

Ecografía Doppler de troncos supraaórticos: técnica y algo más

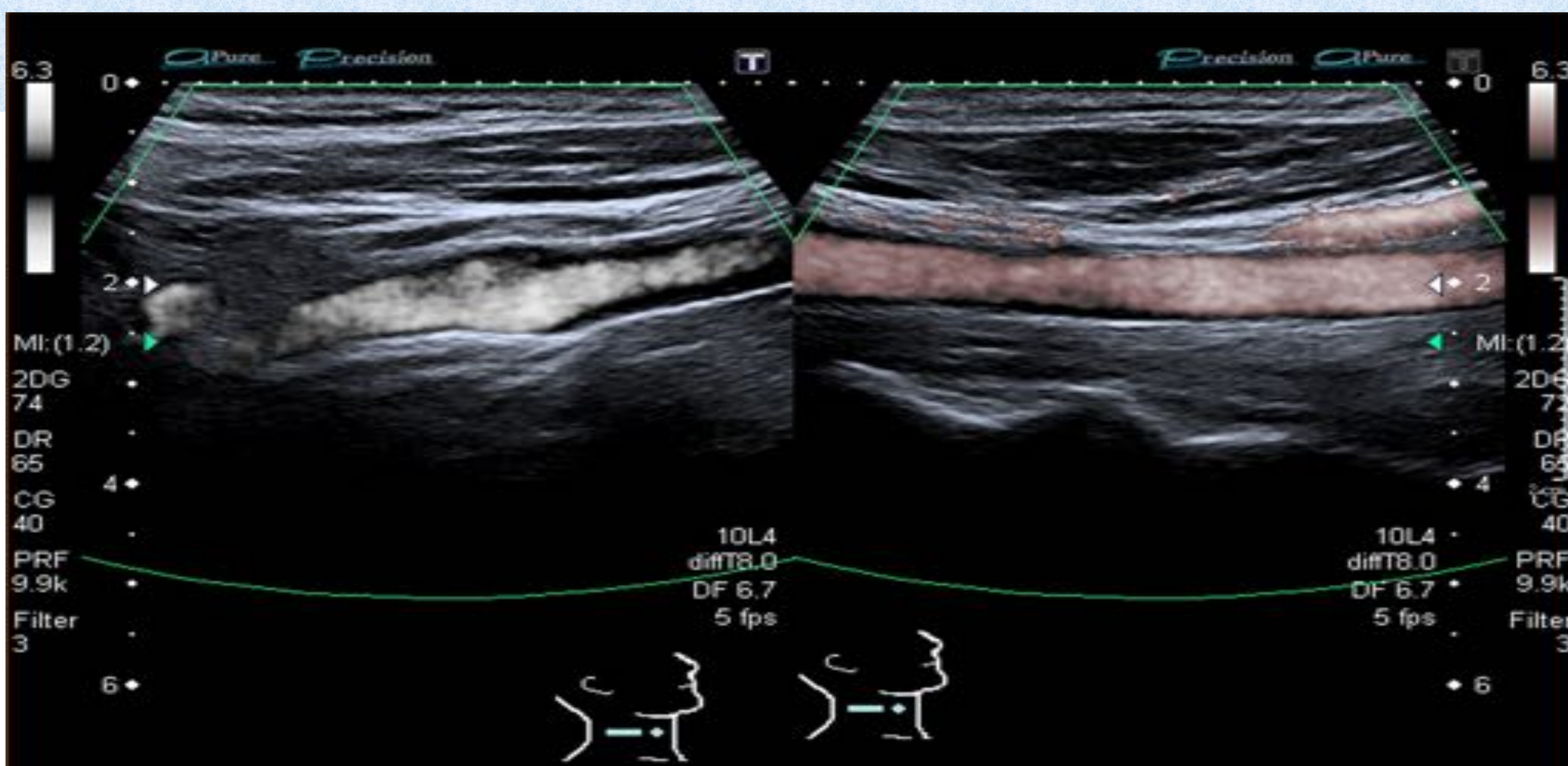


Figura 1. Portada. **References:** Radiodiagnóstico. Hospital Universitario Virgen Macarena. Sevilla.

Rocío Soledad Estelles López¹, Eugenia Rangel Villalobos ¹

¹Hospital Universitario Virgen Macarena, Sevilla.

Objetivo docente:



- ① Conocer los principios básicos de la técnica en ecografía Doppler y como optimizar los parámetros para la obtención de las imágenes.
- ② Revisar la sistemática de exploración en el estudio de los troncos supraaórticos mediante ecografía Doppler.
- ③ Describir los puntos claves sobre conceptos, patrones, criterios y errores más frecuentes.

Revisión del tema:



¿Cuáles son los conceptos básicos en ecografía Doppler?

① Efecto Doppler:

Cuando una onda incide sobre una superficie en movimiento, la onda reflejada varía su frecuencia de modo proporcional a la velocidad de la superficie reflectora. Por lo tanto esto aplicado en ecografía podemos entenderlo como aquella frecuencia transmitida desde el transductor de ultrasonido sufre un cambio cuando es reflejada sobre los glóbulos rojos en movimiento, siendo este cambio proporcional a la velocidad de estos. [1]

La diferencia entre las frecuencias emitida y recibida se denomina “cambio de frecuencia” o “frequency shift”. [2]

El cambio de frecuencia Doppler se puede calcular mediante la siguiente fórmula:[1]

$$\Delta f = f_t - f_r = \frac{2f_t v \cos \theta}{c}$$

Δf : cambio de frecuencia

f_t : frecuencia transmitida

f_r : frecuencia recibida

v : velocidad de flujo

c : velocidad del sonido

θ : ángulo Doppler (ángulo entre la dirección del flujo sanguíneo y el eje del haz del ultrasonido)

② **Atenuación:**

Disminución de la intensidad del haz de ultrasonidos a medida que este se va propagando a través de un tejido. [1]

③ **Línea de base:** una medida de división usada para separar los cambios Doppler positivos y negativos. [1]



④ **Caja o ventana de color:** área que se analiza para obtener información sobre el flujo. [1]

⑤ **Volumen muestra:** es el espacio tridimensional en el que se mide el cambio de frecuencia Doppler. [1]

⑥ **Ángulo Doppler:** ángulo producido entre la dirección del flujo sanguíneo y la dirección del haz de ultrasonidos. [1]

⑦ **Ganancia:** define la cantidad de amplificación de los ecos del receptor en todos los modos Doppler. Una ganancia excesiva produce ruidos que pueden ser confundidos con flujo, por otra parte si es demasiado baja pueden no visualizarse flujos reales. [1]

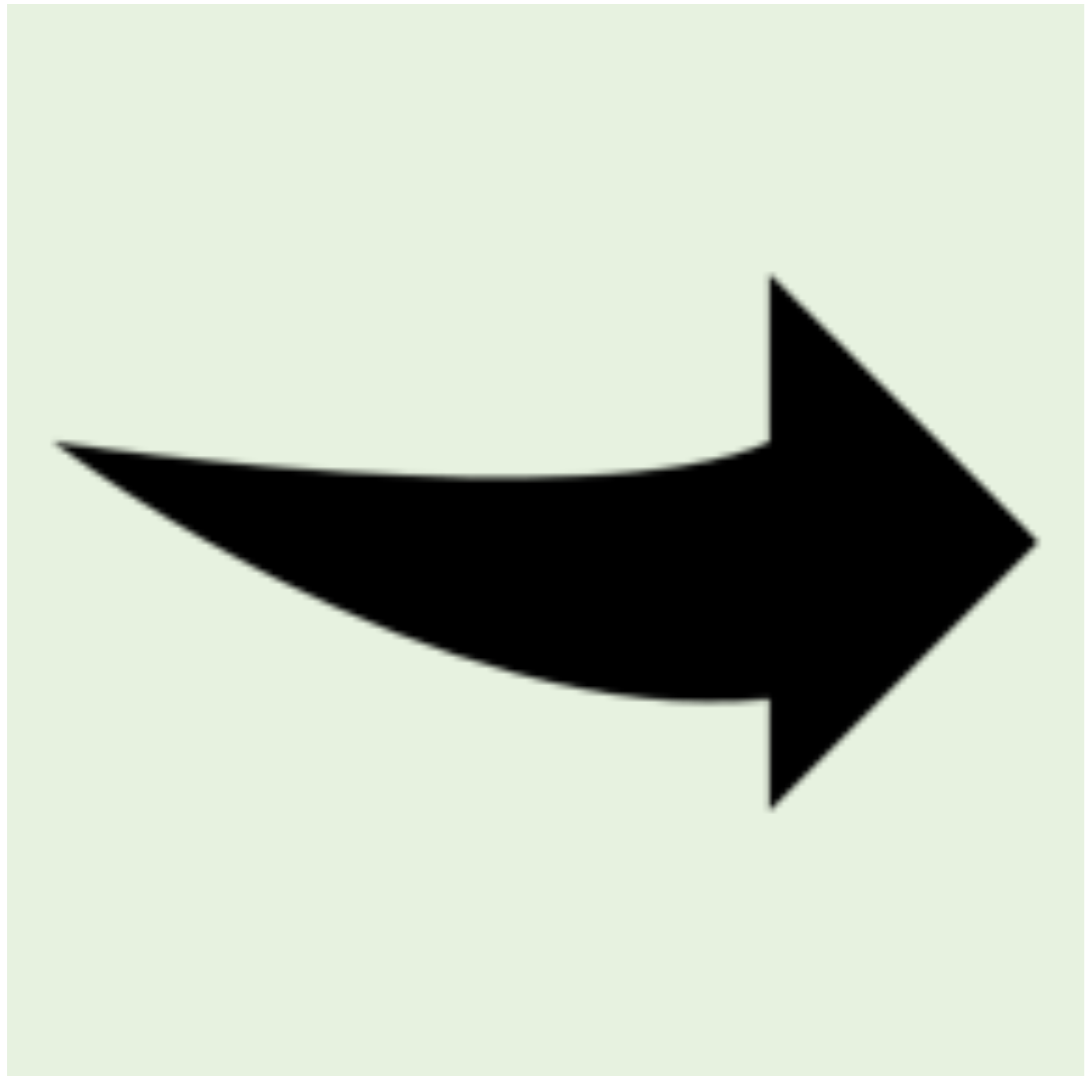
⑧ **Frecuencia de repetición de pulso (PRF):** número veces que se realiza emisión de pulsos por unidad de tiempo y se mide en pulsos por segundo o en Hertz, es inversamente proporcional a profundidad de zona a estudiar, por lo tanto zonas profundas requieren PRF bajo, debido a que el pulso tarda más en llegar y retrasa emisión del siguiente. [1]

⑧ **Escala de velocidad:** rango de velocidades mostradas en una imagen Doppler en color o en Doppler espectral. Controla el rango de frecuencias representadas. [1]

⑨ **Filtros de pared:** se utilizan para filtrar selectivamente todos los valores de desplazamiento de frecuencia que estén por debajo de un umbral determinado. Evita la señal Doppler de ruido producida por el movimiento de las paredes del vaso. [1]

Principales técnicas de Doppler utilizadas

(Figura 5.Tabla1)



Doppler color: nos aporta información sobre la presencia o ausencia de flujo, la velocidad media del flujo sanguíneo en colores superponiéndola a la imagen en Modo B y de la dirección del flujo, no obstante no se puede determinar un valor absoluto de la velocidad. [1,2]. (Figura 2).

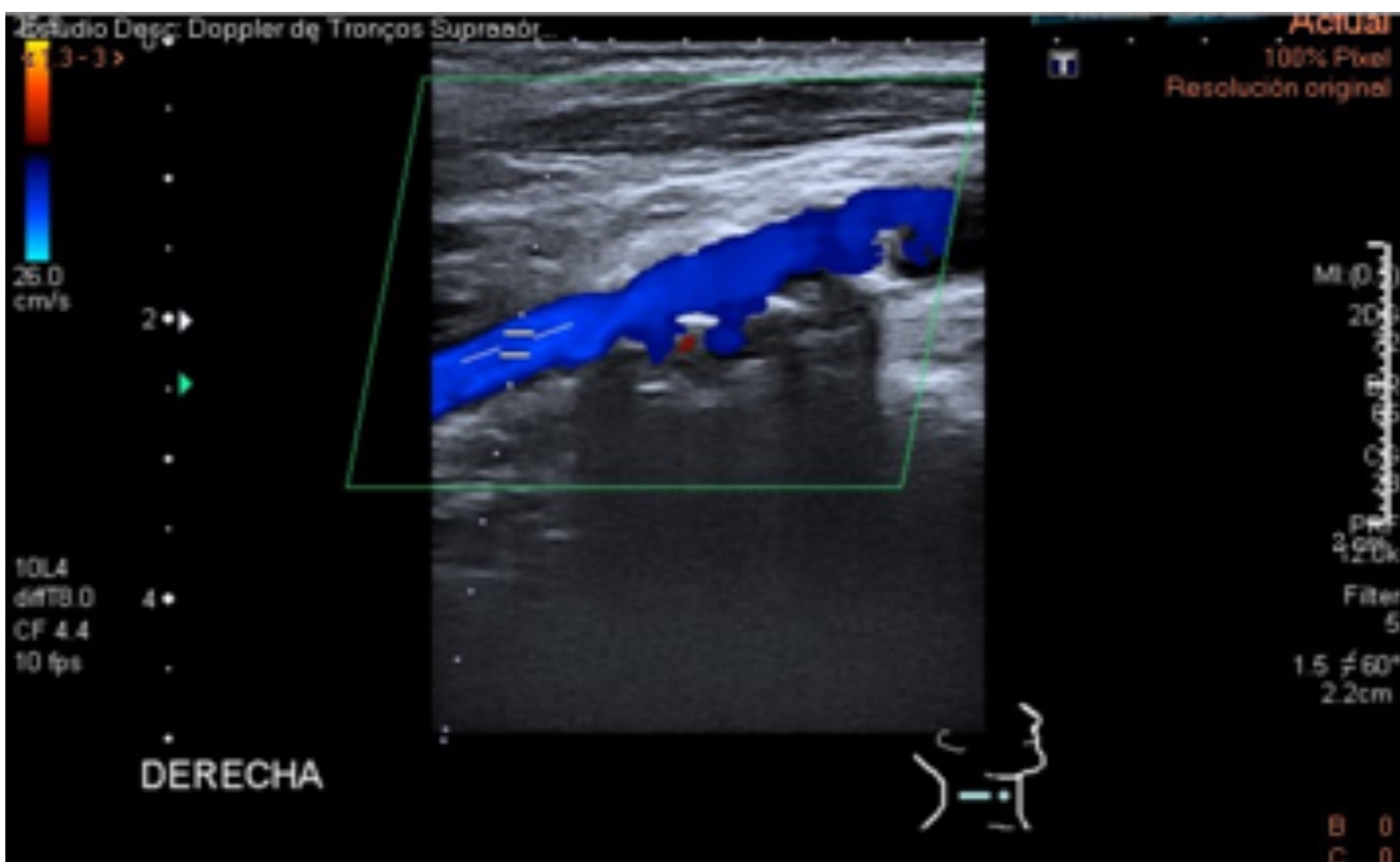
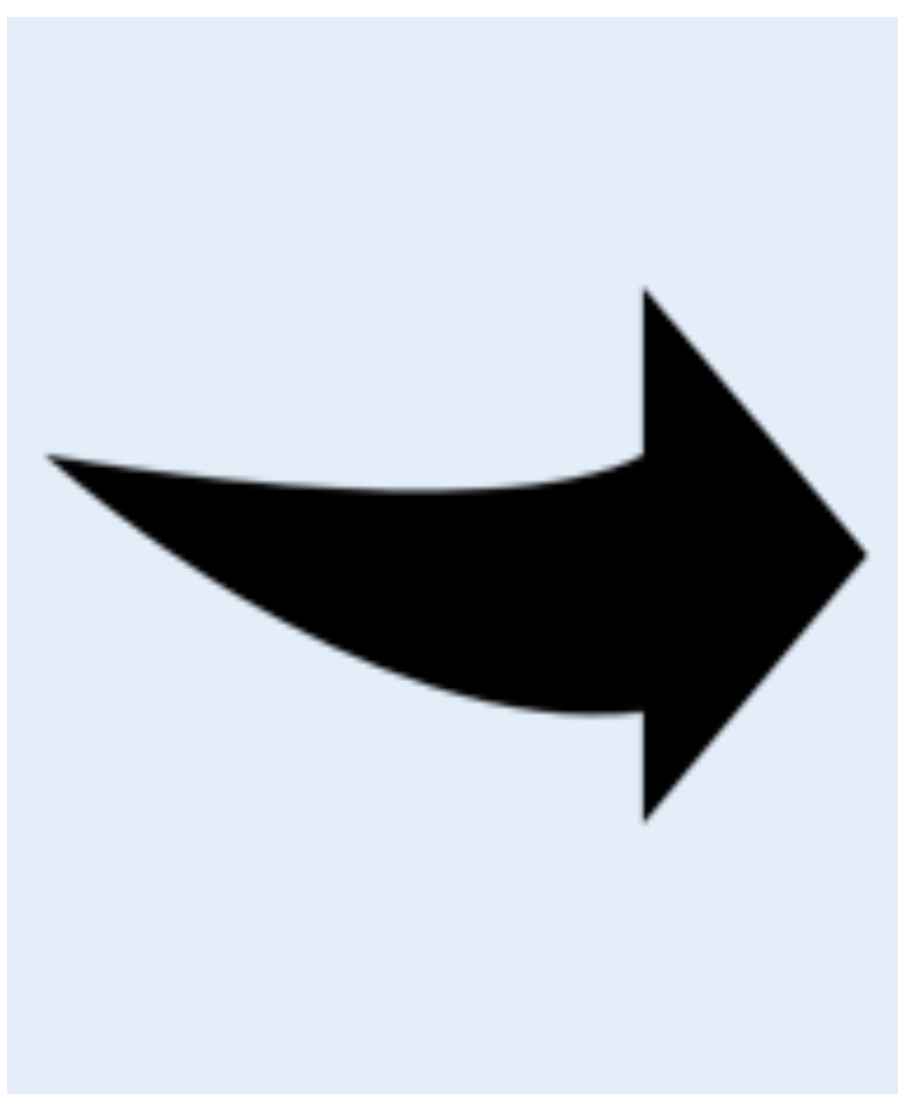


Figura 2. Ecografía Doppler troncos supraaórticos que muestra Doppler color. **References:** Radiodiagnóstico. Hospital Universitario Virgen Macarena. Sevilla.



Doppler espectral: consiste en una curva de velocidad versus tiempo, por lo que representa la variación de la velocidad de los glóbulos rojos a lo largo del ciclo cardiaco. Tiempo (eje horizontal) Velocidad (eje vertical). [1,2]. (Figura 3).

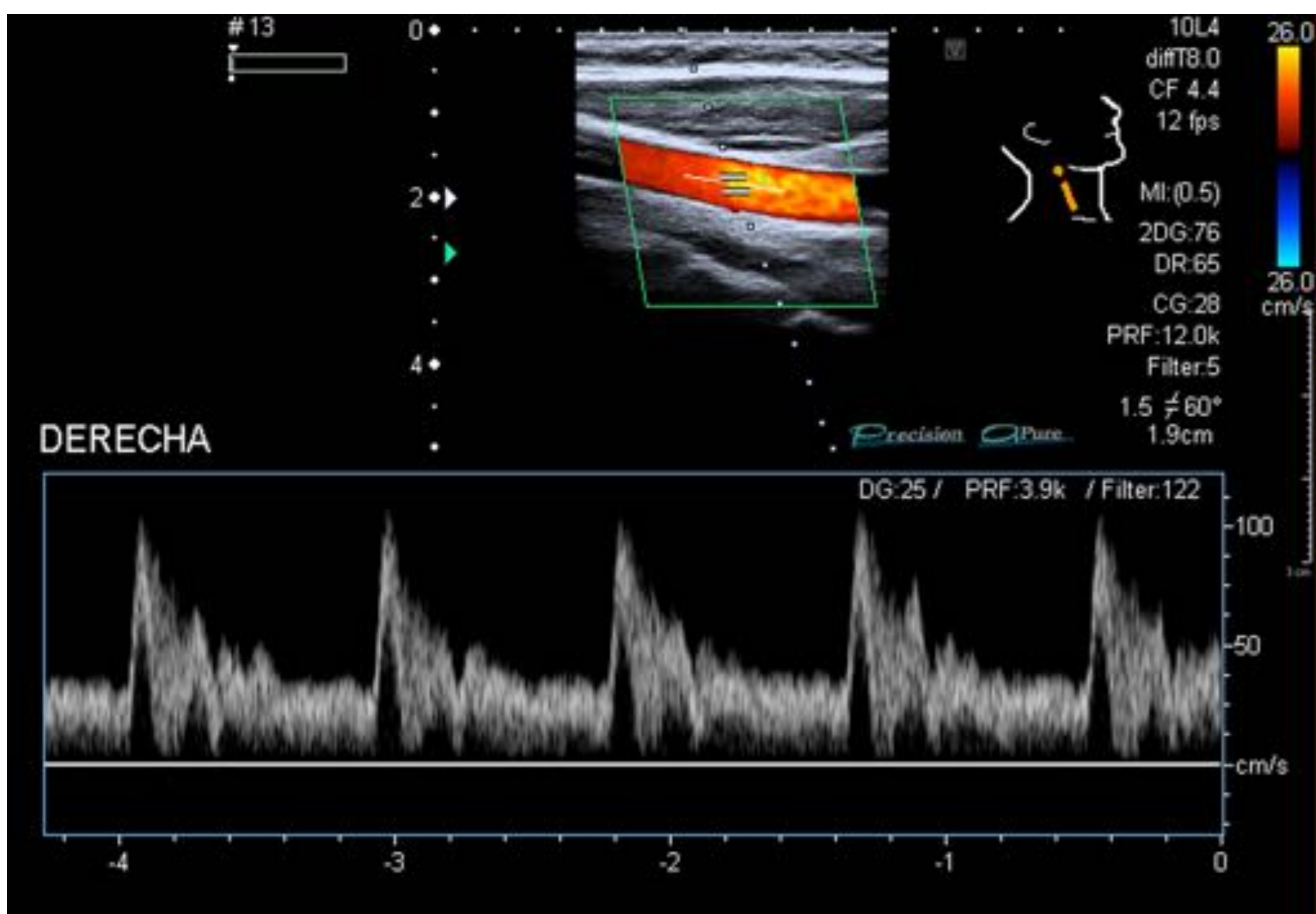
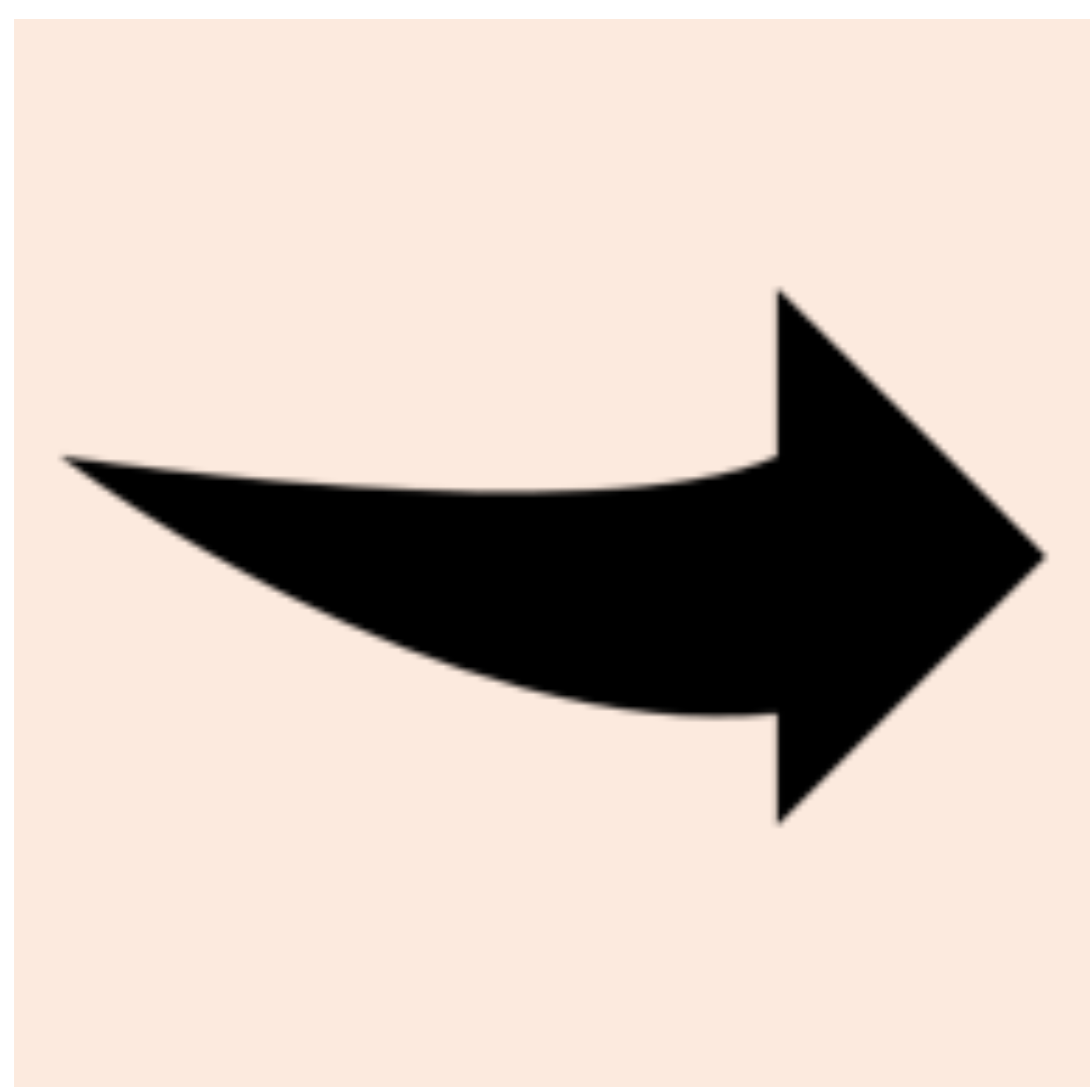


Figura 3. Ecografía Doppler troncos supraaórticos. Doppler espectral. **References:** Radiodiagnóstico. Hospital Universitario Virgen Macarena. Sevilla.



Doppler power: en este caso no representa la velocidad como los otros modos si no que a la potencia o intensidad del espectro del flujo. Tiene una sensibilidad mayor que el Doppler color, no presenta aliasing y es independiente del ángulos de incidencia, conceptos que revisaremos a continuación, no obstante no aporta información sobre la velocidad ni nos permite determinar el sentido del flujo. [1,2] (Figura 4).

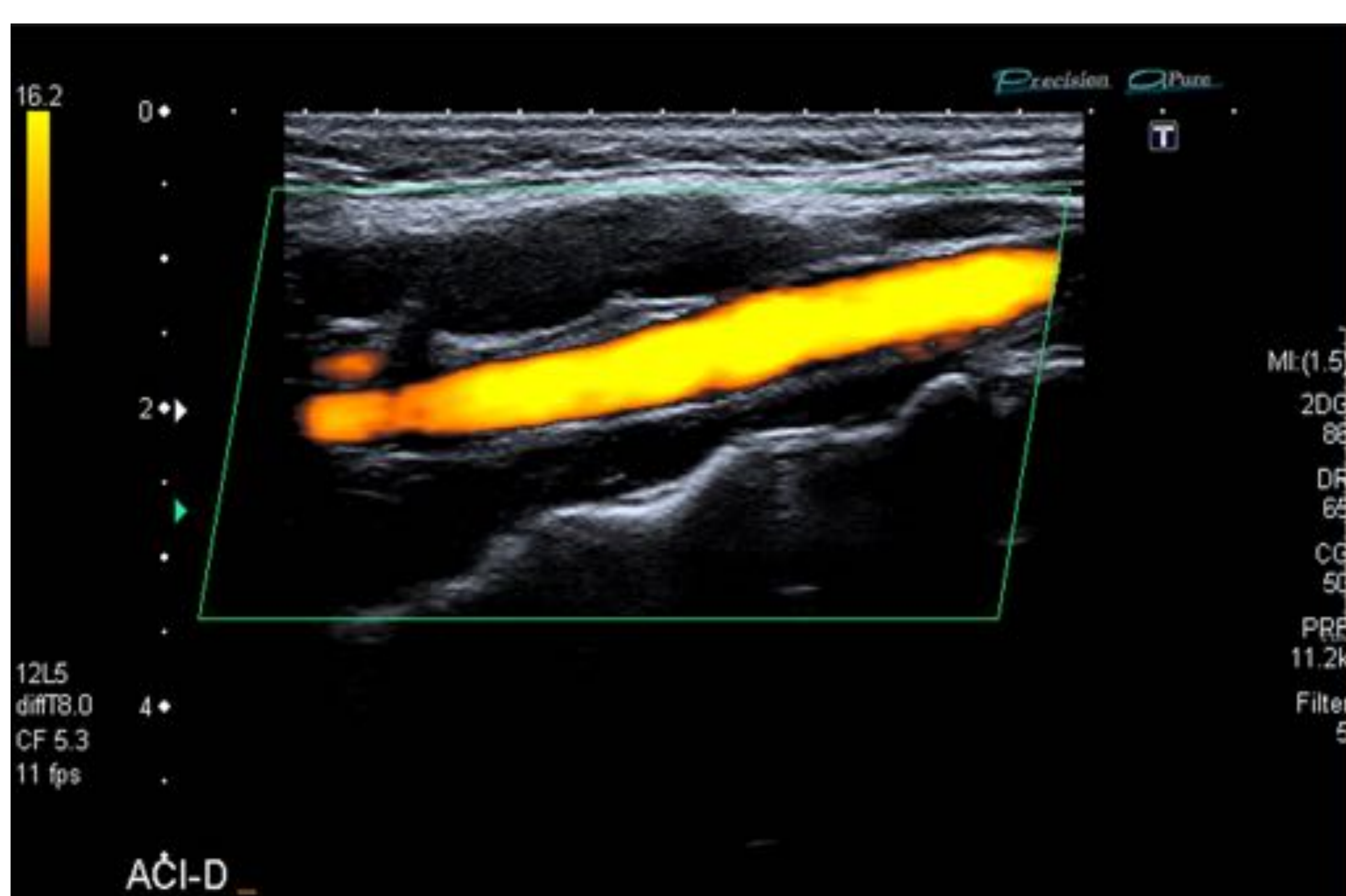


Figura 4. Ecografía Doppler troncos supraaórticos. Arteria carótida interna derecha con power Doppler. **References:** Radiodiagnóstico. Hospital Universitario Virgen Macarena. Sevilla.



TIPO DE DOPPLER

Doppler color	Mide cambios de frecuencia, influye el sentido del flujo.
Doppler espectral	Curva velocidad tiempo
Doppler power	Mide amplitud de onda, no influye el sentido del flujo. Detecta flujo muy lento

Figura 5. Tabla 1: Principales características de los tipos de Doppler [1,2]. **References:** Radiodiagnóstico. Hospital Universitario Virgen Macarena. Sevilla.

¿ Cómo optimizar los parámetros para obtener una buena imagen?



La falta de optimización de los parámetros nos puede inducir a realizar una evaluación inadecuada con una interpretación errónea de los hallazgos, por lo que debemos ser capaces de diferenciar si estos hallazgos son efectivamente patológicos o corresponden a un ajuste de los parámetros subóptimo. Es por esto que a continuación mencionamos los puntos más relevantes para realizar una adecuada obtención e interpretación de los hallazgos obtenidos. [1]



Ángulo Doppler:

- El ángulo afecta a las frecuencias Doppler detectadas.
- Ángulo Doppler de 0° : se logrará el máximo desplazamiento Doppler, debido a que el coseno de 0° es 1. Por otra parte si el ángulo es de 90° no se registrara ningún flujo ya que el coseno de 90° es 0.
- Al momento de la realización de la ecografía Doppler de los tronco supraaórticos debemos alinear el ángulo paralelo al vector del flujo sanguíneo aplicando la corrección del ángulo o inclinando el transductor considerando que la orientación de las arterias carótidas puede variar entre los pacientes.
- Debe estar entre 30 y 60° con el cursor paralelo al eje del vaso. Pequeños cambios en ángulos mayores de 60° producen errores de velocidad mucho mayores que pequeños cambios en ángulos por debajo de 60° , debido a que por encima de 60° el coseno del ángulo aumenta mucho y los errores de cálculo de la velocidad son importantes.[3] (Figura 6).

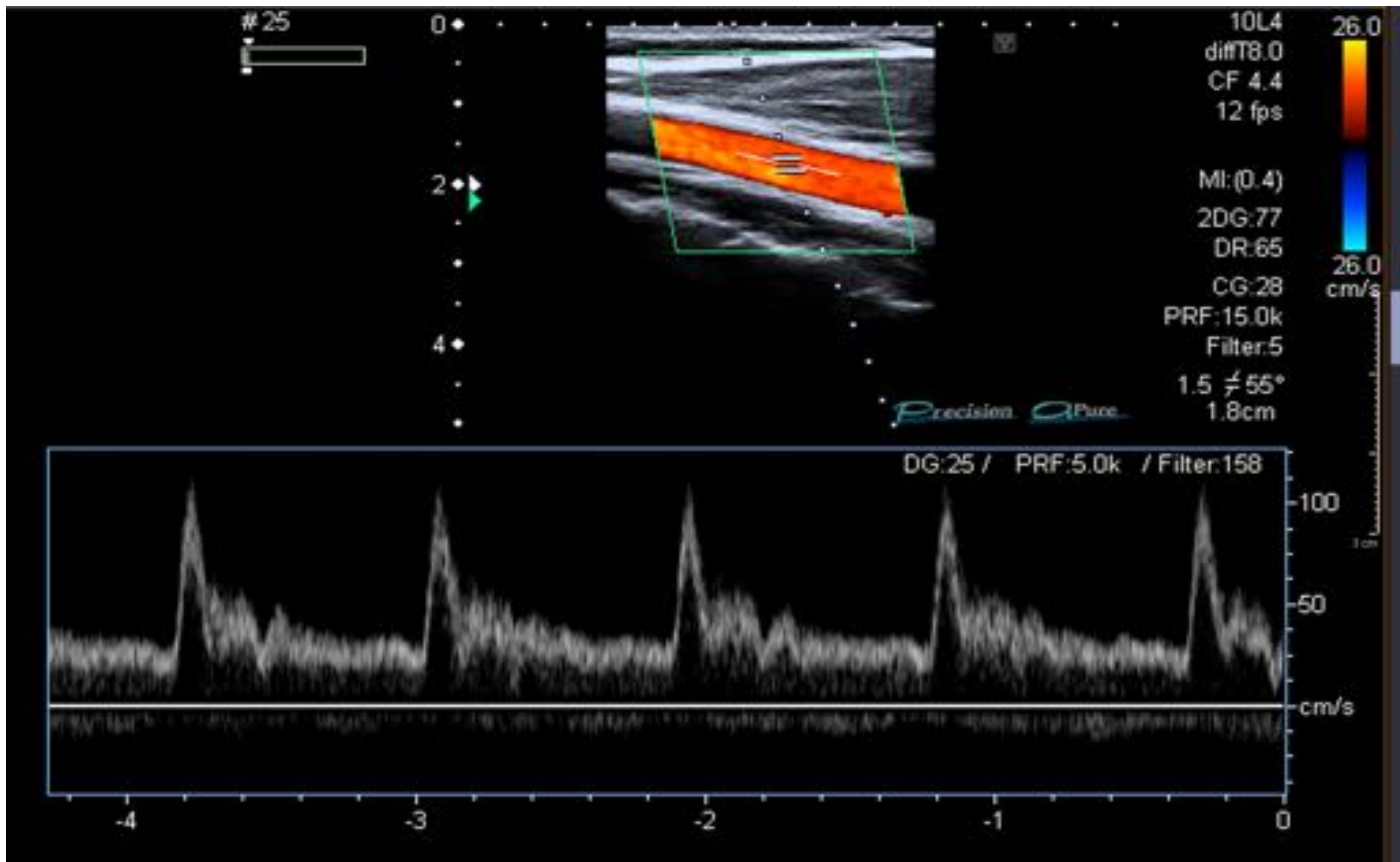


Figura 6. Ecografía Doppler troncos supraaórticos. Ángulo Doppler entre 30-60° con el cursor paralelo al eje del vaso.
References: Radiodiagnóstico. Hospital Universitario Virgen Macarena. Sevilla.

Ventana o caja de color:

- La posición óptima de la caja en una arteria normal es en el lumen medio paralela a la pared del vaso, en caso de que sea un vaso enfermo debe estar alineada paralelamente a la dirección del flujo sanguíneo. No debemos colocarla en curvas o zonas tortuosas, ya que podría darnos erróneamente una velocidad alta. [3]
- Debe ser lo más estrecha posible y con adecuada angulación. Se coloca sobre la arteria que se va a estudiar, el tamaño de la ventana se ajusta para incluir la zona de interés. Posteriormente se ajusta el ángulo cambiando los ángulos de la caja de color, así como también inclinando el transductor para de esta forma el ángulo Doppler sea menor a 60° como se menciono anteriormente. [3] (Figura 7).

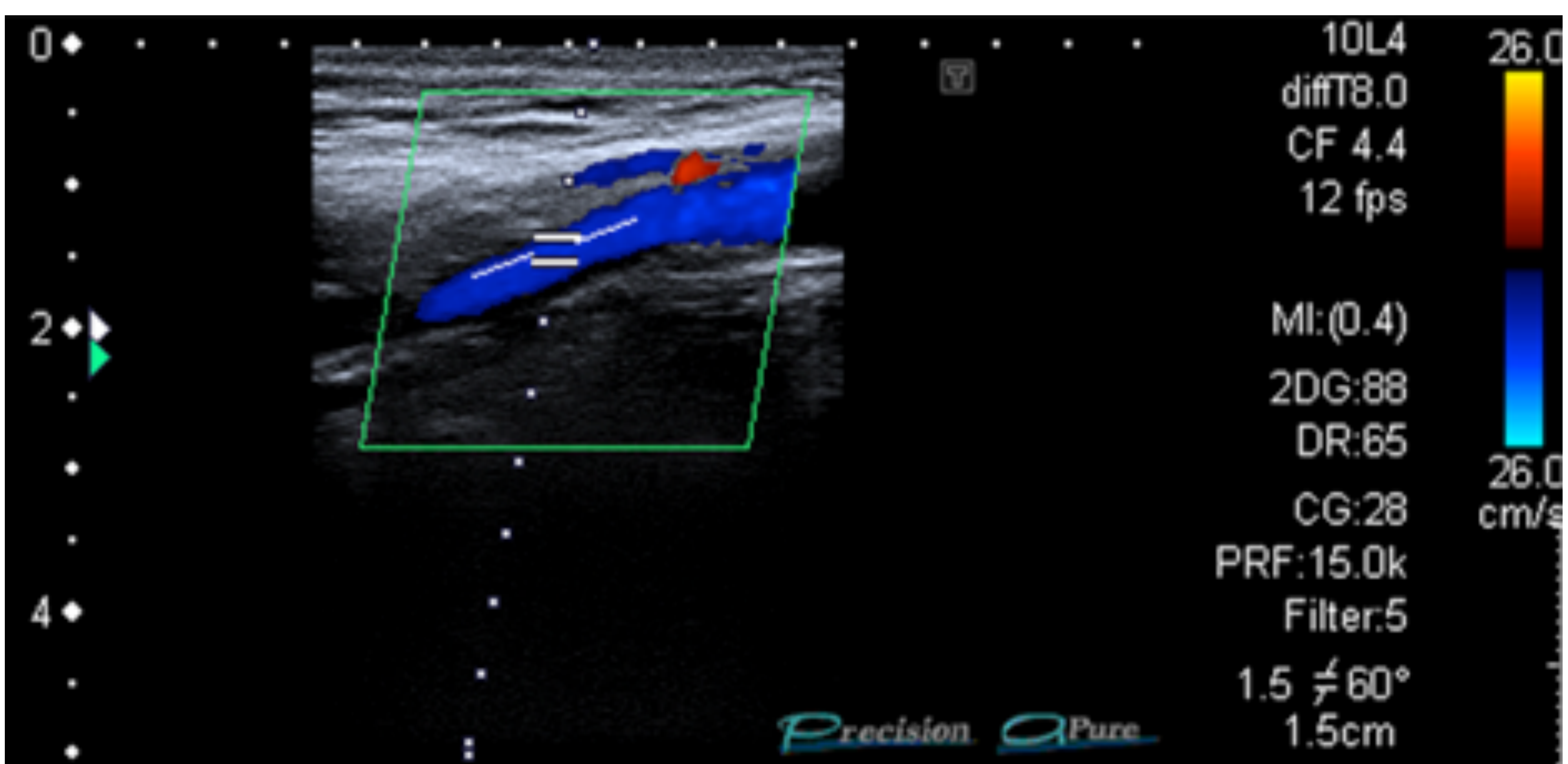


Figura 7. Ecografía Doppler troncos supraaórticos. Caja de color con adecuada: angulación. **References:** Radiodiagnóstico. Hospital Universitario Virgen Macarena. Sevilla.



Escala de velocidad:

Controla el rango de frecuencias representadas.

No es lo mismo que PRF pero esta última esta relacionada con el ajuste de la velocidad y viceversa, por lo que la máxima velocidad de la escala está limitada por el PRF. Si es demasiado alta, las señales de velocidad lenta se pierden, simulando ausencia de flujo, por el contrario si es demasiado baja, las señales de velocidad alta y el flujo parece cambiar de dirección. (Figura 8). En un examen de carótidas normales la velocidad media de color debe estar entre 30 y 40 cm/seg. [3]

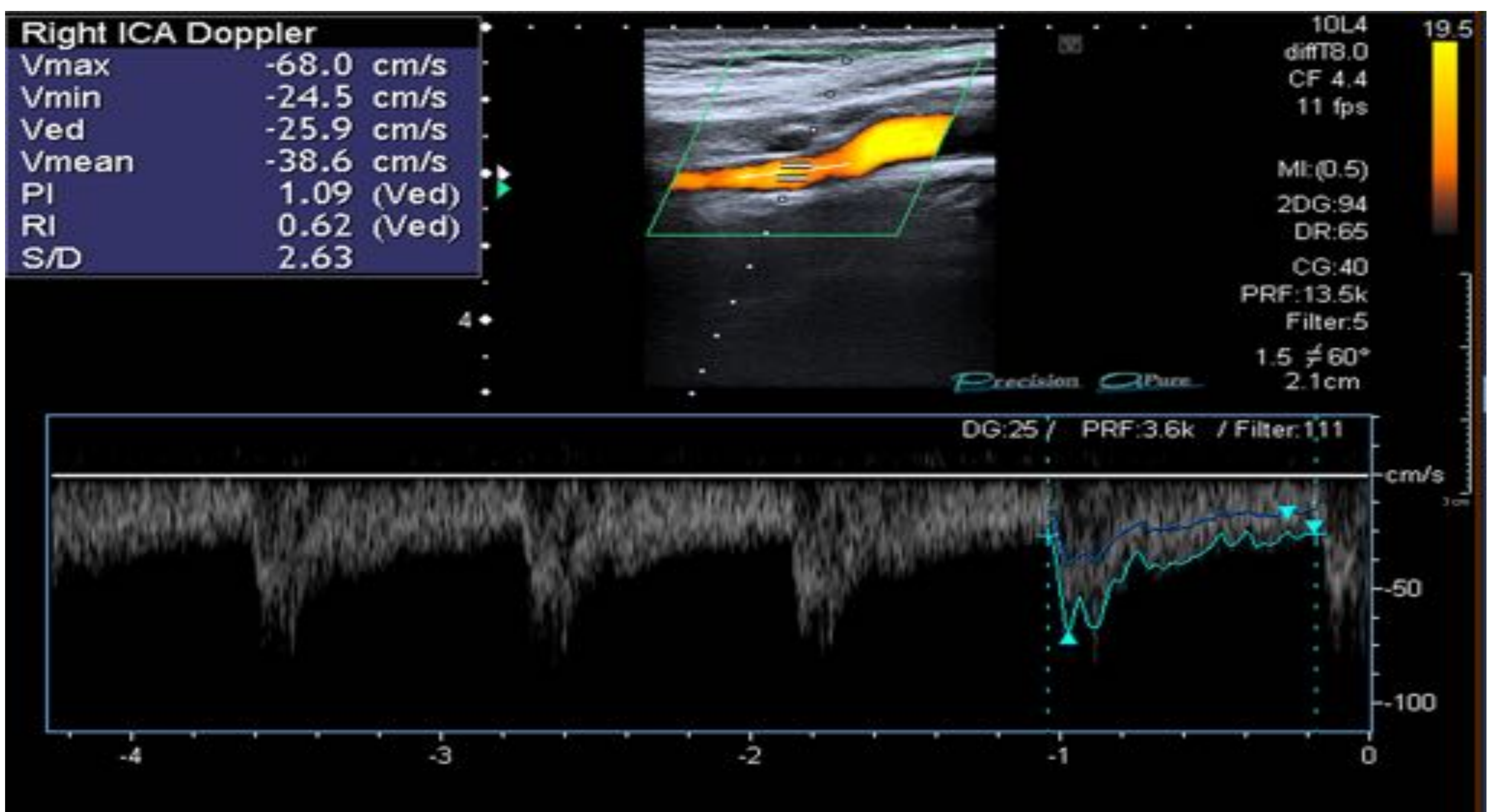


Figura 8. Ecografía Doppler troncos supraaórticos. Arteria carótida interna derecha que muestra la velocidad media normal.

References: Radiodiagnóstico. Hospital Universitario Virgen Macarena. Sevilla.



Ganancia de color:

Debe ser ajustada para que el color sólo rellene la superficie del vaso. Si la ganancia es demasiado baja, el flujo débil puede pasar desapercibido, por el contrario si es alta, la extensión del color puede limitar la visualización de la superficie de la placa y no lograr posicionar adecuadamente el ángulo respecto a la dirección del flujo durante el estudio. [3]. (Figura 9).

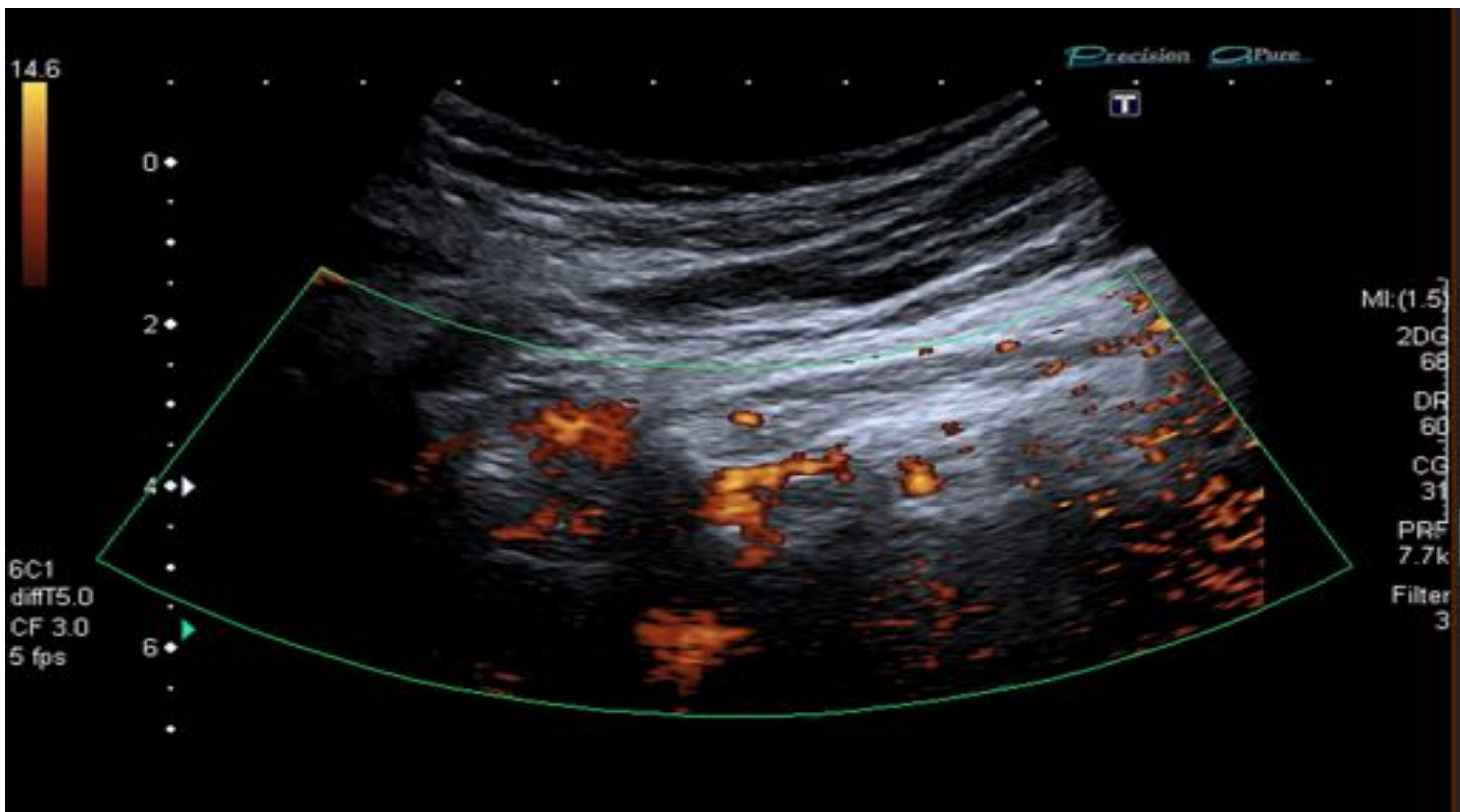


Figura 9. Ecografía Doppler troncos supraaórticos. Ganancia inadecuada, el color no solo rellena la superficie del vaso.

References: Radiodiagnóstico. Hospital Universitario Virgen Macarena. Sevilla.



Filtro de pared:

Evita la señal Doppler de ruido producida por el movimiento de las paredes del vaso.

Si el filtro de pared es demasiado alto, pueden omitirse flujos lentos o el final de la diástole en flujos arteriales. Se usan filtros entre 50 y 100 Hz para flujos venosos lentos, aunque pueden utilizarse filtros más bajos para velocidades muy lentas. [1] (Figura 10).

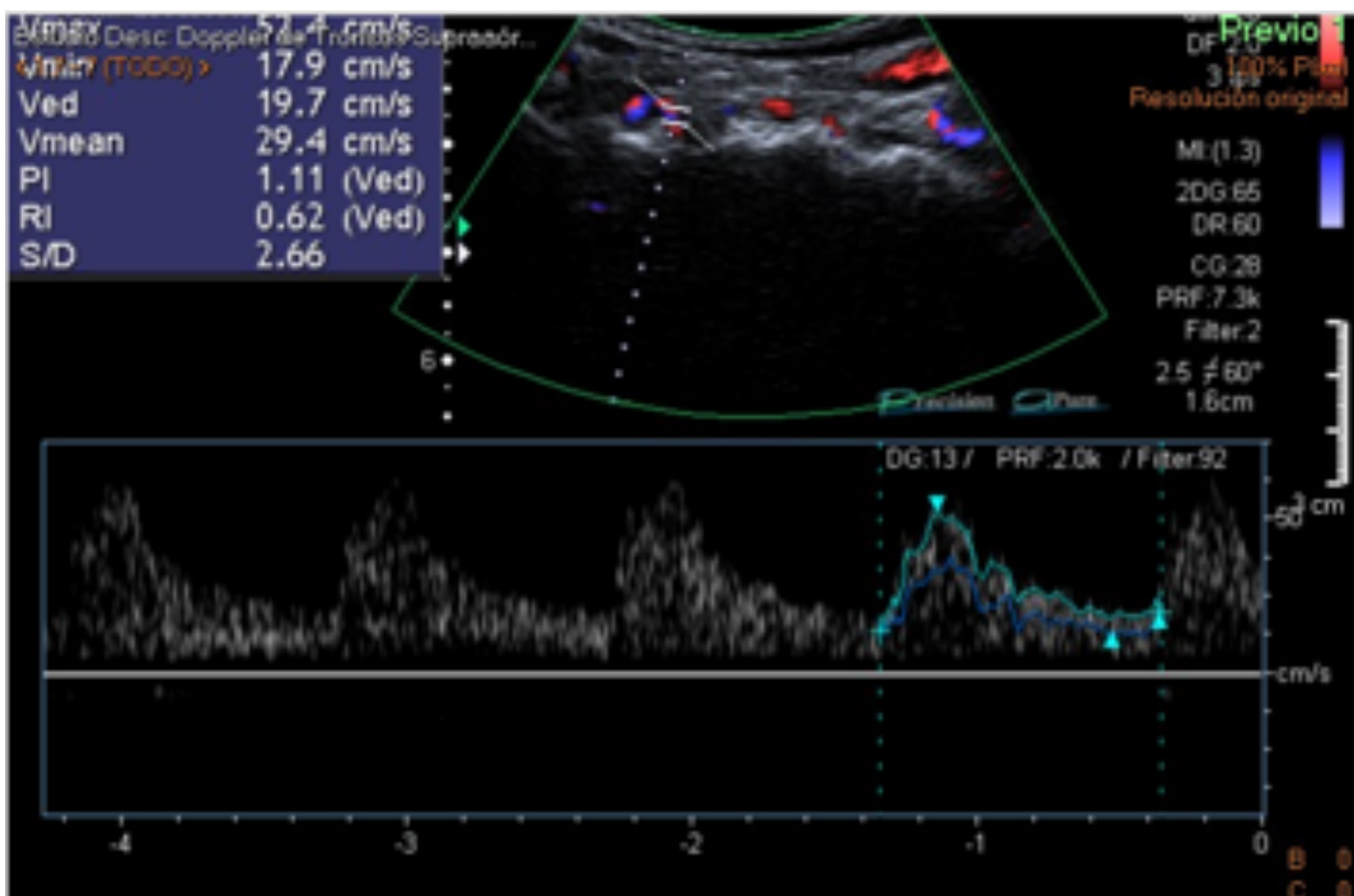


Figura 10. Filtro de pared. Filtro inadecuado por lo que existe mucha separación entre la curva y la línea de base en el Doppler espectral.
References: Radiodiagnóstico. Hospital Universitario Virgen Macarena. Sevilla.


En resumen...



Para realizar una adecuada exploración Doppler:

- ① **GANANCIA DE COLOR** correctamente ajustada.
- ② **VENTANA DE COLOR** lo más estrecha posible y con adecuada angulación.
- ③ **VOLUMEN DE MUESTRA** colocada en el centro del vaso (donde el flujo es laminar).
- ④ **ADECUADO ÁNGULO DOPPLER** entre 30º y 60º.
- ⑤ **FRECUENCIA DE REPETICIÓN DE PULSOS (PRF)** en función de la profundidad del vaso y la velocidad del flujo.

Exploración ecográfica de los troncos supraaórticos



El paciente se coloca en decúbito supino, con el cuello levemente extendido y le pedimos que coloque la cabeza hacia el lado contrario de la exploración. Podremos realizar la exploración a un lado del paciente o sentarse en la cabecera de este. (Figura 11)

Secuencia del estudio:

- ① Ecografía en escala de grises
- ② Análisis Doppler espectral, color y power.

Transductor: 5- 12 MHz y de 3-7 MHz (elección dependerá de la constitución corporal del paciente y de las características del equipo). Para el Doppler color y power se pueden utilizar transductores 5-10 MHz. [4]



Figura 11. Fotografía que muestra posición del transductor durante la exploración.

References Radiodiagnóstico. Hospital Universitario Virgen Macarena. Sevilla.

Exploración ecográfica de los troncos supraaórticos

Exploración en escala de grises:

1. Proyección transversal: obtener imagen en todo el trayecto de la arteria carótida cervical (desde la escotadura supraclavicular hasta el ángulo mandibular).

¿ Cómo visualizar el origen de la arteria carótida común?. Para ello debemos inclinar el transductor inferiormente en la región supraclavicular.

La proyección transversal de la bifurcación carotídea nos ayuda a comprender el plano de orientación de la arteria carótida externa e interna para de esta forma elegir el plano longitudinal adecuado para su análisis mediante Doppler espectral.[4] (Figura 12)

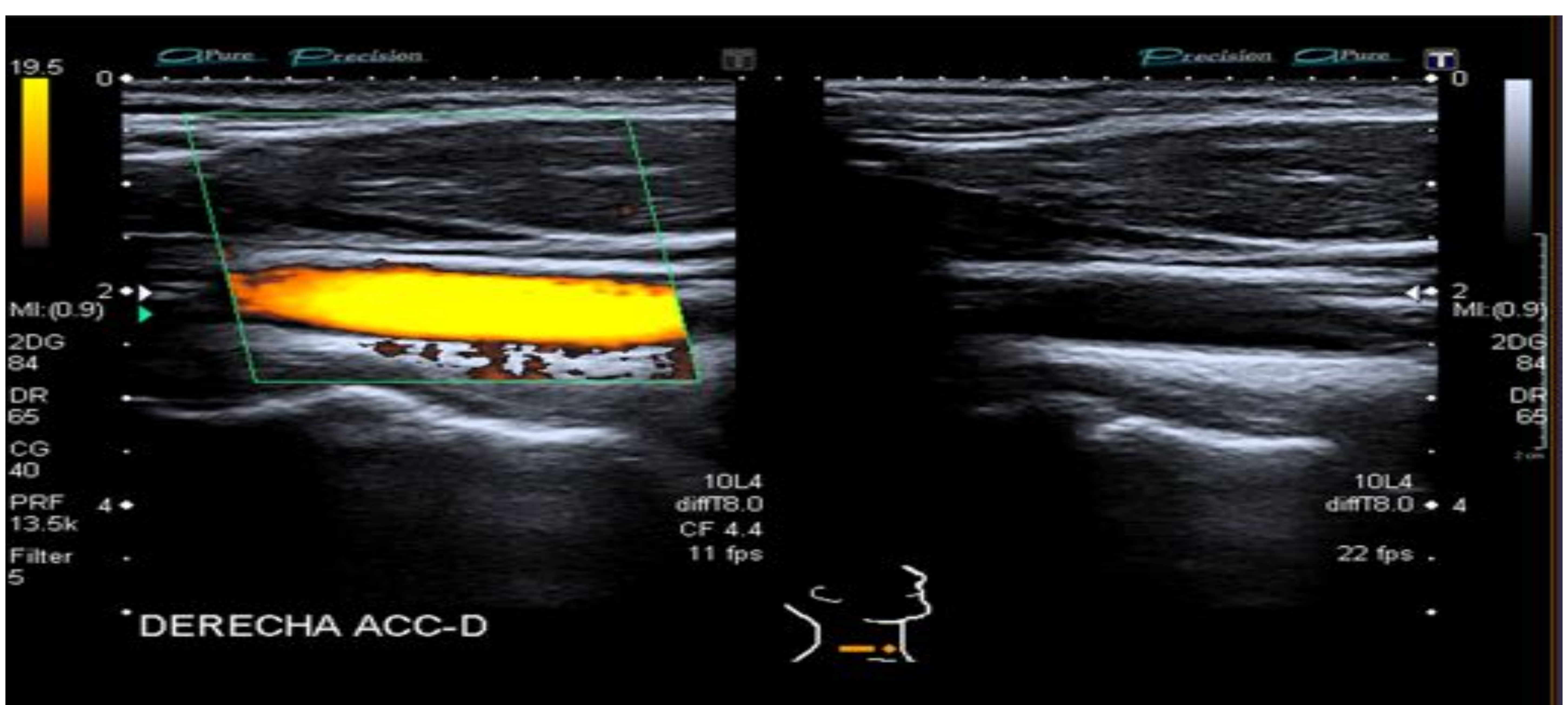


Figura 12. Ecografía troncos supraaórticos. Arteria carótida común derecha. **References:** Radiodiagnóstico. Hospital Universitario Virgen Macarena. Sevilla.

Exploración ecográfica de los troncos supraaórticos



2. Proyección longitudinal: el plano de exploración óptimo dependerá del trayecto del vaso visualizado en el plano transversal. En la mayoría de los casos el plano óptimo es oblicuo. Se puede obtener en un plano ambas carótidas (externa e interna), justo por encima de la bifurcación y la arteria carótida común, no obstante en algunos pacientes solo se logra visualizar una de ellas en el mismo plano que la arteria carótida común.[4] (Figura 13).

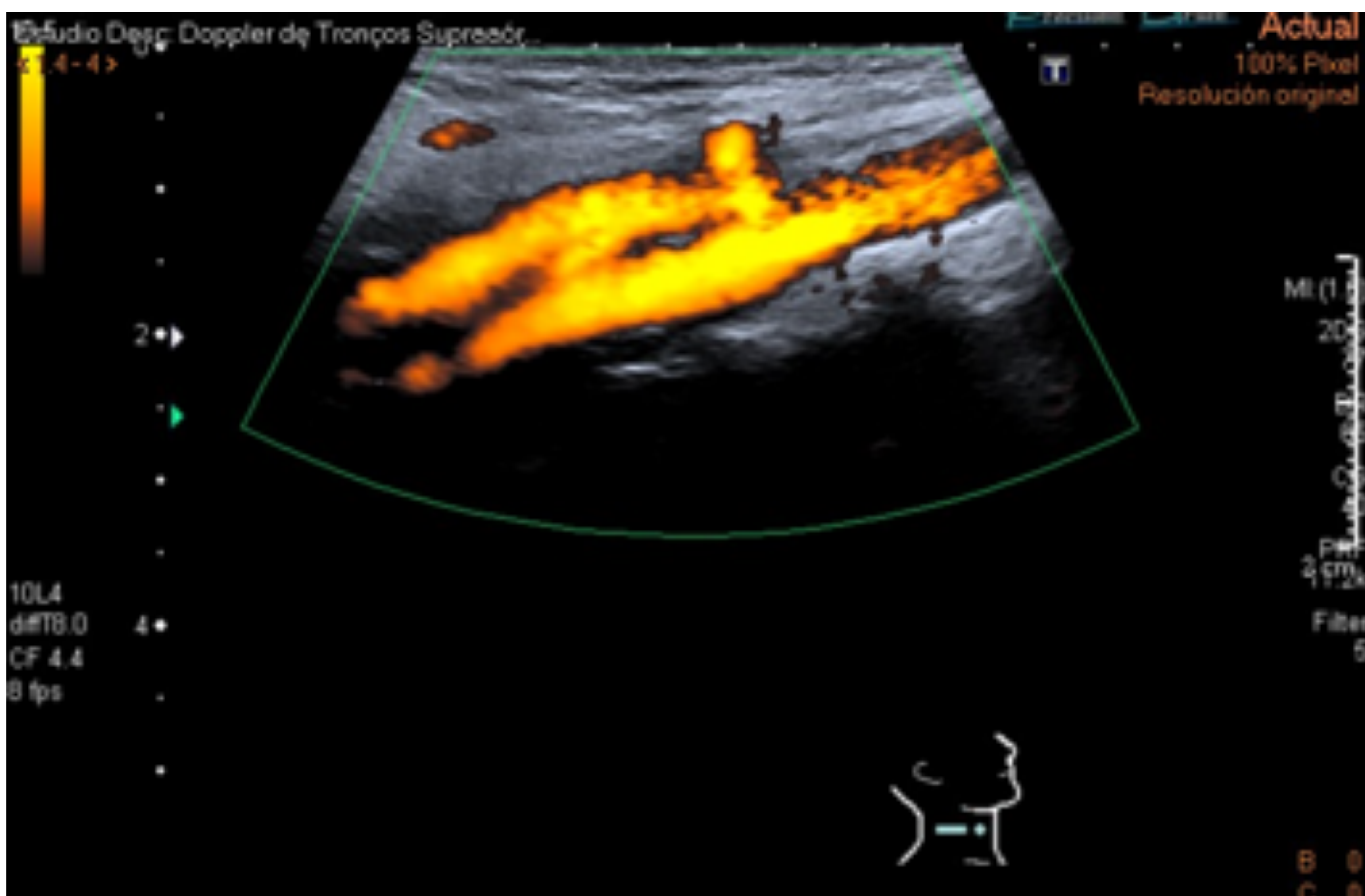


Figura 13. Ecografía troncos supraaórticos. Bifurcación carotídea.

References: Radiodiagnóstico. Hospital Universitario Virgen Macarena. Sevilla.

Exploración ecográfica de los troncos supraaórticos



¿Cómo saber si corresponder a arteria carótida interna o externa?

Arteria carótida interna: (Figura 14)

95% tiene un trayecto posterior y lateral a la arteria carótida externa.

Frecuentemente presenta una dilatación ampular inmediatamente distal a su origen.

Suele tener mayor calibre.

No suele tener ramas en el cuello.

Patrón de baja resistencia

Arteria carótida externa: (Figura 15)

Se identifican sus ramificaciones vasculares.

Flujo similar al de los vasos periféricos

EL flujo de la arteria carótida común suele ser una mezcla de ambas aunque suele parecerse más al de la arteria carótida interna. [4]

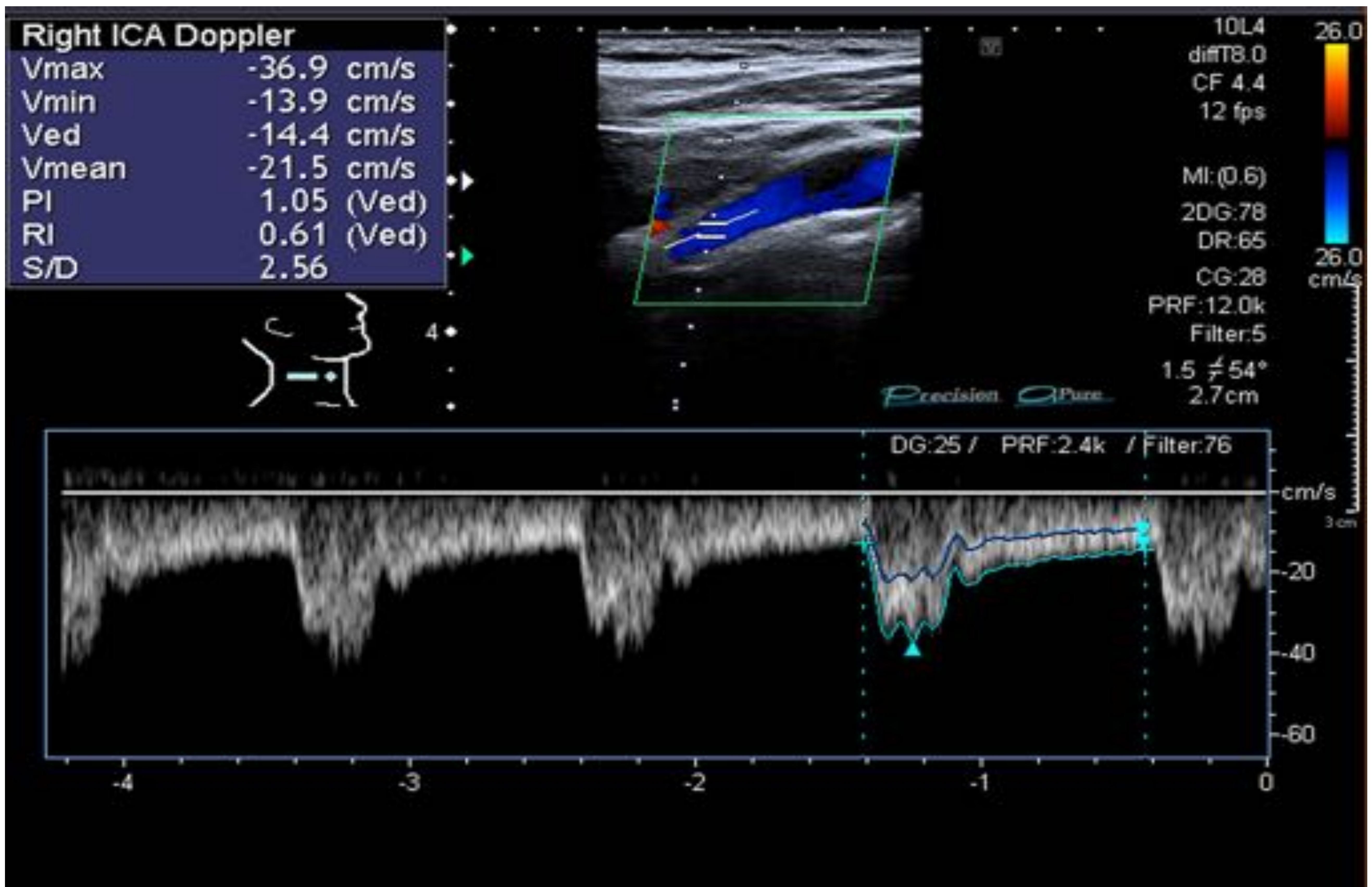


Figura 14. Ecografía troncos supraaórticos. Arteria carótida interna.
References: Radiodiagnóstico. Hospital Universitario Virgen Macarena. Sevilla.

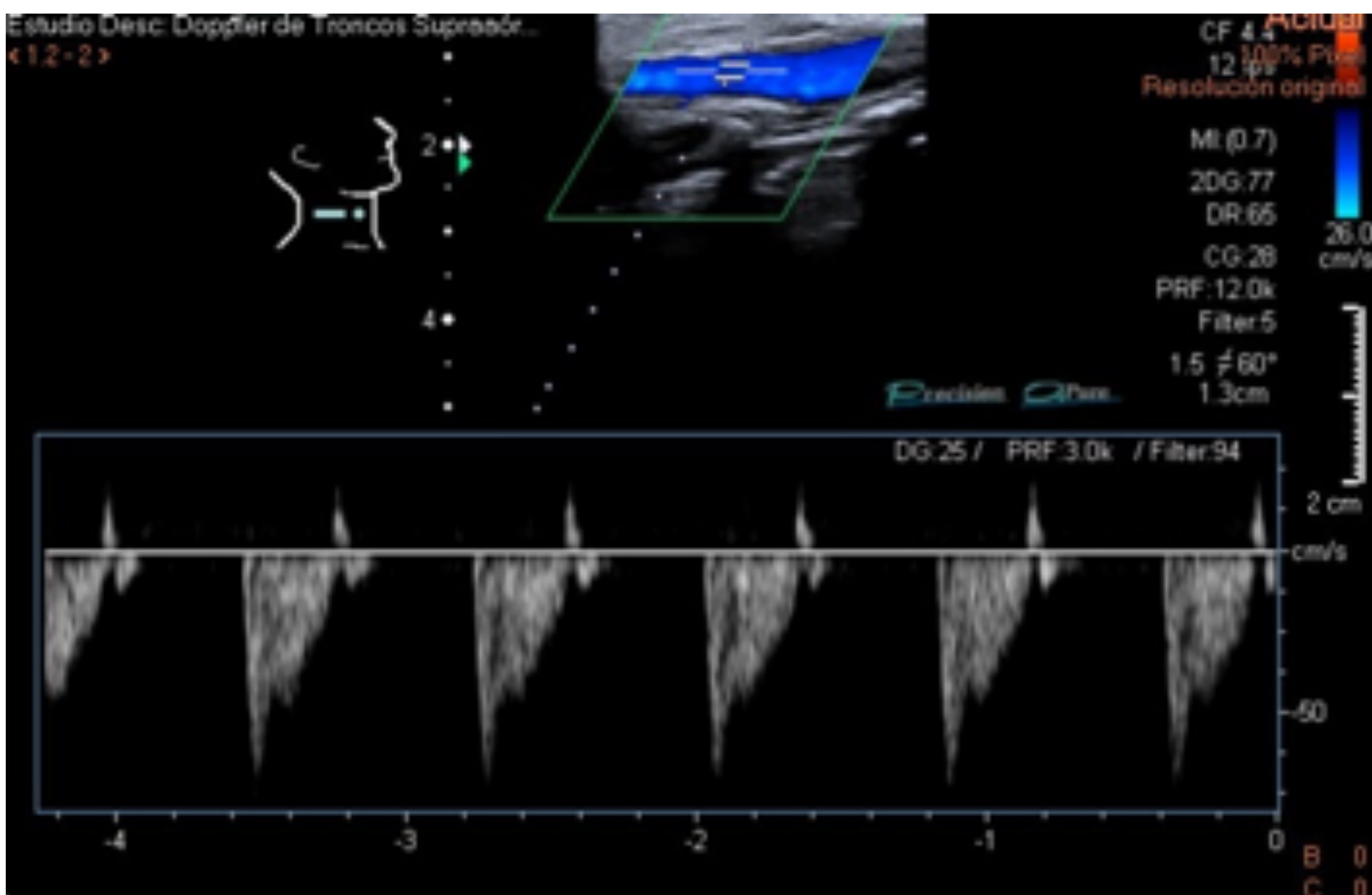


Figura 15. Ecografía troncos supraaórticos. Arteria carótida externa.
References: Radiodiagnóstico. Hospital Universitario Virgen Macarena. Sevilla.

Exploración ecográfica de los troncos supraaórticos

Arteria vertebral: (Figura 16)

Aporta sangre a la mayor parte de la circulación posterior. Su exploración es más difícil debido a la gran variabilidad anatómica, su menor tamaño y trayectoria profunda. Ecografía Doppler color permite encontrar fácilmente las arterias vertebrales.

Discurre entre las apófisis (generan sombra acústica) de C2-C6, se puede realizar un barrido lateral para encontrarla.

Al inclinar el transductor en sentido caudal se puede identificar el origen de la arteria vertebral.

La izquierda tiene un origen más profundo.

Suele tener un flujo de baja resistencia, similar al de la arteria carótida común. [4]

En algunas ocasiones para lograr visualizar la arteria vertebral es necesario utilizar un transductor de baja frecuencia.

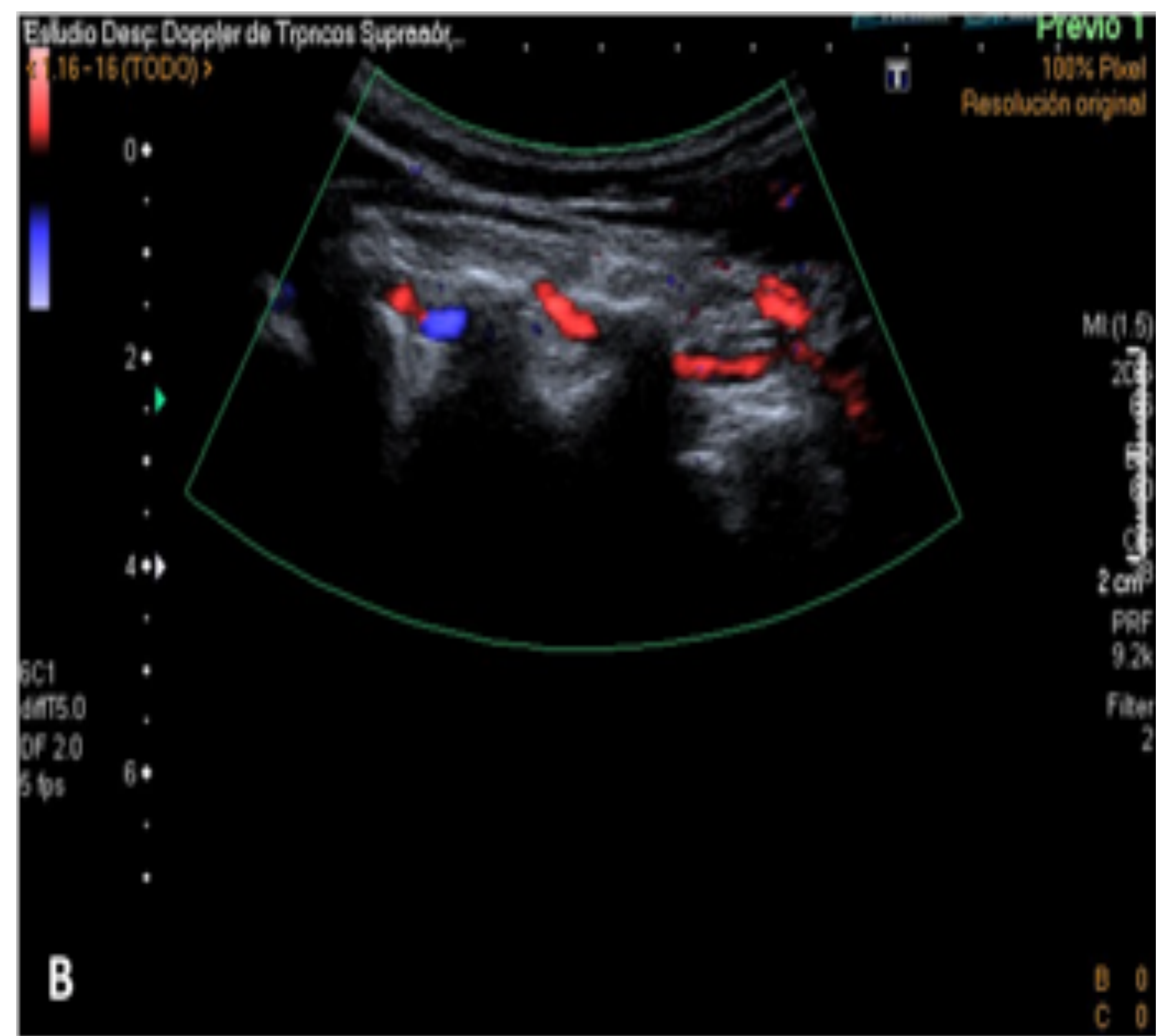
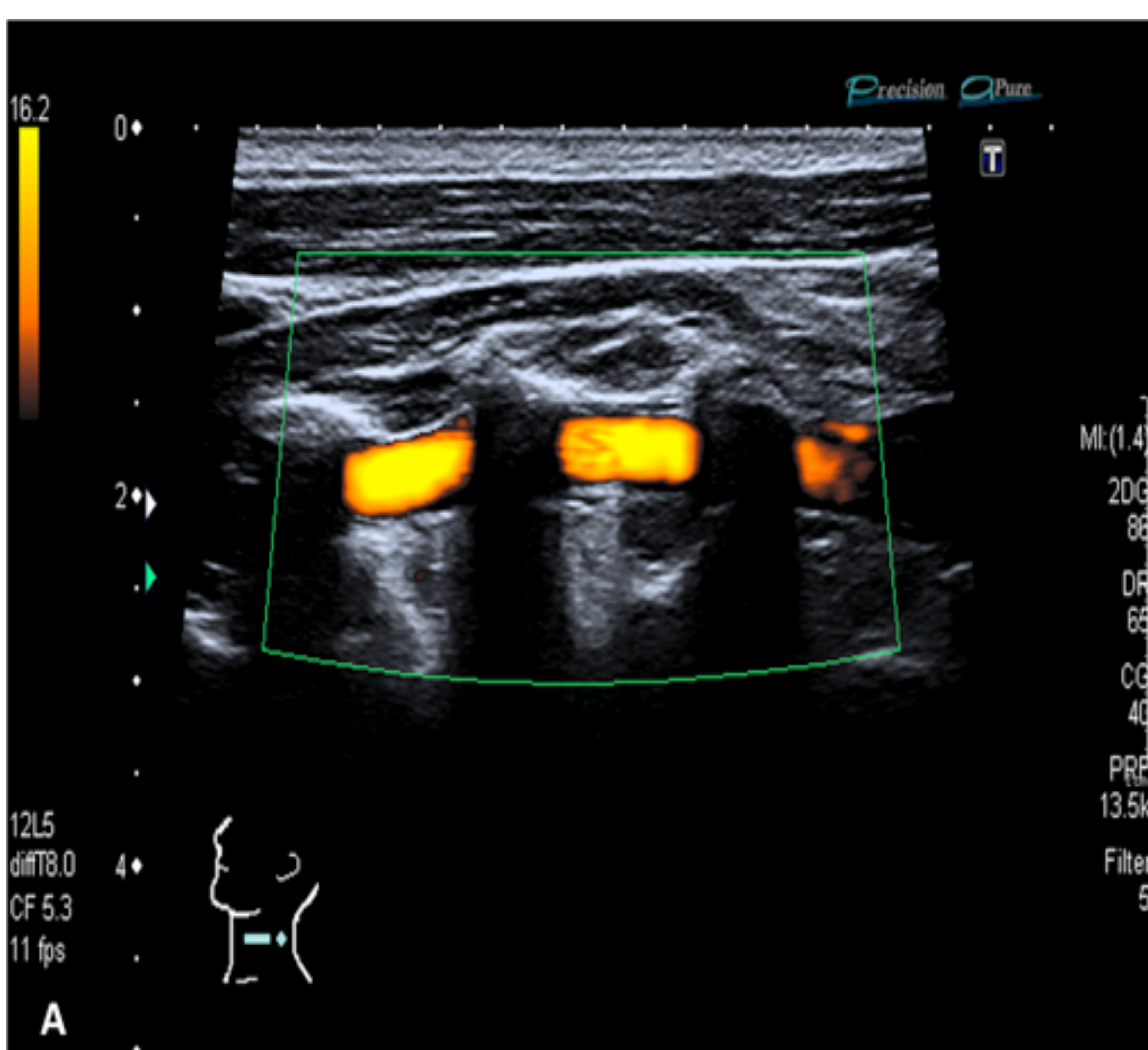


Figura 16. Ecografía troncos supraaórticos. A y B: Arteria vertebral.

References: Radiodiagnóstico. Hospital Universitario Virgen Macarena. Sevilla.

Artefactos:

Aliasing:

Corresponde a mosaico de colores en Doppler color o decapitación de la onda de flujo en Doppler espectral.

Se produce por una frecuencia excesivamente alta o escala de velocidad demasiado baja.

Si persiste pese a ajustar valores, indica punto de estenosis.

[5] (Figura 17)

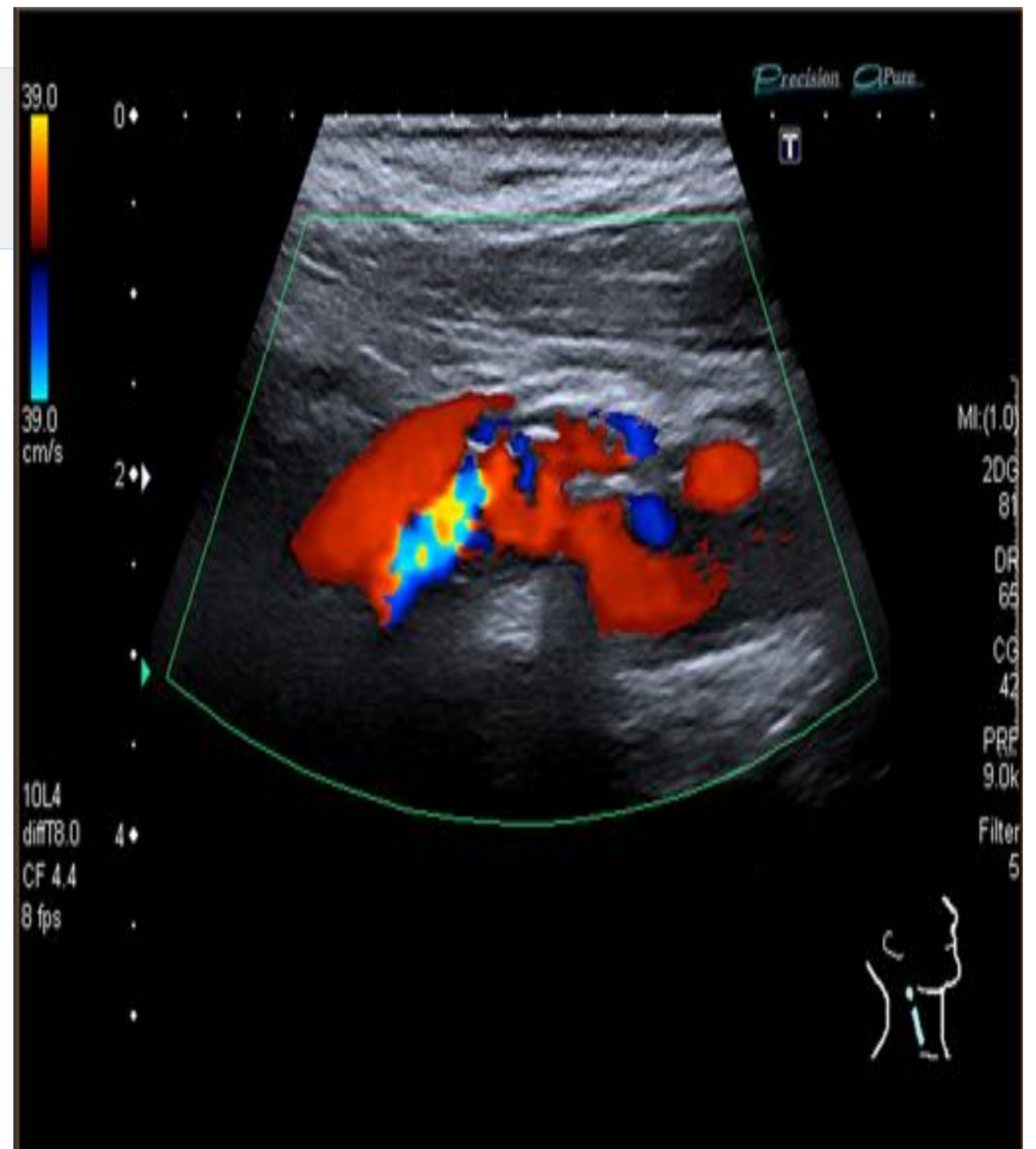
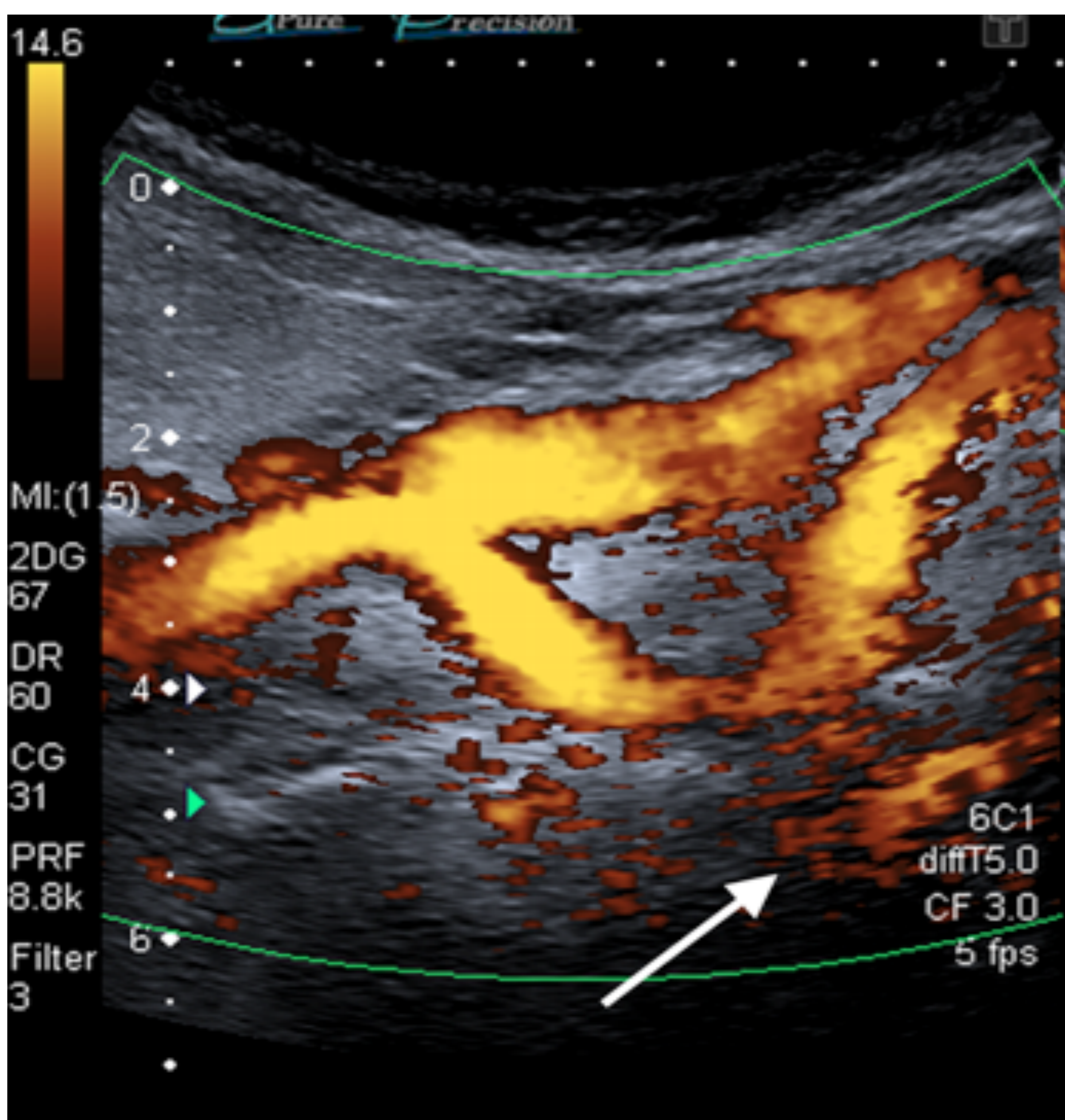


Figura 17. Ecografía troncográfica supraaórtica. Aliasing. **References:** Radiodiagnóstico. Hospital Universitario Virgen Macarena. Sevilla.



Blooming:

Color rebasa paredes vaso.

Ocurre por exceso de ganancia.

Duplicación especular a ambos lados de línea base:

Se produce por ángulo perpendicular vaso-haz de sonido.

[5] (Figura 18)

Figura 18. Ecografía troncográfica supraaórtica. Blooming (flecha blanca). **References:** Radiodiagnóstico. Hospital Universitario Virgen Macarena. Sevilla.

Artefactos:

Artefactos de borde, centelleo o flash, twinkling:

Corresponde a ruido por interfase con superficie reflectante (calcio) con PRF, filtro de pared y velocidad bajas. [5] (Figura 19)

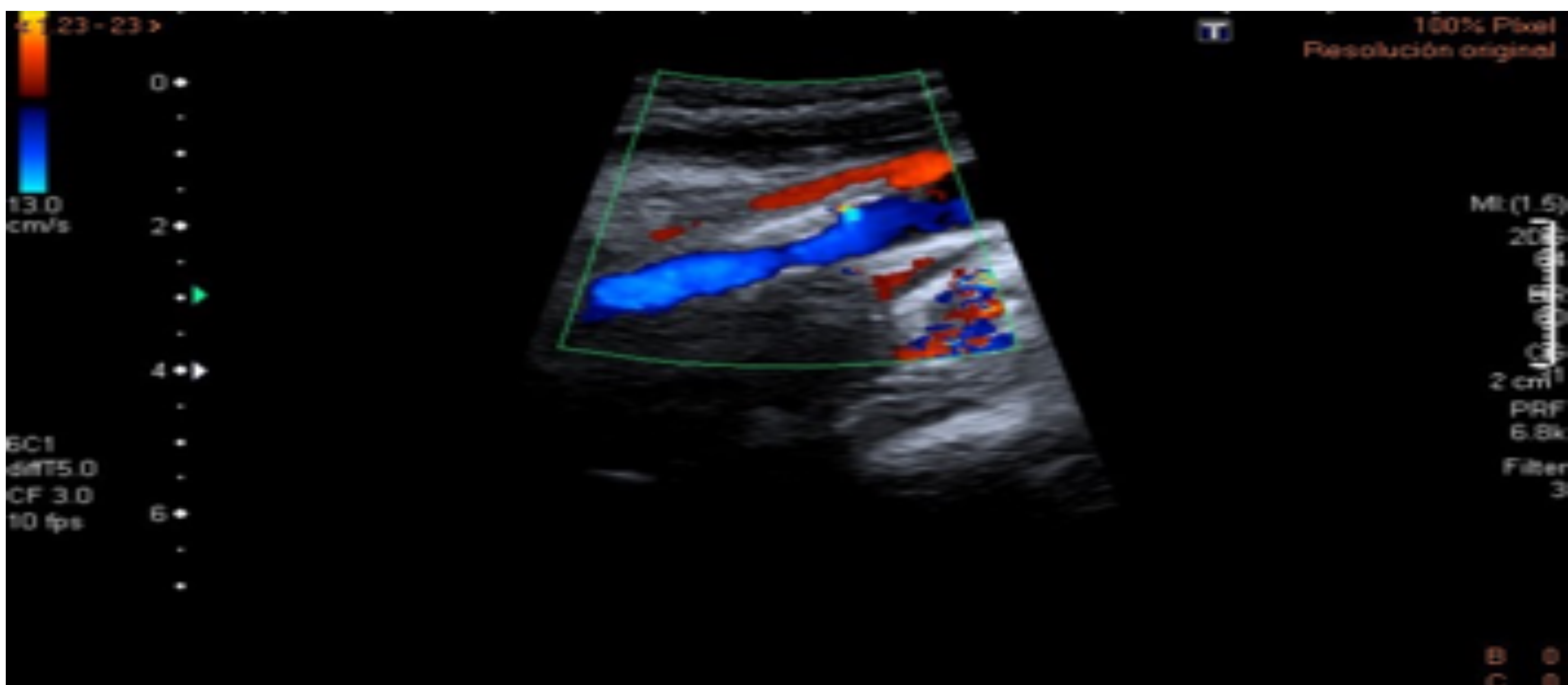


Figura 19. Centelleo.

References: Radiodiagnóstico. Hospital Universitario Virgen Macarena. Sevilla.

Ángulo Doppler inapropiado:

Puede producir ausencia o errores en velocidades de flujo. [5] (Figura 20)

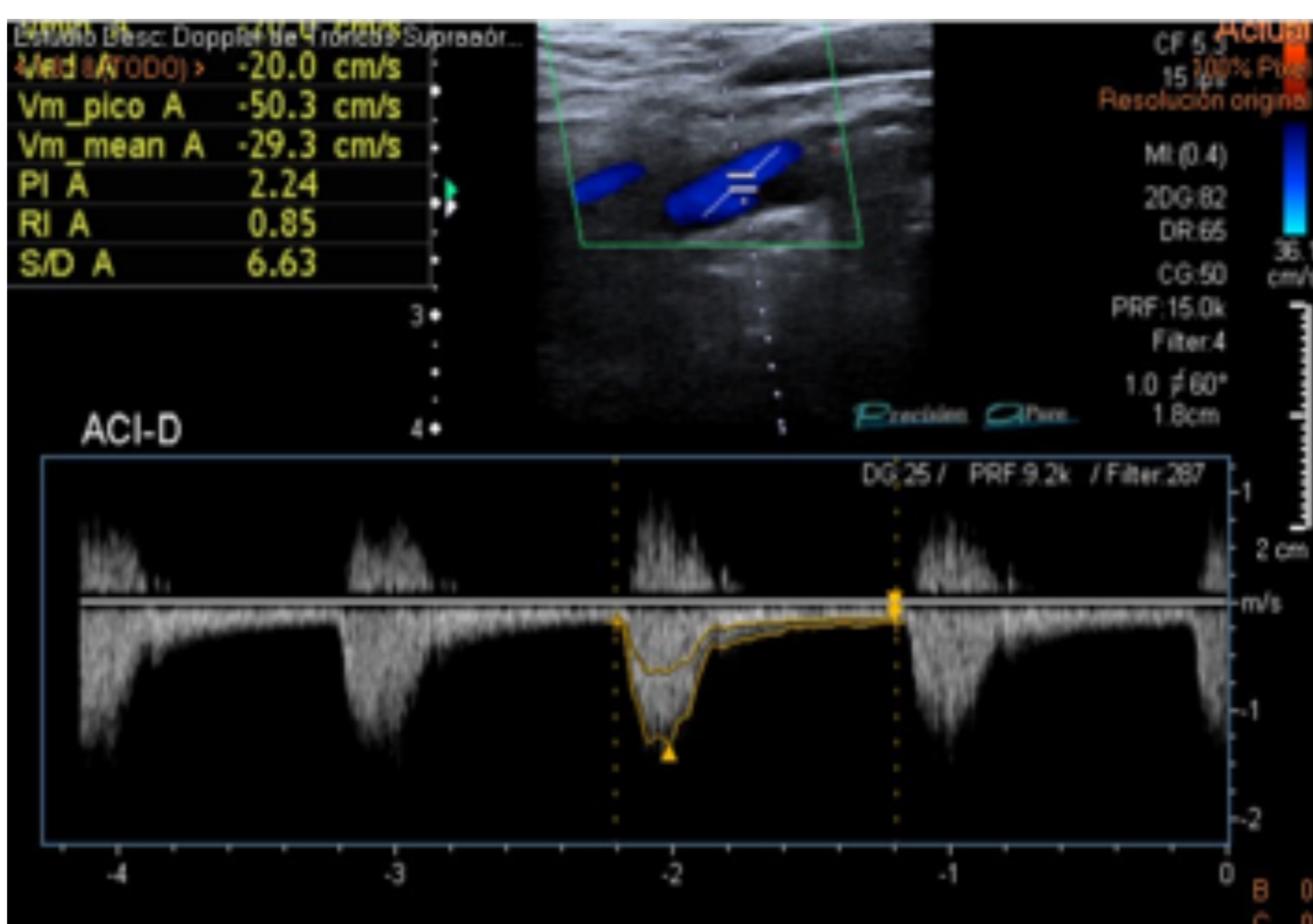


Figura 20. Ecografía troncos supraaórticos. Ángulo Doppler inapropiado. **References:** Radiodiagnóstico. Hospital Universitario Virgen Macarena. Sevilla.

Conclusiones:



La ecografía Doppler es una prueba de gran utilidad en el estudio de la patología de los troncos supraaórticos, una técnica accesible e inocua que requiere conocimiento y experiencia para realizarla con una adecuada optimización de los parámetros ecográficos, debido a que la falta de optimización de estos nos puede inducir a realizar una evaluación inadecuada con una interpretación errónea de los hallazgos, por lo que debemos ser capaces de discriminar en aquellos casos en los que nos encontramos por ejemplo frente a un flujo deficiente o ausente o lo contrario en caso de un flujo excesivo o una morfología de onda anormal, poder diferenciar si estos hallazgos son efectivamente patológicos o corresponden a un ajuste de los parámetros subóptimo. Si se conocen sus puntos fuertes y débiles y se sigue una sistemática en la exploración, tiene una gran rentabilidad diagnóstica.

Bibliografía:

[1] Margarita V. Revzin, Amir Imanzadeh, Christine Menias, Sarvenaz Pourjabbar, Adel Mustafa, Nariman Nezami, Michael Spektor, John S. Pellerito. [Optimizing Image Quality When Evaluating Blood Flow at Doppler US: A Tutorial](#). RadioGraphics 2019; Volume 39, Number 5.

[2] Paola Paolinelli g. Principios físicos e indicaciones clínicas del ultrasonido Doppler. Physical principles and clinical indications for Doppler ultrasound. Rev.Med. Clin.Condes-2013; 24(1) 139-148.

[3] [Hamid R. Tahmasebpour](#), [Anne R. Buckley](#), [Peter L. Cooperberg](#), [Cathy H. Fix](#). Sonographic Examination of the Carotid Arteries. RadioGraphics 2005; 25:1561–1575.

[4] Rumack, Wilson, Charboneau, Levine. Ecografía Abdominal, pélvica, torácica, tiroides, mama, escroto, musculoesquelética. Tomo 1. 4ª Edición. Madrid. Editorial Marban. 2014.

[5] Deborah J. Rubens, Shweta Bhatt, Shannon Nedelka, Jeanne Cullinan. Doppler Artifacts and Pitfalls. Radiol Clin N Am 44 (2006) 805–835.