



# BASES DE LA MEDICINA CLÍNICA

Unidad:  
**CARDIOLOGÍA**

Tema:  
**ECOCARDIOGRAMA DOPPLER COLOR**

**Dr. Mario Alfaro Díaz**

# ECOCARDIOGRAMA DOPPLER COLOR

Dr. Mario Alfaro Díaz

## 1. BASES FÍSICAS

## 2. EXAMEN NORMAL, PLANOS Y MEDICIONES

## 3. INDICACIONES

## 4. CRITERIOS DE ANORMALIDAD. PATOLOGÍAS MÁS COMUNES.

### 1. BASES FÍSICAS:

El Ecocardiograma no difiere de cualquier tipo de Ecografía que se utiliza en Medicina, solo que los equipos están configurados para el examen del corazón y estructuras vasculares vecinas.

El principio de la técnica es el Ultrasonido (US), que es una onda sonora por sobre el espectro de la audición humana, generalmente sobre los 20.000 Hz. La vibración de cristales de Cuarzo, contenidos en un componente del equipo denominado transductor, emite ondas US que atraviesan las distintas estructuras que encuentran, en este caso, desde la pared torácica hacia dentro, donde a su vez, se generan ecos de rebote, los que son recibidos por el mismo transductor.

El transductor transforma estas señales US en información electrónica que el equipo procesa. A medida que la señal emitida va generando ecos, el equipo reconstruye las estructuras que van siendo analizadas, de la siguiente manera:

- El tiempo que demora en ir y volver un eco da la información de la profundidad a la que se encuentra.
- La cantidad de ecos que se devuelven da información de la densidad de las estructuras.
- El mejor conductor es el agua, no genera ecos. Al revés, las estructuras más sólidas como hueso o elementos metálicos son los que más ecos dan.
- Las estructuras que se mueven, van generando un cambio en el tiempo, que es detectado como cambio de profundidad y así se representan gráficamente. Cuando la emisión es en una sola línea, la representación y reconstrucción es denominada Modo M o Unidimensional ([figura 1](#)).
- Si el equipo hace una especie de barrido con múltiples líneas, en forma de abanico, reconstruye una imagen ahora denominada Bidimensional. Esto es hoy lo más habitual en la exploración Ecocardiográfica, se hace en tiempo real, que muestra lo que ocurre con las estructuras instantáneamente ([figura 2](#)).
- Hoy ya existen, aunque están poco disponibles, equipos que hacen análisis y representación Tridimensional, con representación de las estructuras en los ejes X, Y y Z. Requieren procesamiento posterior para la reconstrucción. Los equipos aún más modernos, hacen la reconstrucción instantánea en tiempo real, y se les ha denominado 4-D.

### DOPPLER:

Una derivación de la información que se genera por el US es el análisis Doppler.

El efecto Doppler fue descrito en 1842 por el físico austriaco Christian Doppler, para explicar los cambios de longitud de onda según si un objeto se acerca o se aleja.

Así, en lo que respecta a la técnica, el emisor/receptor puede discriminar, analizando la longitud de la onda de US que se refleja, si la estructura en movimiento se aleja o se acerca, y luego, seguido esto en un período de tiempo, medir la velocidad de este movimiento.

La aplicación de este efecto permitió agregar el estudio de flujos primero, utilizando el movimiento de los glóbulos rojos, para medir las velocidades del flujo de la sangre en las distintas cavidades y vasos, generando una serie de cálculos hemodinámicos. Posteriormente se ha incorporado la medición de la velocidad de los tejidos, el llamado Doppler Tisular, del que han derivado una serie de aplicaciones muy útiles para estudiar el comportamiento de la fibra miocárdica.

Los equipos pueden desplegar la información de distintas formas, y en general, uniformemente se hacen por defecto de la siguiente manera:

- Análisis espectral; consiste en la representación gráfica de las velocidades medidas a la masa de glóbulos en el tiempo, dando una forma de curva gaussiana, cuyo valor positivo o negativo depende del sentido del movimiento. Por la naturaleza cíclica de los flujos sanguíneos, esto sigue la misma forma, representándose además la frecuencia cardíaca y la regularidad del ritmo ([figura 3](#)).
- Las velocidades del flujo se miden en metros/segundo. Las velocidades tisulares están en centímetros/segundo.
- Los flujos a través de las distintas estructuras cardíacas y vasos, tienen características propias que los distinguen, lo que permite evaluar la normalidad o alteración del flujo.
- Las velocidades de flujos en el lado izquierdo del corazón son significativamente mayores que en el derecho.

#### Existen 4 variedades de Estudio Doppler

- Doppler Continuo; el equipo está simultáneamente emitiendo y recibiendo las ondas y calculando las velocidades que se obtienen a lo largo de toda el haz US.
- Doppler Pulsado; el equipo emite y espera el retorno, se le señala un punto de interés para que mida la velocidad en ese punto. Tiene limitante para medir velocidades altas.
- Doppler-Color; consiste en que el equipo asigna, arbitrariamente, un color al sentido del flujo, y la superpone a la imagen del Eco, ya sea Modo M o modo Bidimensional (también en 3-D). Por defecto, se asigna color azul al flujo que se acerca, rojo al que se aleja. Cuando las velocidades son mayores que el límite que da el equipo, se tornan en mosaico.
- Esto facilita mucho el estudio ya que permite una mejor visualización de los flujos y medir en forma alineada (eliminando el factor de corrección por angulación del haz US); también permite visualizar de inmediato flujos que no deben estar presentes, como regurgitaciones, corto-circuitos, etc.
- Doppler Tisular; el equipo cambia la configuración a las velocidades del tejido, que son significativamente menores que las del flujo. Así construye curva espectral, con curva característica. Se aplica especialmente en el movimiento del anillo mitral, para estudio de función diastólica ([figura 4](#)).
- Cálculos Hemodinámicos: Derivado de las mediciones de velocidades de flujos, es posible efectuar diversos cálculos hemodinámicos, dado que la simplificación de la Ecuación de Bernouilli, donde  $4 \times$  la velocidad al cuadrado nos estima muy certeramente la gradiente de presión a través de una válvula o un orificio ([figura 5](#)).
- También es posible construir curvas de integral velocidad/tiempo, mediante la señal espectral del Doppler, lo que nos da información de la “cantidad de glóbulos rojos” pasando por unidad de tiempo, y esto es volumen ([figura 6](#)).
- Así calculamos y estimamos presiones, orificios estenóticos y regurgitantes valvulares, volúmenes regurgitantes, Gasto Cardíaco y corto-circuitos, todo lo que ha reemplazado en gran medida a los estudios invasivos en nuestros pacientes, tomándose decisiones de conducta basadas en la información del Eco-Doppler.

## **2. EXAMEN NORMAL, PLANOS Y MEDICIONES**

Existe una sistematización del examen de Ecocardiograma Doppler, cuyo propósito es que se cumplan mediciones estandarizadas, desde vistas o planos definidos, para recabar siempre toda la información posible, y que esto pueda ser comparado con otros exámenes en el tiempo o efectuados en otro lugar y por otro operador.

### **2.1. PLANOS Y VENTANAS**

Llamamos ventanas ultra-sónicas a los sitios anatómicos del cuerpo que mejor permiten el paso del haz US hacia la estructura o víscera que queremos explorar.

#### **2.1.1. PARA-ESTERNAL IZQUIERDO**

Con el paciente en decúbito lateral izquierdo se facilita la exploración por el acercamiento del corazón a la parrilla costal.

#### Modo M

El transductor de ultrasonidos se sitúa en la pared torácica sobre el tercero, cuarto o quinto espacio intercostal. El cambio

de angulación del haz permite registrar las diferentes estructuras cardíacas (Figuras 7a - 7b - 7c), cuyas características ecocardiográficas normales se detallan a continuación.

**Raíz aórtica.** Se visualiza como una estructura formada por un eco anterior, que corresponde a la pared anterior aórtica, y un eco posterior, que corresponde a la pared posterior; entre estas dos estructuras se registra el movimiento de los velos sigmoideos aórticos. Durante la diástole el eco permanece situado en medio de la luz del vaso; durante la sístole se registra el movimiento de apertura de los velos sigmoideos aórticos. Por detrás de la raíz aórtica se localiza la cavidad auricular izquierda y por delante el ventrículo derecho.

**Tras la raíz aórtica** queda la cavidad de la aurícula izquierda; su dimensión en modo M convencionalmente se mide en sístole, cuando el movimiento de la pared posterior aórtica está más anterior, reflejando el mayor llene auricular (**7a**).

**Válvula mitral.** El velo anterior mitral se caracteriza por presentar en diástole un rápido movimiento de apertura (punto E), para luego iniciar un cierre meso diastólico; la contracción auricular producirá una reapertura de la válvula (punto A), tras la cual aparece el cierre por la oposición de los velos anterior y posterior. El velo posterior presenta, durante la diástole, un movimiento opuesto al del velo anterior (**7b**).

**Ventrículo izquierdo.** La cavidad ventricular aparece en la ecocardiografía en modo M entre el tabique interventricular y la pared posterior del ventrículo izquierdo. Durante la sístole se registra el engrosamiento de la pared septal y de la pared posterior del ventrículo izquierdo, con disminución del diámetro ventricular sistólico. Durante el llenado ventricular se produce un aumento progresivo del tamaño ventricular hasta alcanzar el diámetro diastólico, coincidiendo con el nadir de la onda R del registro ECG simultáneo. A partir de estas dos mediciones pueden inferirse mediciones básicas, como son los volúmenes diastólico y sistólico, la fracción de eyección y la fracción de acortamiento.

Por delante del Ventrículo Izquierdo se encuentra el Ventrículo Derecho, pero esta porción corresponde habitualmente a parte de la cavidad, cuya medición dista mucho de reflejar el tamaño real, con una forma más compleja que el izquierdo (**7c**).

### Modo 2-D

Habitualmente se hace simultáneamente con el Modo M, incluso permite un mejor alineamiento para las mediciones. Se reconocen 2 ejes de exploración y puede haber varios planos, que veremos a continuación.

**Corte longitudinal.** Secciona el corazón de la aorta al ápex siguiendo el diámetro mayor. En él se registran 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 el velo anterior mitral (**Figura 2**).

**Asimismo se detecta gran parte de la cavidad ventricular izquierda** enmarcada por el movimiento del tabique interventricular y la pared posterior del ventrículo izquierdo.

**Cortes transversales.** Estos siguen una dirección perpendicular al eje mayor del ventrículo izquierdo. Primero se observa en una posición central la imagen de la aorta con sus velos sigmoideos y los tres senos de Valsalva. Lateral a la válvula aórtica, hacia la izquierda anatómica, vemos la Arteria Pulmonar y su bifurcación en las 2 ramas; la válvula pulmonar solo es vista parcialmente. A su derecha se encuentran la válvula tricúspide, bajo esta la Aurícula Derecha, y por sobre la Aorta, parte del tracto de salida del Ventrículo Derecho. El corte efectuado sobre el ventrículo izquierdo registrará la forma circular del miocardio ventricular y sus variaciones en las contracciones sistólica y diastólica. El análisis de los planos transversales permite realizar una evaluación correcta de todos los segmentos ventriculares (plano de los músculos papilares). Una angulación discretamente superior muestra el movimiento de apertura de la válvula mitral con su área máxima, que se enmarca entre los límites de los velos anterior y posterior mitral (plano valvular mitral).

(**Figuras 8a, 8b, 8c**).

### 2.1.2. PLANO APICAL

Posicionando el transductor en la región del ápex, habitualmente 5° EII a nivel medio-clavicular, dirigiéndolo hacia el hombro derecho, obtenemos los cortes apicales. Generalmente solo cortes longitudinales en Modo 2-D; solo algunas mediciones aquí utilizan el Modo M.

**Apical 4 cámaras.** En situación más superior de la imagen se localizan las cavidades ventriculares izquierda y derecha, y en situación más inferior, alejada del transductor, las cavidades auriculares derecha e izquierda. Separa ambas cavidades el movimiento típico de las válvulas AV, mitral y tricúspide. El plano de cuatro cavidades permite analizar de forma adecuada los tabiques interauricular e interventricular, que separan las cavidades auriculares y ventriculares (Figura 9).

**Apical 5 cámaras.** Con una angulación más anterior del transductor, podemos ver la raíz aórtica, siguiendo al tabique interventricular, con la válvula aórtica y el tracto de salida del ventrículo izquierdo.

**Apical 2 cámaras.** Rotando el transductor en 90°, vemos ahora solo la cavidad del ventrículo izquierdo enmarcado por las paredes anterior e inferior.

### 2.1.3. PLANO SUB-COSTAL

Con el paciente en posición de decúbito dorsal y rodillas flectadas en reposo, desde la región sub-xifoidea exploramos con el transductor dirigido hacia el hombro izquierdo. Aquí normalmente se hace un corte longitudinal del corazón, en 4 cámaras, con angulaciones pequeñas para mejorar la exploración de ciertas estructuras, como el tabique inter-auricular, el tracto de salida del ventrículo derecho, y muy especialmente, la visualización de la llegada de la vena cava inferior a la aurícula derecha ([figura 10](#)).

### 2.1.4. PLANO SUPRA-ESTERNAL

Posición en decúbito dorsal con cuello en hiper-extensión, posicionamos el transductor dirigido hacia ventral, obteniendo un corte longitudinal del arco aórtico, con visualización de la emergencia de vasos superiores, especialmente arteria subclavia izquierda, y la porción inicial de la aorta descendente ([figura 11](#)).

## 2.2. MEDICIONES

En todos estos planos se hacen las mediciones sistematizadas, tanto en modo M, 2-D y Doppler, de las cavidades, grosores, volúmenes, velocidades de flujos y los cálculos derivados de ellas, que correspondan.

### Las siguientes mediciones y cálculos forman parte de un examen:

- Diámetro de raíz aórtica, de los segmentos, ascendente, unión sino-tubular y arco.
- Diámetro de la aurícula izquierda.
- Diámetros internos y grosor de las paredes del ventrículo izquierdo. Cálculo de fracciones de acortamiento y eyección ([Figura 12](#)).
- Cálculo de los volúmenes diastólico y sistólico en 2 planos y fracción de eyección por método volumétrico (Figuras 13 a - b).
- Cálculo del volumen de la aurícula izquierda ([Figura 14](#)).
- Diámetros internos del ventrículo derecho y cambio de área fraccional.
- Área y volumen de la aurícula derecha.
- Diámetro y cambio respiratorio de la cava inferior.
- Velocidades de flujo a nivel de todas las válvulas: Aórtica, Pulmonar, Mitral y Tricúspide. Los equipos hacen automáticamente el cálculo del gradiente de presión (máxima) con esta medición de velocidad máxima. Se calcula la gradiente media de presión con la curva espectral dibujando el contorno (integral velocidad/tiempo).
- El estudio de los flujos en las válvulas se completa con el cálculo de áreas de apertura. Cuando se aprecian regurgitaciones valvulares (fácilmente con Doppler Color), se debe hacer la graduación de severidad, mediante combinación de métodos visuales, cualitativos, semi-cuantitativos y cuantitativos.
- Cálculo estimado de presiones de: aurícula derecha, aurícula izquierda, presión de arteria pulmonar sistólica y diastólica (requieren presencia de regurgitaciones de la tricúspide y pulmonar respectivamente).

### Además de estas mediciones y cálculos, debe realizarse:

- Evaluación cualitativa de la motilidad y engrosamiento sistólico de las paredes ventriculares, especialmente del ventrículo izquierdo, dividido en segmentos relacionados a la irrigación coronaria.
- Características ultrasónicas de las paredes y estructuras: ecogenicidad aumentada o disminuida, movilidad de las valvas.
- Estudio del Pericardio; evaluar la presencia de derrame, engrosamiento y/o ecogenicidad aumentada.

## 3. INDICACIONES PARA EFECTUAR UN ECOCARDIOGRAMA

El Ecocardiograma se ha constituido en una herramienta diagnóstica rutinaria. Su accesibilidad, confiabilidad, reproducibilidad, rapidez y bajo costo, además de ser no invasivo y no causar molestias ni daño, constituyen características

muy atractivas.

Para mantener la credibilidad de la técnica debe extremarse el cuidado en que sea efectuado por personas muy bien formadas. Otro aspecto muy importante, es no solicitar exámenes sin justificación, por lo tanto lo que abordaremos en este capítulo puede ser lo más relevante en términos de formación médica.

Podemos resumir en una pregunta muy simple cada vez que queramos solicitar un examen: Ante la situación clínica que enfrentamos, la sospecha diagnóstica y con los datos que tenemos ¿el ecocardiograma nos va a dar información útil para un cambio en la conducta?

### 3.1. ESTUDIO DE PACIENTES CON DISNEA

Se justifica el examen cuando un paciente presenta disnea y elementos clínicos que hacen plantear fuerte sospecha de insuficiencia cardíaca y cardiopatía estructural; presencia de cardiomegalia radiológica y/o alteración electrocardiográfica del mismo tipo.

### 3.2. ESTUDIO DE PACIENTES CON SOPLO

Cuando un paciente tiene un soplo con características de ser orgánico, por intensidad, duración, momento del ciclo, foco e irradiación.

### 3.3. PACIENTES CON VALVULOPATIA CONOCIDA

Es útil para establecer diagnóstico correcto y severidad de la lesión; luego seguimiento en valvulopatías moderadas y severa (periodicidad según valvulopatía, repercusión clínica y daño asociado o cambio en la condición clínica). También es útil cuando se ha efectuado alguna reparación quirúrgica o percutánea tener un primer control precoz, para futuras comparaciones.

### 3.4. PACIENTE CON DOLOR TORACICO

En el paciente con dolor torácico, con alta sospecha de ser de origen coronario (por características del dolor, edad y otros factores de riesgo), el Ecocardiograma ayuda a detectar alteraciones de la motilidad de las paredes ventriculares, compatibles con un proceso isquémico en curso. Es útil también para investigar otras causas de dolor, como pericarditis aguda, trombo embolismo pulmonar, disección aórtica (Eco trans-esofágico de preferencia).

En el paciente con un Infarto al Miocardio ya constituido, es útil el examen para conocer la función ventricular, extensión del infarto, cuando hay inestabilidad hemodinámica, para detección de complicaciones.

### 3.5. PACIENTE CON ARRITMIAS

Cierto tipo de arritmias están muy relacionadas a cardiopatía estructural; en el caso de Fibrilación Auricular es mandatorio un Ecocardiograma, por el riesgo de embolismo sistémico, por la asociación a dilatación auricular y disfunción ventricular. Especialmente útil es el Eco Trans-Esofágico (ETE) para estratificar el riesgo embólico. No está indicado para pacientes con palpitaciones sin sospecha de cardiopatía estructural, con ECG de reposo normal, o con extrasistolías auriculares o ventriculares.

### 3.6. SOSPECHA DE ENDOCARDITIS

Es necesario detectar la existencia de enfermedad cardíaca en pacientes con sospecha clínica alta de endocarditis, para detectar vegetaciones, en lo que es más sensible el ETE (pero siempre un Eco de superficie primero); ver las características de las vegetaciones, tamaño movilidad, presencia de complicaciones como abscesos, perforaciones, etc. Esto es necesario cuando el curso de la enfermedad es complejo, con mala respuesta clínica.

Está indicado en pacientes con elevada sospecha clínica de Endocarditis, aun con hemocultivos negativos y en pacientes con bacteriemias sin foco.

### 3.7. SOSPECHA DE PERICARDITIS

Es la técnica de elección para la detección de derrame pericárdico. Es muy útil para establecer la cuantía y cuando hay sospecha clínica de taponamiento, los signos ecocardiográficos son bastante sensibles y específicos.

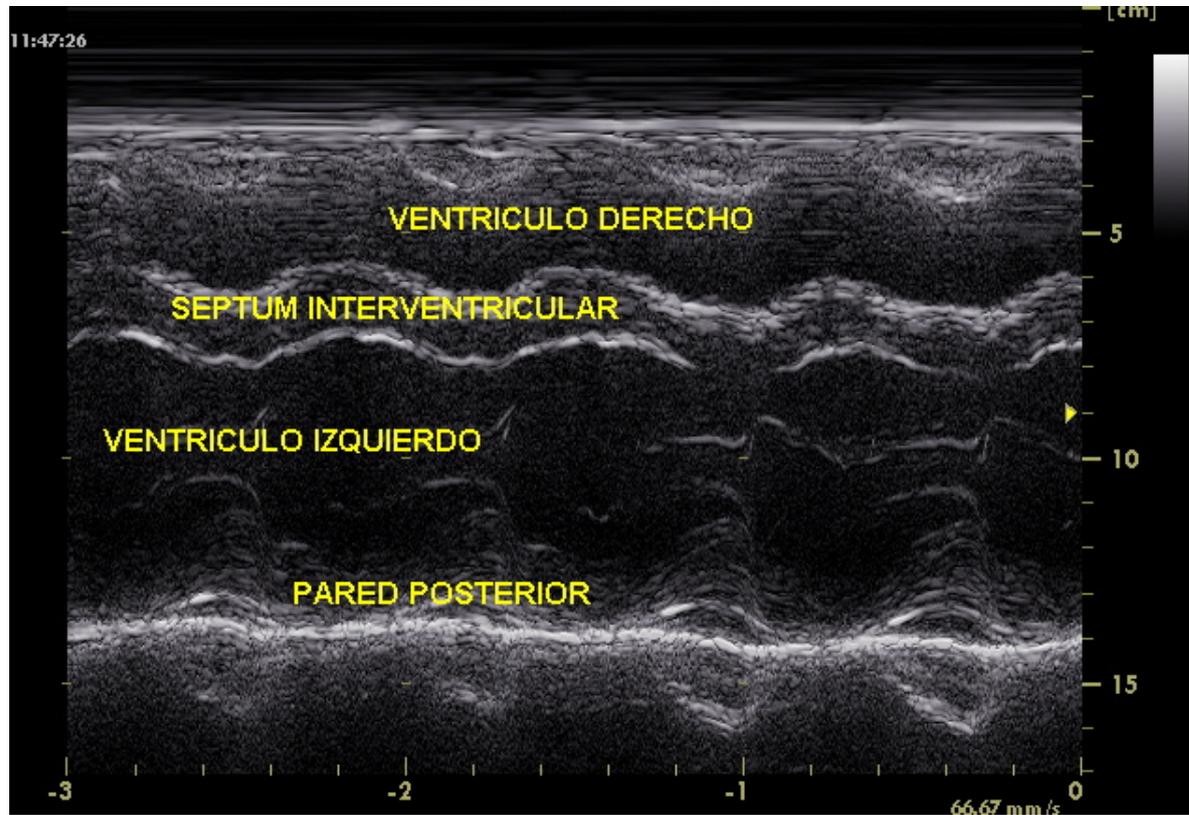
Cuando se planea efectuar una punción evacuadora, guiar el procedimiento con el ecocardiograma es muy deseable.

### 3.8. EN LA HIPERTENSION ARTERIAL

Es probablemente el escenario donde más exámenes se solicitan como parte del estudio, sin que efectivamente sea relevante para la terapia o manejo en la mayoría.

La importancia del ecocardiograma está en la valoración de la hipertrofia ventricular, como factor pronóstico. También la presencia de disfunción diastólica y/o sistólica. En estos últimos casos puede ser útil para hacer cambios en la terapia.

[Figura 1](#)



[Figura 2](#)

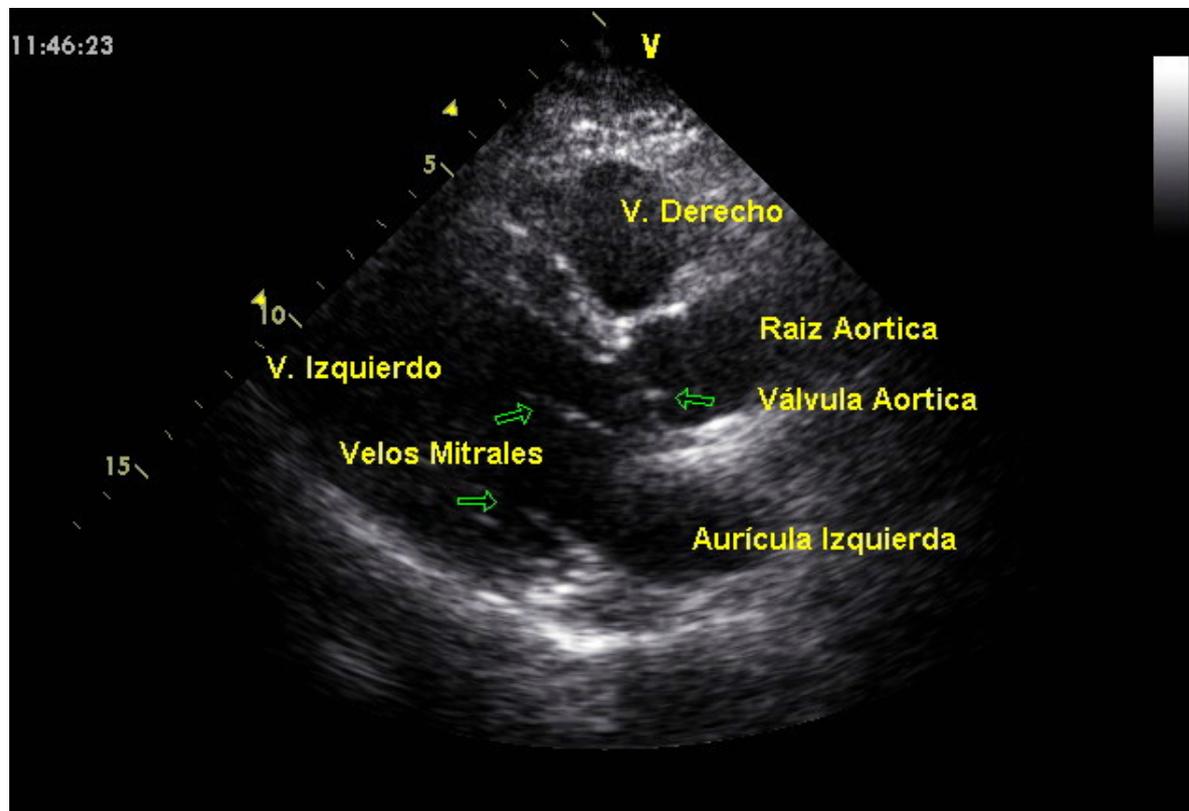


Figura 3

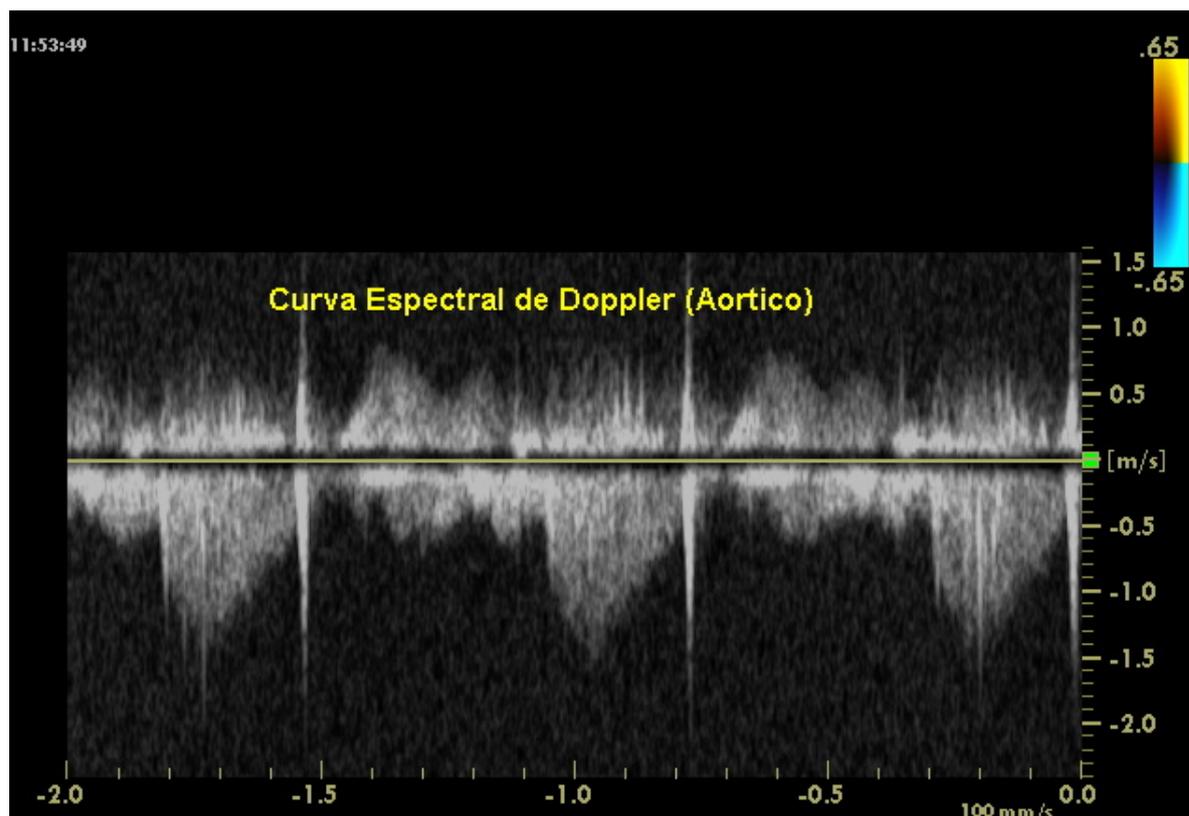


Figura 3b

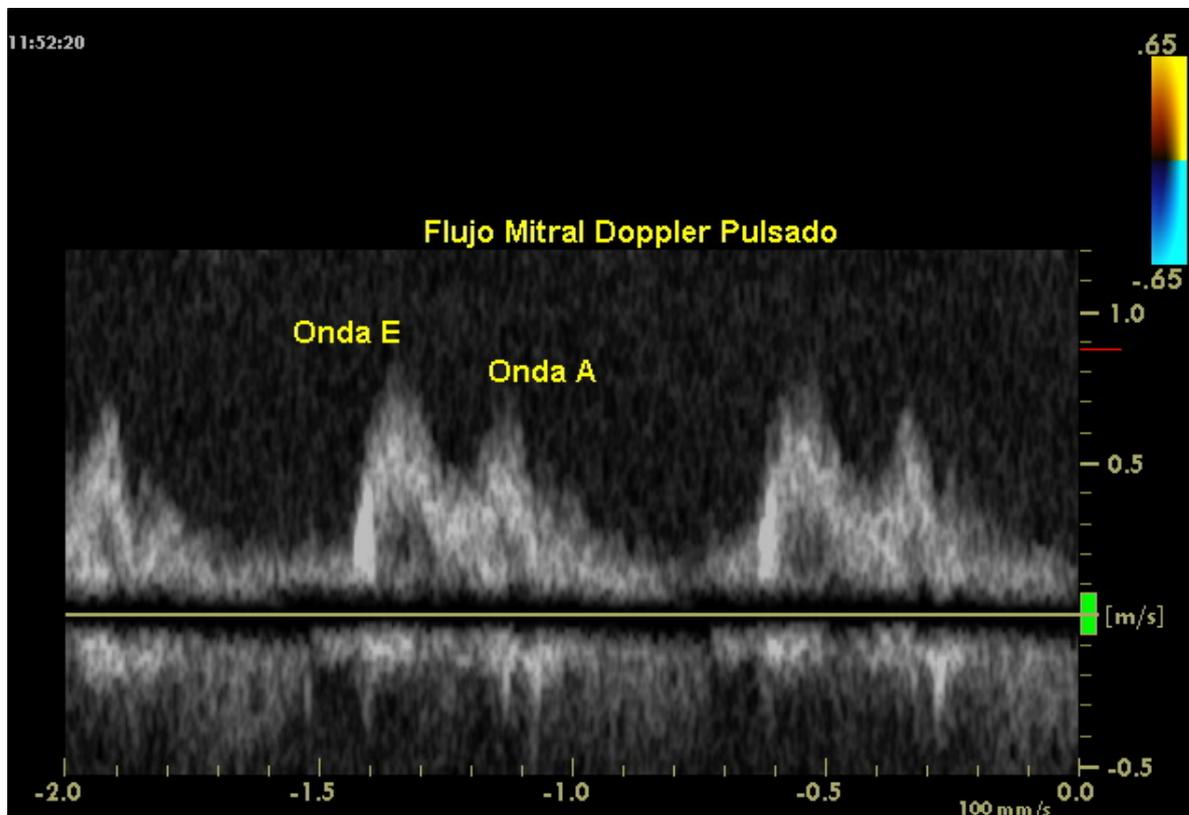


Figura 4

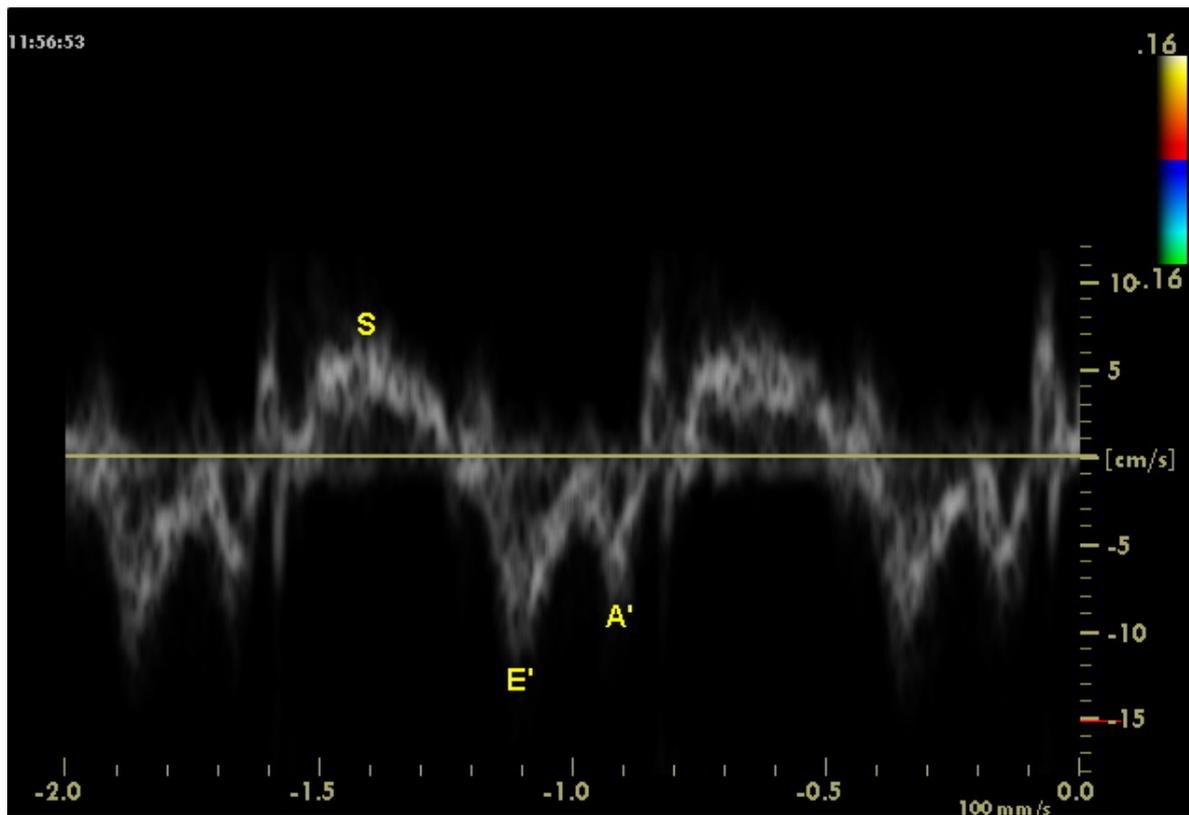


Figura 5

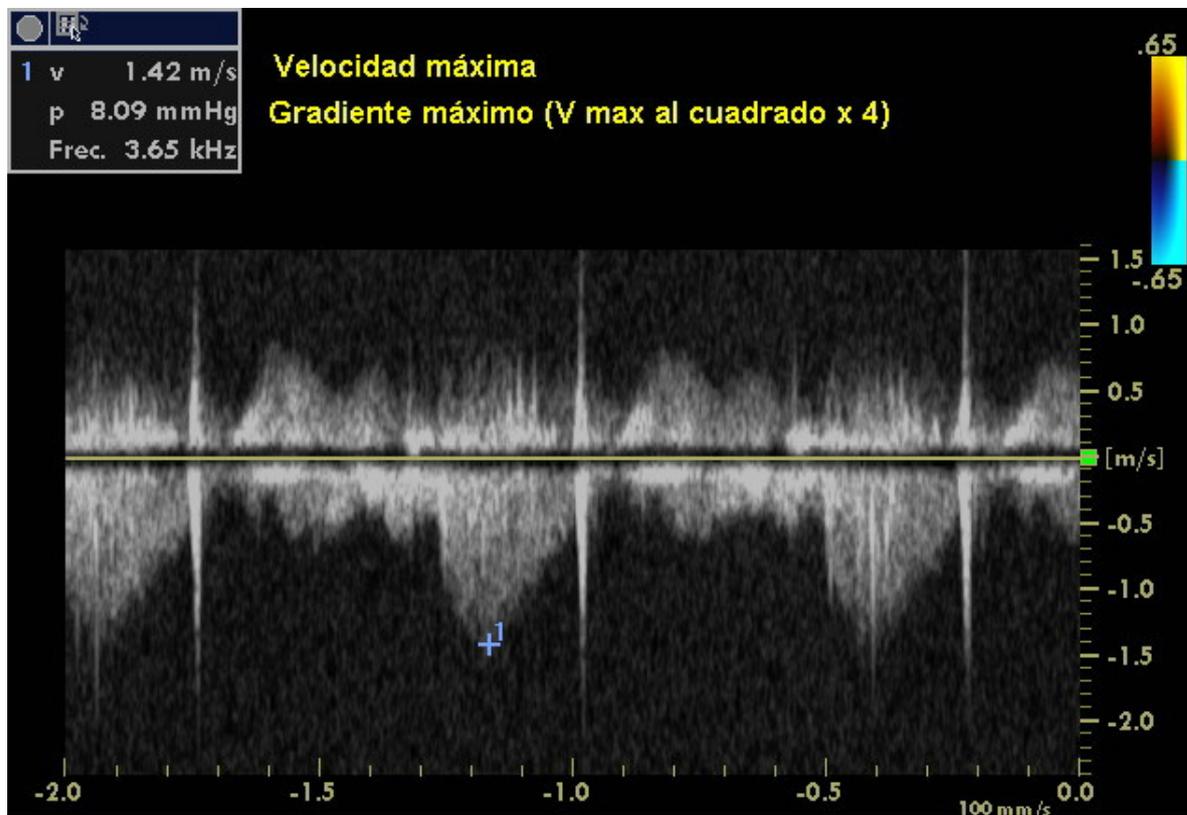


Figura 6

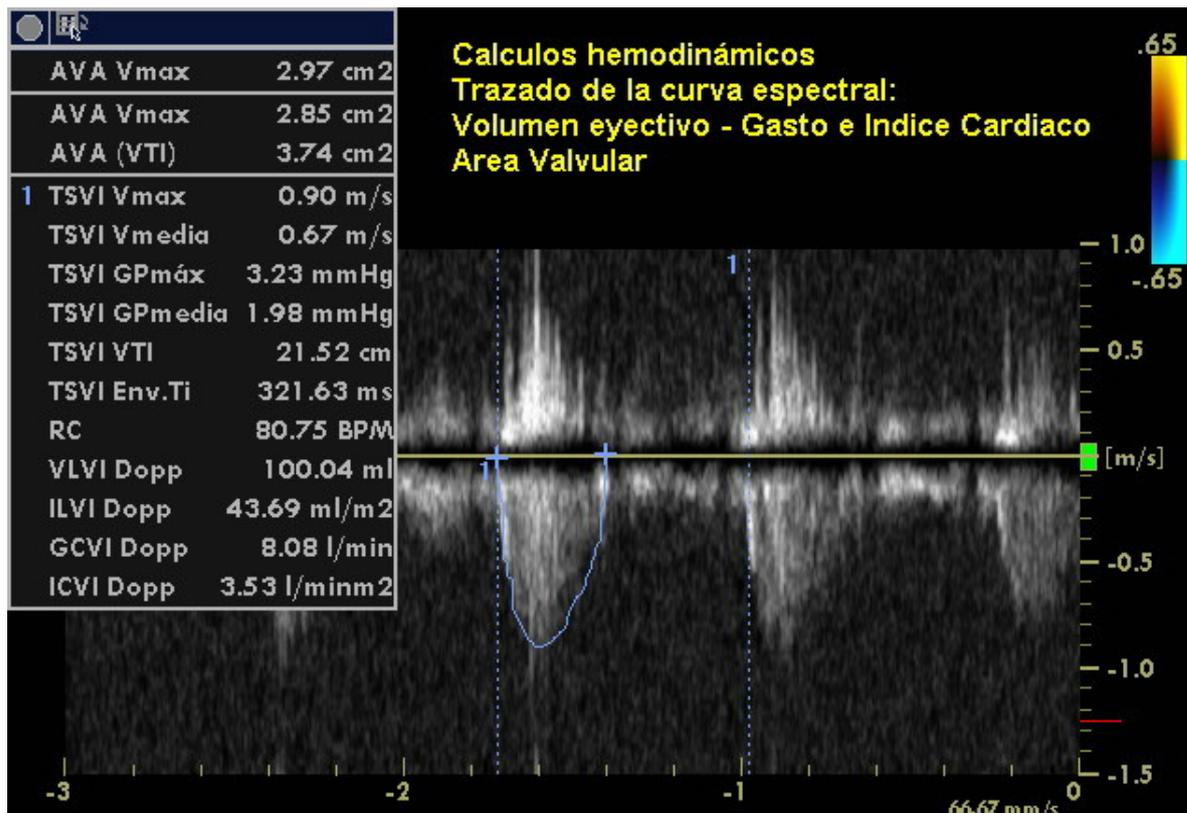


Figura 7a

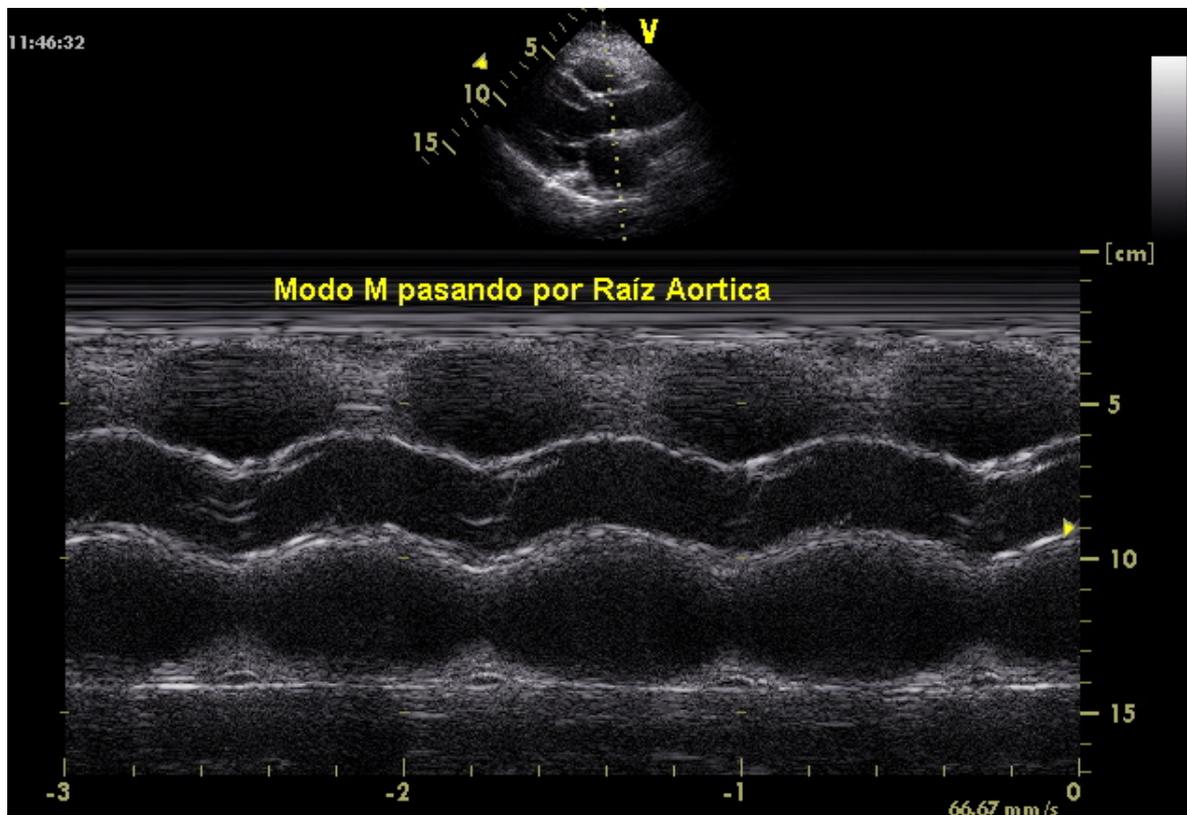


Figura 7b

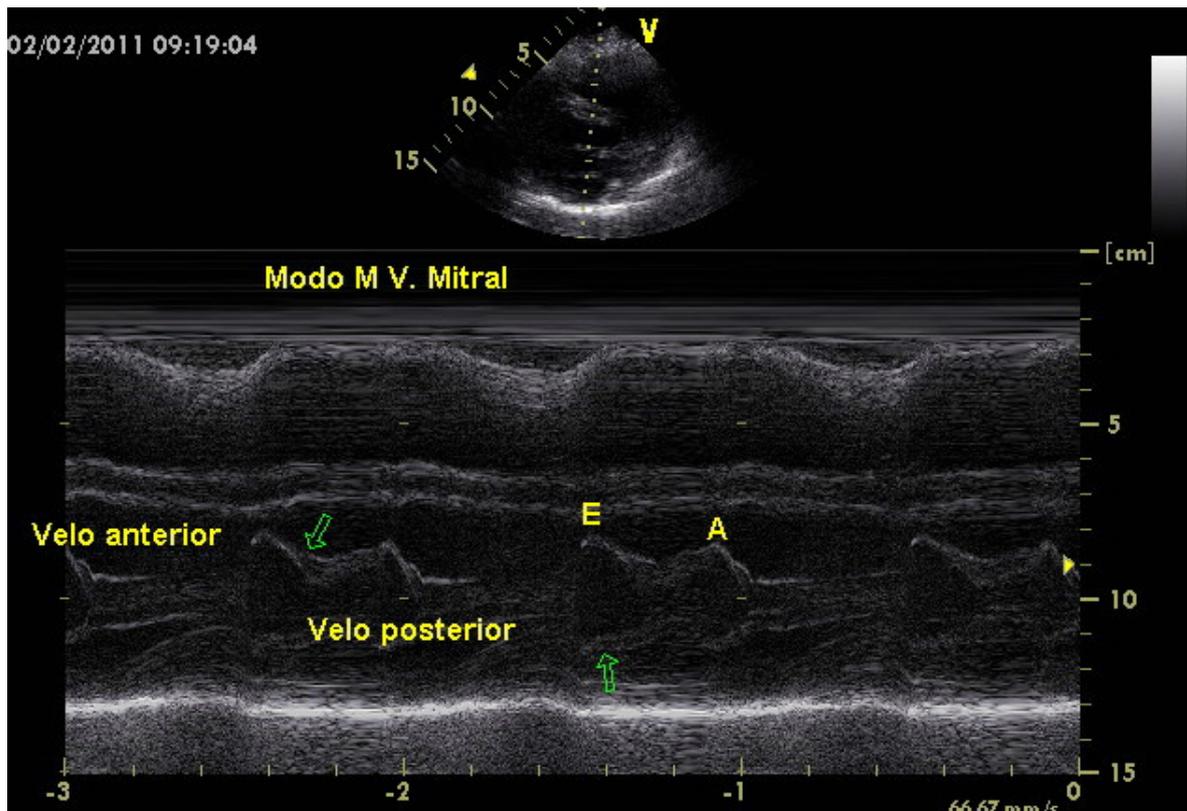


Figura 7c

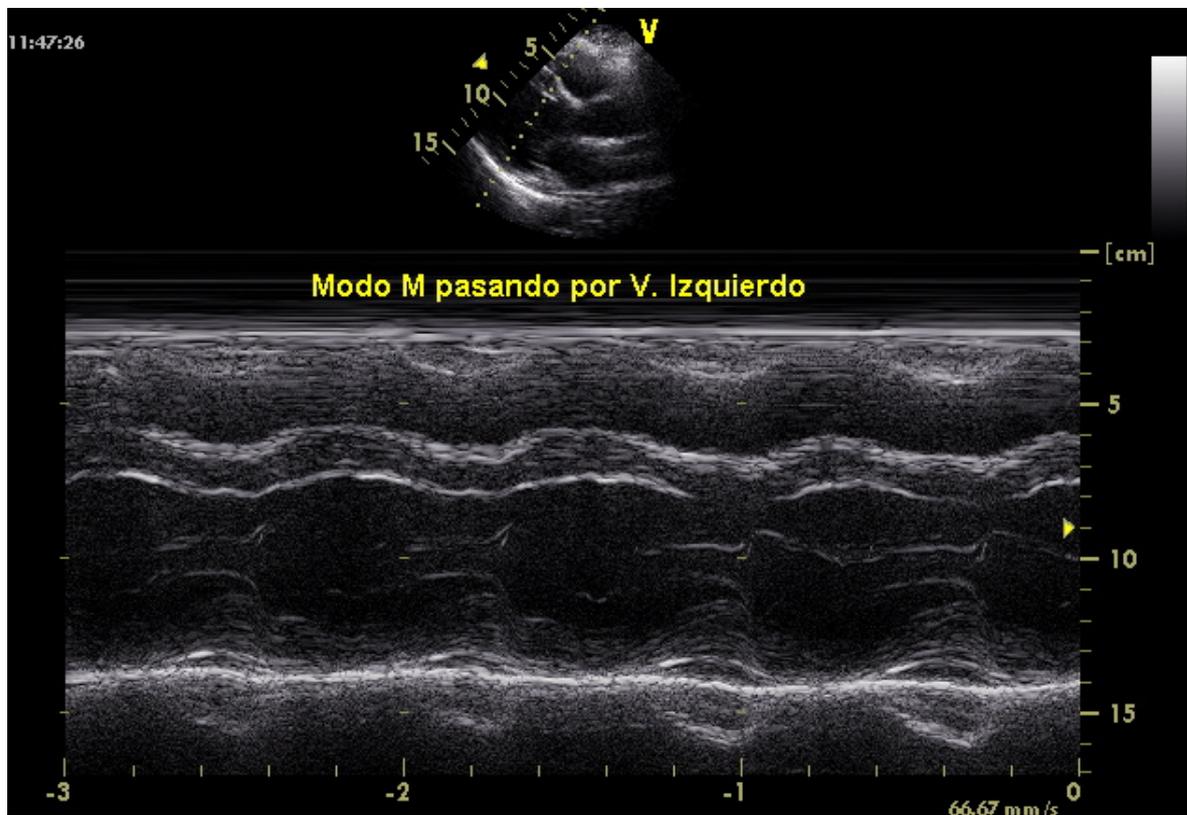


Figura 8a

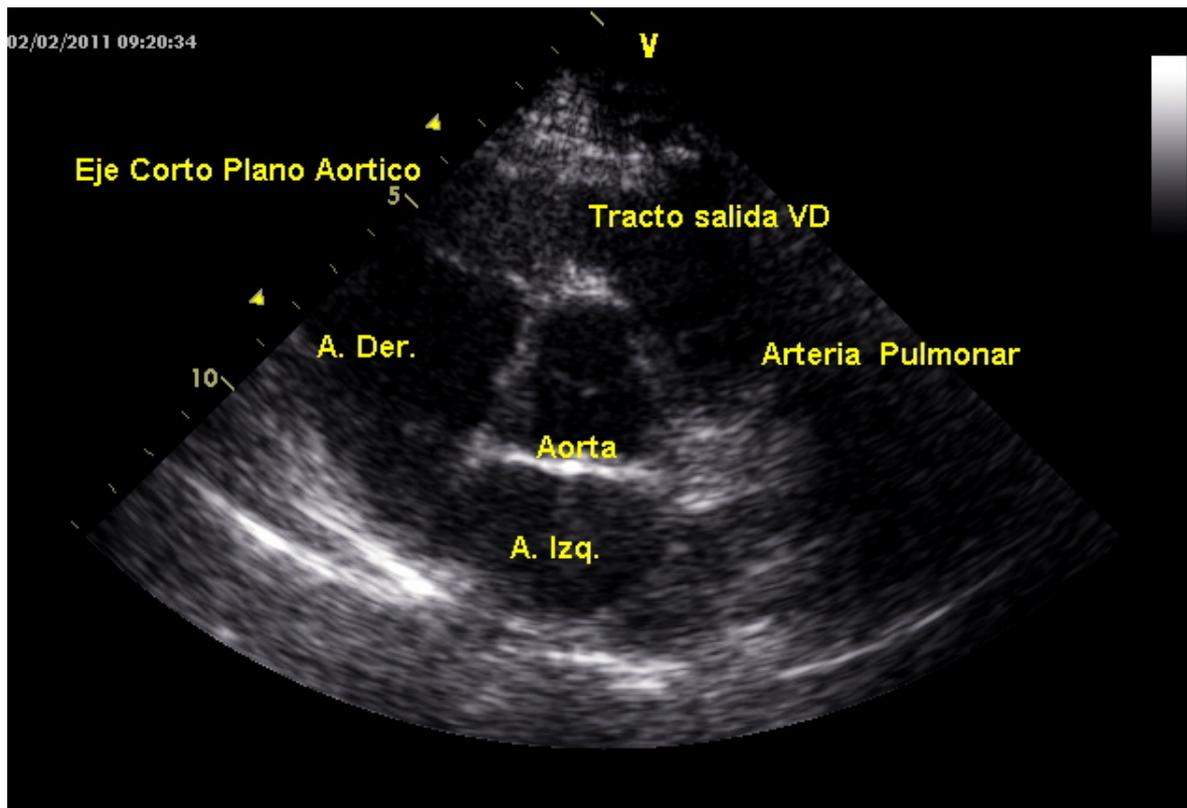


Figura 8b

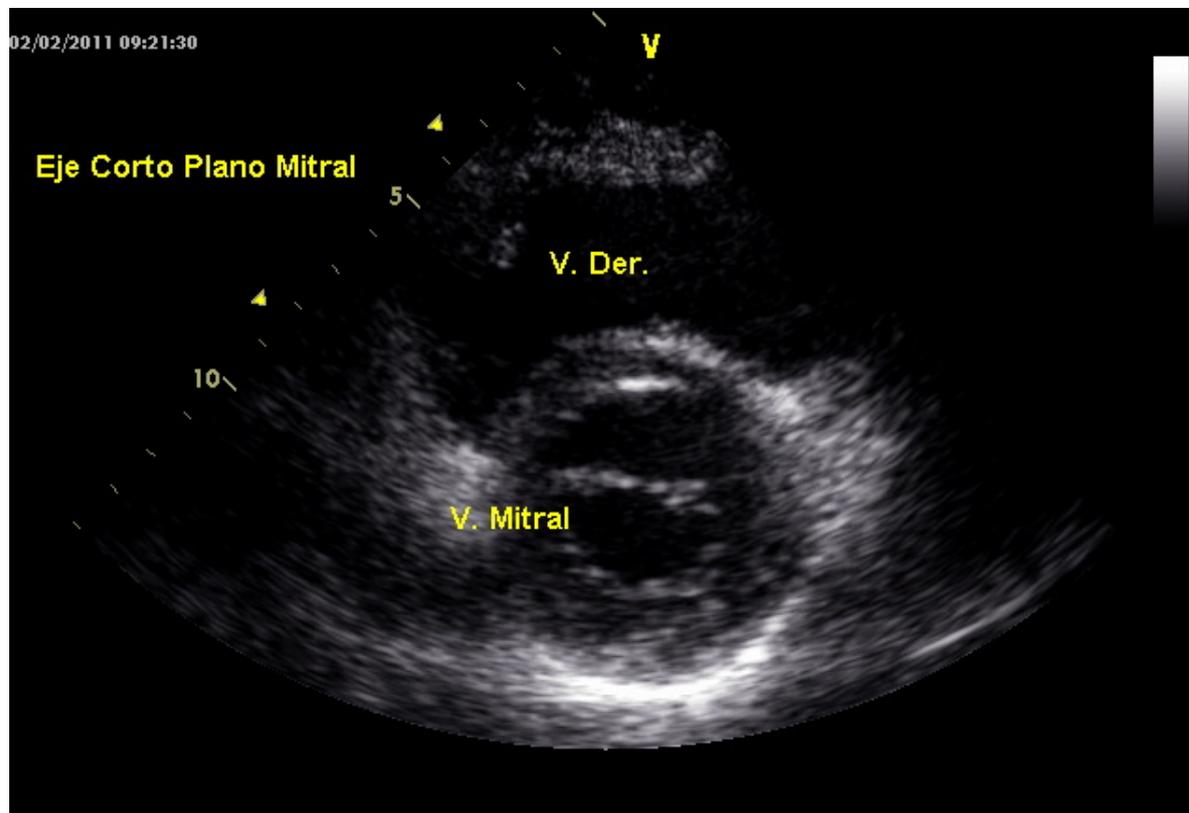


Figura 9

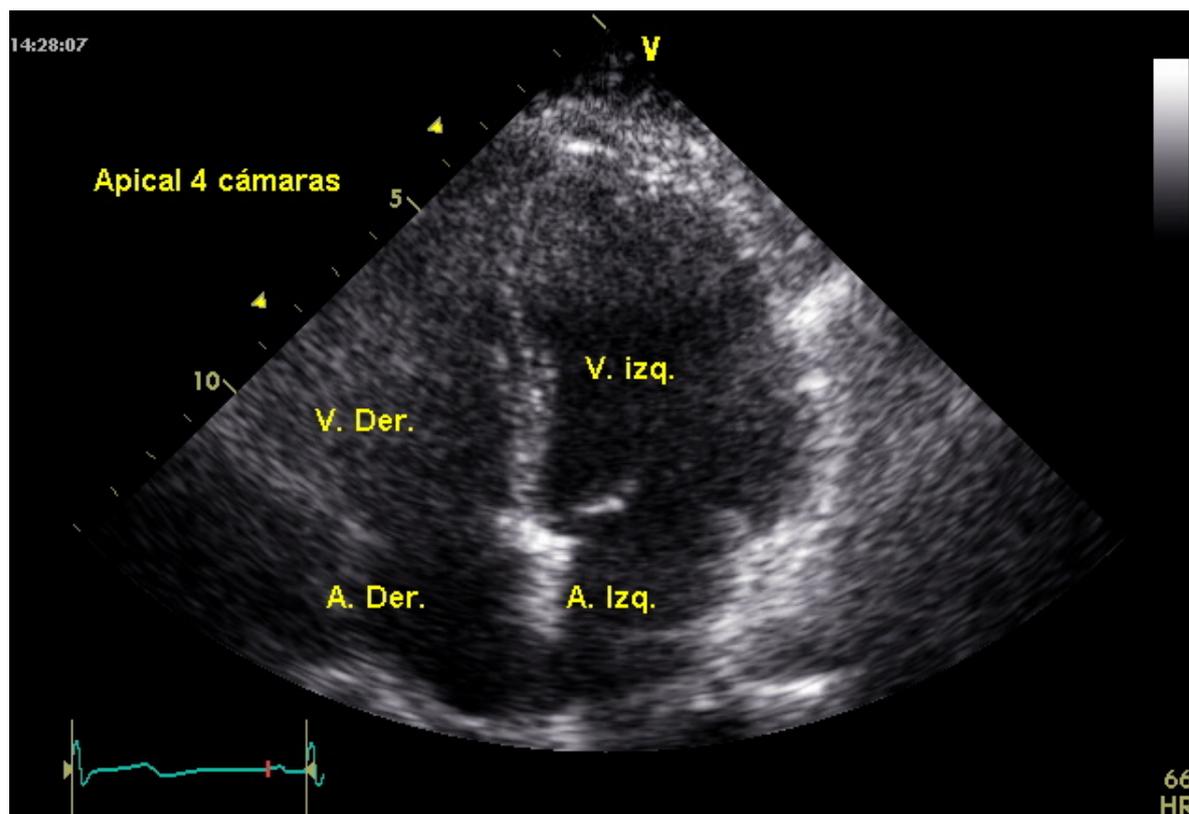


Figura 10

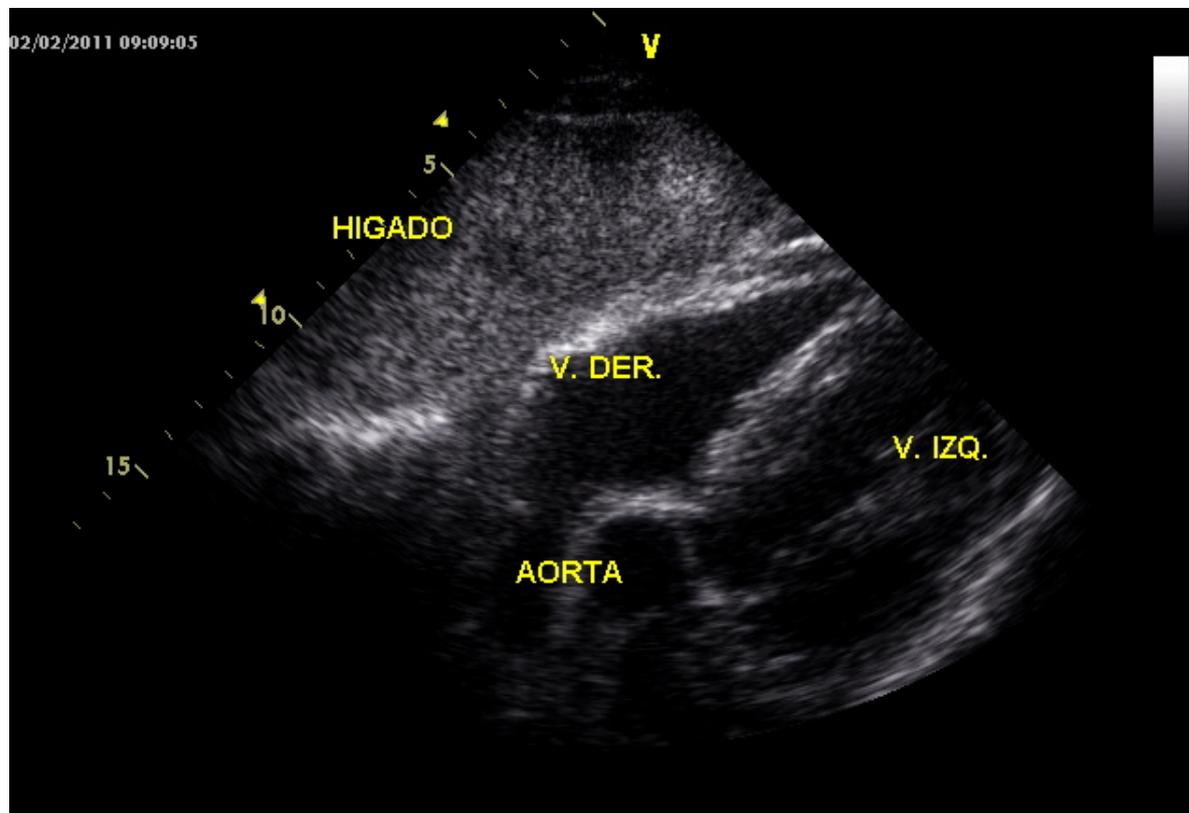


Figura 11

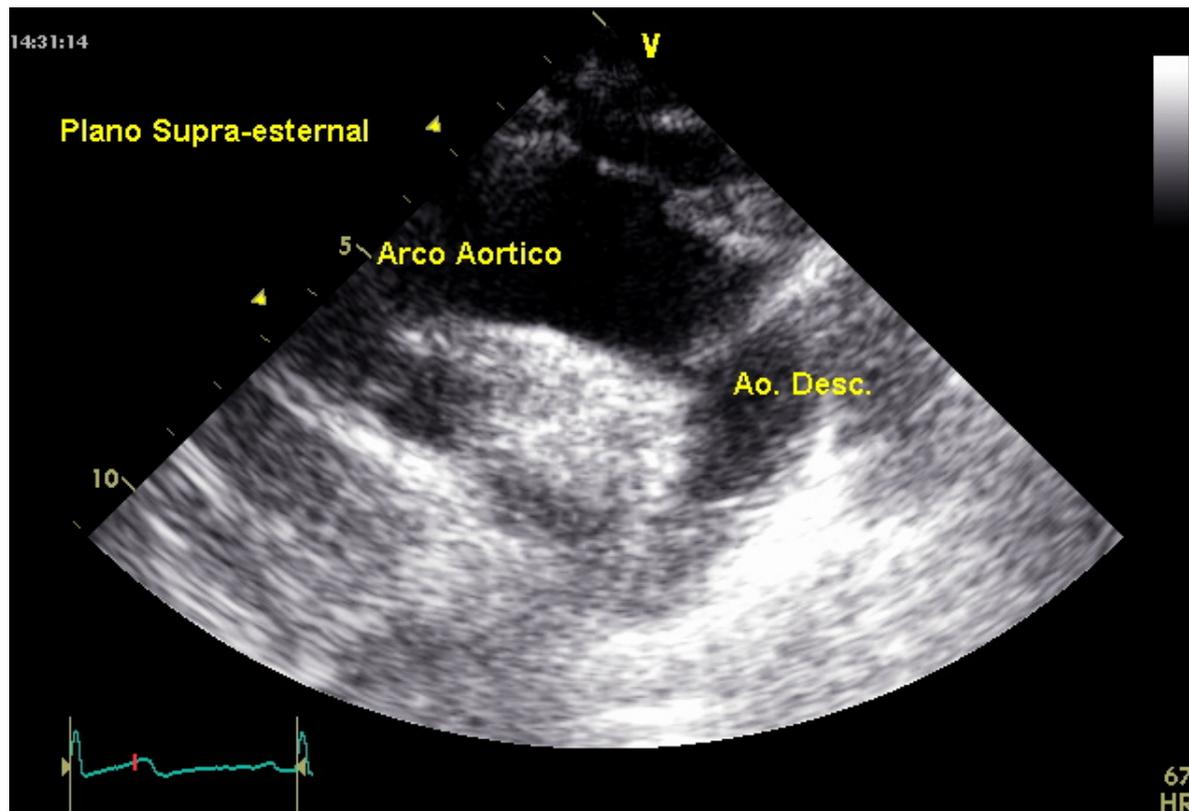


Figura 12

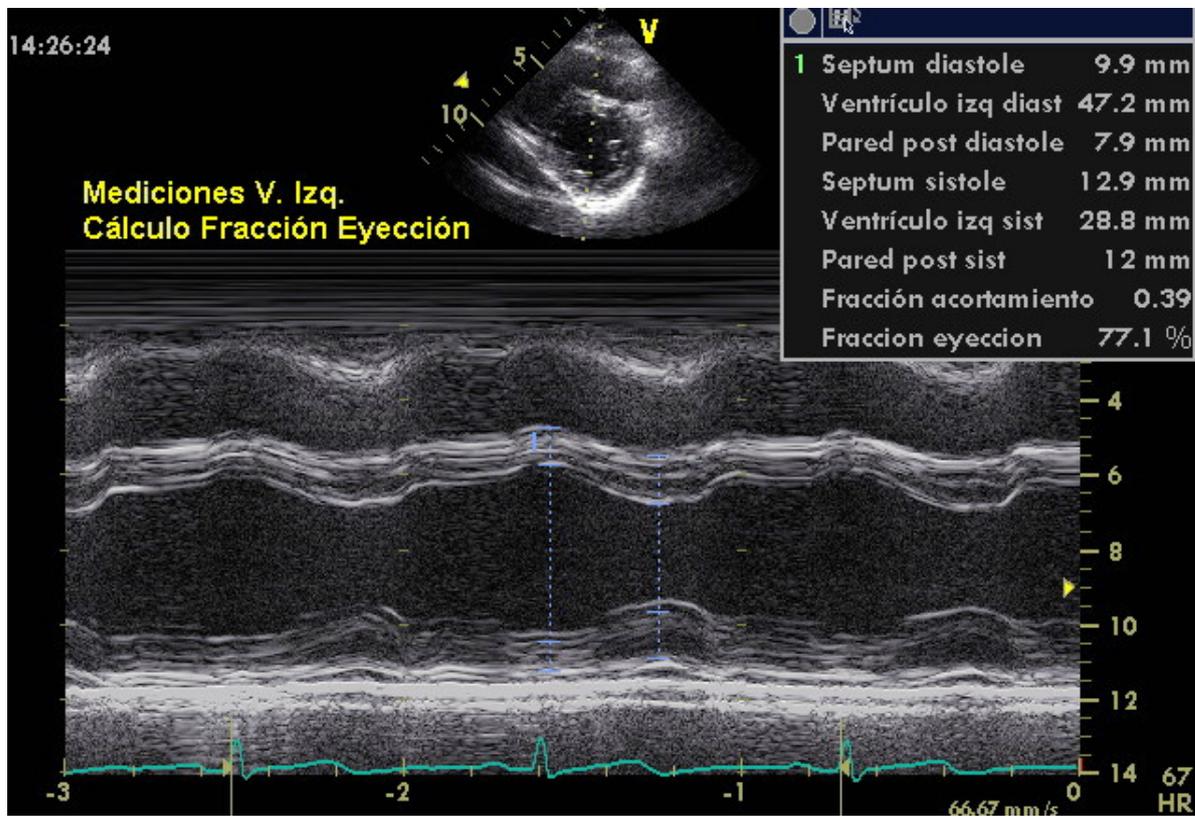


Figura 13a

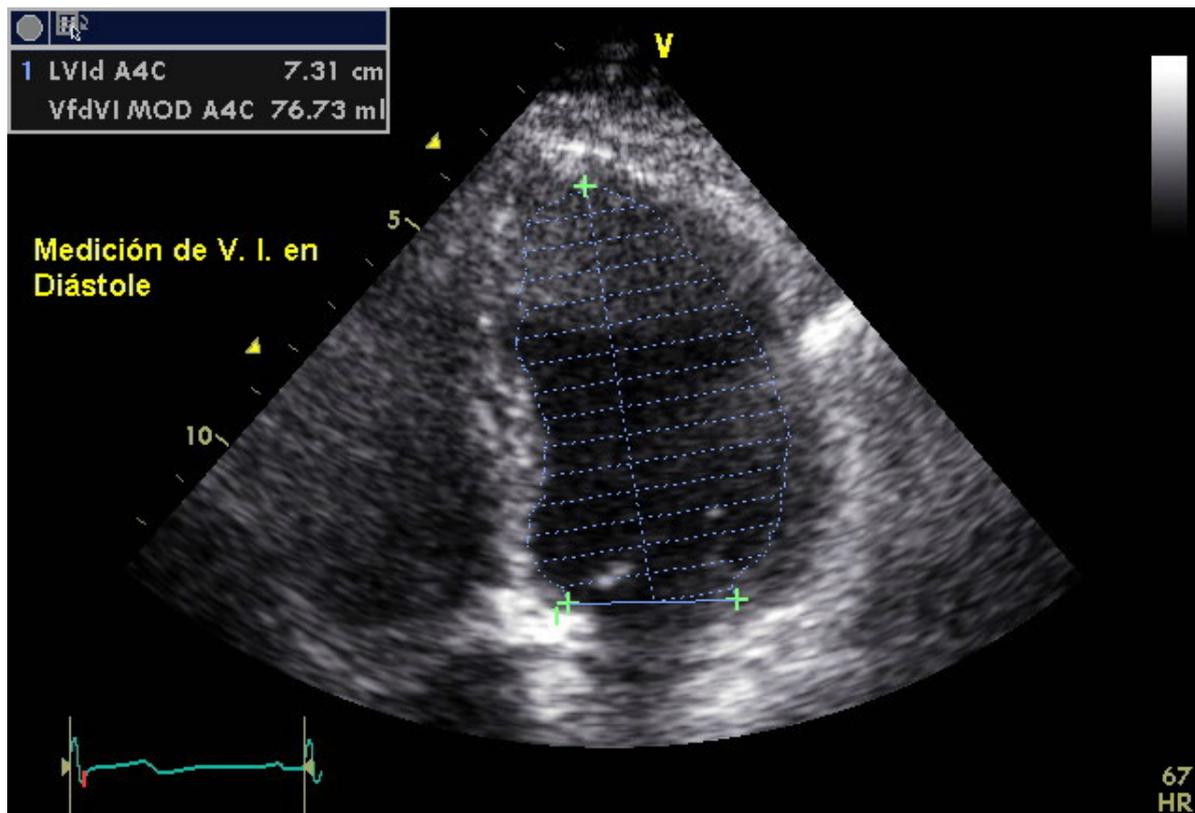


Figura 13b

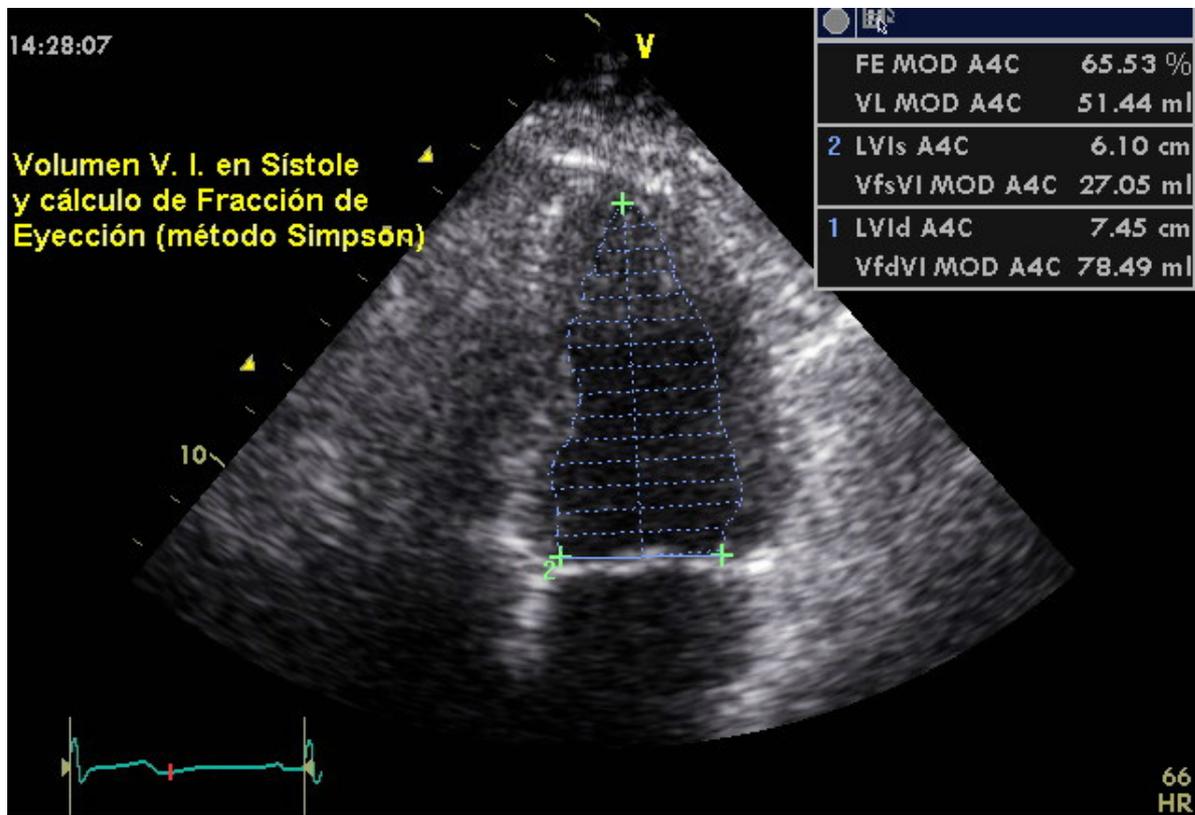


Figura 14

