

Ecografía Doppler de troncos supraaórticos: Guía práctica para residentes

Tipo: Presentación Electrónica Educativa

Autores: Blanca Morón Rodríguez, Natividad Rebollo García, Olga Victoria Guerrero Mayor, Carmen Lozano Calero, Kenza Machan -, Ana Villar Puertas

Objetivos Docentes

- Revisar el protocolo de exploración y los parámetros técnicos necesarios para realizar un correcto estudio ecográfico de los troncos supraaórticos.
- Proporcionar una guía práctica que permita sistematizar el estudio a los radiólogos que se inician en la técnica.
- Describir los hallazgos ecográficos de la patología carotídea más frecuente: la enfermedad arteriosclerótica.

Revisión del tema

La ecografía Doppler es el estudio de imagen de primera elección para la evaluación de la circulación extracraneal. Permite valorar la patología estenótica carotídea con gran fiabilidad, pero para ello es necesario comprender los principios físicos del Doppler y realizar un estudio meticuloso y sistemático.

RECUERDO ANATÓMICO:

La arteria carótida común (ACC) derecha se origina del tronco arterial braquiocefálico y la izquierda directamente del arco aórtico. Ambas carótidas ascienden y se dividen en arteria carótida interna (ACI) y externa (ACE). Aunque el nivel de la bifurcación es variable, suele localizarse a nivel del borde superior del cartílago tiroides. La ACI no suele dar ramas en el cuello, en cambio la ACE da ramas para el tiroides, cuello y cara.

Las arterias vertebrales se originan como la primera rama de la arteria subclavia, aunque en el 6% de la población, la arteria izquierda nace directamente del arco aórtico. Ascienden a través de los agujeros transversos vertebrales desde C6 hasta C1 y pasan por el agujero magno. No dan ramas principales en el cuello. Antes de unirse para formar el tronco basilar dan lugar a la arteria cerebelosa posteroinferior. [Fig 1](#)

INDICACIONES:

- Evaluación de pacientes con accidentes isquémicos transitorios (AIT) o accidentes cerebrovasculares (ACV).
- Evaluación de soplos carotídeos.
- Evaluación de masa cervical pulsátil.
- Seguimiento de la patología conocida.
- Seguimiento de pacientes intervenidos (endarterectomía, endoprótesis, derivaciones).
- Cribado previo a cirugía vascular mayor en pacientes mayores de 60 años o con varios factores de riesgo cardiovascular.
- Síntomas neurológicos inespecíficos (vértigo, pérdida transitoria de visión).
- Déficit neurológico postoperatorio precoz.
- Diagnóstico y seguimiento de la disección carotídea.

PROTOCOLO DE EXPLORACIÓN:

• Posición del paciente:

La exploración se realiza con el paciente en decúbito supino con el cuello en hiperextensión y rotación de 45° hacia el lado contrario al lado explorado. Puede ser útil colocar una almohada debajo de los hombros para facilitar la extensión de la cabeza. En pacientes ancianos es mejor no forzar la hiperextensión para que toleren la prueba. Si existe mala visualización por vía anterior es útil el abordaje posterior por detrás del músculo esternocleidomastoideo.

• Equipo:

Se necesita un equipo que disponga de sonda lineal con frecuencias superiores a 7 MHz, Doppler color y Doppler pulsado con capacidad para medir velocidades. Debe disponerse de la función de angulación en modo B y caja de color.

El estudio ecográfico incluye una inspección visual en escala de grises, estudio mediante Doppler color y análisis espectral de velocidades con Doppler pulsado.

1. Escala de grises:

Debe realizarse un estudio axial y longitudinal desde el origen de arteria carótida común (ACC) hasta la arteria carótida interna (ACI) más distal visible. La evaluación en escala de grises permite una visualización directa de la pared del vaso. Se deben valorar las características de las placas de ateroma y el complejo íntima-media. [Fig. 2](#) [Fig. 3](#)

2. Doppler color:

Permite detectar el flujo y determinar su dirección. Las zonas con flujo se representan como áreas de color sobre una imagen basal en escala de grises. La codificación del flujo representa tanto la dirección como la velocidad a través de un mapa de color. Este mapa de color se encuentra dividido en dos partes

por una barra negra que corresponde al punto sin flujo. El color situado por encima muestra el flujo que se dirige al transductor y el situado por debajo, el que se aleja del transductor. Además, la escala de colores indica la velocidad del flujo. El Doppler color permite detectar placas muy hipoeoicas no visibles en escala de grises, valorar posibles ulceraciones, calcular el grado de estenosis por planimetría y detectar áreas de flujo anormal. Por ejemplo, el fenómeno de “aliasing” consiste en un falso espectro de color que se observa como una heterogeneidad cromática distal a un punto de estenosis, y se produce debido a las altas velocidades a dicho nivel. [Fig. 4](#)

3. Doppler pulsado o espectral:

Es una representación gráfica cuantitativa de las velocidades y las direcciones del flujo dentro del volumen de la muestra Doppler. Se debe valorar la velocidad de flujo y la morfología del espectro, registrando las velocidades pico sistólica (VPS), velocidad telediastólica (VTD) y el índice de resistencia (IR) en la ACC, en la ACI proximal, y también en la arteria carótida externa (ACE) proximal. Si existen zonas de estenosis debemos registrar estos parámetros en el punto de máxima estenosis e inmediatamente distal a ésta. [Fig. 5](#)

• Identificación de las carótidas:

Existen varios hallazgos que nos permiten diferenciar la ACI de la ACE. En casi el 95% de los pacientes la ACI es posterior y lateral a la ACE. La ACI tiene una dilatación ampular proximal, y normalmente es mayor que la ACE. Otro rasgo diferencial son las ramas vasculares: la ACI no suele dar ramas en el cuello, en cambio la ACE da ramas para el tiroides, cuello y cara. La ACI irriga una circulación de baja resistencia cerebral y muestra un flujo anterógrado durante toda la diástole. La ACE irriga un lecho vascular de alta resistencia de la musculatura facial, el flujo presenta un ascenso sistólico brusco y un descenso diastólico relativamente rápido, acercándose a cero o cambiando de dirección transitoriamente.

[Fig. 6](#) [Fig. 7](#)

• Arteria vertebral:

Se identifica localizando la ACC en longitudinal y angulando el transductor lateralmente hacia los procesos transversos de la columna cervical. Por su profundidad, puede ser necesario incrementar la ganancia de color para su visualización. Se debe valorar la dirección del flujo, la morfología de la onda espectral y el tamaño relativo con respecto a la vertebral contralateral. La arteria vertebral normal tiene un flujo de dirección craneal y un patrón de baja resistencia. [Fig. 8](#) [Fig. 9](#)

Ventajas e inconvenientes de la técnica:

La ecografía Doppler es un método poco costoso, no invasivo y muy preciso para el diagnóstico de la estenosis carotídea. Ofrece información hemodinámica y morfológica del vaso, puede repetirse cuantas veces haga falta con un cociente sensibilidad/especificidad muy alto y su disponibilidad es elevada.

Entre las limitaciones de esta técnica se incluyen las características anatómicas del paciente (morfología del cuello, bifurcación carotídea alta, vasos tortuosos), las dificultades del paciente para colaborar, la existencia de placas ateromatosas calcificadas con importante sombra acústica, así como las arritmias cardíacas, lesiones en tándem y lesiones carotídeas muy proximales o contralaterales que den lugar a variaciones en la velocidad del flujo. [Fig. 10](#) [Fig. 11](#)

Pese a sus limitaciones, se recomienda utilizarla como examen diagnóstico de primera elección en la

detección de patología estenótica carotídea susceptible de tratamiento, aunque es aconsejable no basarse únicamente en este examen antes de indicar tratamiento con endarterectomía o angioplastia.

TÉCNICA Y PARÁMETROS DOPPLER:

El **efecto Doppler** se define como el cambio de frecuencia de una onda de sonido como resultado del movimiento de la fuente emisora con respecto al receptor. La frecuencia del sonido es mayor si la fuente emisora se está acercando hacia nosotros y menor si se está alejando.

El cambio de la frecuencia Doppler es el resultado de la diferencia entre la frecuencia transmitida y la reflejada, y se define por la ecuación Doppler:

$$Af = (2 f_0 V \cos a) / C$$

Esta fórmula explica cómo se puede calcular la velocidad del flujo (V) si conocemos la variación de la frecuencia (Af), el ángulo del haz de ultrasonidos incidente (a), la frecuencia transmitida (f_0), y la constante de velocidad del ultrasonido en tejido blando (C).

El ángulo Doppler afecta a la frecuencia detectada, de tal forma que si el ángulo es cercano a 90° no se detectará variación de la frecuencia y no habrá señal Doppler. Si el flujo sanguíneo se mueve perpendicularmente al transductor, el flujo no se detecta porque no provoca ningún cambio en la frecuencia Doppler. Por este motivo, el ángulo de incidencia óptimo para obtener una buena señal Doppler es entre 30° y 60° .

Doppler espectral:

- **Volumen de la muestra (caja):**

Es la región del haz de ultrasonidos sensible a la presencia de ecos de cambio de frecuencias Doppler. Normalmente el tamaño óptimo de la caja suele ser de 2 a 3 mm. Se debe colocar en el centro de la luz vascular y paralelo a la dirección del flujo. Si se coloca cerca de la pared vascular puede originar un falso ensanchamiento espectral, y si se posiciona en el segmento curvo de una arteria tortuosa puede originar un falso aumento de la velocidad.

- **Ángulo Doppler:**

Debe ser menor de 60° . Se debe corregir el ángulo o angular el transductor para posicionarlo paralelo al vector del flujo y así obtener mediciones de velocidad adecuadas.

Doppler color:

- **Caja de color:**

Es la zona de la imagen en modo B donde se explora el flujo y se obtiene la señal de Doppler color. Se debe ajustar su tamaño y angular su orientación para que el ángulo de incidencia sobre el flujo sanguíneo sea menor de 60° .

- **Escala de velocidad de color:**

Es el rango de velocidades detectadas. En un estudio normal de carótidas debe ajustarse en torno a 30 - 40 cm/seg (velocidad media). Escalas de velocidad de color altas o bajas pueden dificultar la detección de turbulencias asociadas a estenosis. Si existen suboclusiones en el vaso, el flujo puede ser muy escaso por lo que hay que ajustar la escala a velocidades muy bajas (< 15 cm/seg).

- **Ganancia de color:**

Debe ajustarse para que el color se adapte a la superficie íntima del vaso. Una ganancia excesiva puede dificultar la detección de las placas, mientras que una ganancia muy baja no permitirá detectar flujo. El modo Doppler potencia (power Doppler) calcula la potencia de la señal recibida, que es dependiente de la densidad de glóbulos rojos que circulan por un volumen de muestra. Es más sensible para detectar flujo residual en suboclusiones y delimita mejor la pared vascular. [Fig. 12](#)

ATEROSCLEROSIS CAROTÍDEA EXTRACRANEAL:

Engrosamiento del complejo íntima-media:

El engrosamiento del complejo íntima-media está considerado un signo precoz de aterosclerosis y factor de riesgo para ictus y cardiopatía isquémica. Debe medirse en modo escala de grises y su grosor normal es menor de 1 mm, aunque puede existir un engrosamiento fisiológico con la edad. Al ser una medida reproducible, sirve para controlar la progresión o regresión de los cambios ateroscleróticos precoces. [Fig. 13](#)

Placas de ateroma:

Se debe valorar la localización, el tamaño, la estructura interna y la superficie de las placas de ateroma.

Las placas homogéneas pueden ser fibrosas (blandas) o calcificadas, y presentan una superficie regular. Las placas heterogéneas son más inestables y sintomáticas, pueden tener una superficie irregular (ulceración) y áreas hipoecogénicas en su interior (hemorragias intraplaca). [Fig. 14](#) [Fig. 15](#)

Las placas ateromatosas calcificadas pueden presentar una importante sombra acústica que impide determinar el grado de estenosis. Si la placa calcificada es inferior a 1 cm de longitud, la presencia de velocidades de flujo y morfología de la onda dentro de la normalidad en el punto inmediatamente proximal y distal a la sombra acústica suele ser suficiente para excluir estenosis hemodinamicamente significativas. En otras ocasiones será necesario cambiar la posición del transductor tratando de evitar la zona calcificada. En estenosis con placas calcificadas de mayor longitud normalmente se requiere la valoración con otra prueba de imagen.

Estenosis de la ACI y ACC:

Los criterios para cuantificar el grado de estenosis en la ACI incluyen la velocidad pico sistólica y el porcentaje de estenosis visible (parámetros primarios), así como el cociente de VPS en ACI/ACC y la velocidad telediastólica (parámetros adicionales). [Fig. 16](#)

La VPS cuantifica con precisión las estenosis de alto grado. El incremento de velocidad es directamente proporcional al grado de estenosis, y es más pronunciado en el punto de estenosis y justo distal a él.

Si no se puede determinar el grado de estenosis mediante los parámetros primarios, o si existe discordancia entre éstos, podemos usar parámetros adicionales como el cociente de VPS en ACI/ACC y la VTD.

- **Estenosis severa (mayor o igual al 70%):**

Son estenosis hemodinámicamente significativas y requieren un tratamiento quirúrgico con endarterectomía o angioplastia. Los hallazgos ecográficos son: aumento de VPS por encima de 230 cm/segundo, reducción de la luz del vaso mayor o igual al 50%, ensanchamiento de la onda espectral, turbulencia postestenótica con Doppler color, presencia de “aliasing” a pesar de aumentar la escala de color por encima de 100 cm/segundo, VTD mayor de 100 cm/segundo, y cociente de VPS en ACI/ACC mayor de 4. [Fig. 17](#) [Fig. 18](#)

- **Suboclusión y oclusión total:**

Es muy importante diferenciar entre estenosis crítica y oclusión completa. Los pacientes con estenosis crítica pueden recibir tratamiento quirúrgico o angioplastia, mientras que en la oclusión completa el tratamiento es médico.

En la suboclusión podemos ver un flujo filiforme con Doppler color. En algunos casos puede no detectarse señal de Doppler color ni espectral en la luz vascular, lo que sugiere oclusión completa. En esta situación, para descartar un posible flujo lento es preciso disminuir la escala de velocidad de color, aumentar la ganancia de color, usar el modo Doppler potencia (power Doppler) e incluso se puede usar contraste ecográfico intravenoso para mejorar la visualización del flujo. Sin embargo, en ocasiones es necesario realizar angioRM para diferenciarlas.

En la oclusión completa los hallazgos ecográficos son: ausencia de flujo en Doppler color, visualización de un trombo que ocupa toda la luz vascular, inversión de la onda espectral inmediatamente proximal a la lesión y ondas de alta resistencia en vasos proximales. [Fig. 19](#) [Fig. 20](#)

Estenosis de la ACE:

En la ACE las placas obstructivas son menos frecuentes y su relevancia clínica es escasa, por lo que no suele precisar tratamiento. Sin embargo, la ACE aporta flujo colateral en pacientes con oclusión ipsilateral de la ACI, y esto puede influir en la decisión del tratamiento quirúrgico de la ACE estenótica.

Arteria vertebral y síndrome del robo de la subclavia:

La ecografía no es una técnica precisa para el estudio y la identificación de las estenosis vertebrales. En pacientes con estenosis de arteria vertebral proximal podemos ver una forma de onda de flujo amortiguada (tardus-parvus).

El robo de la subclavia se produce cuando existe una estenosis u obstrucción del segmento proximal de la subclavia o del tronco braquiocefálico con arterias vertebrales permeables en ambos lados. La arteria de la extremidad isquémica “roba” sangre del sistema vertebrobasilar mediante un flujo vertebral retrógrado. En función del grado de estenosis, podemos diferenciar entre robo completo, parcial o fenómeno de pre-robo.

- En el robo completo de la subclavia se identifica flujo totalmente invertido en la arteria vertebral ipsilateral a la subclavia ocluida.
- En el robo parcial podemos ver una inversión transitoria del flujo durante la sístole, y es sugerente de lesiones estenóticas de alto grado. [Fig. 21](#)
- El fenómeno de pre-robo muestra flujo anterógrado pero con deceleración sistólica menor que el flujo diastólico. Se observa en estenosis de la subclavia menos graves.

Imágenes en esta sección:

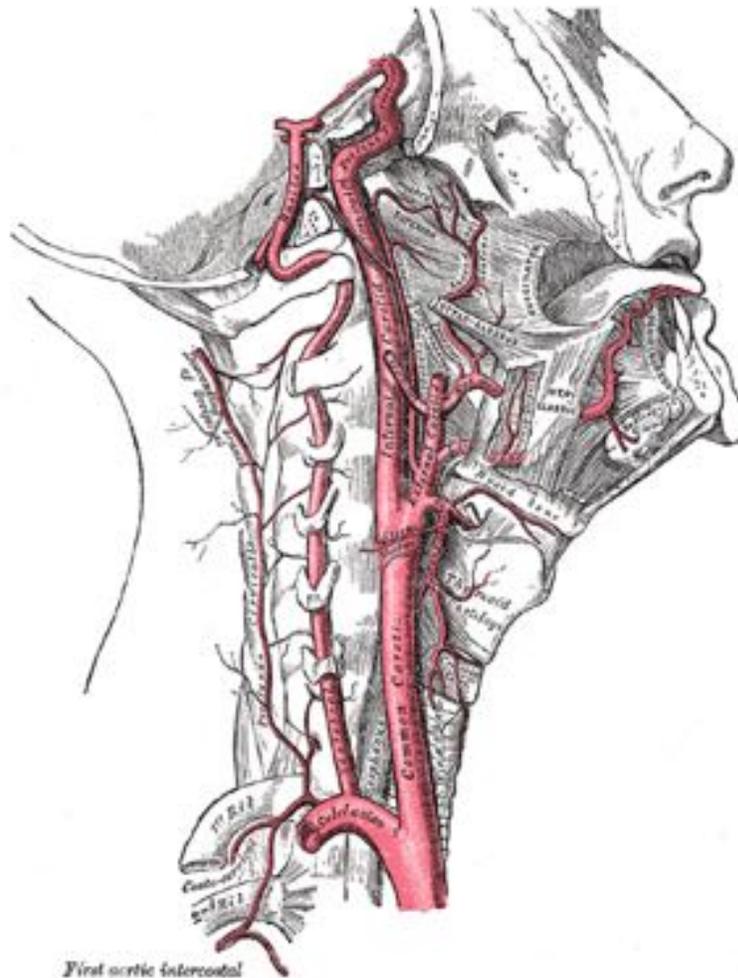


Fig. 1: Anatomía de las arterias carótidas y arteria vertebral.

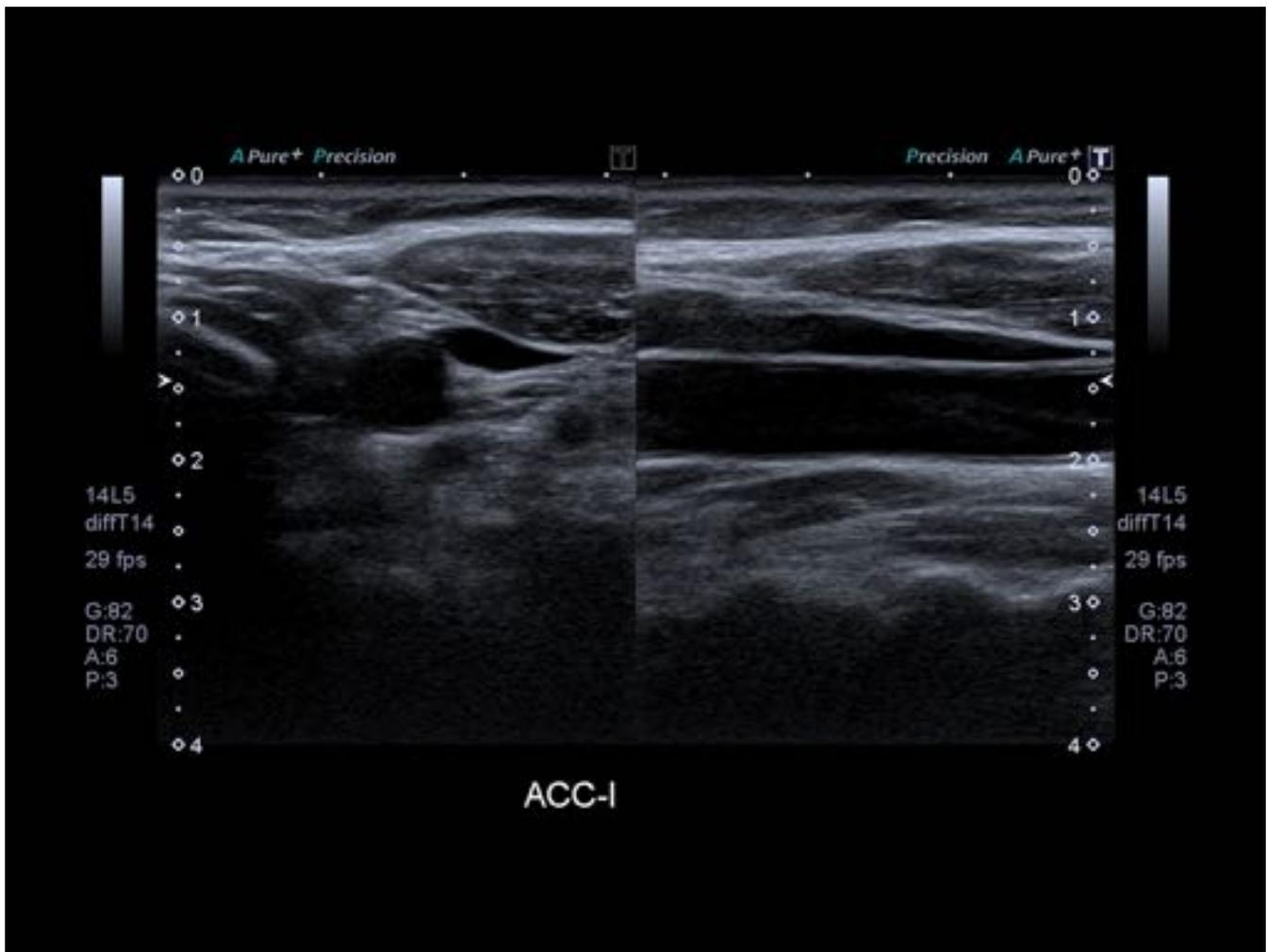


Fig. 2: Ecografía en escala de grises, corte axial (izquierda) y longitudinal (derecha) de la arteria carótida común. El complejo íntima-media tiene un grosor normal (menor de 1 mm).

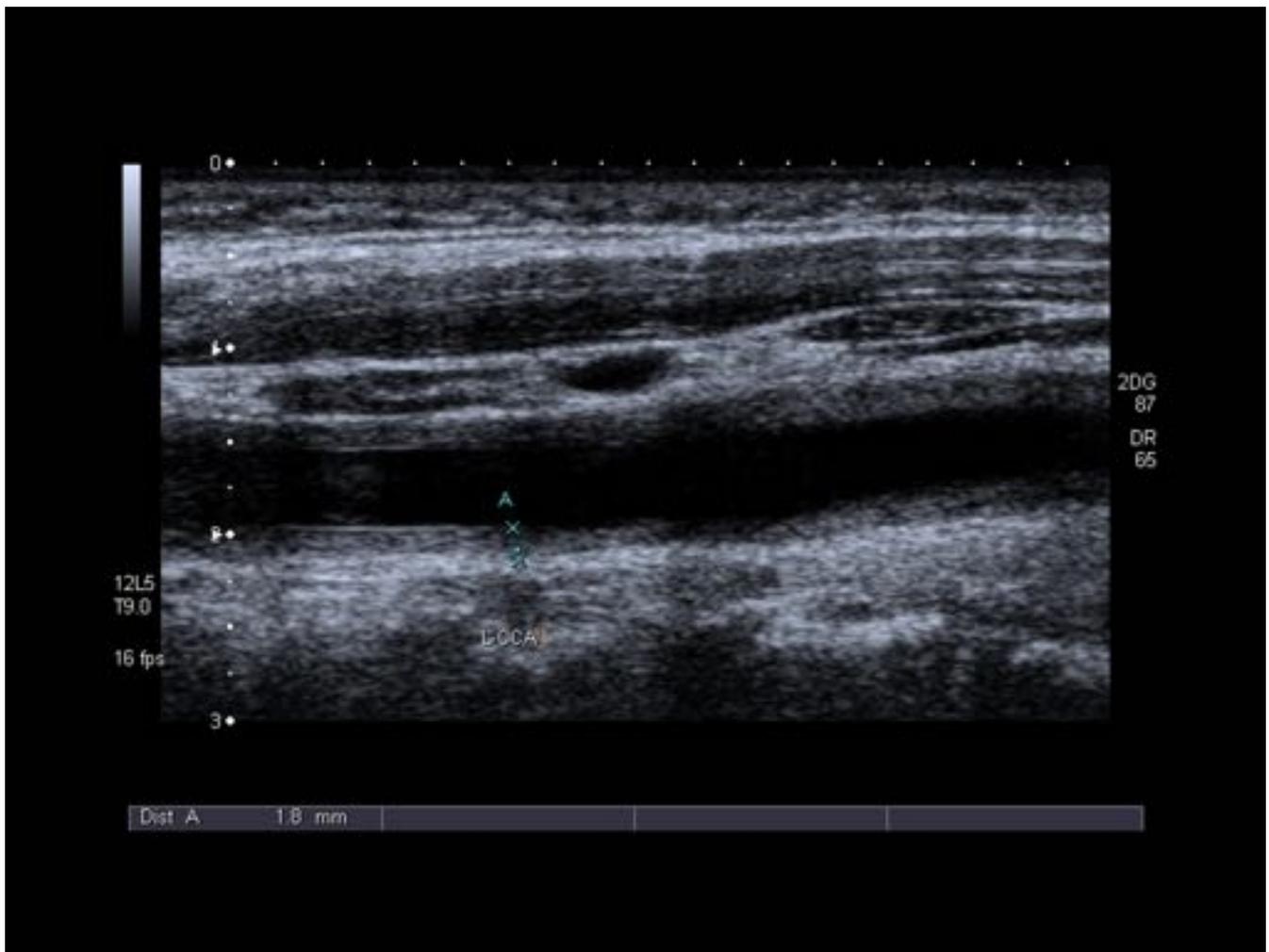


Fig. 3: Engrosamiento homogéneo y difuso de la pared del vaso en paciente con enfermedad de Takayasu.

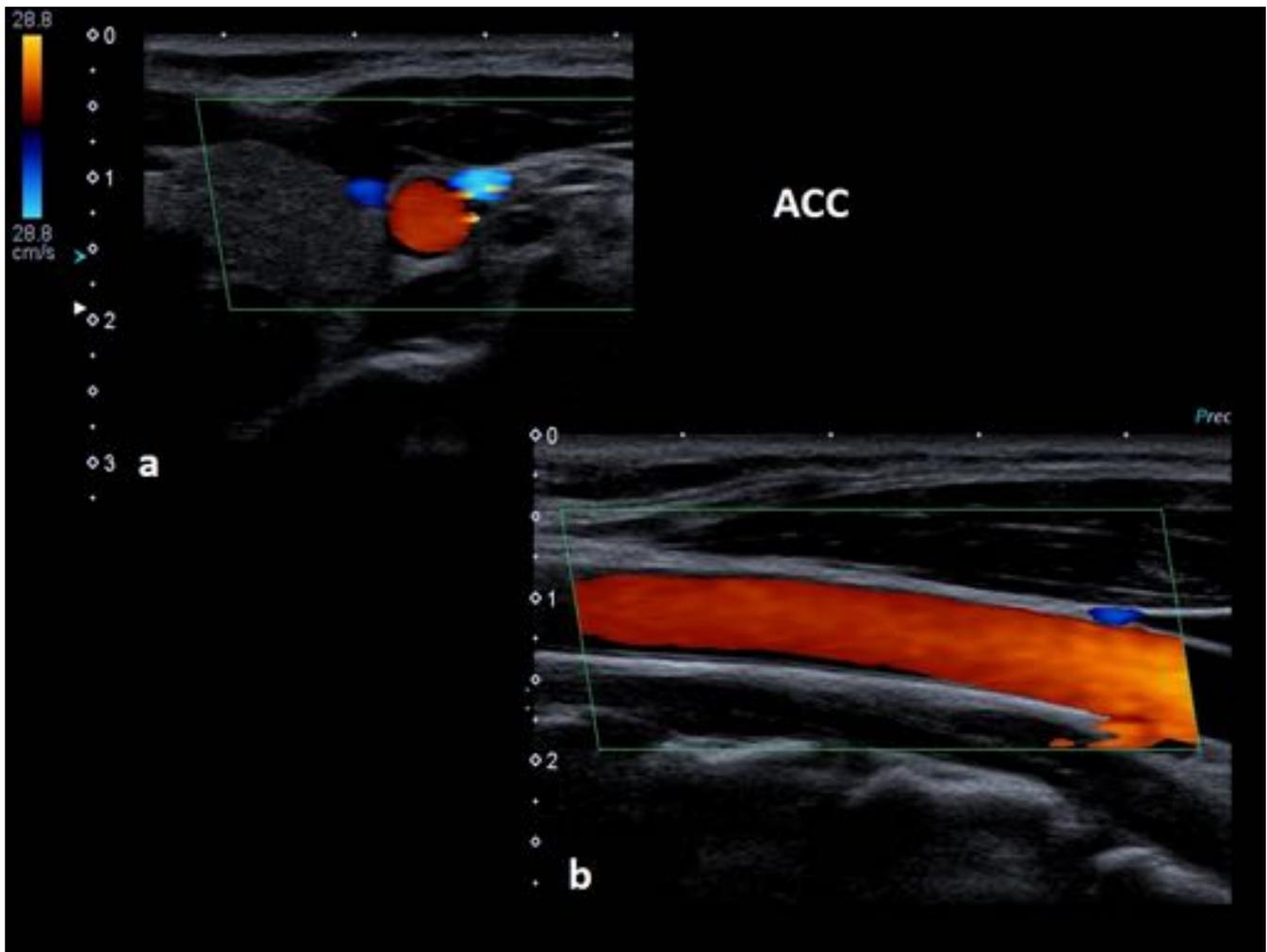


Fig. 4: Imagen en modo Doppler color. Corte axial (a) y longitudinal (b) de la arteria carótida común. Los segmentos en rojo y azul representan el flujo sanguíneo que se acerca y se aleja del transductor, respectivamente. La angulación de la caja de color permite un ángulo de incidencia menor de 60° y la escala de velocidad de color se ajusta a la velocidad media del flujo.

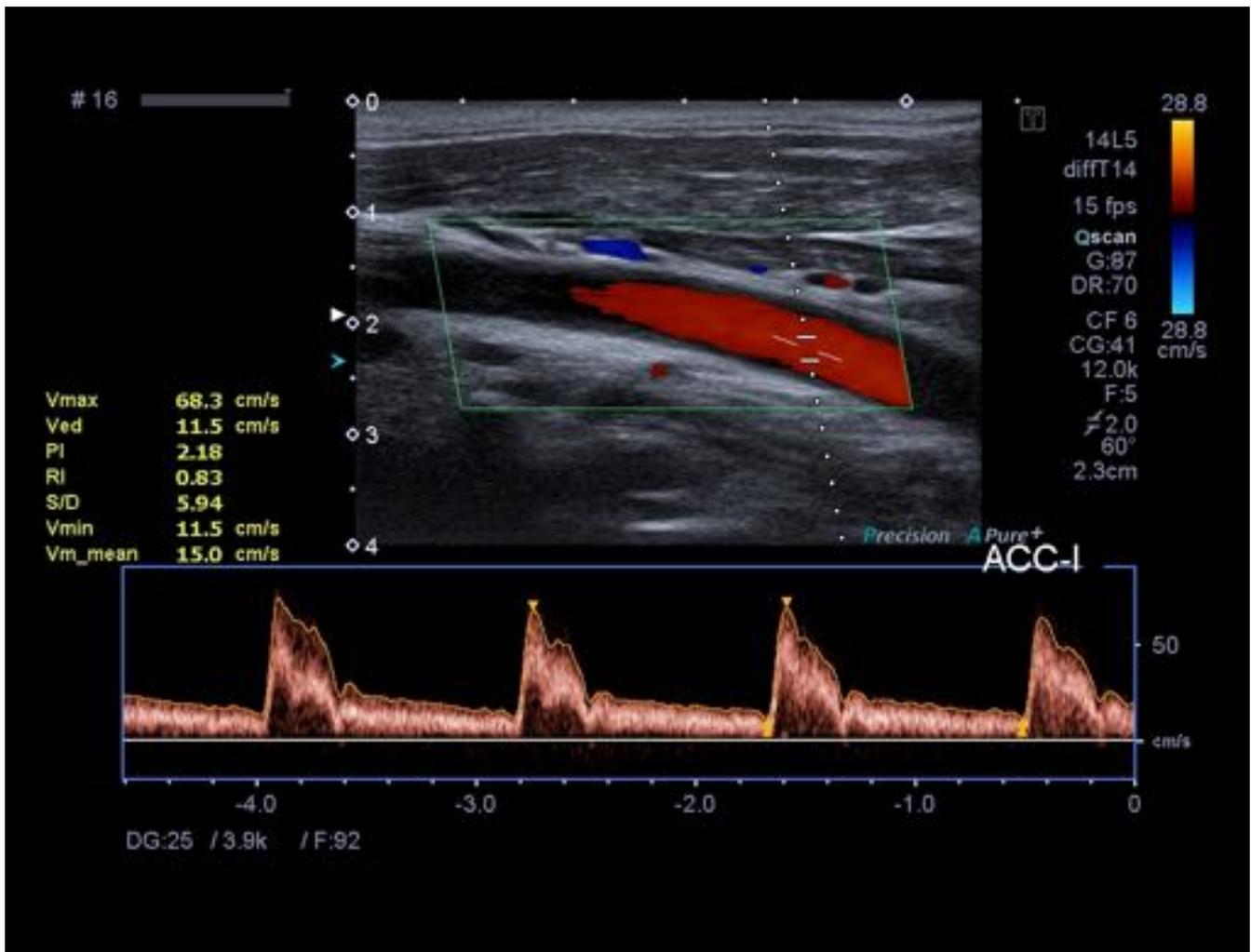


Fig. 5: Imagen en modo Doppler espectral. Representación gráfica de la velocidad y dirección del flujo dentro del volumen de la muestra Doppler. El volumen de la muestra tiene un tamaño de 2 mm y se sitúa en el centro de la luz vascular. El ángulo Doppler es de 60° y se encuentra paralelo a la dirección del flujo.

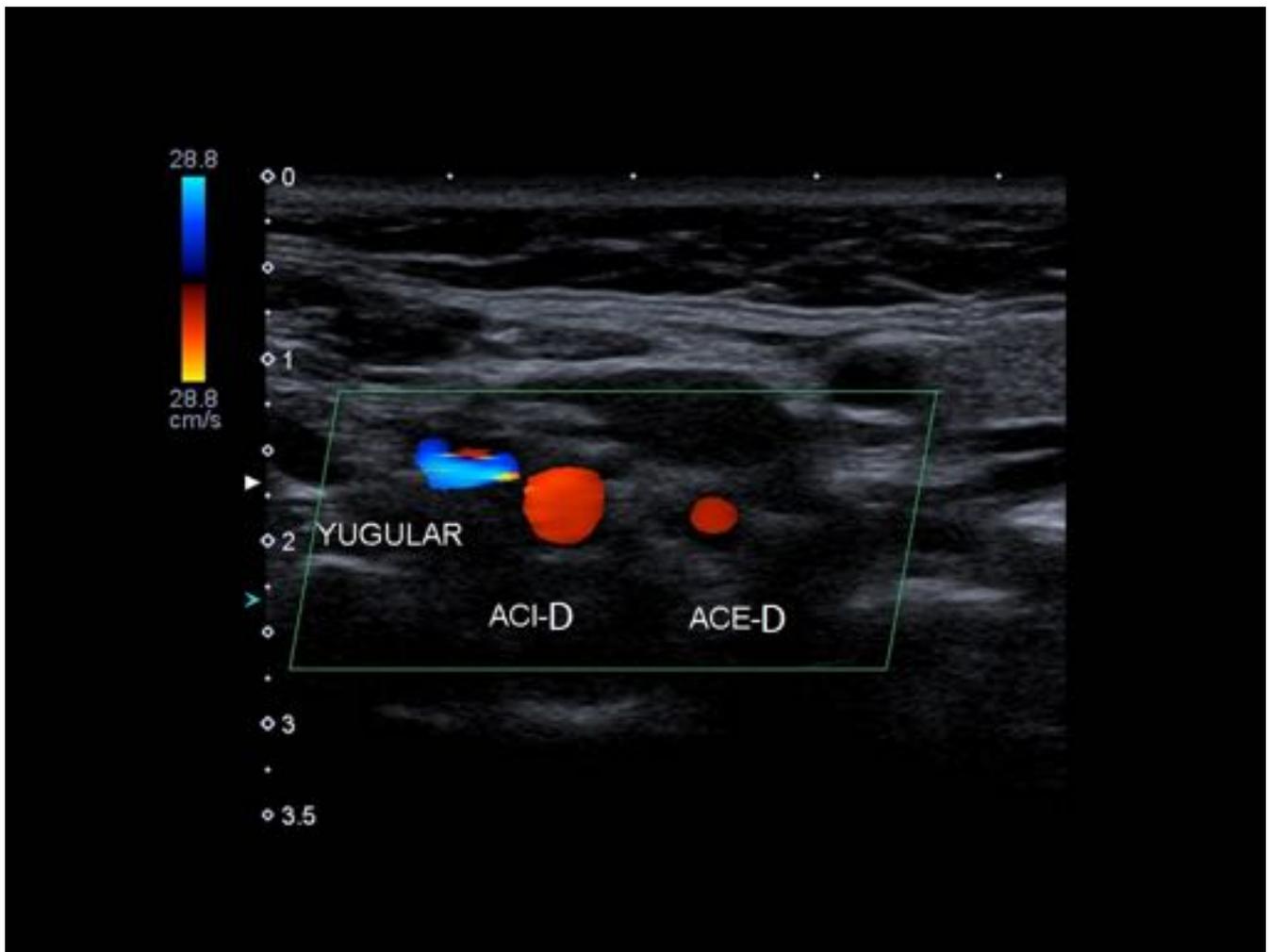


Fig. 6: Corte axial de arteria carótida interna (ACI), externa (ACE) y vena yugular interna derechas, en modo Doppler color. La ACI tiene un tamaño mayor y se sitúa lateral a la ACE.

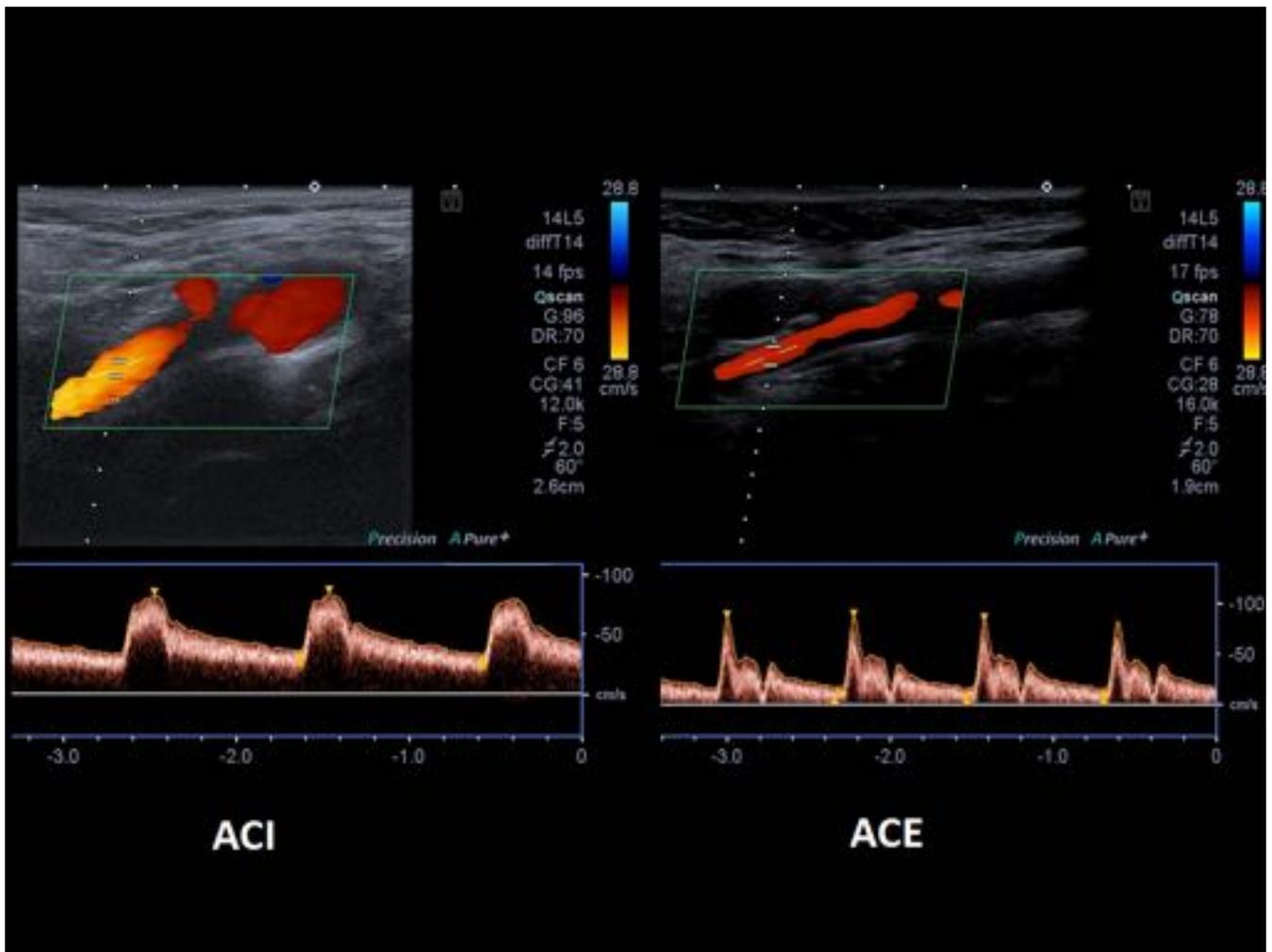


Fig. 7: Imágenes en modo Doppler espectral de la arteria carótida interna (ACI) y externa (ACE). Se observa un flujo anterógrado de baja resistencia en la ACI y flujo de alta resistencia en la ACE.

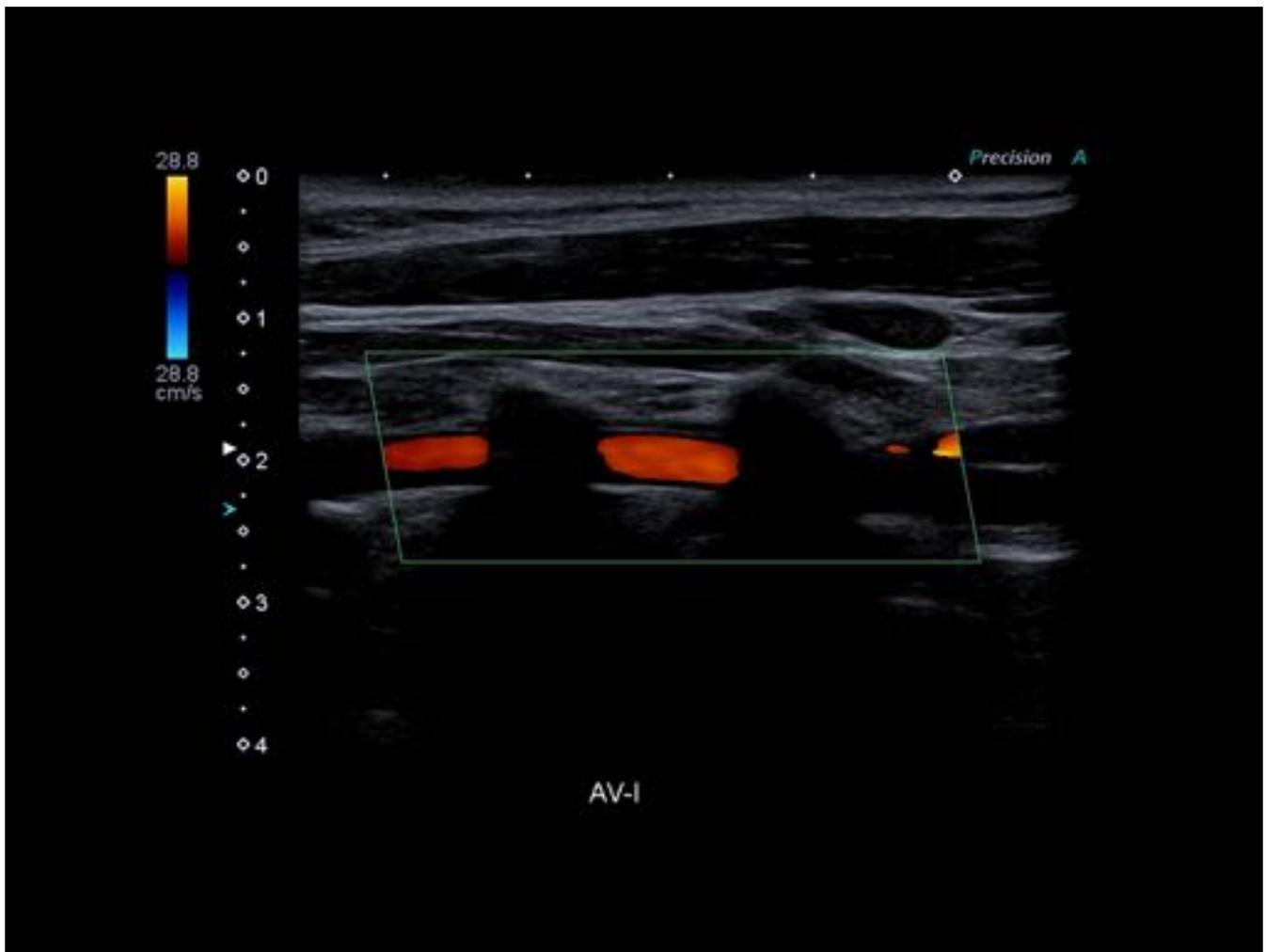


Fig. 8: Arteria vertebral en modo Doppler color. Imagen longitudinal de la arteria vertebral entre las apófisis transversas.

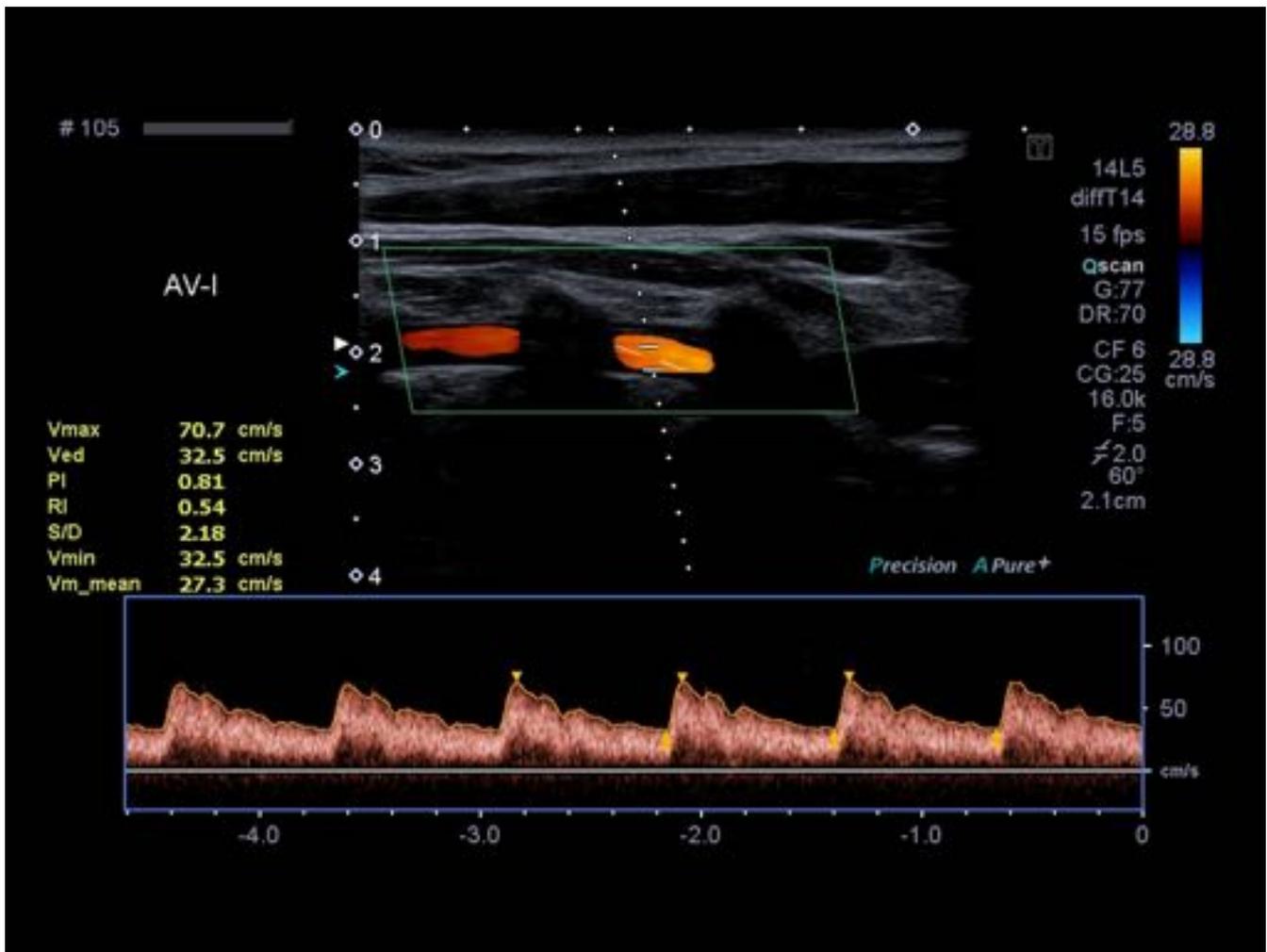


Fig. 9: Arteria vertebral en modo Doppler espectral. Se observa un flujo anterógrado de baja resistencia.

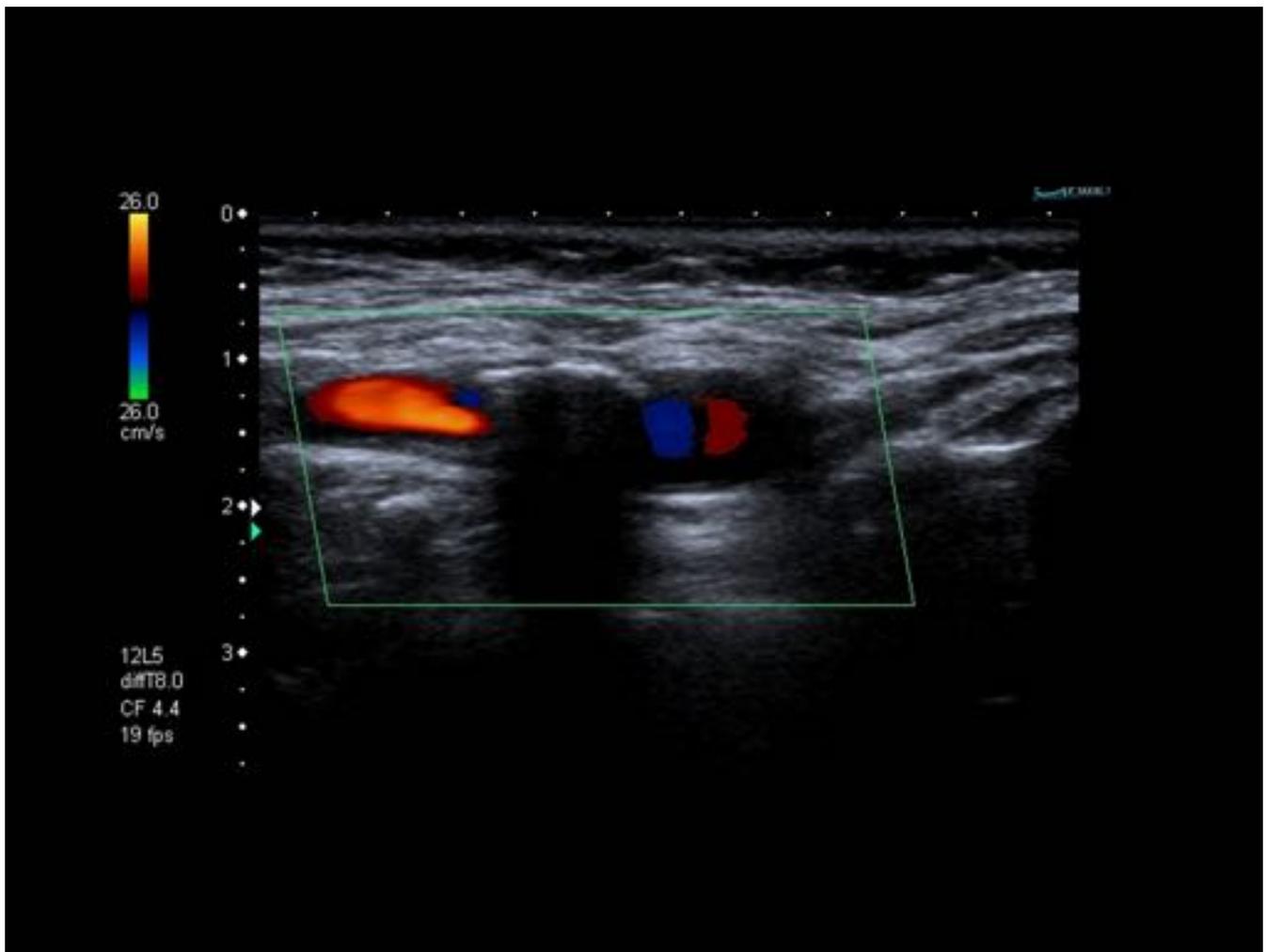


Fig. 10: Placa de ateroma calcificada con amplia sombra acústica. Imagen longitudinal en modo Doppler color donde se observa una placa de ateroma calcificada en la pared del vaso que impide la valoración del flujo en este segmento.

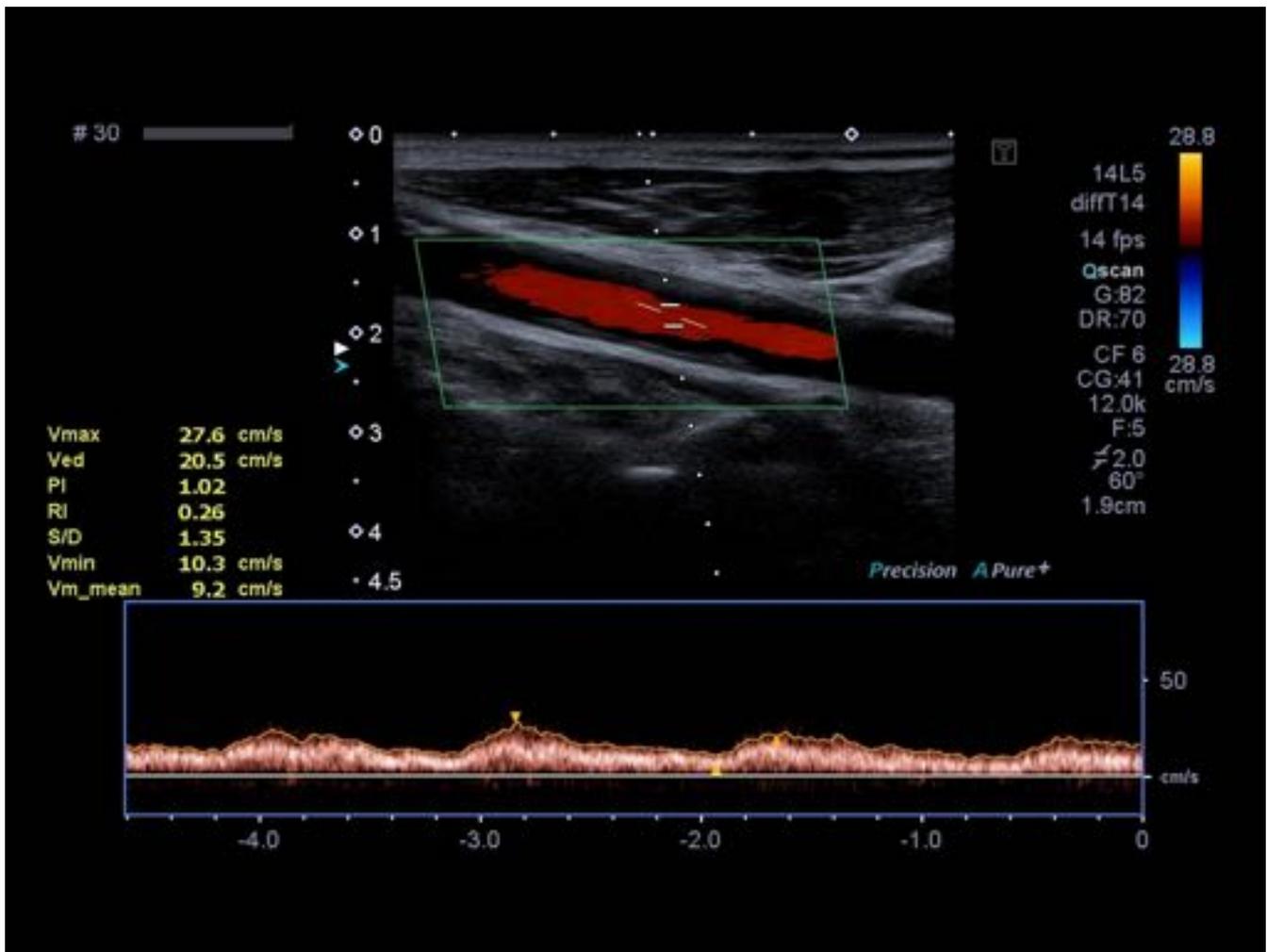


Fig. 11: Estenosis proximal de la arteria carótida común. Imagen en modo Doppler espectral de la arteria carótida común distal a la estenosis que muestra una onda parvus-tardus. Se observa un engrosamiento difuso del complejo íntima-media.

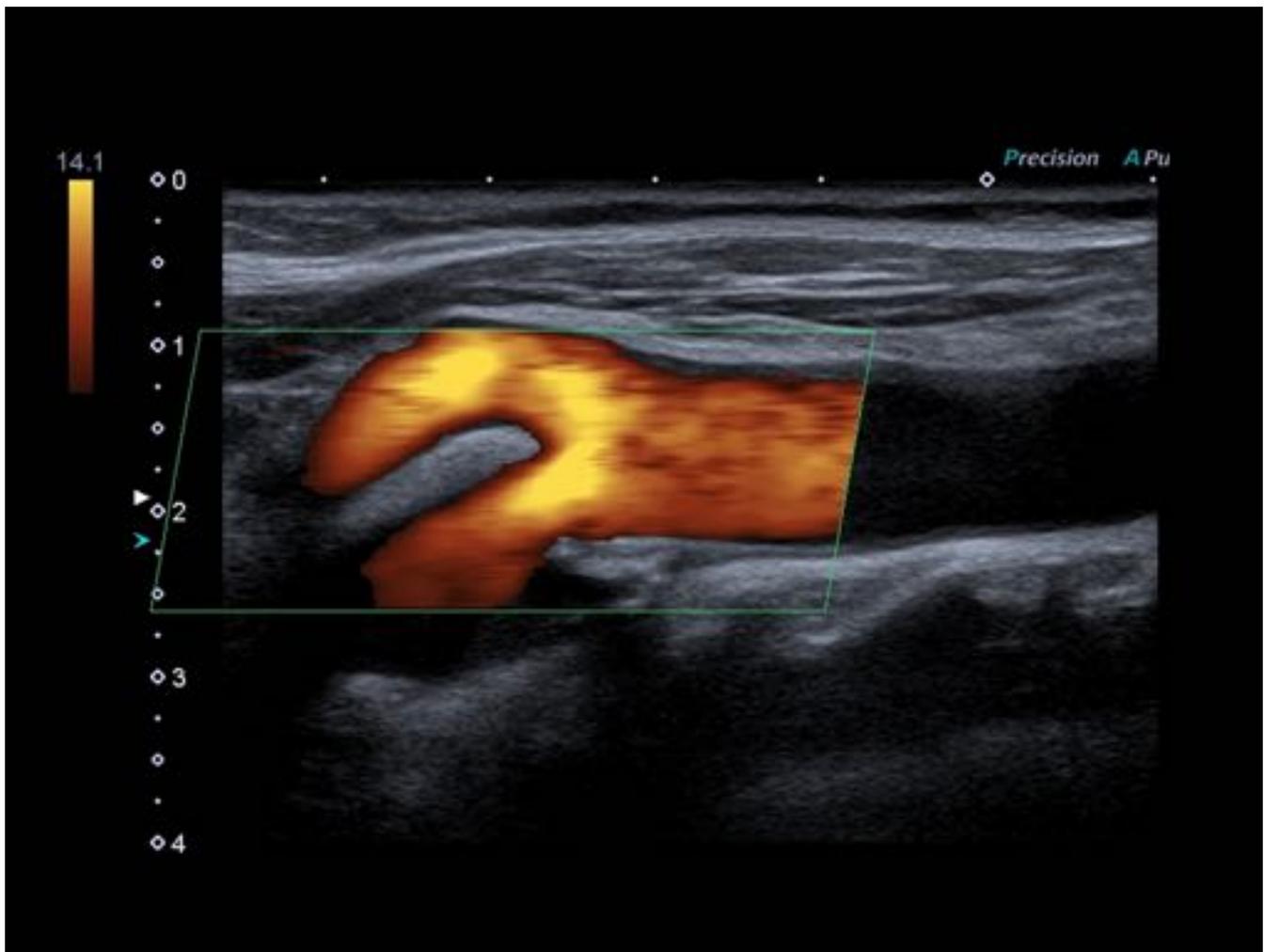


Fig. 12: Imagen longitudinal en modo Doppler potencia que muestra una placa de ateroma en la bifurcación carotídea.

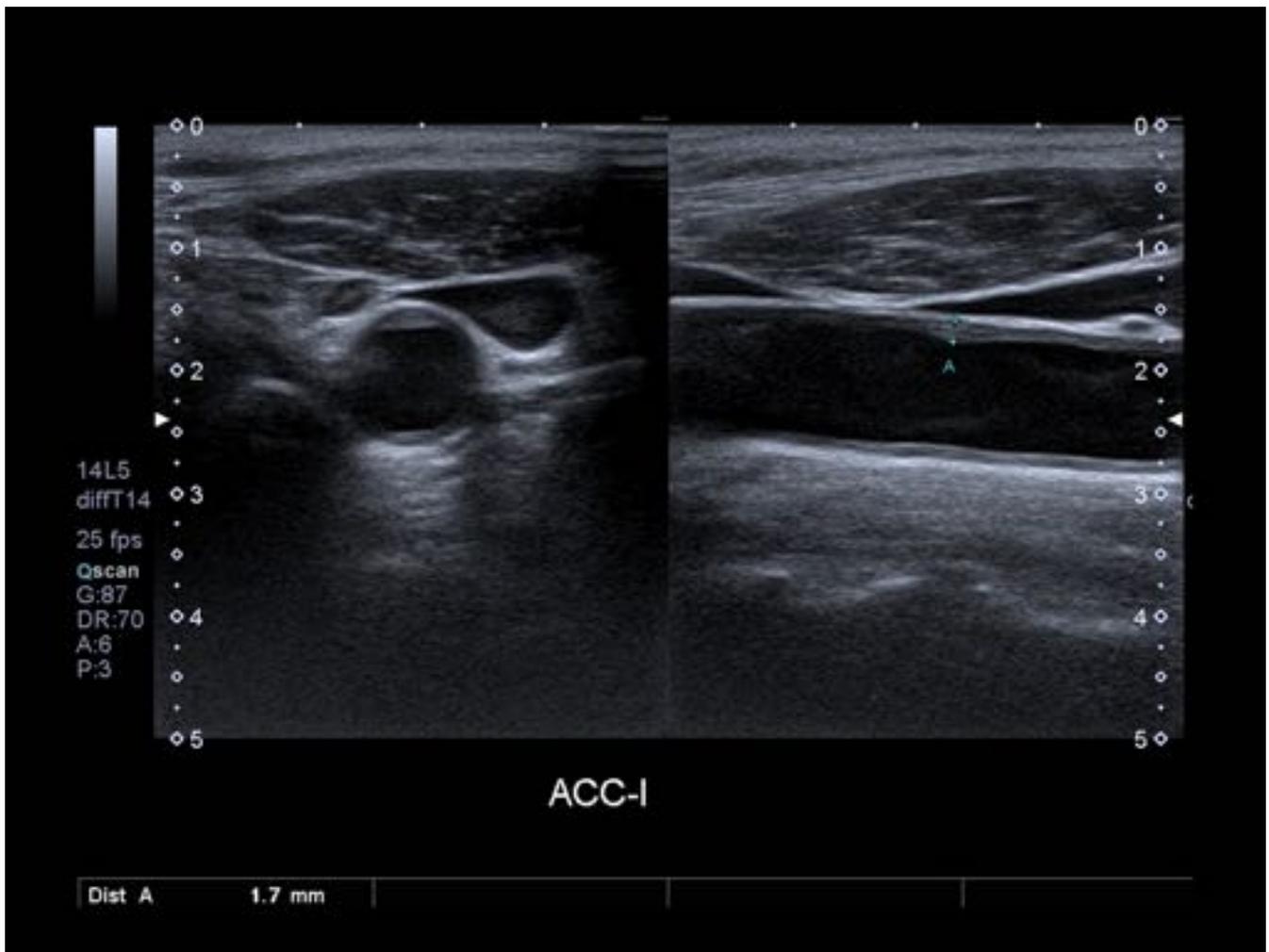


Fig. 13: Engrosamiento del complejo íntima-media. Corte axial (izquierda) y longitudinal (derecha) de la arteria carótida común.

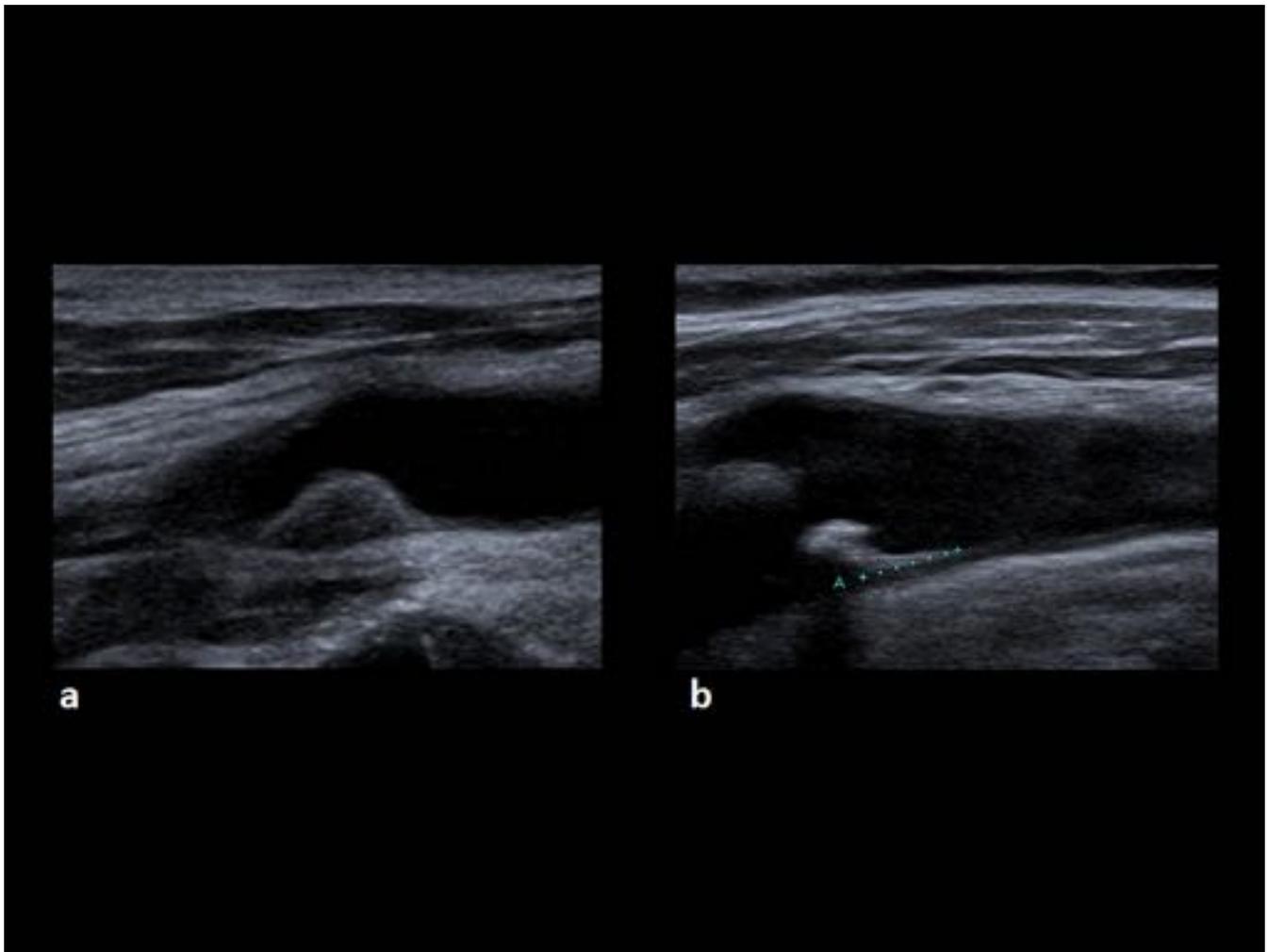


Fig. 14: Placas de ateroma en la bifurcación carotídea. Imágenes en escala de grises. a) Placa blanda homogénea que presenta una superficie lisa. Las placas de ateroma con superficie lisa suelen ser estables b) Placa calcificada con superficie irregular.

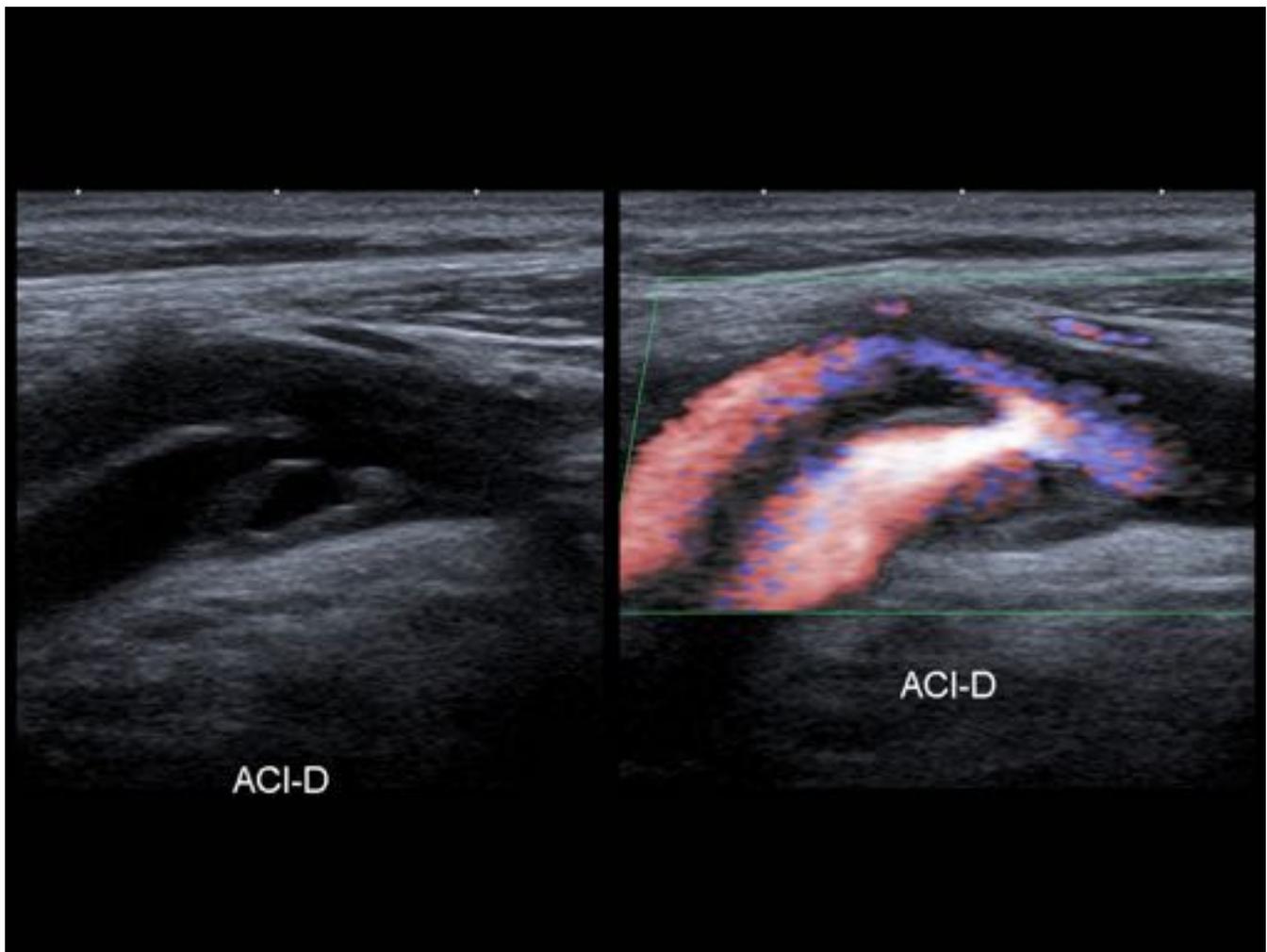


Fig. 15: Placa de ateroma ulcerada. Imágenes en escala de grises (izquierda) y en modo Doppler color (derecha) que muestran una placa de ateroma ulcerada en el origen de la arteria carótida interna. Estas placas son inestables y suelen provocar síntomas.

Criterios diagnósticos para estenosis de ACI con ecografía-Doppler

	Parámetros primarios		Parámetros adicionales	
	VPS de ACI (cm/seg)	Placa (% de reducción de diámetro)	Cociente VPS ACI/ACC	VTD ACI (cm/seg)
Normal	< 125	Ninguno	< 2.0	< 40
< 50	< 125	< 50	< 2.0	< 40
50-69	125 - 230	≥ 50	2.0 - 4.0	40 - 100
≥ 70 (menor que suboclusión)	> 230	≥ 50	> 4.0	> 100
Suboclusión	Alto, bajo o indetectable	Visible	Variable	Variable
Oclusión completa	Indetectable	Visible, luz no detectable	No aplicable	No aplicable

Fig. 16: Criterios diagnósticos para las estenosis de la arteria carótida interna (ACI) con ecografía-Doppler. Referencia: Society of Radiologists in Ultrasound, Consensus Conference on Carotid Ultrasound, Octubre 2002, San Francisco. Radiology, 229: 340–346, 2003.

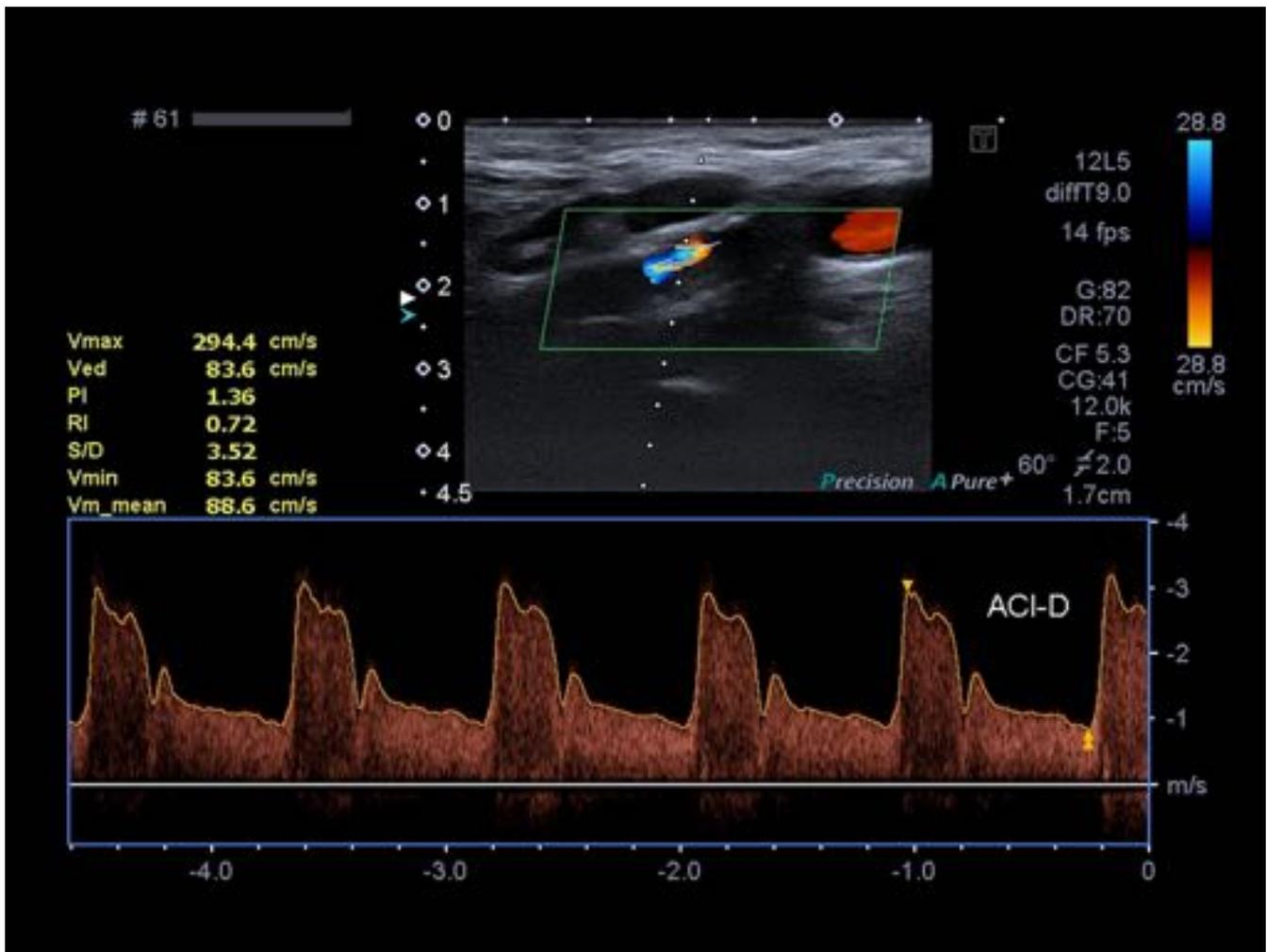


Fig. 17: Estenosis severa (>70%) de la arteria carótida interna. Imagen en modo Doppler espectral de la arteria carótida interna donde se observa un aumento de la velocidad pico sistólica (Vmax) por encima de 230 cm/seg, ensanchamiento espectral y fenómeno de “aliasing”.

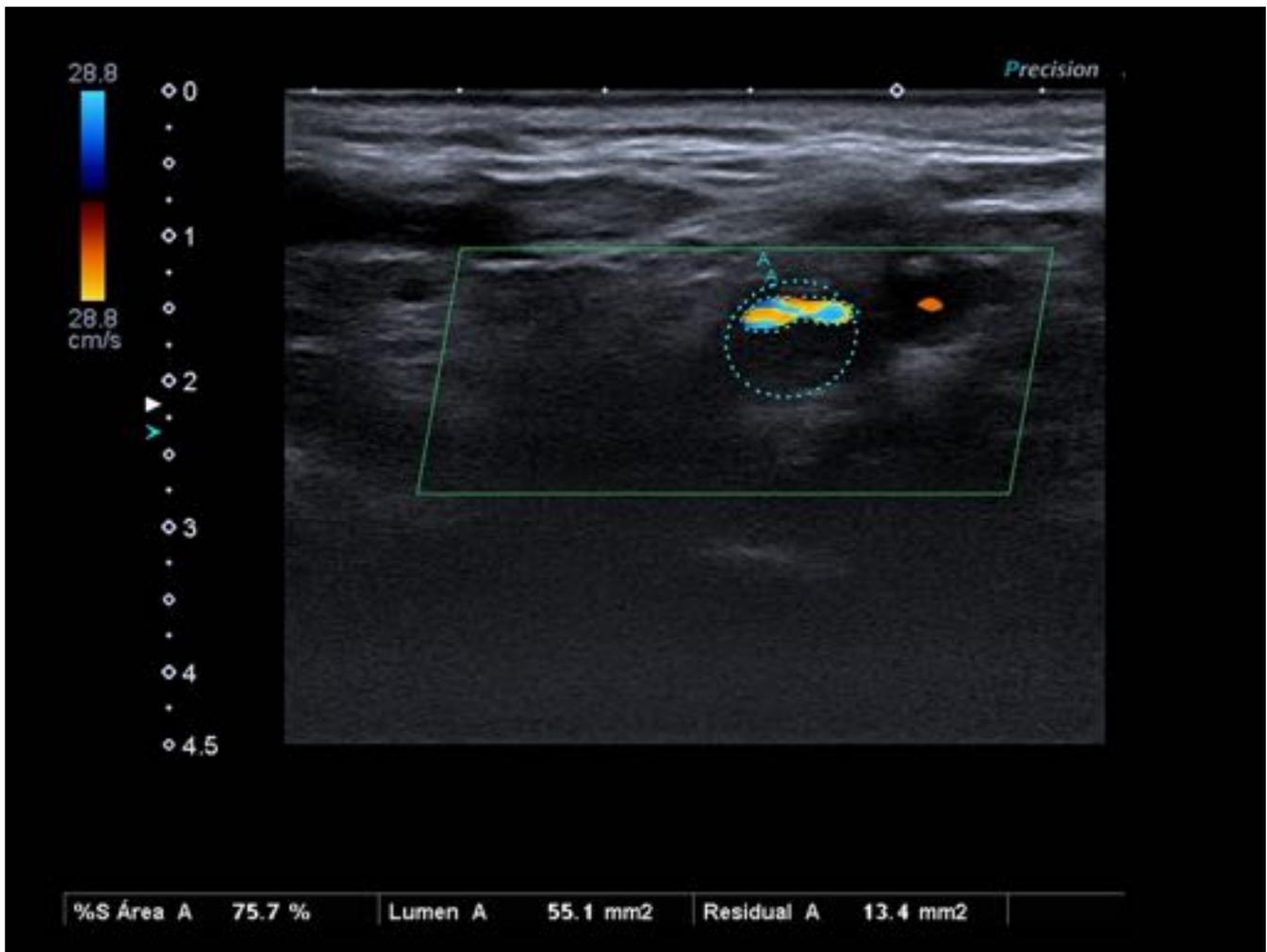


Fig. 18: Estenosis severa (>70%) de la arteria carótida interna. Imagen axial en modo Doppler color con medición del grado de estenosis de la luz por planimetría.

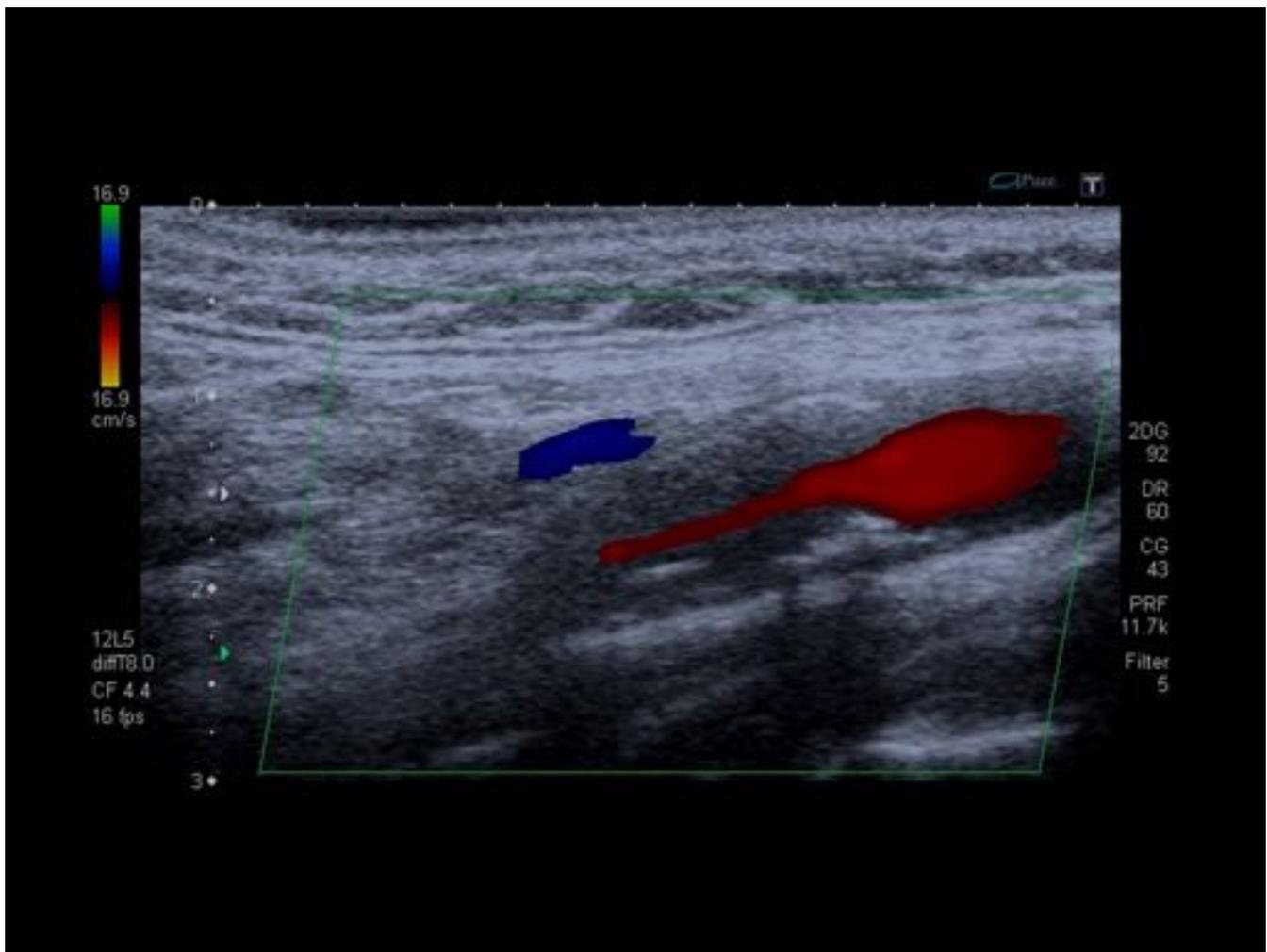


Fig. 19: Suboclusión de la arteria carótida interna. Imagen en modo Doppler color que muestra un flujo filiforme en la arteria carótida interna.

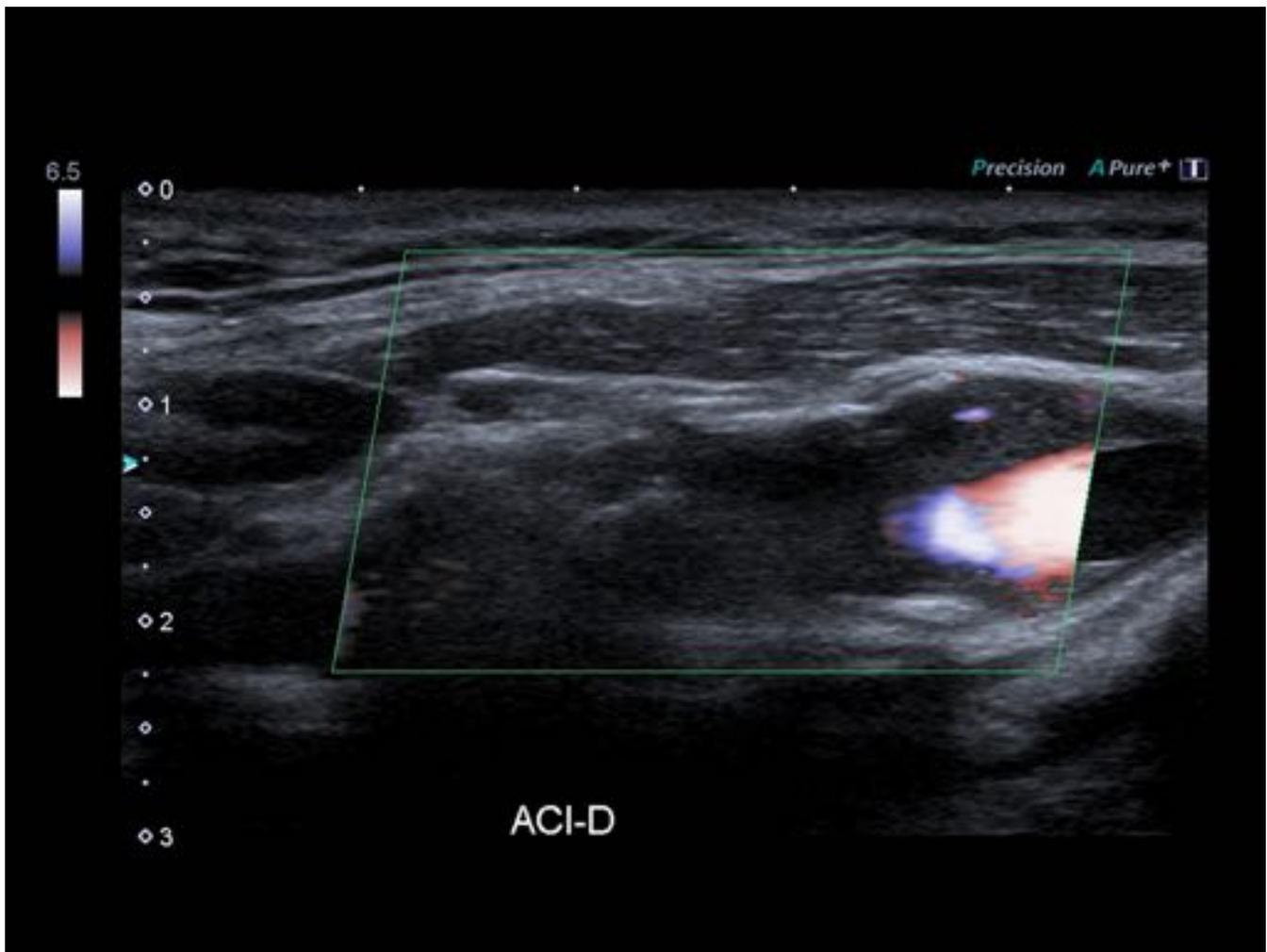


Fig. 20: Oclusión completa de la arteria carótida interna. Imagen en modo Doppler color donde se observa un trombo que ocupa toda la luz vascular, ausencia de flujo incluso con escala de velocidad de color baja y flujo turbulento inmediatamente proximal a la lesión.

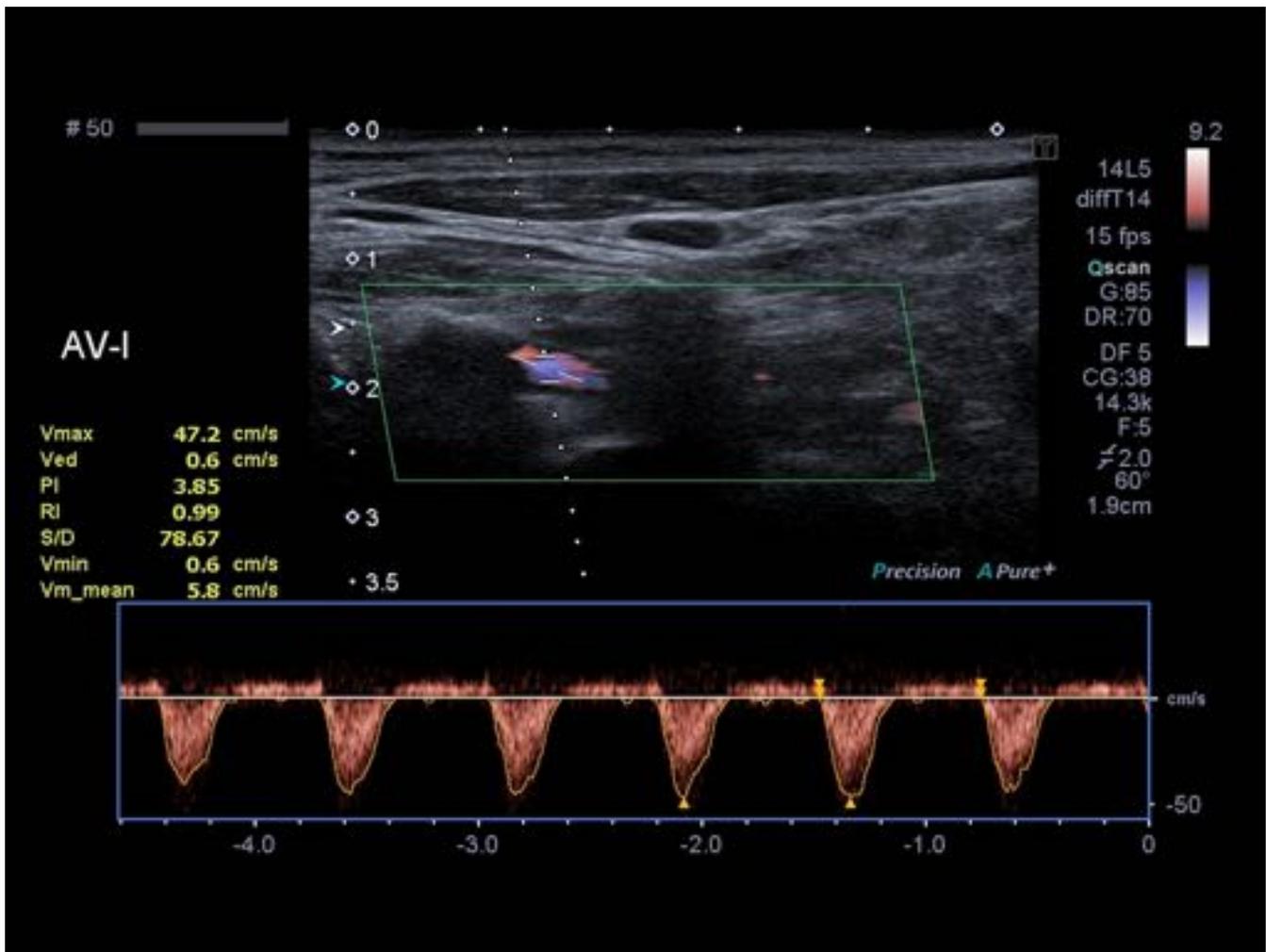


Fig. 21: Robo parcial de la subclavia. Imagen en modo Doppler espectral de la arteria vertebral donde existe una inversión de la dirección del flujo durante la sístole.

Conclusiones

La ecografía Doppler permite valorar la patología carotídea con gran fiabilidad, pero requiere la realización de un estudio sistemático y cuidadoso. Es fundamental el conocimiento y la optimización de los diferentes parámetros técnicos para obtener un diagnóstico preciso.

Bibliografía / Referencias

- Tahmasebpour HR, Buckley AR, Cooperberg PL. Sonographic examination of the carotid arteries. Radiographics 2005; 25: 1561-1575.
- Grant EG, Benson CB, Moneta GL, et al. Carotid artery stenosis: gray-scale and Doppler US diagnosis - Society of Radiologists in Ultrasound Consensus Conference. Radiology 2003;

229:340–346.

- Rumack C. Diagnóstico por Ecografía. 3ª Ed. Marban; 2006.
- Krebs C. Doppler Color. Marbán; 2001.
- Gray H. Anatomy of the Human Body; 1918.