

Ecografía Doppler: Principios físicos y técnica

Santiago Isarria Vidal (Hospital Lluís Alcanyís de Xàtiva (Valencia))

Principios físicos:

El **efecto Doppler** describe el cambio de frecuencia que se produce en cualquier onda cuando existe movimiento relativo entre la fuente emisora y el receptor. Esta diferencia de frecuencia se denomina cambio de frecuencia Doppler o, simplemente **frecuencia Doppler**. Cuando existe movimiento, al acercarse la fuente emisora las ondas son percibidas por el receptor con mayor frecuencia. En cambio al alejarse se percibirán con menor frecuencia. Por tanto se detectará cambio de frecuencia o frecuencia Doppler, cuya magnitud dependerá fundamentalmente de la velocidad del movimiento y del ángulo de incidencia entre la trayectoria de las ondas y el receptor.

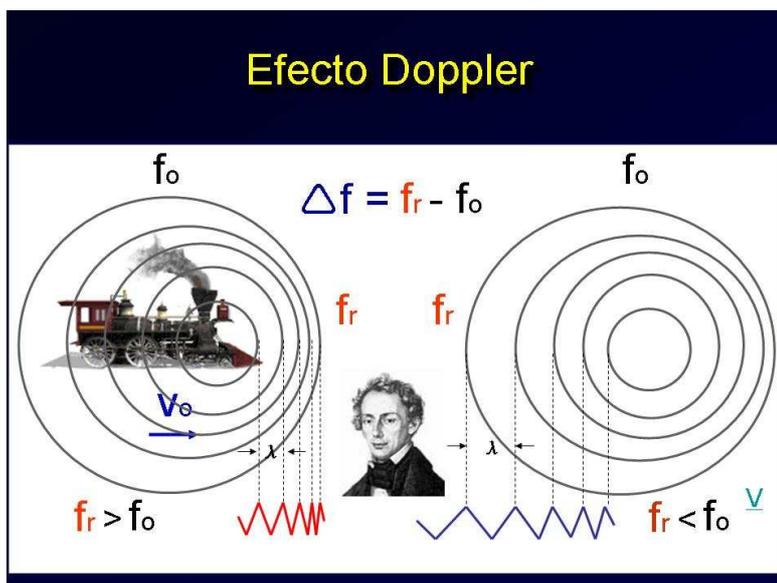


Fig.1: Efecto Doppler: la frecuencia recibida por el observador varía según la fuente emisora del sonido se aproxime o se aleje de éste.

En la práctica clínica empleamos el efecto Doppler para valorar el movimiento de la sangre. El transductor actúa en principio como fuente estática emitiendo una onda de ultrasonidos sobre el vaso. Si hay movimiento, esta onda es reflejada por los hematíes, que constituyen el mayor componente de la sangre, actuando el transductor también como receptor.

Como podemos ver en la ecuación, el cambio de frecuencia o frecuencia Doppler detectado dependerá en proporción directa de la frecuencia de onda emitida, de la velocidad de los hematíes y del coseno del ángulo entre el haz ultrasónico y la dirección del flujo, e inversamente de la constante de transmisión del sonido en los tejidos que está en torno a 1540 m/s. Así, conociendo el resto de variables podemos averiguar la velocidad del flujo sanguíneo.

$$\Delta f = \frac{2(f_0) V}{c} (\text{Cos } \theta)$$

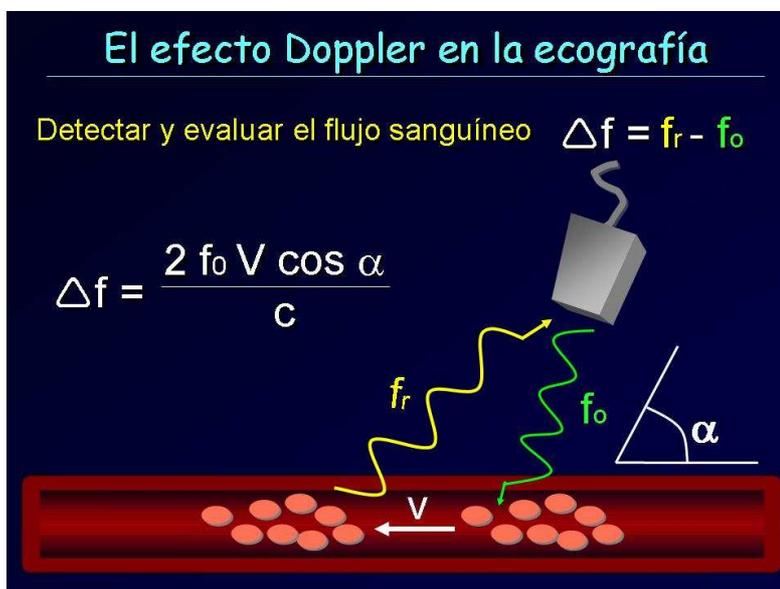


Fig. 2: Efecto Doppler en la ecografía diagnóstica.

La señal Doppler (espectro Doppler) obtenida podemos representarla de 3 modos: como una **señal de audio**, como una **señal de color** (con el Doppler color) y como una **representación gráfica** (con el Doppler pulsado). En la representación gráfica se muestra el espectro de frecuencias detectadas en función del tiempo y la velocidad (de los hematíes).

Cuando el flujo se dirige hacia el transductor la frecuencia recibida será mayor a la emitida. Por tanto la frecuencia Doppler será positiva y se representa arbitrariamente en color rojo y con el espectro por encima de la línea de base. Cuando el flujo se aleja del transductor la frecuencia recibida será menor que la emitida y se representa en azul y por debajo de la línea basal. El operador puede invertir estos parámetros si lo desea.

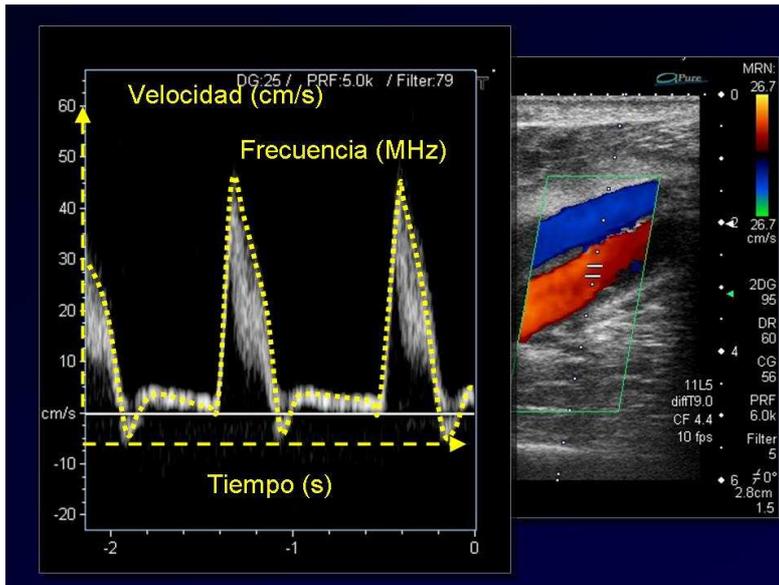


Fig.3: Espectro Doppler en representación color y gráfica.

Aspectos técnicos fundamentales:

Para realizar una **adecuada exploración Doppler** hay varios factores técnicos a considerar:

- **Ganancia de color** correctamente ajustada.
- **Ventana de color** lo más estrecha posible y con una adecuada angulación.
- **Volumen de muestra** colocado en el centro del vaso, donde el flujo es laminar.
- **Adecuado ángulo de incidencia** (ángulo Doppler), de entre 30° y 60° , para obtener una señal Doppler óptima.

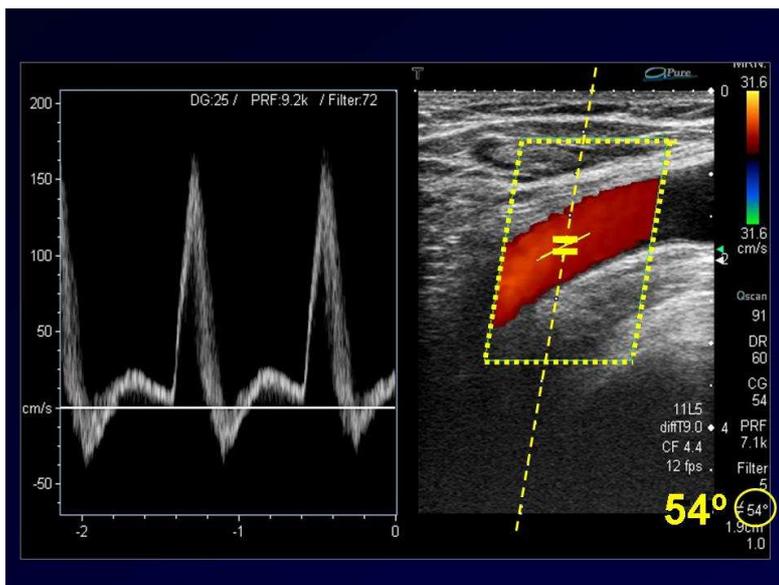


Fig.4: Caja de color estrecha y angulada en la dirección del vaso. Volumen de muestra en el centro del vaso. Adecuado ángulo Doppler.

- Correcto ajuste de la **frecuencia de repetición de pulsos (PRF)**, en función de la profundidad del vaso y la velocidad del flujo. Si es demasiado alta podemos no detectar el flujo y si es muy baja se producirá un fenómeno denominado “aliasing”. El **aliasing** es un artefacto originado por el empleo de un insuficiente PRF. Consiste en una inadecuada representación de la velocidad y la dirección del flujo, tanto en el espectro Doppler gráfico como en el color.

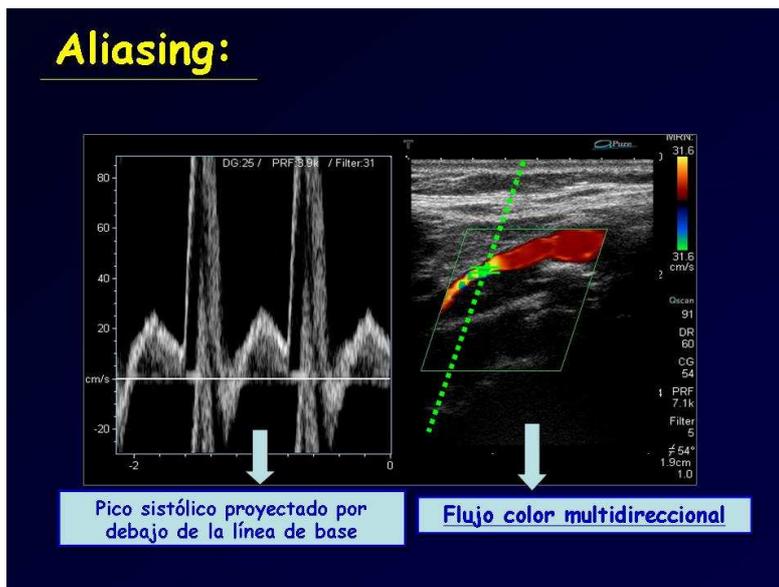


Fig.5:Artefacto de aliasing por inadecuado ajuste del PRF.

Semiología y aplicaciones clínicas fundamentales de la ecografía Doppler:

Entre las múltiples aplicaciones clínicas de la ecografía Doppler podemos destacar las siguientes:

- Permite **caracterizar el vaso**. Distingue una arteria de una vena por el tipo de flujo característico; así como el tipo de flujo arterial: de alta resistencia (propio de las arterias musculares) y flujo de baja resistencia (propio de las arterias que irrigan parénquimas).

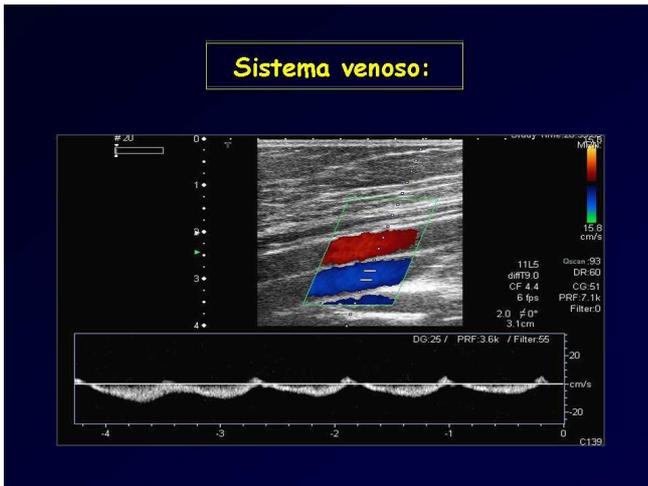


Fig.6 y 7: Espectro Doppler de una vena, y de una arteria de alta y de baja resistencia.

- **Detectar flujo** en un vaso o en un órgano o lesión: diagnóstico de oclusiones en arterias y en venas (en éste caso como complemento a la compresión con eco B). Estudio de alteraciones del flujo en órganos, como en la isquemia por torsión testicular,...
- Valora el **sentido del flujo**: estudio de la insuficiencia venosa (detecta el reflujo patológico),...



Fig.8: inversión patológica del sentido del flujo en un caso de insuficiencia venosa (por incompetencia del cayado de la safena interna).

- Permite **cuantificar velocidades**, y así detectar y medir el grado de estenosis en un vaso. Las **estenosis** causan un aumento en la velocidad sistólica proporcional a la reducción de la luz.

Doppler energía o Power Doppler:

El **Doppler energía** o “**power Doppler**”, constituye una técnica Doppler adicional, que presenta unas particularidades propias, ya que analiza el cambio en la amplitud de los ecos, en lugar del cambio de frecuencia. Se relaciona por ello con la densidad de los hematíes en la muestra, no con su velocidad. Suele ser más sensible para detectar flujos lentos y débiles. Valora mejor los contornos de la luz del vaso y la vascularización tisular.

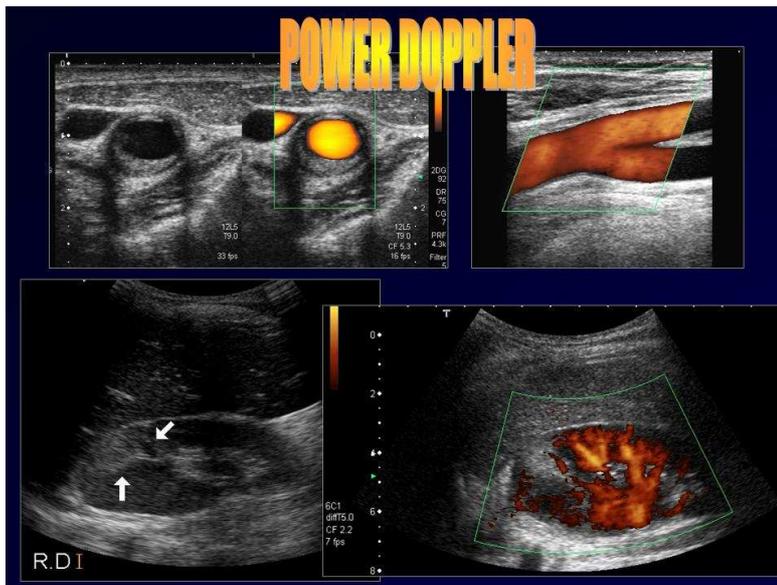


Fig.11: Características fundamentales del Doppler energía.