

- Doppler continuo *Continuous Wave Doppler (CW)*. Este sistema utiliza dos cristales piezoeléctricos, uno que emite los ecos y otro que los recibe, de manera que el sonido se transmite y recibe constantemente (Figura 7.6). Con este Doppler no se puede elegir un volumen de muestra determinado, sino que estudia los flujos a lo largo de todo el haz de ultrasonido (indicado por el cursor). El modo Doppler continuo permite determinar altas velocidades que producían *aliasing* con el pulsado.

Una vez se han calculado las velocidades de los flujos se puede realizar un estudio hemodinámico calculando el gradiente de presión mediante la ecuación de Bernoulli simplificada:

$$\text{Gradiente de presión Doppler (mmHg)} = 4 \times V^2$$

El examen del flujo sanguíneo mediante cualquier tipo de Doppler requiere tener un electrocardiograma sincrónico, para determinar con exactitud las diferentes fases del ciclo cardíaco, además de ver arritmias durante la exploración.

Un detalle importante es que al realizar valoraciones Doppler tomadas por ecocardiografía, éstas deben ser realizadas en cortes estándar y con una alineación correcta de la línea de toma de velocidad del marcador con respecto del flujo (ambas deben estar de forma paralela), puesto que la desalineación del marcador con respecto a la dirección del flujo sanguíneo va a determinar las velocidades inferiores a las reales.

Si el haz es paralelo al flujo de sangre, el ángulo es cero y el coseno 1, de manera que la desviación Doppler representa

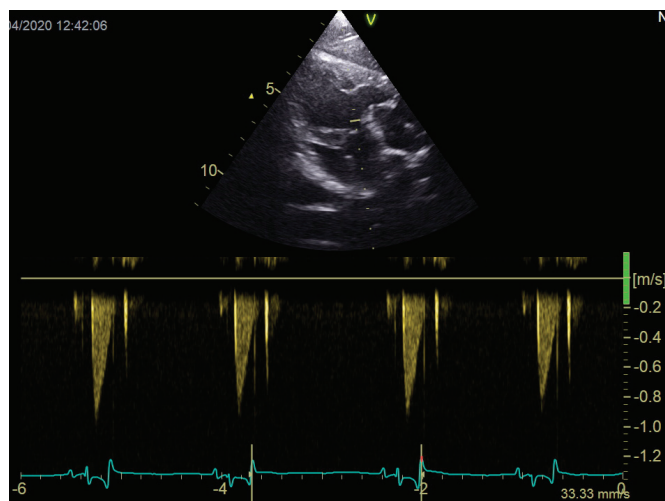


Figura 7.6. Doppler espectral continuo (CW). Permite la valoración de flujos de alta velocidad. La medición se realiza a través de todo el haz de ultrasonido. Corte subxifoide, valoración de la velocidad del tracto de salida del ventrículo izquierdo.

verdaderamente la velocidad de la sangre. Con otros ángulos, esta premisa ya no es cierta. Es por ello que, se suele decir que la velocidad medida por ecografía Doppler es ángulo dependiente. En la práctica no se utilizan ángulos mayores de 15°, ya que estos producen unos valores de velocidad de flujo menores de los reales.

Doppler color Color Doppler imaging (CDI) o Color Flow Mapping (CFM)

Se obtienen imágenes en color sobre una imagen bidimensional. Las diferencias de velocidad y flujo se codifican en colores, siendo el rojo el flujo que se acerca al transductor y azul el que se aleja del mismo. La zona de muestreo está determinada por el ROI (caja de color). Hay que mencionar que cuanto más brillante es el color, mayor es la velocidad del flujo. Es un tipo de Doppler pulsado que utiliza múltiples haces de exploración y determinamos un área concreta (Vídeo 7.1A-B).

Doppler tisular (TDI)

Permite registrar velocidades del miocardio en un punto concreto. Proporciona un análisis cuantitativo de las velocidades de movimiento de las paredes del corazón a lo largo del ciclo cardíaco. Aporta información útil de la función sistólica y diastólica.

CONTROLES DEL EQUIPO DE ECOGRAFÍA

Los equipos de ecografía vienen con unos parámetros predefinidos para una correcta visualización de la imagen, pero a veces la calidad de la imagen es inferior a la deseada, por lo que se deben ajustar los diferentes controles para mejorar la calidad de la imagen. Los controles que habitualmente se manejarán y comunes en la mayoría de los equipos son los siguientes.

CONTROLES EN EL MODO BIDIMENSIONAL

La ecocardiografía bidimensional utiliza transductores que transmiten múltiples haces de sonido en forma de sector o cuña. El sector tiene amplitud y profundidad.



Vídeo 7.1. Doppler Color a nivel de válvulas auriculoventriculares. Corte paraesternal derecho, eje largo 4 cámaras. (A) Valoración del Doppler color a nivel de válvula tricúspide. (B) Valoración del Doppler color a nivel de válvula mitral.

- Profundidad: se debe ajustar la profundidad de manera que el corazón ocupa la mayor parte del sector, de esta manera se disminuye la cantidad de campo pulmonar y se evita el artefacto de reverberación que se ve en la parte inferior del sector (Figura 7.7A-B). Normalmente a la izquierda de la imagen observaremos un cursor con una escala de profundidad.
- Amplitud del sector o también denominado área de exploración. Es el ancho del sector de imagen, normalmente entre 120° y 30°. Cuanto más ancho es el sector más lento de procesar son los ecos, la frecuencia de imágenes disminuye, por lo tanto, para obtener imágenes con mayor resolución se debe disminuir el sector (Figura 7.8A-B). Esto tiene especial importancia al utilizar el modo Doppler. En gatos y perros pequeños con frecuencias cardíacas muy elevadas, al disminuir el ancho del sector se obtendrán imágenes de mayor resolución.
- Frecuencia: los transductores de mayor frecuencia poseen longitudes de ondas más cortas y por lo tanto mejor re-

solución, pero menor profundidad de penetración y los transductores de menos frecuencia al tener longitud de onda más largas, tienen mayor penetración, pero peor resolución. En animales grandes donde las estructuras cardíacas son mayores, no se pierde mucha información al utilizar bajas frecuencias, sin embargo, en animales pequeños si se pierde mucha calidad de la imagen. Se denomina resolución a la mayor frecuencia de un transductor que aporte la mejor calidad de la imagen y se denomina penetración a la menor frecuencia del transductor y penetrará más en el tórax. El control está en el punto entre resolución y la penetración.

- Ganancia: con este control se aumenta o se disminuye el brillo de la imagen. Se controla la intensidad de la señal del transductor en todo el sector. Al aumentar la ganancia se obtiene imágenes más blancas, distorsionadas y al disminuirla más oscuras donde no se verá correctamente los detalles, ya que la fuerza de señal del transductor es demasiado baja y por tanto se generan buenas imágenes

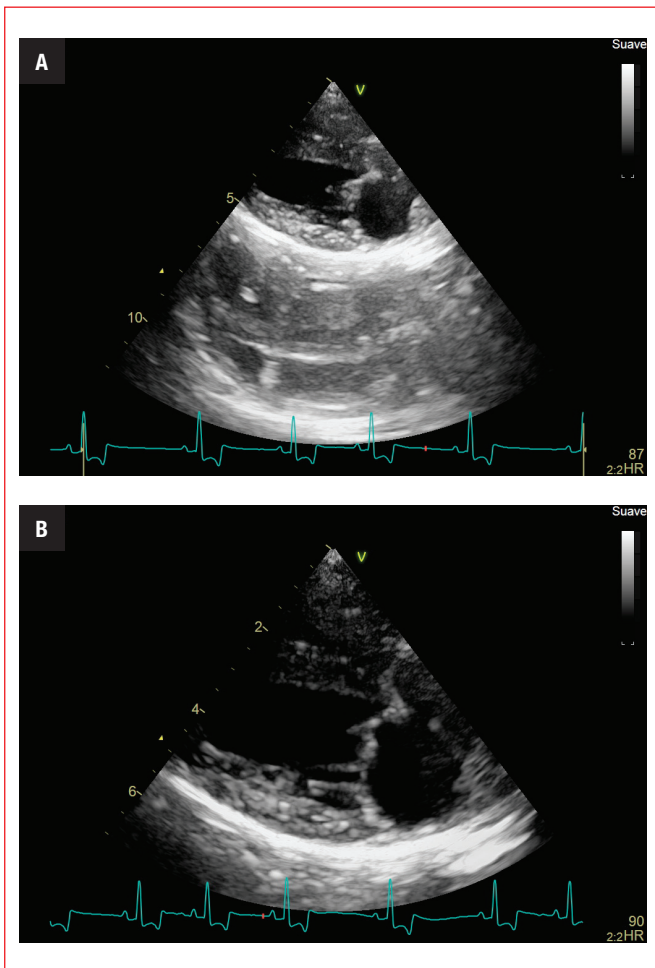


Figura 7.7. (A-B) Modificación de la profundidad en el modo bidimensional, para disminuir los artefactos por el campo pulmonar. Ventana paraesternal derecha longitudinal 4 cámaras.

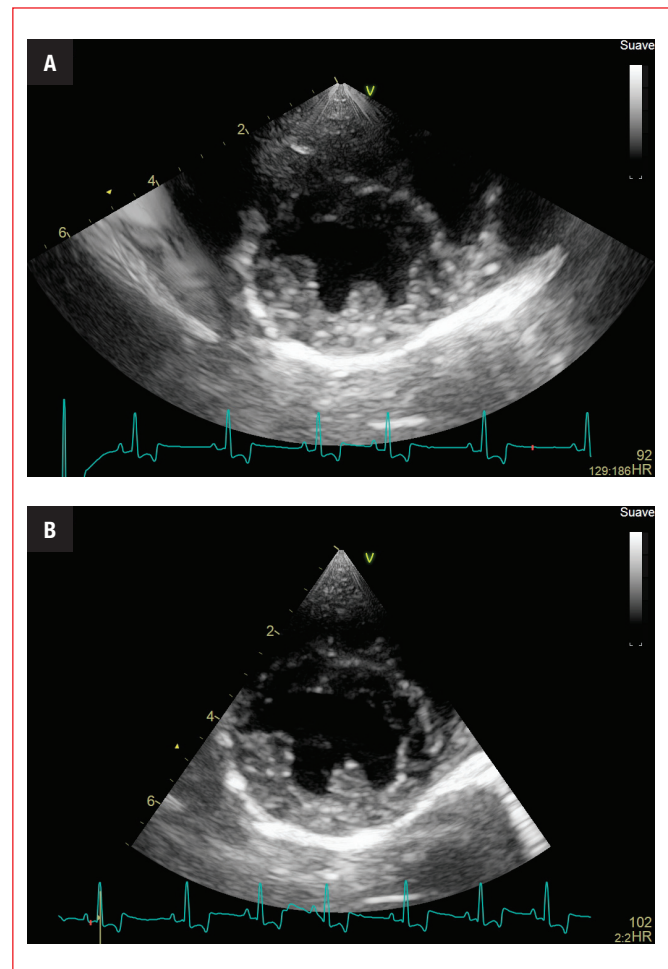


Figura 7.8. (A-B) Modificación de la amplitud del sector para obtener imágenes de mayor resolución. (A) sector muy ancho, con imágenes más lentas de procesar. (B) Sector ajustado a zona a estudiar, en este caso Ventrículo izquierdo en un corte transversal.

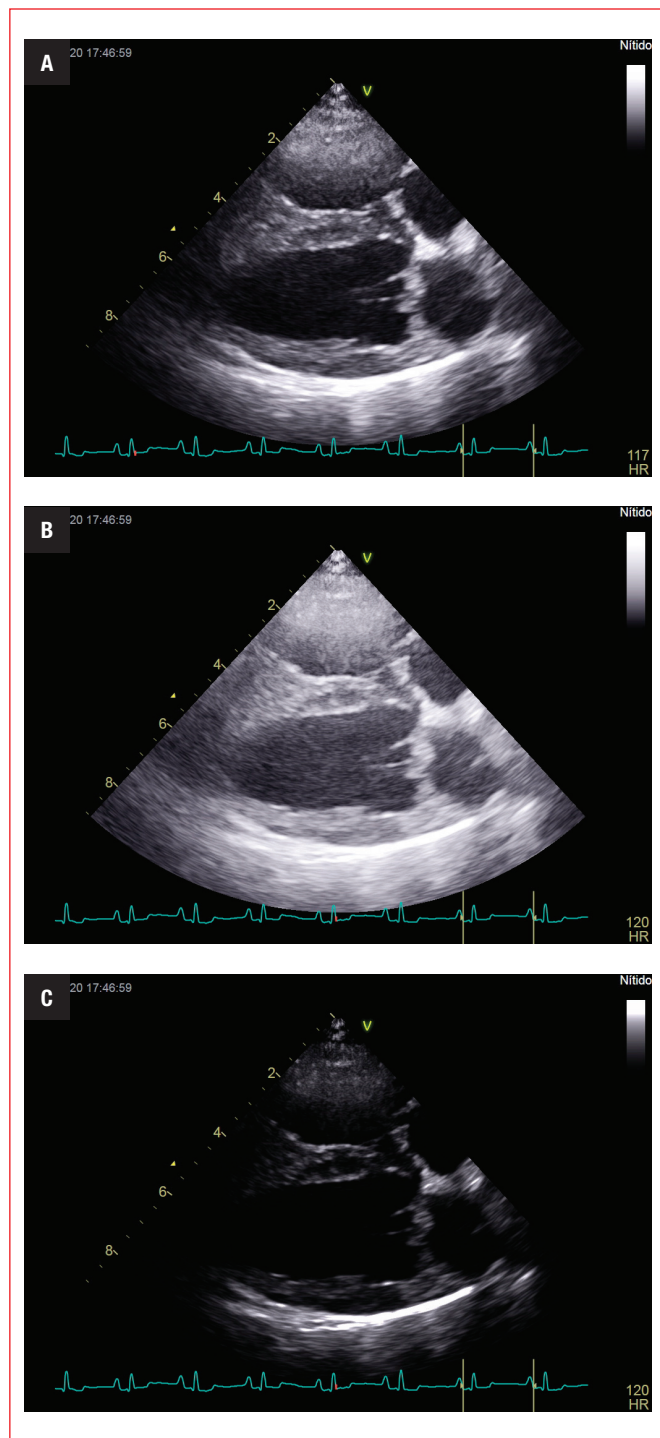


Figura 7.9. Modificación de la ganancia total en el modo BD. Mismo paciente, mismo corte ecocardiográfico, paraesternal derecho longitudinal 4 cámaras. **(A)** Imagen óptima. **(B)** Imagen con demasiada ganancia, imagen muy blanca con pérdida de definición de detalles. **(C)** Imagen con poca ganancia, imagen muy oscura.

(Figura 7.9A-C). El punto en el que se observa la imagen sin ecos en el interior de las cámaras cardíacas y donde los píxeles no se entremezclan, es el punto de ganancia idónea para ese paciente.

- **Compensación tiempo ganancia:** consiste en modificar la ganancia a diferentes profundidades. Este control permite atenuar los reflejos más fuertes de las estructuras cercanas al transductor (disminuir el brillo), e intensificar las estructuras más alejadas de transductor, que reflejan un sonido más débil (aumentar el brillo).
- **Mapa de grises:** existen diferentes mapas de grises donde varían la intensidad del gris y el brillo del sonido reflejado. Se debe elegir el mapa de gris según la preferencia personal y que muestre los detalles necesarios. Normalmente el mapa de grises debería fijarse en el más utilizado y sólo modificarlo en caso de que la imagen obtenida no sea de buena calidad.
- **Rango dinámico:** o también denominado compresión dinámica. Controla la cantidad de sombras de grises que se muestran en la imagen. Si el rango dinámico es alto, se observarán ecos más débiles y mayor sombra de grises, creándose una imagen de aspecto más blando. Al aumentar la compresión, se disminuye el rango dinámico, desaparecen los grises que representa a las señales de ecos más débiles y se obtienen imágenes más contrastadas. Este control es personalizado, es decir se ajusta según la preferencia personal sin que se pierda detalle de la imagen.
- **Foco:** sirve para mejorar la resolución de la imagen en el nivel donde hemos colocado el punto focal. A menudo se coloca el punto focal en la mitad inferior, pero se puede colocar a cualquier profundidad para mejorar la calidad de la imagen en ese punto.
- **Armónicos:** el uso de armónicos permite mejorar la calidad de la imagen y reducir el número de artefactos, ya que el transductor recibe sonidos al doble de frecuencia de la emitida. Normalmente se utiliza para mejorar la definición de los bordes endocárdicos, aunque no siempre funciona, depende de la frecuencia del transductor y del paciente.

CONTROLES EN EL MODO M

Como se comentó anteriormente, este modo de ecocardiografía se refiere al modo movimiento, obteniéndose imágenes de estructuras cardíacas en un modo mono dimensional. Los diferentes controles que se deben modificar para una correcta valoración de la imagen son:

- **Cursor:** la correcta posición del cursor es fundamental para obtener una imagen del modo M. Para obtener la imagen en modo M, se moverá el cursor por encima de la imagen bidimensional a estudiar, de manera que cualquier estructura que atraviese el cursor aparecerá en la imagen del modo M, muchas veces dificultando la toma de medidas. (Figura 7.10A-B).
- **Velocidad de barrido:** modificando la velocidad de barrido

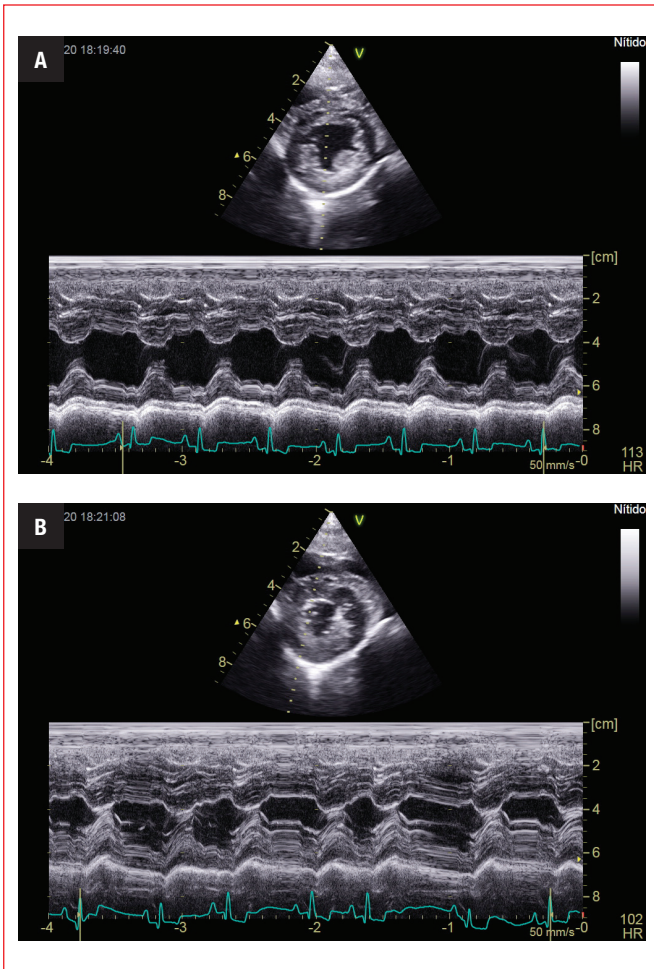


Figura 7.10. Variación del Modo M según colocación del cursor. (A) Se observa el cursor correctamente colocado entre los músculos papilares y el área de máxima contracción del septo interventricular (SIV). (B) Se observa como el cursor se superpone sobre el músculo papilar y por lo tanto dificulta la identificación de los límites de la cavidad del VI, SIV, y pared libre del ventrículo izquierdo (PLVI), pudiendo originar errores al realizar las mediciones para el estudio del VI.

do se puede expandir o comprimir la imagen del modo M en el eje de abscisas. En pacientes con frecuencias cardíacas muy altas, es aconsejable aumentar la velocidad de barrido, para una mejor visualización de los movimientos durante el ciclo cardíaco (Figura 7.11A-B).

CONTROLES EN EL MODO DOPPLER ESPECTRAL

- Cursor: se coloca a lo largo de la dirección del flujo donde se quiere determinar la velocidad. Normalmente la dirección del flujo se ha predeterminado con el Doppler color.
- Ventana: hace referencia a la zona de muestreo, que se desliza a lo largo de la línea del cursor, hasta colocarla exactamente en la zona a estudiar.
- Tamaño de la ventana: corresponde al tamaño de la muestra. Normalmente se utilizará el tamaño de la muestra

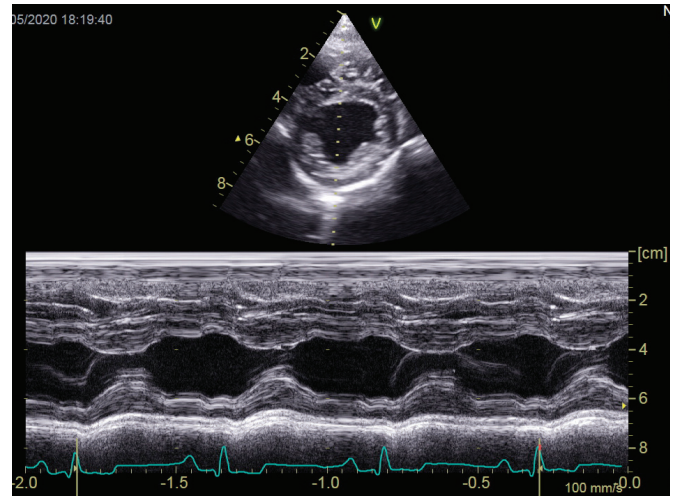


Figura 7.11. Modificación de la velocidad de Barrido del Modo M, para delimitar mejor los diferentes límites de las estructuras atravesadas por el cursor. En este caso modificación de la velocidad en un Modo M a nivel de un corte transversal del VI. Fundamental en pacientes con taquicardia.

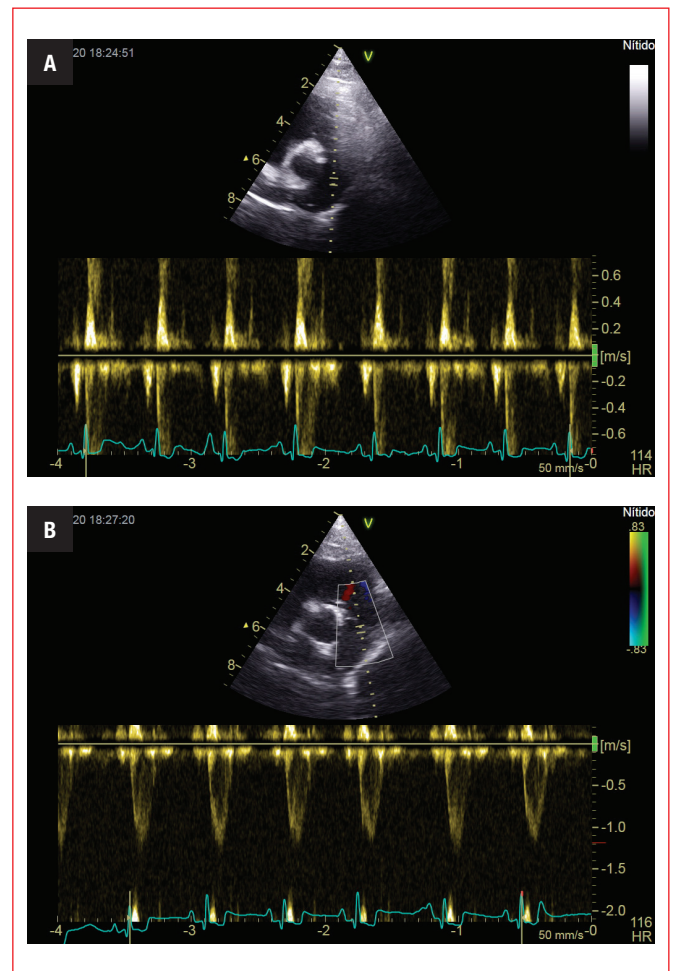


Figura 7.12. Modificación de la Línea base, en el Doppler espectral. Doppler pulsado a nivel de flujo transvalvular pulmonar. (A) Línea base muy baja, obsérvese el efecto de aliasing en la onda Doppler de flujo transpulmonar. (B) Imagen del espectro Doppler tras modificar la línea base.

mínimo para disminuir los artefactos por el ruido.

- Línea base: corresponde a la velocidad 0. Por encima de la línea base se reflejarán los flujos positivos, se deben acercar al transductor y por debajo los flujos que se alejen del transductor. Se debe mover la línea base en beneficio de obtener flujos sin *aliasing* (Figura 7.12A-B).
- Ganancia del Doppler: se usará este cursor exactamente igual que en los otros modos ecocardiográficos, al aumentar la ganancia se aumentará la intensidad de la señal de retorno.
- Velocidad de Barrido: igual que ocurre en el modo M, se puede modificar la velocidad para realizar un mejor estudio de los espectros Doppler. Especialmente útil en pacientes con frecuencias cardíacas altas, si se quiere realizar una correcta medición de tiempos.
- Escala: se seleccionará acorde a la velocidad del flujo sanguíneo que se quiere estudiar (Figura 7.13A-B). Se puede modificar tanto en el Doppler de onda pulsada como continúa.

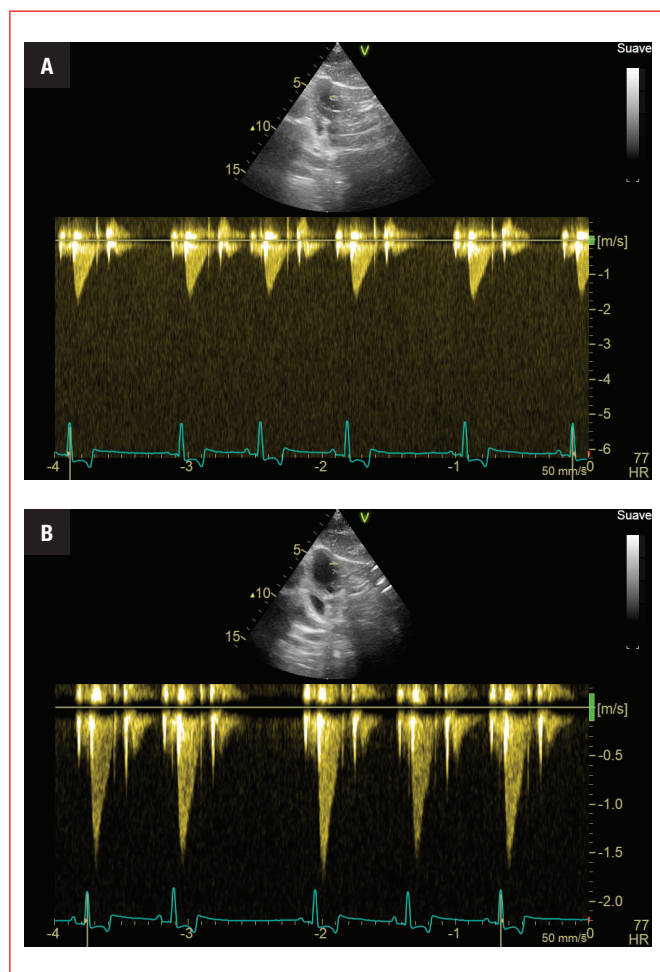


Figura 7.13. (A-B) Modificación de la línea base y escala para una correcta medición del flujo del tracto de salida del ventrículo izquierdo (TSVI), en un corte subxifoide.

CONTROLES EN EL MODO DOPPLER COLOR

- Ganancia: en este caso a diferencia del modo bidimensional, la ganancia sólo afecta a la ganancia receptora. Al aumentar la ganancia del color, se aumenta la cantidad de color que se muestra en la imagen, pero si se aumentan demasiado se perderá la definición, incluso llegando a superponerse el color al tejido miocárdico (Figura 7.14A-B).
- Posición del sector en el área objeto de estudio: se obtendrá una mejor calidad del modo Doppler color si se disminuye la angulación entre el sector y la dirección del flujo sanguíneo.
- Ancho y alto del sector: al reducir el tamaño del sector, se reduce el tiempo necesario para procesar la información de flujo, aumentando la frecuencia de imágenes y por tanto mejorando la información del color del flujo sanguíneo.

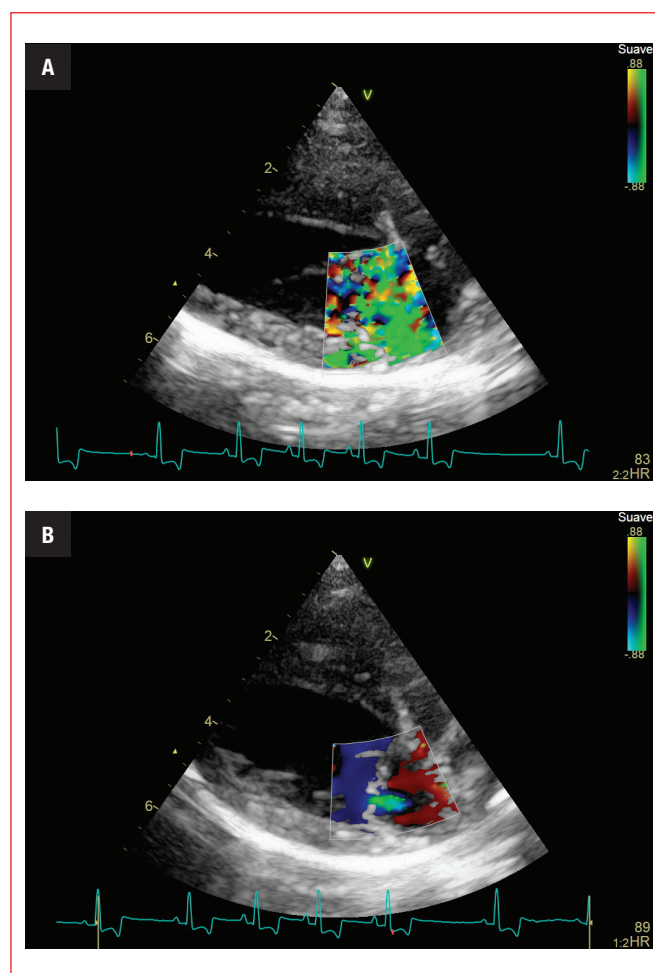


Figura 7.14. Modificación de la ganancia del color. Doppler color a nivel de la válvula mitral en un corte paraesternal derecho longitudinal 4 cámaras. En la imagen (A) se puede observar una leve insuficiencia en la válvula mitral. En la imagen (B) se ha aumentado mucho la ganancia y no se distingue la insuficiencia mitral (IM), además de que el color se superpone al tejido miocárdico.

- Mapa color: existen diferentes mapas de color que se pueden preseleccionar. Lo ideal es establecer un mapa de color y no modificarlo.
- Línea base: ajustando la línea base de la barra de color, se pueden observar flujos en una determinada dirección en beneficio de una velocidad mayor, antes de que aparezca el *aliasing*. En la barra de color aparece una velocidad máxima y mínima y se modificará la línea base en ese rango de velocidad.

EXAMEN ECOCARDIOGRÁFICO BIDIMENSIONAL

TÉCNICA ECOCARDIOGRÁFICA Y VALORACIÓN SUBJETIVA

Hay que mencionar que la manera en que se describe como realizar correctamente los cortes ecocardiográficos, son orientativos ya que dependerá de la conformación del tórax de cada paciente.

A la hora de tomar los cortes hay dos conceptos que se deben tener claros (Vídeo 7.2A-B): rotación y angulación.

Los cortes o imágenes ecocardiográficas estándar son:

- Cortes por el lado derecho
 - Cortes longitudinales: muestran el corazón desde la base hasta el vértice siguiendo el diámetro mayor del corazón. Se observan la raíz aórtica y las válvulas sigmoideas aórticas, así como la continuidad anatómica de la pared anterior aórtica con el tabique interventricular y de la pared posterior aórtica con la válvula mitral. Se observa la cavidad ventricular izquierda, el movimiento del tabique interventricular y la pared libre del ventrículo izquierdo. De igual forma se pueden observar las cavidades derechas.
 - Corte paraesternal derecho eje largo 4 cámaras.
 - Corte paraesternal derecho eje largo 5 cámaras.
 - Cortes transversales: siguen una dirección perpendicular al eje mayor del ventrículo izquierdo. El análisis de los planos transversales permite realizar una correcta valoración de todos los segmentos ventriculares, el movimiento de apertura de la válvula mitral, la valoración de la aorta con sus valvas sigmoideas, atrio izquierdo y valoración de la válvula y tronco pulmonar con ramas derecha e izquierda.

- Corte paraesternal derecho eje corto a nivel de los músculos papilares.
- Corte paraesternal derecho eje corto a nivel de la válvula mitral.
- Corte paraesternal derecho eje corto a nivel de la base cardíaca. Atrio izquierdo (AI)/Aorta (Ao).
- Corte paraesternal derecho a nivel del tracto de salida del ventrículo derecho (TSVD).
- Cortes por el lado izquierdo
 - Cortes Apicales: se obtienen situando el transductor en el ápex cardíaco y permiten obtener una información conjunta de las cuatro cámaras cardíacas. En la imagen se localizan las cavidades ventriculares izquierda y derecha, en la zona más próxima al transductor, y en situación más alejada del transductor las cavidades atriales derecha e izquierda. Separa ambas cavidades el movimiento típico de las válvulas auriculoventriculares mitral y tricúspide. Rotando el transductor se obtiene una correcta imagen del tracto de salida del ventrículo izquierdo.
 - Corte paraesternal apical izquierdo 4 cámaras.
 - Corte paraesternal apical izquierdo 5 cámaras.
 - Cortes Craneales: se obtienen situando el transductor a nivel de base cardíaca. A partir de la aorta en una posición longitudinal, donde se distinguirá el tracto de salida del ventrículo izquierdo, la aorta y la porción ascendente de la aorta.
 - Corte craneal izquierdo a nivel del tracto de salida del ventrículo izquierdo (VI).
 - Corte craneal izquierdo a nivel del atrio derecho (AD) y válvula tricúspide.
 - Corte craneal izquierdo a nivel del tracto de salida del ventrículo derecho.
 - Corte subxifoide.

Corte paraesternal derecho eje largo 4 cámaras. Transmitral

- Técnica: se obtiene colocando en transductor con la marca hacia la columna del paciente, en el punto de máxima intensidad (aproximadamente 4-5 espacio intercostal). Si se utiliza la analogía del reloj, se decide que la marca está orientada a las doce en punto. En perros pequeños y gatos, se aproxima al esternón, pero en perros de mayor tamaño se asciende por el espacio intercostal hasta una región más central en el tórax (Figura 7.15A-B) (Vídeo 7.3A-B).
- Valoración subjetiva: en este corte se debe realizar una valoración del aspecto, movimiento y tamaño de las paredes, cavidades cardíacas, válvulas, septos, pericardio y vena y arteria pulmonar derecha.
 - Valorar curvatura del septo interventricular y del septo interatrial.



Vídeo 7.2. Corte paraesternal derecho eje largo 4 cámaras en la especie canina (A) y felina (B).

- Valorar lesiones valvulares a nivel de la válvula mitral (valva parietal y septal) y tricúspide.
- Valorar la correcta alineación de la válvula tricúspide y mitral. El anillo de la válvula tricúspide está más

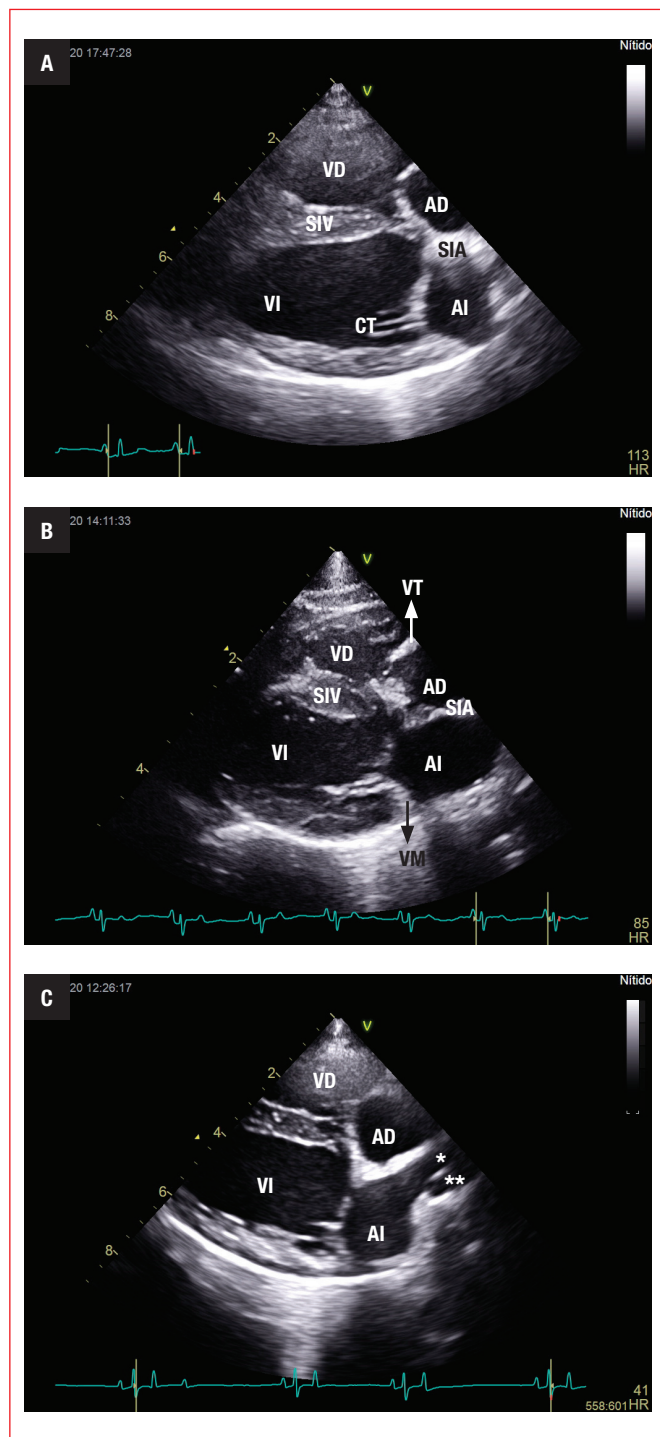


Figura 7.15. (A) Corte paraesternal derecho eje largo 4 cámaras en la especie canina y (B) felina. Se diferencia el atrio derecho (AD), atrio izquierdo (AI), ventrículo derecho (VD), ventrículo izquierdo (VI), septo interventricular (SIV), septo interatrial (SIA), válvula mitral (VM) y válvula tricúspide (VT). (C) Optimización de la base cardíaca para identificar la arteria pulmonar principal derecha (doble asterisco) y vena pulmonar (asterisco).

cerca del ápice del corazón que el mitrálico, pero no más de 1-2 mm.

- Las válvulas atrioventriculares deben tener una ligera curvatura hacia la cámara ventricular, a medida que se extienden desde el anillo.
- También se puede valorar por este corte la relación de tamaño entre el (VD) y (VI).

Angulando y redirigiendo el transductor hacia base cardíaca se puede identificar la llegada de las venas pulmonares al atrio izquierdo y la arteria pulmonar principal derecha (Figura 7.15C).

En este corte se realiza la valoración del Doppler Color sobre las válvulas atrioventriculares (ver Vídeo 7.3A-B).

Corte paraesternal derecho eje largo 5 cámaras. Tracto de salida del ventrículo izquierdo

- Técnica: se obtiene desde el corte de cuatro cámaras, rotando el transductor hacia la articulación escapulohumeral, siguiendo la analogía del reloj, se debe realizar una rotación en sentido antihorario, de manera que la marca quedaría aproximadamente a las menos cinco (Figura 7.16A-B).
- Valoración subjetiva:
 - No hay curvatura del septo interventricular (SIV). Si el SIV aparece combado indicaría sobrecarga de volumen.
 - La cámara del VD es aproximadamente 1/3 de la cámara del VI.
 - El SIV y la pared libre del ventrículo izquierdo (PLVI) son similares en grosor.
 - El espesor de la pared libre del ventrículo derecho (PLVD) es la mitad de la PLVI.
 - Valorar la presencia de lesiones valvulares a nivel de la aorta.
 - El SIV no se extiende hacia la trayectoria de salida del VI en perros, sin embargo, en gatos si se extiende ligeramente hacia el TSVI
 - La Ao y la AI son similares en tamaño.

En neonatos el grosor de la pared libre del ventrículo derecho es igual o más grande que el grosor de la pared libre del ventrículo izquierdo. A menos que haya una patología clara (por ejemplo, una estenosis pulmonar) debemos reevaluar a los 3-6 meses.



Vídeo 7.3. Color: Doppler color a nivel de válvulas auriculoventriculares en un corte paraesternal derecho eje largo 4 cámaras. (A) En la especie canina y (B) felina.