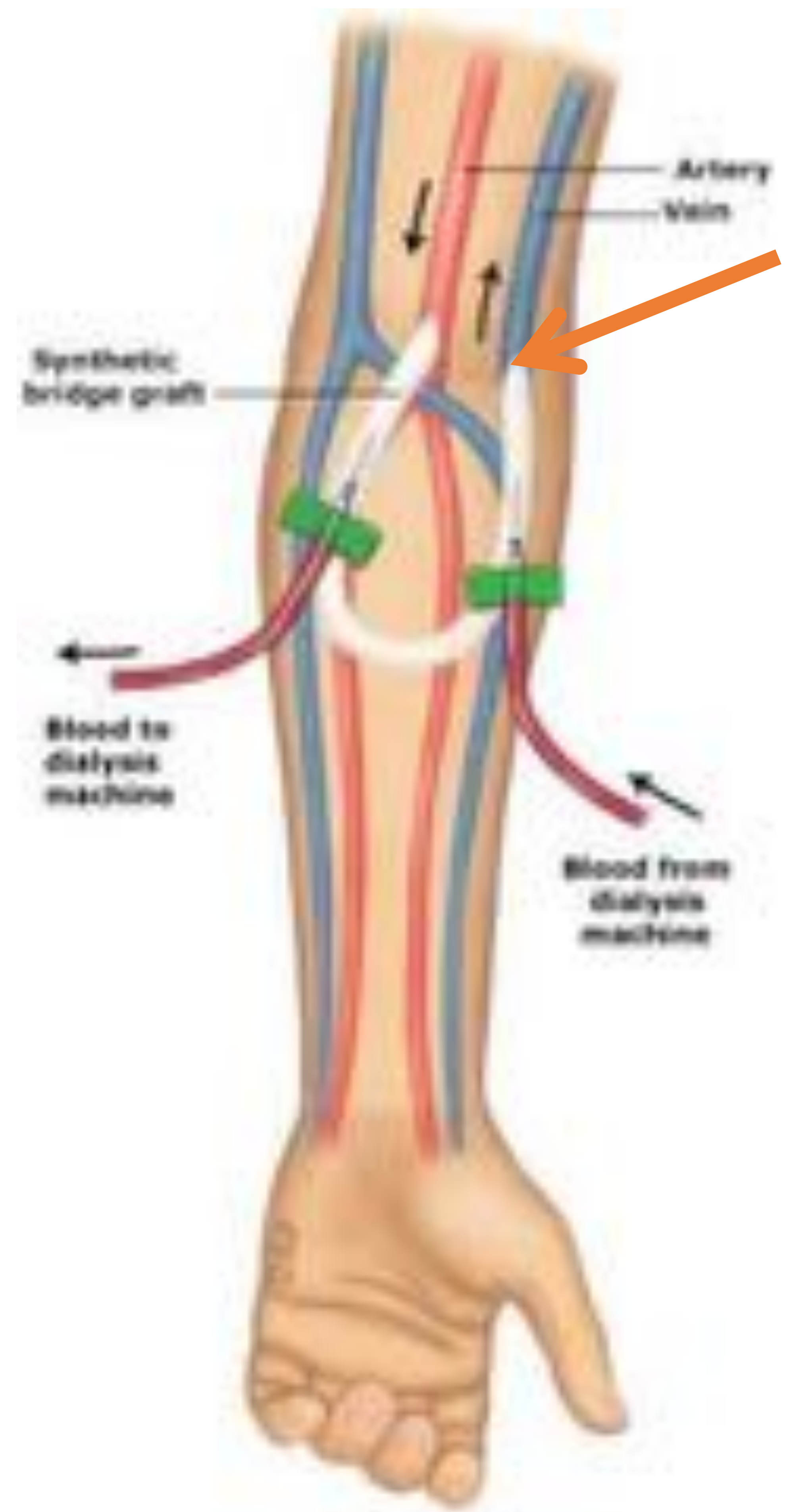
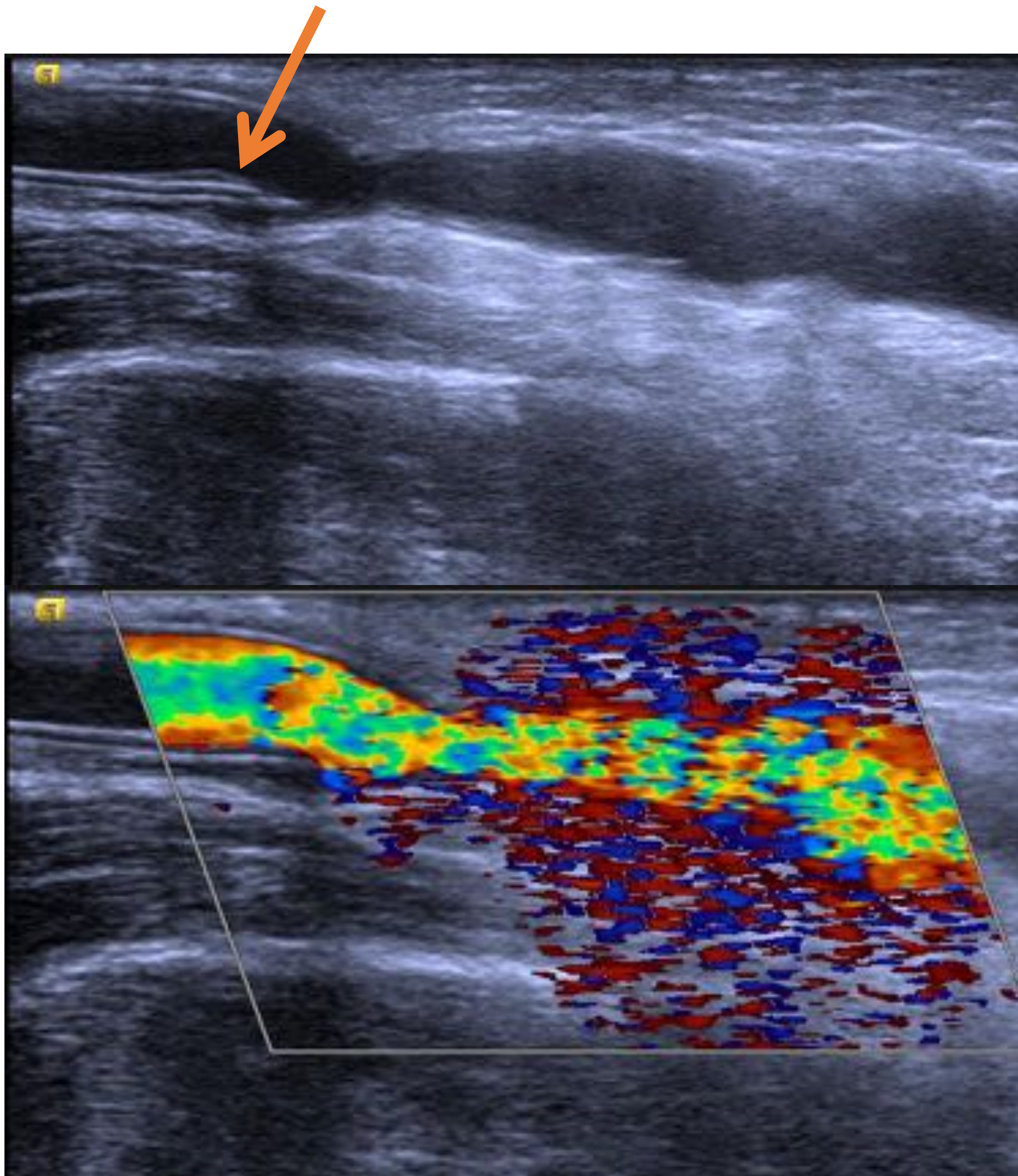


En la fistulografía se pone de manifiesto los mismos hallazgos con oclusión de la vena de drenaje (flecha).

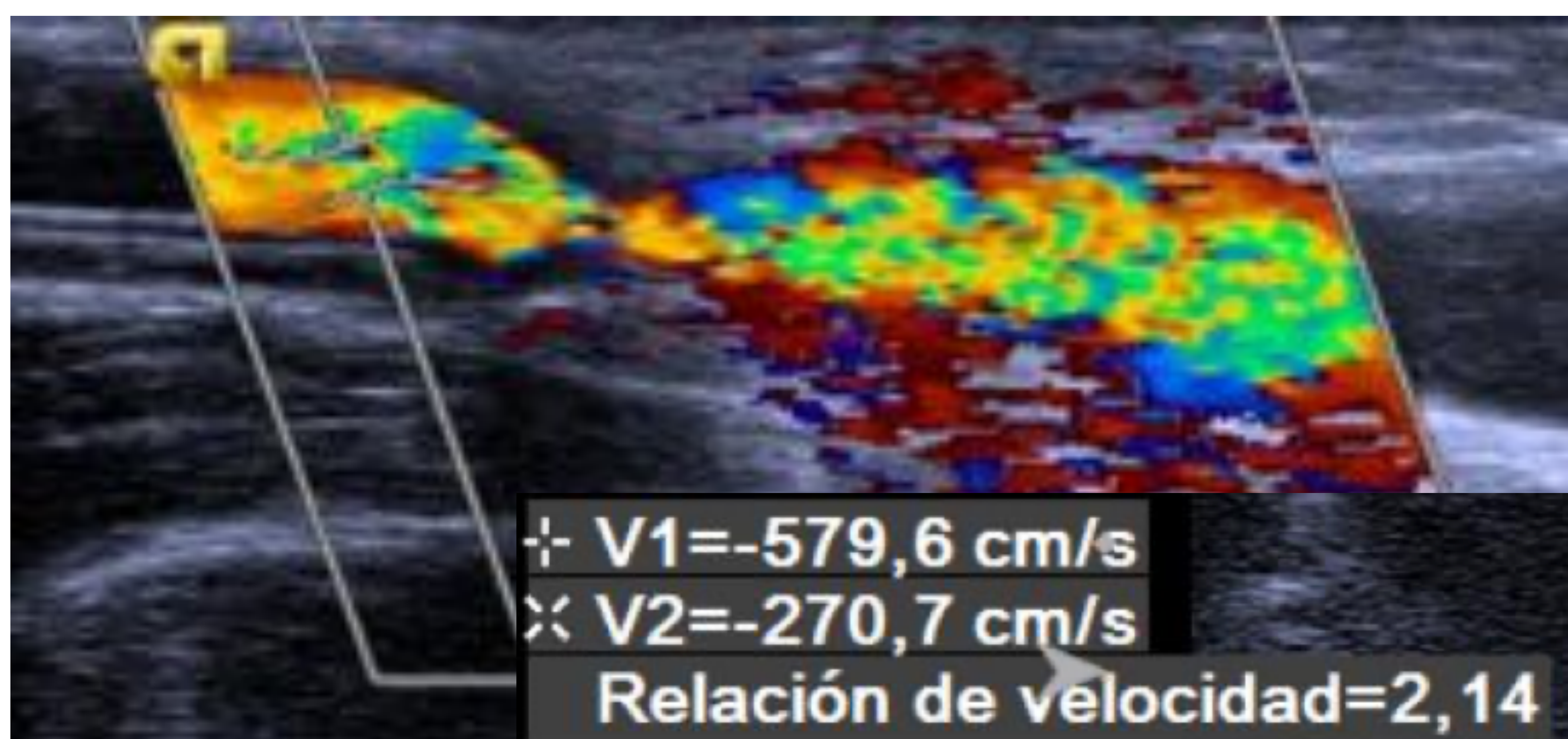
En este caso la arteria no era de alta resistencia porque existía drenaje posterior a la anastomosis por una colateral a la vena basílica (en una trombosis completa la arteria recupera su alta resistencia).

3.4 Estenosis yuxtananastomótica en un graft

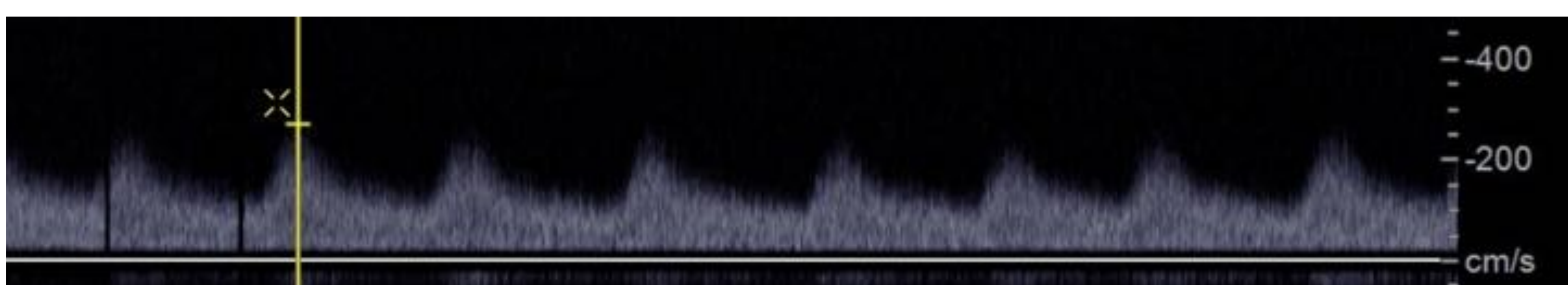
Varón de 78 años con GAV humerobasilica malfunctionante.



Centrándonos en la anastomosis (flecha), existe una pérdida de calibre tras el final del graft protésico que condiciona saturación de color indicativo de estenosis



Existen velocidades aumentadas previo a la estenosis (hasta 580 cm/s) y un índice de velocidades picosistólicas pre y post estenosis superior a 2, lo que indica estenosis.



Conclusiones:

- Es importante conocer la anatomía peculiar de los AVH y las posibles complicaciones de éstos, con el fin de tratarlas y que no lleve al fracaso del mismo.
- El radiólogo tiene un papel destacado antes y después de la creación del AVH.

Bibliografía:

1. Zamboli, Pasquale & Fiorini, Fulvio & D'Amelio, Alessandro & Fatuzzo, Pasquale & Granata, Antonio. (2014). Color Doppler ultrasound and arteriovenous fistulas for hemodialysis. *Journal of Ultrasound*. 17. 10.1007/s40477-014-0113-6.
2. Ferring M, Henderson J, Wilmink A, Smith S (2008) Vascular ultrasound for the pre-operative evaluation prior to arteriovenous fistula formation for haemodialysis: review of the evidence. *Nephrol Dial Transpl* 23:1809–1815.
3. Malovrh M (2002) Native arteriovenous fistula: preoperative evaluation. *Am J Kidney Dis* 39:1218–1225.
4. Tordoir J, Canaud B, Haage P, Konner K, Basci A, Fouque D et al (2007) EBPG on vascular access. *Nephrol Dial Transpl* 22(Suppl 2):ii88–ii117.
5. NKF-K/DOQI (2006) Clinical practice guidelines for vascular access update 2006. *Am J Kidney Dis* 48(Suppl 1):s176–s322.
6. Mendes RR, Farber MA, Marston WA, Dinwiddie LC, Keagy BA, Burnham SJ (2002) Prediction of wrist arteriovenous fistula maturation with preoperative vein mapping with ultrasonography. *J Vasc Surg* 36:460–463.
7. Zamboli P, Calabria M, Camocardi A, Fiorini F, D'Amelio A, Lo Dico C et al (2012) Color-Doppler imaging and arteriovenous fistula: preoperative evaluation and surveillance. *G Ital Nefrol* 29(Suppl 57):S36–S46.