



ECOGRAFÍA DOPPLER HECHA FÁCIL. Guía para principiantes

Teresa Guerra Garijo ; Santiago Marzoa Ruiz ;
Claudia Hurtado Gómez ; Marta Álvarez García

Hospital Universitario Rio Hortega, Valladolid.

OBJETIVO DOCENTE

Se revisarán los principios básicos de la ecografía Doppler, enumerando los parámetros de calidad para realizar un estudio de ecografía Doppler óptimo, así como los pasos a seguir para realizar un estudio correcto en calidad y técnica.

REVISIÓN DEL TEMA

La ecografía Doppler es una técnica diagnóstica importante para detectar anomalías vasculares y sus patologías.

Esta técnica presenta unas ventajas respecto a otros métodos diagnósticos al ser una técnica no invasiva y sin irradiación para el paciente, permitiendo una exploración a tiempo real.

Como cualquier ecografía, es una técnica operador-dependiente, cuya calidad depende en gran medida de la capacidad del explorador para obtener imágenes de buena calidad, evitando errores diagnósticos derivados de una mala interpretación de los artefactos que puedan producirse. Es importante conocer todos los parámetros que están implicados en la formación de las imágenes de la ecografía Doppler y su perfecto ajuste para la obtención de una buena exploración.

PRINCIPIOS BÁSICOS DE ECOGRAFÍA DOPPLER.

La ecografía es una técnica de imagen basada en el uso de ultrasonidos. La sonda o transductor emite pulsos de energía ultrasonora transmitida en forma de ondas. Estas ondas se propagan a través de los tejidos del organismo y se reflejan cuando atraviesan un tejido con propiedades físicas diferentes. Es decir, cuando pasan de un tejido a otro o atraviesan la pared de un vaso o células sanguíneas en circulación, parte de la energía sonora emitida es reflejada. La detección y representación de ese sonido reflejado o eco da lugar a la imagen ecográfica. El control del tiempo que tarda en llegar el eco, permite determinar la profundidad a la que se origina.

La amplitud de la onda reflejada contiene información acerca de la naturaleza de la interfase responsable de la reflexión del pulso. Las distintas interfases se representan en una escala de grises. Por ejemplo, las células sanguíneas se mueven rápidamente en el interior de los vasos y reflejan ondas de baja amplitud que se representan en "negro". Así, los vasos se muestran como estructuras anecogénicas en ecografía.

Así podemos conocer el tipo y localización del tejido. Si enviamos múltiples pulsos de ultrasonidos en forma de líneas sucesivas para tener representación de todas las interfases adyacentes al transductor, podremos obtener imágenes en 2D. Si lo realizamos de forma repetida en el tiempo obtendremos la imagen convencional ecográfica (imagen en tiempo real, modo B o en escala de grises), que es el principal aporte de la ecografía.

Las ondas reflejadas, se caracterizan por su amplitud y su frecuencia:

Si el pulso de ultrasonidos emitidos choca contra una superficie fija, el sonido reflejado tiene la misma frecuencia.

Si el pulso choca con una interfase en movimiento existe un cambio en la frecuencia del eco proporcional a la velocidad de la estructura reflectora. Este cambio de frecuencia se conoce como efecto Doppler, cuya importancia radica en que midiéndolo podremos conocer el estado de movilidad de la interfase reflectora.

La relación entre estas variables se rige mediante la ecuación Doppler.

$$V = \frac{(FE - FR) \cdot K}{2FE \cdot \cos \theta}$$

Fig. 1: ECUACIÓN DOPPLER: Se observa la influencia del ángulo doppler en la representación de la velocidad del flujo

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.

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.

$$F = 2f \times v \times \cos a/c.$$

Podemos medir la velocidad si conocemos tanto el cambio de frecuencia como el ángulo (a). La señal será mejor si el ángulo es de 0 o 180°.

La variación de la frecuencia del Doppler es directamente proporcional a la frecuencia emitida y a la velocidad de la estructura estudiada. Está en relación con el coseno del ángulo Doppler (a), necesario para una correcta medición de las velocidades.

Las mediciones obtenidas utilizando ángulos pequeños ($< 60^\circ$) provocan grandes cambios en la frecuencia Doppler. Sin embargo, cuando el ángulo es cercano a 90° , el coseno y por tanto la diferencia entre frecuencias se reduce.

Coseno de $90^\circ = 0$.

Es decir, si la sangre se mueve perpendicularmente al transductor, el flujo no se detecta porque no provoca ningún cambio en la frecuencia Doppler.

Para obtener una buena señal Doppler es necesario conseguir un ángulo menor a 60° .

De esta ecuación Doppler se deduce que el cambio de frecuencia del eco y la velocidad del flujo estudiado, se ve también influenciado por el ángulo Doppler, formado entre el haz de ultrasonidos y la estructura en movimiento.

Si el ángulo Doppler es de 90° no se detecta cambio en la frecuencia Doppler, dado que el coseno de 90° es 0 y la imagen obtenida es "ausencia de flujo".

Si el ángulo Doppler es mayor de 60° , pequeños cambios en el ángulo se asocian con grandes cambios en el coseno del ángulo Doppler y por tanto en el cálculo de la velocidad.

Podemos decir que el ángulo Doppler debe ser inferior a 60° para que la velocidad medida sea fiable; el ángulo ideal y óptimo está entre 45° y 60° .

La representación de la señal Doppler puede hacerse de manera cualitativa o cuantitativa.

Cualitativamente:

a) Doppler color

Describe el cambio de frecuencia Doppler en escala de color. Los colores son rojo-azul en función de la dirección del flujo. Se admite por consenso que el flujo es de color rojo cuando se acerca al transductor y de color azul si el flujo se aleja. El color será de mayor o menor intensidad según sea mayor o menor la velocidad del flujo.

Da información general de la existencia o no del flujo y la dirección de éste.

Podemos mejorar la señal disminuyendo la caja de estudio y usando un ángulo pequeño.

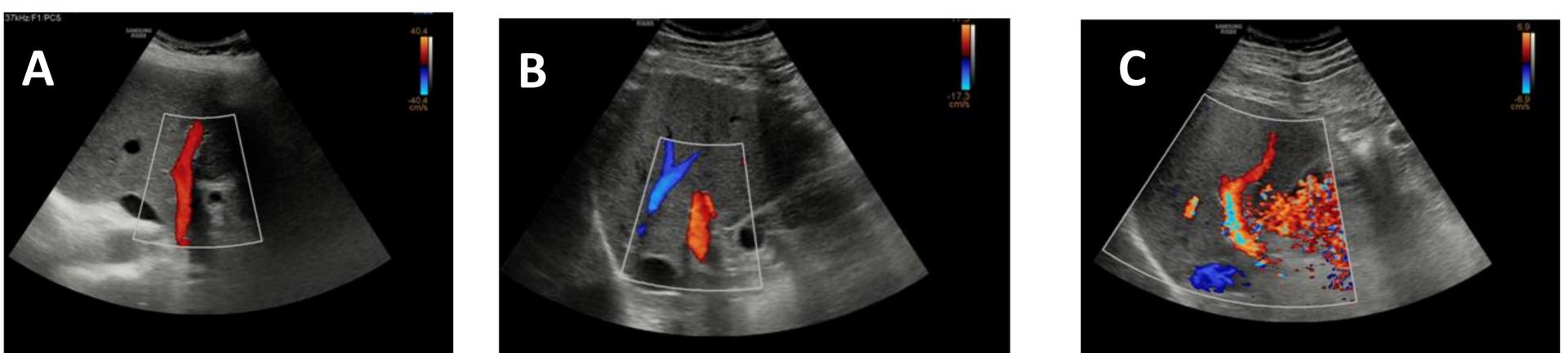


Fig.2

Dirección del flujo: Rojo o azul en función de si el flujo se acerca o se aleja del transductor. (A) (B)

Velocidad: Se representa por el brillo:

Oscuro y persistente: indica velocidad lenta (A).

Brillante. Velocidad alta (C)

b) Power color o Doppler potencia o angio-Doppler

Solamente señala la presencia de flujo en una estructura, siendo más sensible para detectar flujo lento que el Doppler color.

No aporta información sobre la dirección del flujo ni sobre la velocidad del flujo. No presenta aliasing y es menos dependiente del ángulo Doppler.

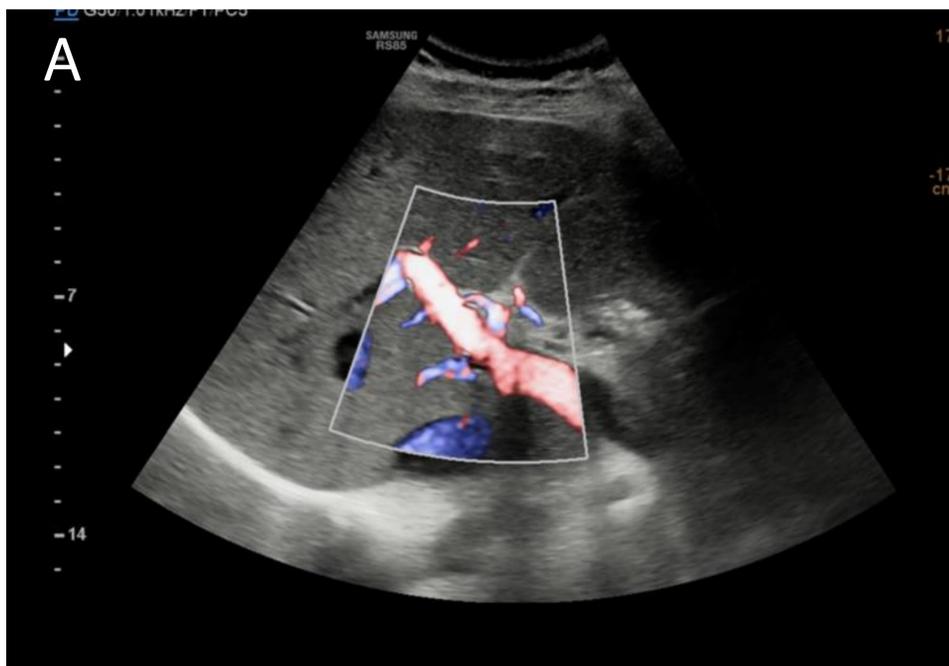


Fig. 3 Power color (A) y MV Flow (B). Se usan para detectar flujos lentos y microcirculación. Es más sensible para detectar zonas de baja perfusión (flujo de vasos pequeños)

Cuantitativamente:

c) Doppler espectral

Indica la presencia, la dirección y las características del flujo.

Analiza la velocidad del flujo del vaso explorado en función del tiempo.

La morfología de la onda describe la hemodinámica de dicho vaso.

La información se representa en una escala temporal para representar la distribución de frecuencias durante un latido cardiaco

Permite hacer un cálculo cuantitativo de las velocidades del flujo

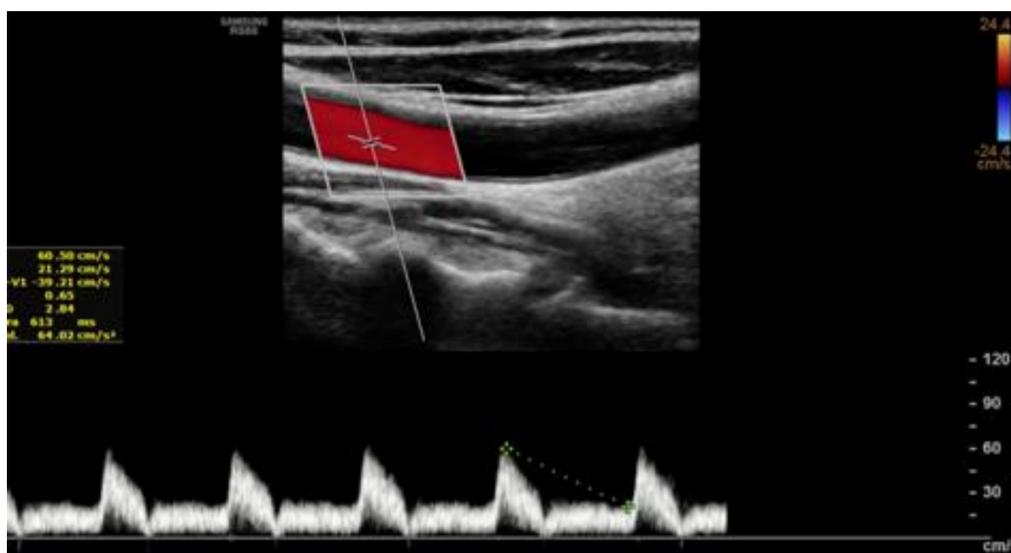


Fig. 4.
Imagen espectral

VARIABLES QUE AFECTAN A LA CALIDAD DEL ESTUDIO DOPPLER

A) TRANSDUCTOR O SONDA

Los transductores de baja frecuencia (aproximadamente de 3,5 MHz) emiten ecos con mayor capacidad de penetración en los tejidos. Presentan una mejor visualización de elementos profundos cuyas imágenes tienen una menor resolución espacial .

Los transductores de alta frecuencia tienen mayor sensibilidad para detectar flujo, aunque con una menor penetración.

Los transductores lineales tiene menor campo de visión que los curvos.

Los transductores lineales de alta frecuencia son los adecuados para estudiar estructuras superficiales.

Para los vasos abdominales que se localizan mas profundos que la piel, se utilizarán transductores curvos de baja frecuencia (3-3,5 MHz).

La distancia a la estructura a estudiar puede modificarse cambiando la posición del paciente.

B) ABORDAJE

Es importante utilizar una buena ventana acústica y posicionar el transductor para lograr un ángulo de unos 45-60° del haz de ultrasonidos (llamado ángulo de insonación) con el vaso a estudiar.

Si el ángulo de insonación es de 90° , no veremos señal Doppler color (existiendo una falsa ausencia de flujo) y según sea mayor o menor de 90° el sentido del flujo detectado cambia (rojo-azul). Lo ideal es que el ángulo de insonación se encuentre entre 45° y 60° .



Fig. 5: Fíjese en el mismo paciente y vaso donde un ángulo distinto puede generar una onda con unas velocidades y características erróneas.

(A). Doppler con un ángulo perpendicular a la carótida. Existe flujo bidireccional, hay flujo anterógrado y retrógrado.

(B) Ángulo de 60° . Fíjese como las características de la onda son correctas

C) FRECUENCIA DE REPETICIÓN DE PULSO (PRF)

Este parámetro describe la frecuencia a la que el transductor emite pulsos de ultrasonido para el estudio. Este parámetro puede ser ajustado por el operador. Está relacionada con la velocidad del flujo a estudiar. Si la velocidad es alta, requiere una alta tasa de muestreo para obtener datos óptimos para el diagnóstico y por tanto el PRF debe ser alto.

Cuando el PRF es bajo pero los cambios de frecuencia y la velocidad del flujo a estudiar son altos, aparece el fenómeno *aliasing*. Este fenómeno es un artefacto que ocurre cuando el cambio de frecuencia (y por tanto la velocidad del flujo) detectada por el transductor es mayor que el doble del PRF -frecuencia Nyquist-

Los cambios en el PRF implican cambios en la escala de velocidad, representadas mediante Doppler color (objetivada en una barra de color) o Doppler espectral.

La escala de velocidad debe ajustarse a la velocidad del flujo a medir, para que se encuentre dentro del rango de velocidades incluidas en la escala.

La escala de velocidad tiene que ser amplia (y por tanto el PRF alto), si la velocidad del flujo en el vaso a estudiar es alta y si el vaso a estudiar es profundo.

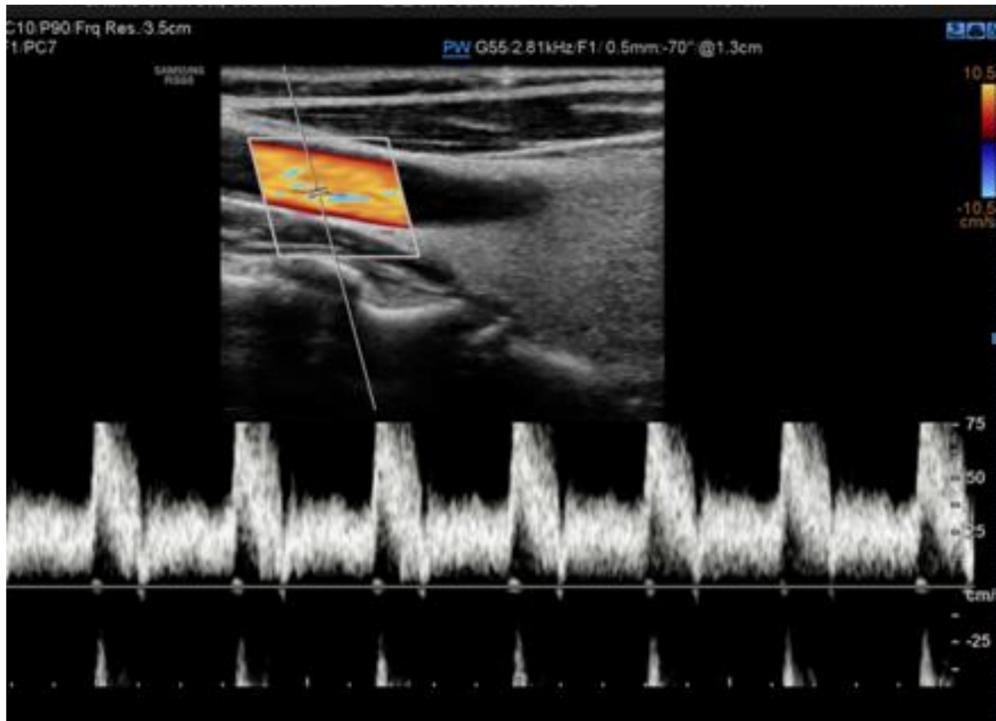


Fig. 6: Si la escala de velocidad es demasiado estrecha aparece aliasing.

La escala de velocidad (y por tanto el PRF) se ajustan por separado en el Doppler espectral y Doppler color. La tasa de muestreo requerida para obtener imágenes de Doppler espectral es mucho mayor que la requerida para las imágenes de Doppler color (el PRF espectral será mucho mayor al PRF del Doppler color.)

Si aparece aliasing, podemos modificar varios parámetros para subsanar este efecto.

1-Podemos intentar cambiar la línea de base

2-Podemos subir el PRF, lo que implica ampliar el rango de velocidades estudiadas.

3-Podemos ajustar el ángulo de insonación ya que si es demasiado amplio ($<60^\circ$) puede sobreestimar la velocidad del flujo.

4-Podemos intentar valorar con el transductor de alta frecuencia

D) LÍNEA DE BASE

Se puede modificar tanto en Doppler espectral como en Doppler color. Si bajamos la línea de base, potenciamos la detección del flujo anterógrado. Si la subimos, potenciamos el flujo retrógrado y en aquellos vasos con flujo anterógrado probablemente aparezca aliasing. Tanto la escala de velocidad y el PRF no se modifican.



Fig. 7: La línea base también puede ajustarse en la escala de Doppler espectral. Al bajar la línea de base previene el aliasing en caso de flujo anterógrado.



E) FILTROS DE PARED

Es un sistema que permite no tener en cuenta las señales de baja frecuencia (y alto ruido) que provienen del movimiento de otras estructuras como la pared del vaso. Suelen venir prefijados por el fabricante. Hay tres opciones: alto, medio y bajo. El filtro alto elimina el flujo de baja velocidad, adyacente a la línea de base. Se aplica también separadamente en Doppler color y Doppler espectral. Por defecto el ángulo asignado es 0° .

F) ÁNGULO DOPPLER

Se aplica a Doppler espectral. Una vez que la imagen obtenida en escala de grises es adecuada, para medir la velocidad del flujo de dicha estructura de manera fiable es necesario ajustar el ángulo Doppler.

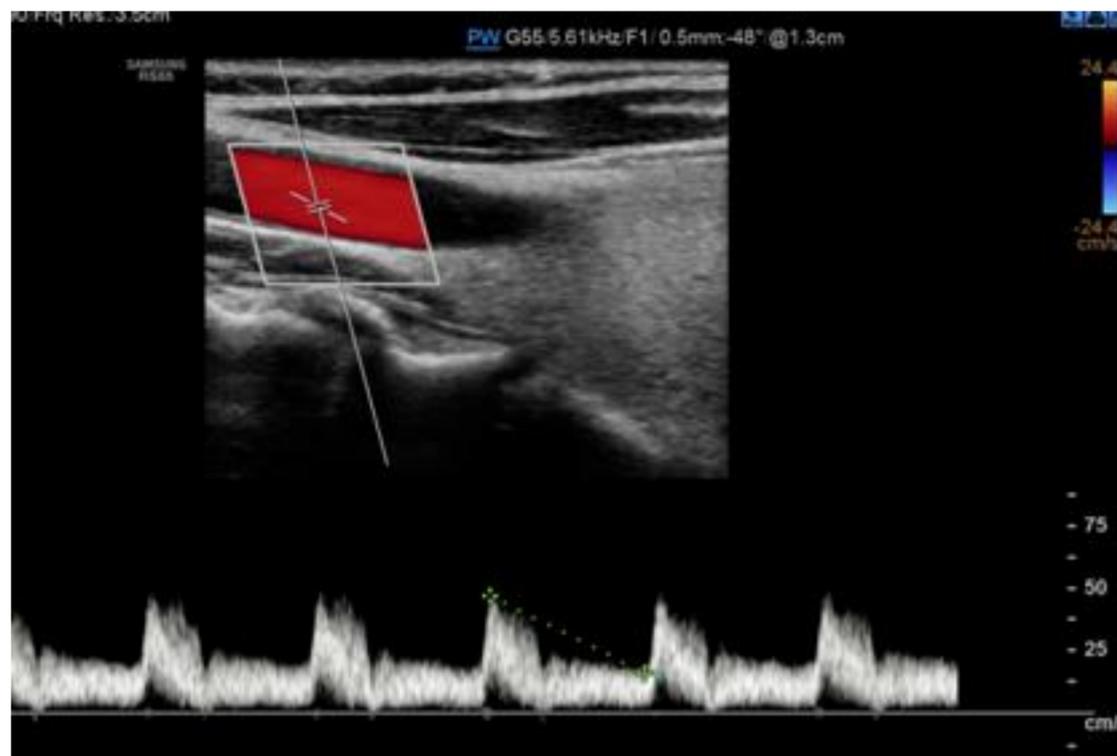
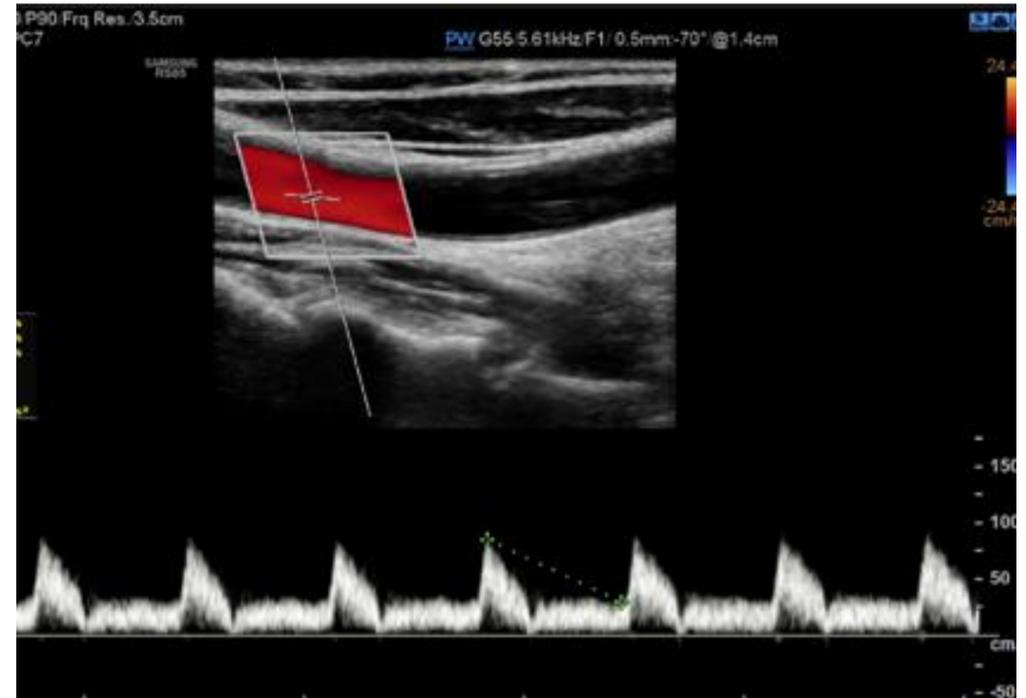


Fig. 8: Las imágenes muestran el efecto de corregir el ángulo Doppler en el cálculo de la velocidad del flujo. Sin corregirlo, la velocidad del flujo detectada es erróneamente menor. La corrección del ángulo debe hacerse en su justa medida, ya que tanto la infracorrección como la sobrecorrección del mismo conllevan el cálculo de velocidades del flujo falsamente menores o mayores respectivamente.

G) GANANCIA

Es una amplificación de los datos obtenidos. Modificando la ganancia se consigue una mejor o peor detección del flujo. Si en un vaso no hay flujo aunque aumentemos la ganancia no lo vamos a detectar ya que sólo amplifica la señal.

Es un factor independiente, no alterando el PRF o la escala de velocidad.

La ganancia espectral ideal es la que permita delinear correctamente el contorno de la onda superior e inferiormente.

La ganancia de color ideal es la que consigue que el color rellene la luz del vaso, de una pared a otra.

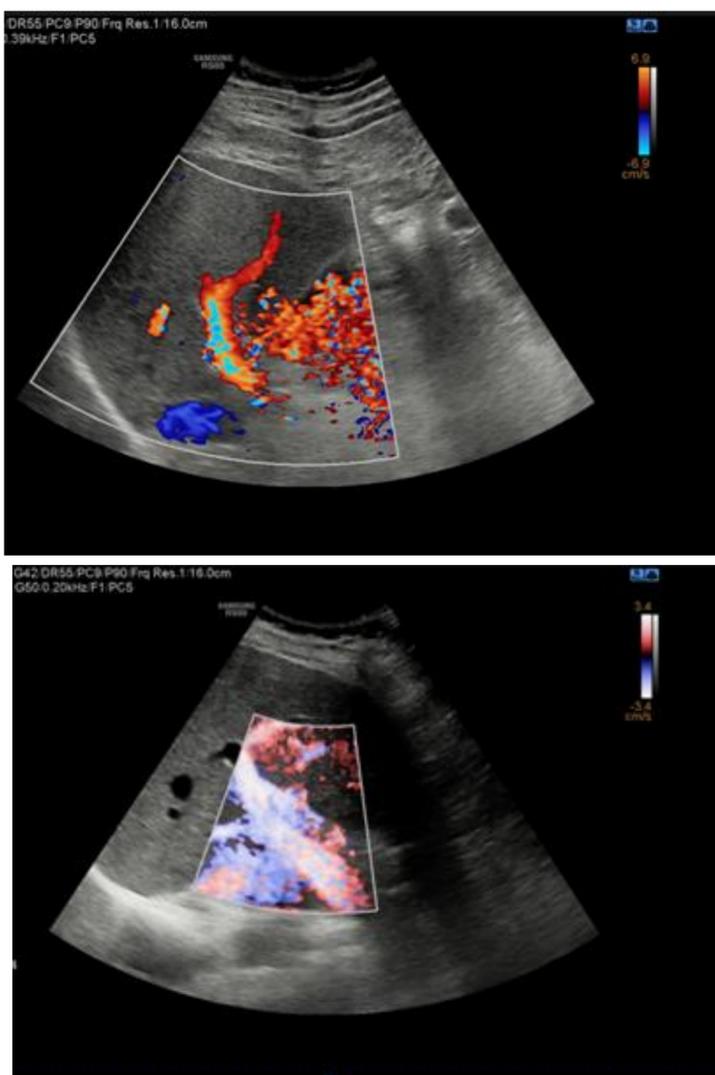


Fig. 9: Las imágenes muestran cómo aumentar o disminuir la ganancia implica una mayor o menor intensidad de la señal de color.

CONCLUSIONES

Al realizar una exploración de ecografía Doppler debemos conocer y optimizar distintos parámetros técnicos modificables. Así podemos evitar errores diagnósticos, mejorando la calidad y eficacia diagnóstica.

Al ser una técnica operador dependiente, la experiencia y conocimiento del radiólogo es fundamental para una buena rentabilidad diagnóstica

BIBLIOGRAFÍA

- 1.- Diagnóstico por Ecografía. Rumack. ed. Marbán.
- 2.- Optimización de US Doppler y Color Flow: Aplicación a la Sonografía Hepática. Kruskal JB, Newman PA, Sammons LG et al. Radiografías 2004; 24:657-675
- 3.-Doppler. Aplicaciones Clínicas de la Ecografía Doppler . Kenneth J.W.Taylor , Burns P y Wells P. . Ed.Marban 1998.