

## Cuantificación de las presiones pulmonares

Roberto Flórez Gómez

Correspondencia

Roberto Flórez Gómez  
email: florezgomezroberto@gmail.com

Unidad de Imagen Cardíaca. Hospital Universitario La Paz. Madrid. España

### Palabras clave

► Evaluación de la presión pulmonar

### Keywords

► Pulmonary pressure evaluation

### RESUMEN

La cuantificación de la presión pulmonar, forma parte de la exploración rutinaria en ecocardiografía. Un protocolo estandarizado en este campo es fundamental para evitar errores diagnósticos.

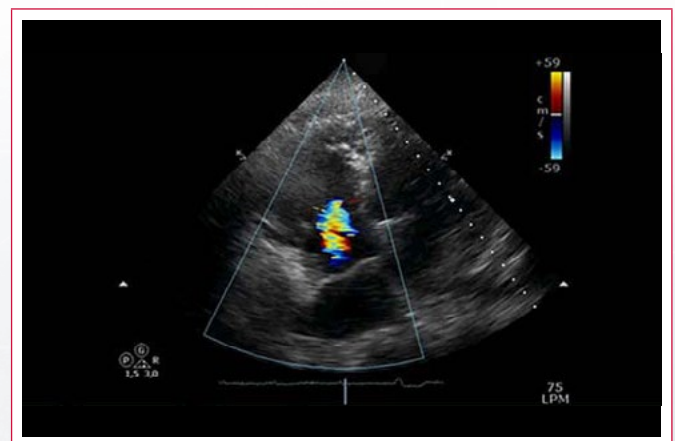
### ABSTRACT

*The quantification of pulmonary pressure is part of routine echocardiography. A standardized protocol in this field is fundamental to avoid diagnostic errors.*

### Estimación ecocardiografía de las presiones pulmonares

La presión sistólica de la arteria pulmonar se puede cuantificar por ecocardiografía utilizando el *jet* de insuficiencia tricúspide y estimando las presiones de la aurícula derecha. Utilizando la ecuación de Bernouilli ( $\Delta P = 4 \times V^2$ ) y la velocidad máxima del *jet* de insuficiencia tricúspide es posible estimar la presión sistólica del ventrículo derecho, y si se suma la presión de la aurícula derecha, se consigue un valor de presión sistólica de la arteria pulmonar. Una velocidad máxima de insuficiencia tricúspide superior a 2,8 cm/s (grad max insuficiencia tricúspide mayor de 31 mmHg) se considera un punto de corte razonable para definir la presión pulmonar elevada, excepto en ancianos y personas muy obesas, en los que la presión sistólica de la arteria pulmonar fisiológica tiende a ser más elevada.

Si bien la valoración con Doppler de la insuficiencia tricúspide se ha convertido en el método más utilizado para la estimación de la presión sistólica de la arteria pulmonar, tiene limitaciones, pues infraestima las presiones pulmonares en más de 20 mmHg hasta en un 31% de los pacientes. Para evitar errores, se debe valorar la insuficiencia tricúspide en múltiples proyecciones en busca de la máxima velocidad Doppler (Video 1) y de una correcta alineación del *jet* de la insuficiencia tricúspide (Figura 1 y Figura 2). Para esto último puede ser muy útil la utilización del Doppler color, e incluso en los casos en los que el registro no sea el adecuado (15% de los pacientes), bien por mala ventana o por señal incompleta, puede ser de utilidad el uso de medios de contraste (Video 2 y Figura 3).



Video 1. Plano apical de cuatro cámaras donde se observa un *jet* de insuficiencia tricúspide

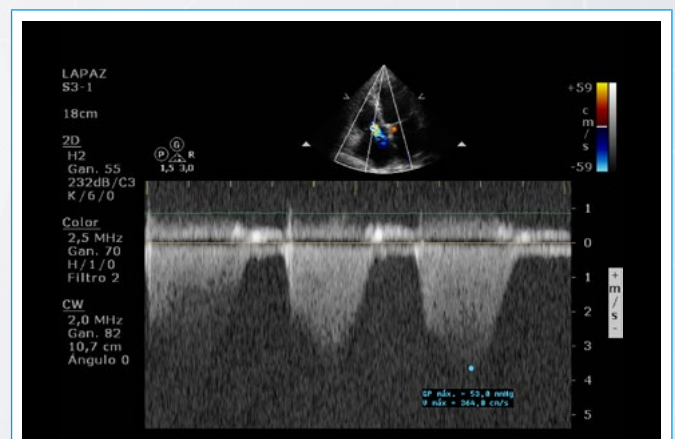
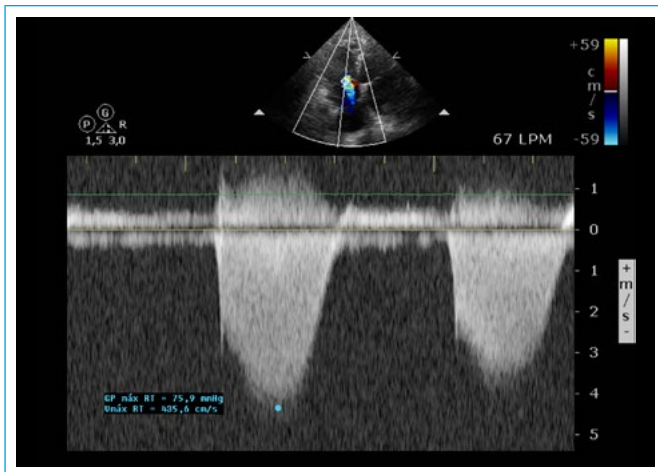
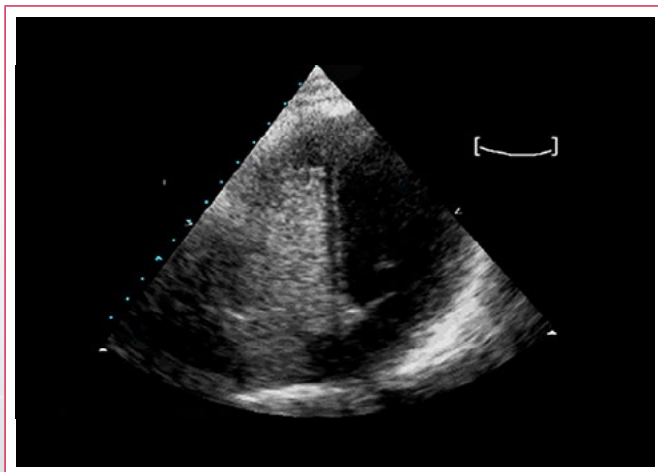


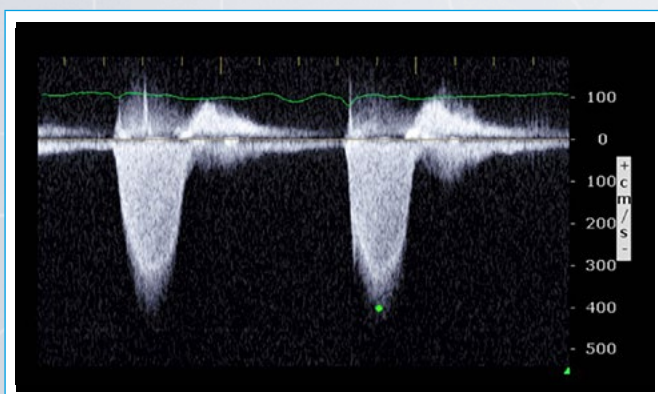
Figura 1. Al colocar el Doppler continuo mal alineado (Video 1), sin seguir la dirección del *jet* de la insuficiencia, se obtiene un gradiente mal definido, con una velocidad máxima que en este caso infraestima la presión sistólica de la arteria pulmonar (grad max 53 mmHg)



**Figura 2.** Se debe alinear el Doppler continuo siguiendo la dirección del jet de la insuficiencia tricúspide (Video 1). De este modo se obtiene un gradiente con una señal más densa y una velocidad pico más elevada (grad máx 75 mmHg)



**Video 2.** Plano apical de cuatro camaras donde se observa en el ventrículo derecho suero salino agitado, introducido como potenciador de la señal Doppler en un paciente con sospecha de hipertensión pulmonar, pero con mal definición basal del jet de insuficiencia tricúspide



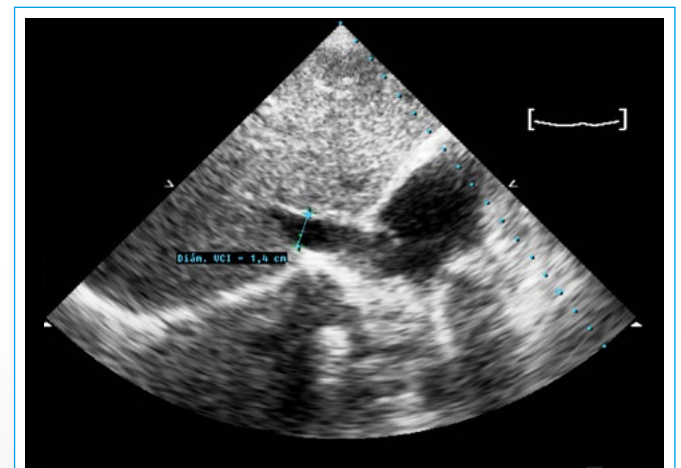
**Figura 3.** La inyección de suero salino agitado potencia la señal Doppler

La presión de la aurícula derecha es crucial para la correcta estimación de la presión sistólica de la arteria pulmonar. La presión de la aurícula derecha está íntimamente relacionada con la presión venosa central, por lo que se suele valorar mediante la medición del diámetro de la vena cava inferior (VCI) en telediástole, al final de la espiración, en la proyección subcostal a unos 2 cm

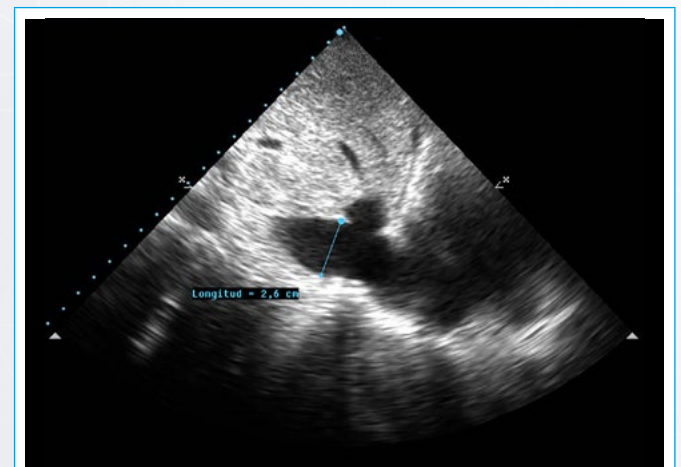
de la desembocadura en la aurícula derecha (Figura 4 y Figura 5), así como el grado de colapso respiratorio (Figura 6).

Cava	Colapso respiratorio	PAD (mmHg)
< 1,5	Colapsa	0-5
1,5-2,5	> 50%	5-10
1,5-2,5	< 50%	10-15
> 2,5	< 50%	15-20
> 2,5	Sin cambios	> 20

**Tabla 1.** Vena cava inferior + presión de la aurícula derecha

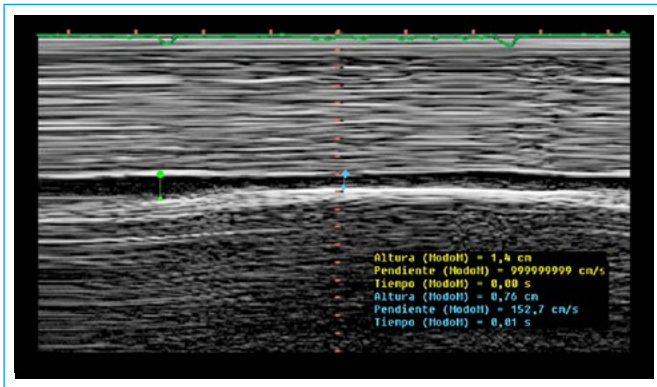


**Figura 4.** Medición del diámetro de la vena cava inferior (VCI) en telediástole, al final de la espiración, en la proyección subcostal a unos 2 cm de la desembocadura en la aurícula derecha. Se observa una vena cava de tamaño normal de 14 mm



**Figura 5.** Medición del diámetro de la vena cava inferior (VCI) en telediástole, al final de la espiración, en la proyección subcostal a unos 2 cm de la desembocadura en la aurícula derecha. Se observa una vena cava gravemente dilatada de 26 mm





**Figura 6.** Utilizando el modo M se medirá el colapso de la vena cava inferior (VCI) en relación con la respiración espontánea del paciente. Para ello es necesario comparar las medidas de la vena cava en inspiración y espiración en la proyección subcostal a unos 2 cm de la desembocadura en la aurícula derecha. En este caso se observa que el colapso respiratorio es mayor del 50%

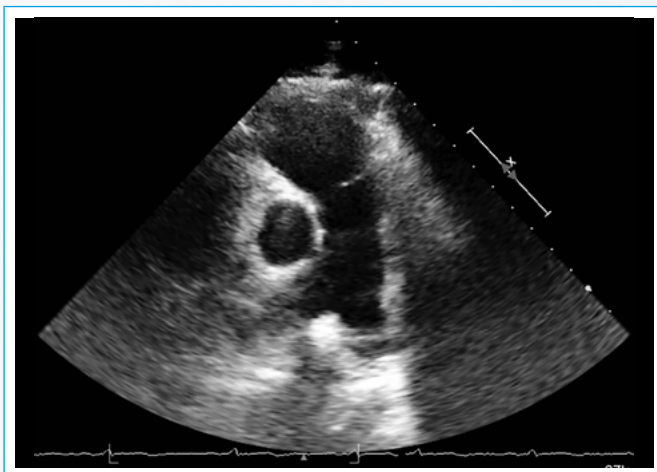
Hay que tener en cuenta que la estimación de la presión de la aurícula derecha a través de la cava tiene sus limitaciones (como el hecho de encontrar pacientes jóvenes con una vena cava inferior > 20 mm en ausencia de aumento de la presión de la aurícula derecha), o bien es un parámetro poco valorable en pacientes con ventilación mecánica.

A nivel práctico la hipertensión pulmonar se estratifica en:

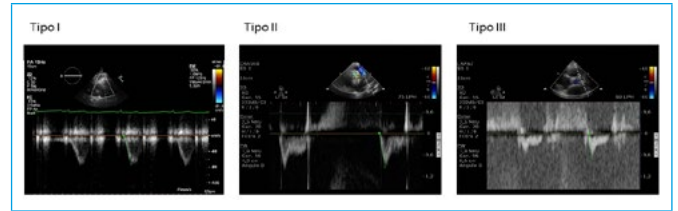
- **Ligera.** Cuando la presión sistólica de la arteria pulmonar (incluyendo la presión en la aurícula derecha) es  $\geq 40$  mmHg.
- **Moderada.** Cuando la presión sistólica de la arteria pulmonar es superior a 50 mmHg.
- **Grave.** Cuando la presión sistólica de la arteria pulmonar  $\geq 60$  mmHg.

## Métodos indirectos de estimación de las presiones pulmonares

El método indirecto más utilizado para la estimación de las presiones pulmonares es la valoración del flujo pulmonar (Figura 7) mediante Doppler pulsado a nivel de la válvula pulmonar. Tiene forma de cúpula con un ascenso y descenso simétricos, alcanzando la velocidad máxima en mesosístole (flujo pulmonar tipo I). A medida que aumentan las presiones su morfología se hace más asimétrica, con aceleración más rápida (flujo pulmonar tipo II) e incluso aparecen muescas en la fase de deceleración (flujo pulmonar tipo III) correspondientes al cierre precoz de la válvula pulmonar (Figura 8).

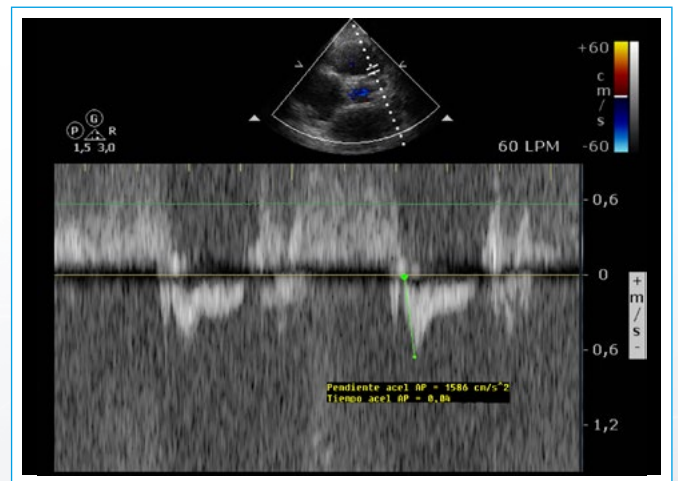


**Figura 7.** A nivel del plano de grandes vasos se encuentra la arteria pulmonar principal y sus ramas derecha e izquierda



**Figura 8.** Doppler pulsado a nivel de la válvula pulmonar que tiene forma de cúpula con un ascenso y descenso simétricos, alcanzando la velocidad máxima en mesosístole (flujo pulmonar tipo I). A medida que aumentan las presiones su morfología se hace más asimétrica, con aceleración más rápida (flujo pulmonar tipo II) e incluso aparecen muescas en la fase de deceleración (flujo pulmonar tipo III) correspondientes al cierre precoz de la válvula pulmonar

En cuanto al tiempo de aceleración pulmonar, a mayores presiones pulmonares, el tiempo de aceleración pulmonar será más corto. Un tiempo de aceleración pulmonar inferior a 100 ms tiene elevada especificidad y sensibilidad para predecir hipertensión pulmonar (Figura 9). Un flujo pulmonar normal (tipo I) registra un tiempo de aceleración pulmonar  $\geq 120$  ms.

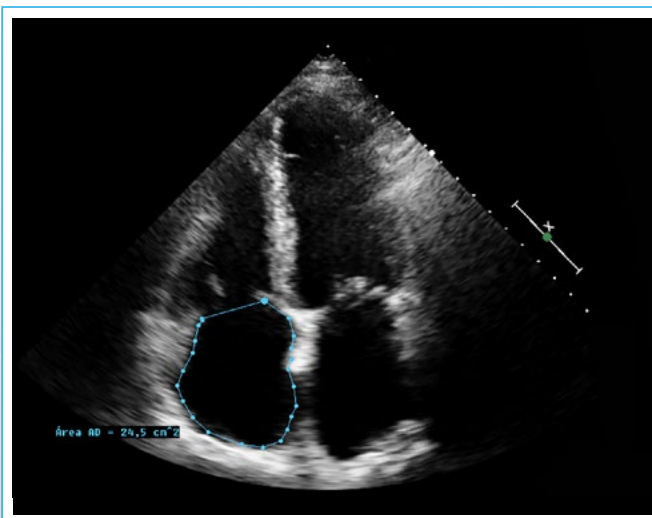


**Figura 9.** Se observa las muescas en la fase de deceleración (flujo pulmonar tipo III) correspondientes al cierre precoz de la válvula pulmonar. La incisura mesosistólica es un signo de hipertensión pulmonar grave

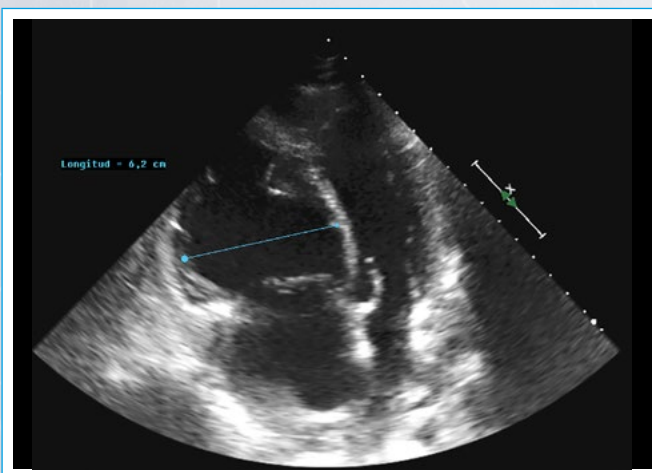
Todo estudio de hipertensión pulmonar debe completarse con una valoración exhaustiva de las cavidades derechas y de la función del ventrículo derecho, poniendo atención a los marcadores indirectos de sobrecarga de presión del ventrículo derecho y proporcionando unas medidas estandarizadas del mismo. Los pacientes con hipertensión pulmonar significativa suelen presentar hipertrofia del ventrículo derecho, dilatación de la aurícula derecha, aplanamiento diastólico y, sobre todo, sistólico del septo interventricular y derrame pericárdico. La Tabla 2 muestra los valores normales de estos parámetros.

Parámetro	Anormal
Aurícula derecha	Área telesistólica mayor a 18 cm <sup>2</sup> (Figura 10)
Volumen del ventrículo derecho	Diámetro basal mayor a 4,2 cm (Figura 11)
Grosor pared libre del ventrículo derecho	Grosor de la pared subcostal mayor a 0,5 cm (Figura 12)
TAPSE	TAPSE menor a 1,7 cm (Figura 13)
Acortamiento fraccional del área de del ventrículo derecho (cuatro cámaras apical)	> 35% (Figura 14)
Índice Tei del ventrículo derecho	valores superiores a 0,54 (Figura 15)
Movimiento anómalo del tabique	genera una deformación en "D" (Figura 16 y Vídeo 3)
Índice de excentricidad del ventrículo izquierdo	distancia anteroposterior/distancia septolateral > 1, mal pronóstico (Figura 17, Figura 18 y Figura 19)

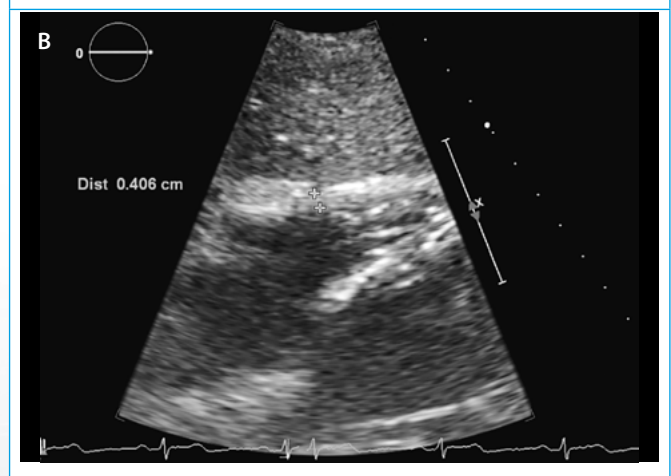
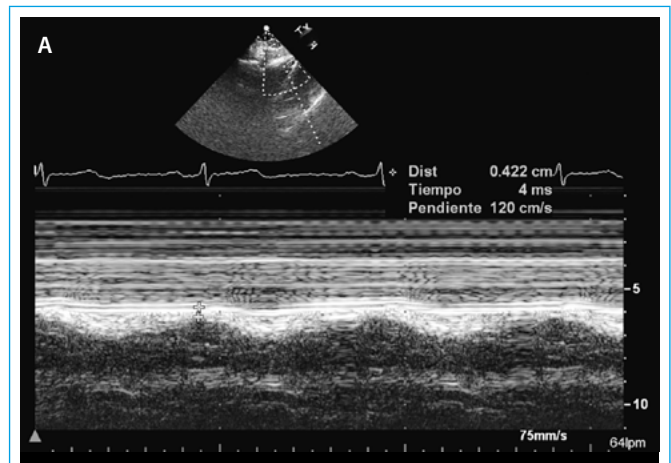
**Tabla 2.** Valores normales de los parámetros medidos en la hipertensión pulmonar



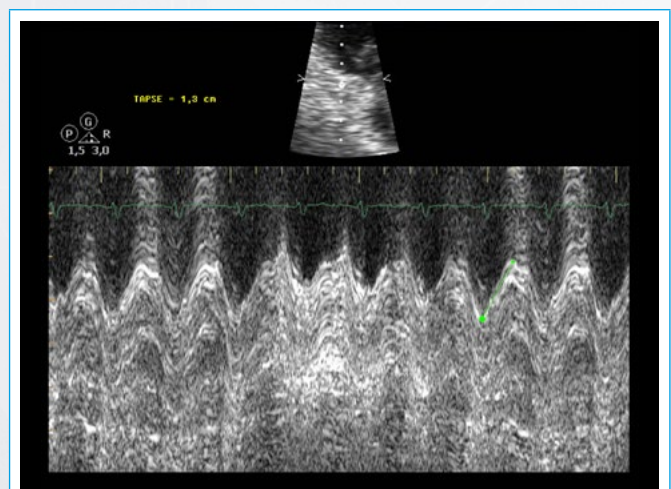
**Figura 10.** Planimetría de la aurícula derecha. Se observa una aurícula derecha ligeramente dilatada



**Figura 11.** Plano apical de cuatro cámaras, en diástole, donde se mide el diámetro telediastólico del ventrículo derecho a nivel medioventricular

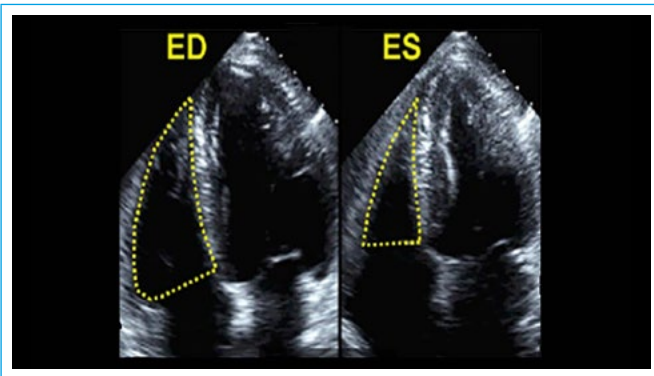


**Figura 12. A:** plano subcostal de cuatro cámaras con modo M en donde se mide el grosor del ventrículo derecho, en telediástole. Un valor > 5 mm del grosor de la pared libre del ventrículo derecho indica hipertrofia y se asocia con aumento crónico de la poscarga; **B:** plano subcostal de cuatro cámaras donde también es posible realizar la medida bidimensional del grosor del ventrículo derecho en telediástole

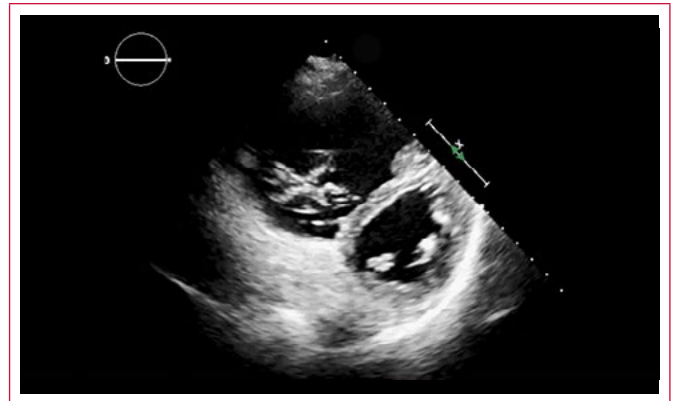


**Figura 13.** Se muestra la imagen para cuantificar el TAPSE. Utilizando la proyección de cuatro cámaras apical la línea de barrido de modo M debe cruzar el anillo lateral tricúspide. Un valor < 1,7 cm indica disfunción del ventrículo derecho. Es un método rápido y sencillo, es de carácter unidimensional y refleja principalmente la función sistólica regional (basal) del ventrículo derecho

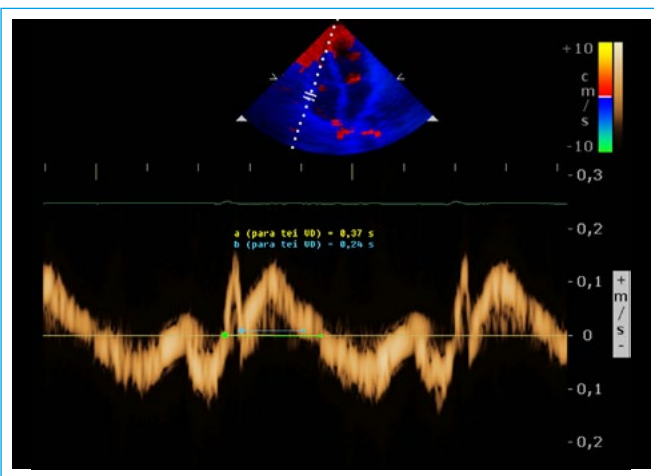




**Figura 14.** Fracción de acortamiento =  $100 \times [\text{área telediastólica} - \text{área telesistólica}] / \text{área telediastólica}$



**Vídeo 3.** Movimiento anómalo del tabique que genera una deformación en "D", desplazando el septo interventricular hacia la izquierda en sístole

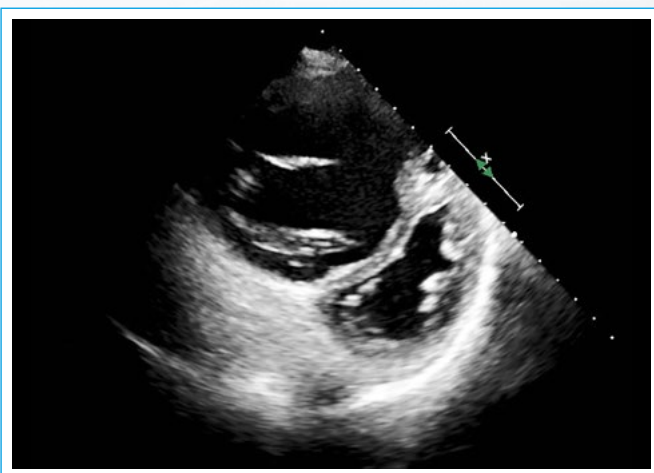


**Figura 15.** Cálculo del índice de Tei utilizando el Doppler tisular a nivel del anillo tricúspide aplicando la siguiente fórmula:

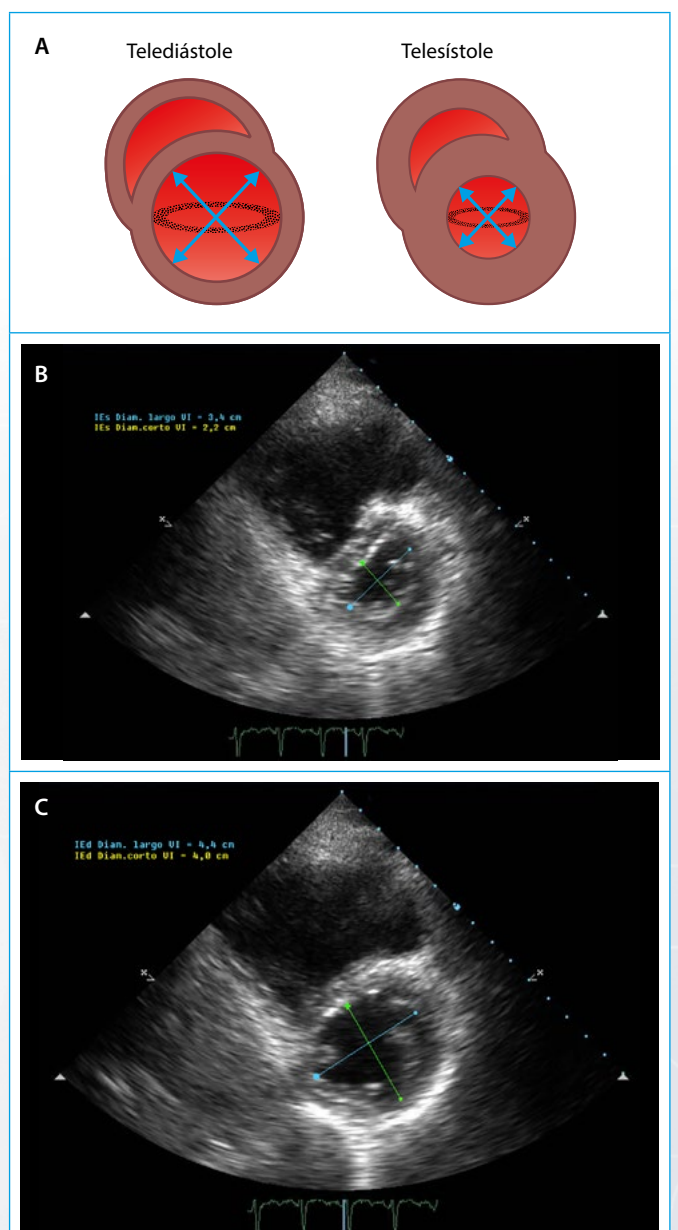
$$\text{Índice de Tei} = \frac{\text{intervalo de contracción isovolumétrica} - \text{intervalo de relajación isovolumétrica}}{\text{tiempo de eyección}}$$

De forma sencilla se puede medir en la imagen la onda sistólica (a) que corresponde al tiempo de eyección y la duración desde el inicio del ciclo hasta el inicio de la diástole (b) y aplicar la siguiente fórmula simplificada:

$$\text{Índice de tei} = a - b / b$$



**Figura 16.** Movimiento anómalo del tabique que genera una deformación en "D", desplazando el septo interventricular hacia la izquierda en sístole



**Figura 17.** A: esquema de las medidas; B: medidas en sístole; C: medidas en diástole

## Ideas para recordar

- Un examen ecocardiográfico detallado puede ayudar en el diagnóstico diferencial de las múltiples causas de Hipertensión pulmonar.
- En ocasiones es posible registrar presiones pulmonares elevadas que presentan falsos positivos, como ocurre en pacientes ancianos y obesos, que tienen fisiológicamente presiones pulmonares más elevadas.
- En la evaluación de un paciente con disnea es particularmente importante la valoración completa de la hemodinámica pulmonar que permita orientar el diagnóstico hacia una patología pulmonar o bien hacia una cardiopatía izquierda.
- En otros casos en que hay un aumento grave de la presión en la aurícula derecha (insuficiencia tricúspide grave o libre, infarto de ventrículo derecho, etc.) el gradiente ventrículo derecho-aurícula derecha está disminuido y puede infraestimar las medidas ecocardiográficas de la hipertensión pulmonar.

- La dilatación de la aurícula derecha, la presencia de derrame pericárdico, el índice de Tei y el índice de excentricidad se han relacionado con mal pronóstico en pacientes con hipertensión pulmonar.

## Bibliografía

1. Martin Moreiras J, Cruz González I, Solís Martín J, *et al.* *Manual de imagen en cardiología*. B-28.265.2011
2. Lang RM, Badano LP. Recommendations for Cardiac Chamber Quantification by Echocardiography in Adults: An Update from the American Society of Echocardiography and the European Association of Cardiovascular Imaging. *JASE* 2015; 28 (1): 1-39.e14.