

Valoración ecocardiográfica en Hipertensión Pulmonar

.Servicio de Cardiología.

INTRODUCCIÓN

• La ecocardiografía es la técnica de diagnóstico por imagen más frecuentemente utilizada para la evaluación sistemática del ventrículo derecho (VD) por su amplia disponibilidad, su seguridad extrema y su coste relativamente bajo. La combinación de ecocardiografía bidimensional (2D), modo M y Doppler permite evaluar de manera simultánea las funciones ventricular y valvular; proporcionando además información hemodinámica de inestimable valor. **Hay que señalar que las técnicas estándar tienen limitaciones debidas a la geometría compleja del VD, su posición retroesternal y la marcada dependencia de los índices funcionales, por lo que la cuantificación es estimativa.** Avances recientes pueden aportar información complementaria a las medidas 2D estándar.

PAPEL DE LA ECOCARDIOGRAFÍA EN LA HIPERTENSIÓN PULMONAR.

• La ecocardiografía transtorácica (ETT) proporciona muchas variables que se correlacionan con la hemodinámica del corazón derecho, incluyendo la PAP, y debería realizarse siempre que se sospecha una HP. Siempre deberían considerarse otras variables ecocardiográficas que puedan levantar o reforzar sospechas de HP independientemente de la velocidad de regurgitación tricuspídea. Éstas incluyen un aumento de la velocidad de regurgitación de la válvula pulmonar y una breve aceleración del tiempo de eyección del VD hacia la AP. El mayor tamaño de las cámaras del corazón derecho, la forma y función anómalas del tabique interventricular, un aumento en el grosor de la pared del VD y una AP principal dilatada son también indicios de HP, pero tienden a ocurrir más tarde dentro del curso de la enfermedad.

• Los pacientes con HP como diagnóstico principal (**especialmente los del grupo 1 y grupo 4**), deben controlarse de forma estrecha. El ETT proporciona información sobre la morfología y función del ventrículo derecho, que tiene significación pronóstica y es útil para el seguimiento de los pacientes. **EL VALOR DE LA PAP SISTÓLICA GUARDA POCOS RELACIÓN CON EL PRONÓSTICO.**

Se recomienda repetir la ETT cada 6 – 12 meses:

- En los pacientes con HIPERTENSIÓN PULMONAR GRUPO 1 (HAP); se debería realizar un ETT antes del inicio del tratamiento, a los 3 – 4 meses después de iniciar o cambiar el tratamiento y en caso de empeoramiento clínico.
- Se recomienda la exploración ecocardiográfica para la detección de HP en pacientes sintomáticos con espectro de enfermedades de escleroderma (I B).
- Se recomienda la exploración ecocardiográfica para la detección de HP en pacientes sintomáticos con todas las demás enfermedades tejido conectivo (I C).
- La exploración ecocardiográfica para la detección de la HP se recomienda en los pacientes sintomáticos con enfermedades hepáticas y/o candidatos a un trasplante de hígado (I B).
- En pacientes afectos del VIH, la ecocardiografía está indicada en pacientes con disnea inexplicada para detectar complicaciones cardiovasculares relacionadas con el VIH (I C).

- En pacientes con HP CAUSADA POR ENFERMEDADES PULMONARES (GRUPO 3); se recomienda como una herramienta de exploración para la evaluación de la HP causada por enfermedades pulmonares (I C).
- Los supervivientes de una embolia pulmonar aguda deberían tener un seguimiento tras el episodio agudo para detectar signos o síntomas de HPTC. A los pacientes con embolia pulmonar aguda que muestren signos de HP o disfunción del VD en cualquier momento durante su estancia hospitalaria se les debería practicar una ecocardiografía de seguimiento después de haber recibido el alta (normalmente, 3-6 meses) para determinar si la HP se ha solucionado o no.

MODALIDADES ECOCARDIOGRÁFICAS

I. EVALUACIÓN DEL VENTRÍCULO DERECHO:

• Dimensiones de las cavidades derechas:

√ Una adecuada evaluación del tamaño, el volumen y la contractilidad del VD requiere un conjunto completo de imágenes 2D estandarizadas. Los volúmenes del VD son difíciles de cuantificar (geometría compleja y superficie intensamente trabeculada; lo que dificulta el trazo de superficie endocárdico). Los métodos 2D que se basan en la fórmula de Simpson carecen de estandarización y tienen tendencia a infravalorar los volúmenes.

En su lugar, se utiliza la **ESTIMACIÓN VISUAL DEL TAMAÑO DEL VD EN COMPARACIÓN CON EL VENTRÍCULO IZQUIERDO O LAS MEDICIONES DE LOS DIÁMETROS TRANSVERSAL Y LONGITUDINAL.**

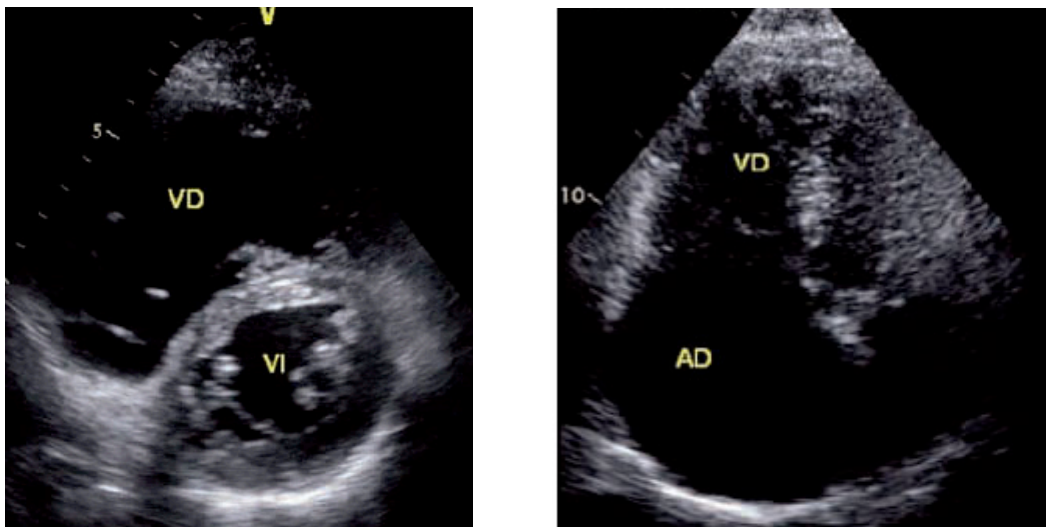


Figura 1A: ETT desde plano paraesternal eje corto (izquierda) y apical cuatro cámaras (derecha), donde se objetiva dilatación severa del VD y de la aurícula derecha, con desplazamiento del septo interventricular e interauricular hacia la izquierda.

- **MEDIDAS PLANO APICAL:** Un diámetro > 42 mm en la base (RVD1) y > 35 mm a nivel medio indica dilatación ventricular derecha. Además, una dimensión longitudinal (RVD3) > 86 mm indica agrandamiento ventricular derecho.

- **MEDIDAS EN PLANO PARAESTERNAL:** Un diámetro proximal al tracto de salida VD > 33 mm en paraesternal eje corto o un diámetro distal al tracto salida VD > 27 mm en plano paraesternal eje corto indican dilatación del tracto de salida VD.

- VALORACIÓN DE LA AURÍCULA DERECHA: Área en plano apical cuatro cámaras telesistólica > 18 cm², diámetro longitudinal > 53 mm o diámetro transversal > 44 mm indican dilatación de aurícula derecha.

TABLA 1: LÍMITES DE REFERENCIA RECOMENDADOS:

VARIABLES	VALOR PATOLÓGICO	
RVD1 basal	> 42 mm	<i>Figura 1B</i>
Diámetro distal tracto salida VD en plano paraesternal eje corto	> 27 mm	<i>Figura 1C</i>
Diámetro proximal tracto salida VD en plano paraesternal eje corto	> 33 mm	<i>Figura 1C</i>
Diámetro longitudinal aurícula derecha	> 53 mm	<i>Figura 1D</i>
Diámetro transversal aurícula derecha	> 44 mm	<i>Figura 1D</i>
Área aurícula derecha en telesístole	> 18 cm ²	<i>Figura 1D</i>

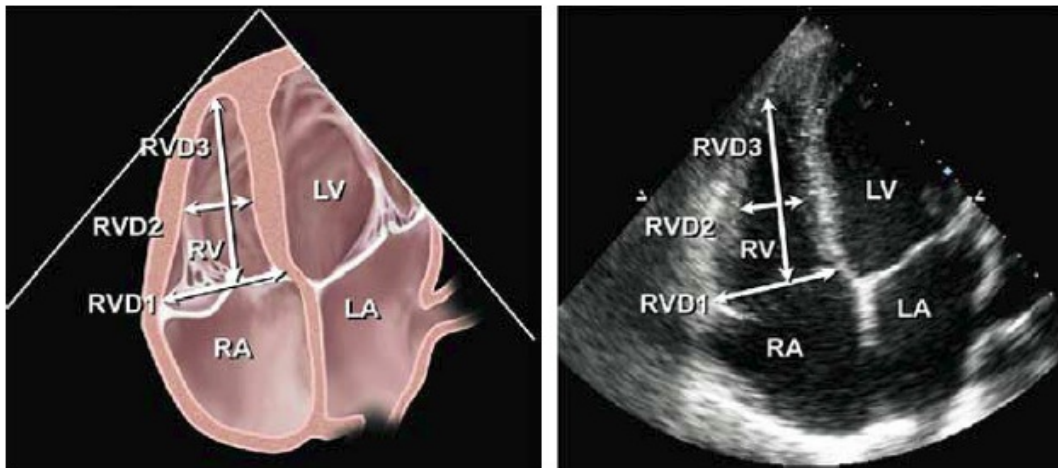


Figura 1B: Diagrama (izquierda) y el plano ecocardiográfico apical de 4 cámaras (derecha). Se objetivan los diámetros del ventrículo derecho (VD) basal (RVD1) y medio (RVD2) y la dimensión longitudinal (RVD3).

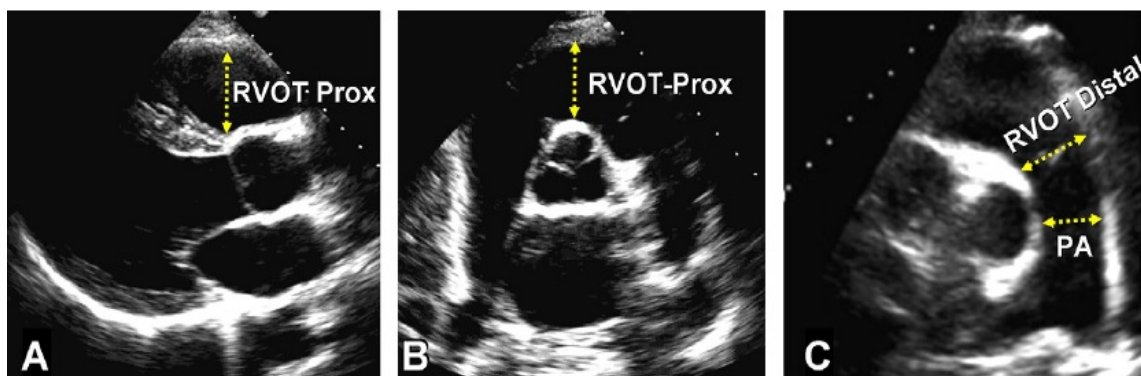


Figura 1C: Medición del tracto de salida del ventrículo derecho (RVOT) a nivel proximal o subvalvular (RVOT-Prox) y en la válvula pulmonar o distal (RVOT-distal) en el (A) paraesternal eje largo, (B) basal paraesternal eje corto y (C) paraesternal eje corto viéndose la bifurcación pulmonar.

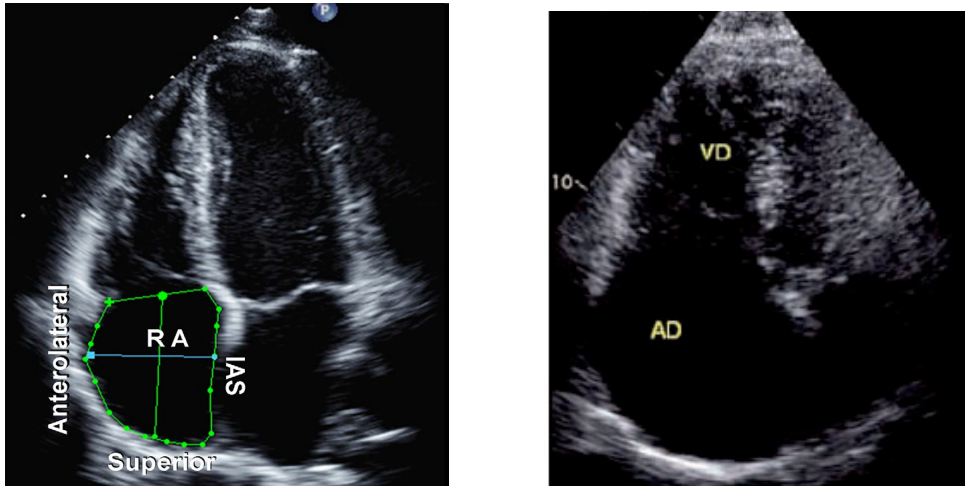


Figura 1D: Trazo para el cálculo del área de la aurícula derecha (verde). Diámetro longitudinal (línea verde, desde el anillo tricuspídeo hasta la pared superior aurícula derecha) y el diámetro transversal (línea azul, desde la pared anterolateral hasta el septo interauricular). Izquierda: Cavidades derechas severamente dilatadas.

√ Las alteraciones características de la sobrecarga de volumen y/o presión del VD incluyen la dilatación de la aurícula derecha y del VD, con o sin hipertrofia del VD y la disfunción sistólica del VD. **Un valor > 5 mm del grosor de la pared libre del VD en telediástole (medido en modo M en el plano paraesternal eje largo o en la proyección subcostal de cuatro cámaras) indica hipertrofia y se asocia con aumento crónico de la postcarga.**

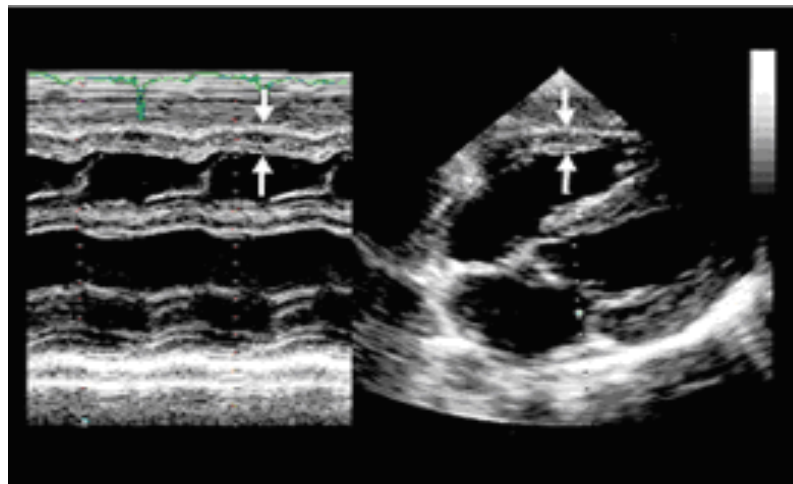


Figura 2: Grosor de pared del ventrículo derecho (flechas blancas), en modo M (derecha) y en proyección subcostal cuatro cámaras (izquierda).

• **Valoración de la función del Ventrículo derecho:**

√ Un patrón anormal del **movimiento del tabique interventricular** (desplazamiento hacia la izquierda en la sístole o la diástole cuando hay sobrecarga de presión o de volumen, respectivamente), reflejan una hemodinámica anormal del VD. *La convexidad del septo interventricular hacia el lado izquierdo conduce a un llenado ventricular insuficiente y una reducción del volumen de eyección, incluso con función sistólica normal.*

El índice de excentricidad ventricular izquierdo (o índice de Lei) se calcula mediante el cociente entre la distancia anteroposterior y la septolateral de la cavidad ventricular izquierda en la proyección de eje corto. Un valor de 1 se considera normal.

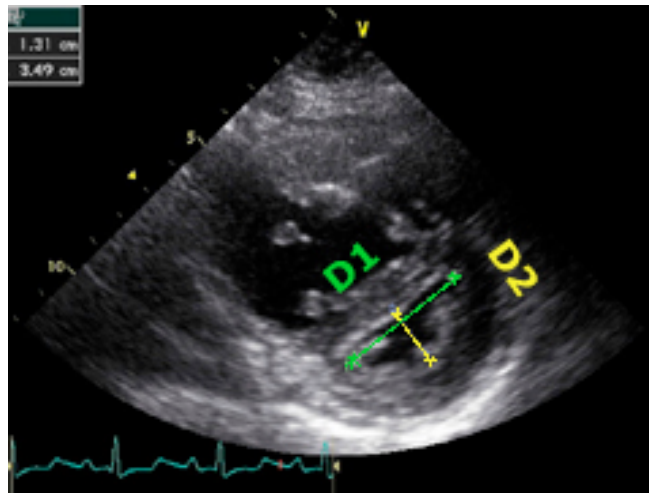


Figura 3: Interdependencia ventricular. Movimiento anómalo del septo interventricular. La función del ventrículo izquierdo se encuentra comprometida por la impresión septal. Índice de excentricidad = $D1/D2$ (valor > 1 indica sobrecarga VD)

√ El desplazamiento longitudinal del plano anular tricuspídeo del VD hacia el ápex cardíaco (tricuspid annulus plane systolic excursion; TAPSE) se calcula en modo M utilizando la proyección de cuatro cámaras apical. Un valor < 16 mm indica disfunción del VD y se ha demostrado que predice la supervivencia en la hipertensión pulmonar. **Aunque es un método rápido y sencillo, es de carácter unidimensional y refleja principalmente la función sistólica regional (basal) del VD.**

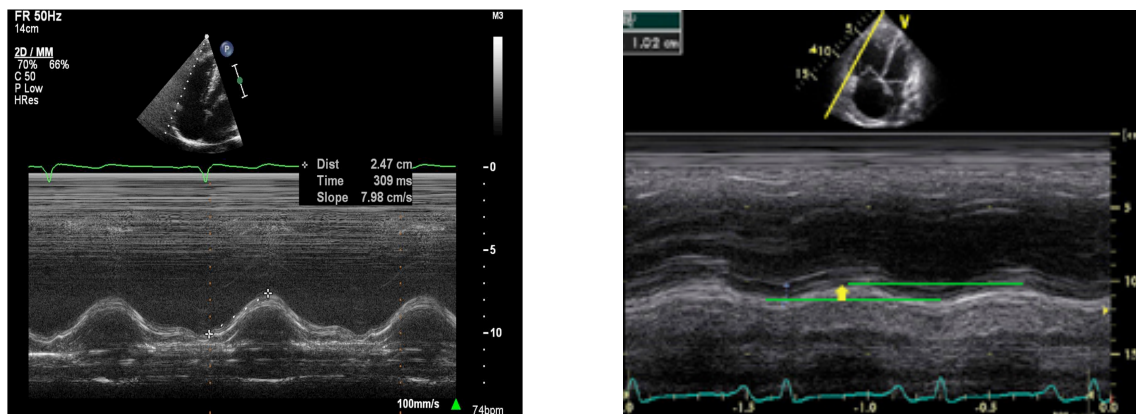


Figura 4: El TAPSE se mide en modo M y representa la distancia que se mueve el anillo tricuspídeo desde el final de la diástole hasta el final de la sístole. Derecha: Valor TAPSE normal. Izquierda: TAPSE patológico.

√ Área ventricular derecha y cambio área fraccional del VD (VD-FAC): El porcentaje del cambio del área fraccional del ventrículo derecho se calcula:

$VD-FAC (\%) = [(\text{Área en telediástole VD} - \text{Área en telesístole VD}) / \text{Área en telediástole VD}] \times 100$. Es uno de los métodos recomendados para estimar la función VD. El valor normal es $\geq 35\%$. Su valor ha mostrado correlación con el cálculo de la fracción de eyección VD medida mediante resonancia magnética.

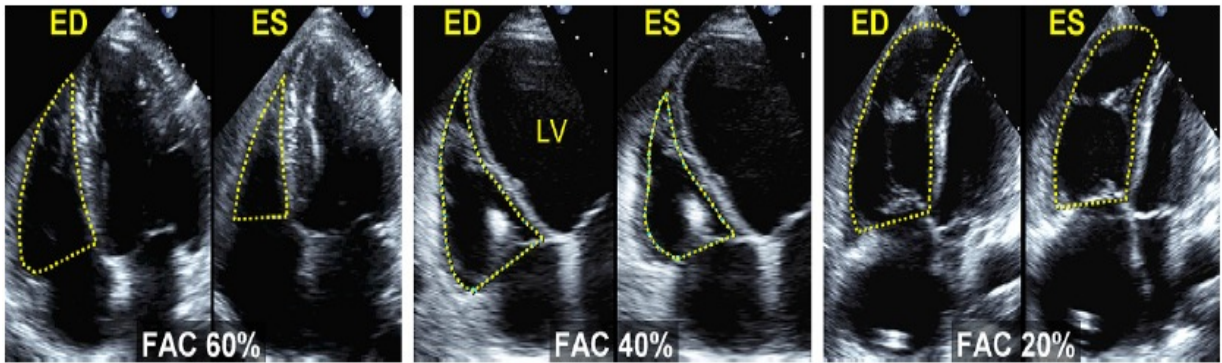


Figura 5: Ejemplos del cálculo del área fraccionada del VD (VD-FAC).
 $VD-FAC (\%) = [(\text{Área en telediástole VD} - \text{Área en telesístole VD}) / \text{Área en telediástole VD}] \times 100$. El borde endocárdico se traza en apical 4 cámaras desde el anillo tricuspídeo a lo largo de la pared libre hasta el ápex y luego a lo largo del septo interventricular en telediástole y en telesístole. Se debe incluir la trabeculación ventricular, valvas y cuerdas tricuspídeas. Izquierda: VD tamaño y función normal. Centro: VD ligeramente dilatado con función dentro de lo normal. Derecha: Severa dilatación VD con disfunción sistólica.

√ El índice de Tei o índice de función miocárdica global del VD es una evaluación conjunta de las funciones sistólica y diastólica del VD. Se define como el cociente del tiempo isovolumétrico total del VD (tiempo de contracción isovolumétrica más tiempo de relajación isovolumétrica) dividido por el tiempo de eyección del VD. Puede estimarse tanto por doppler pulsado como por doppler tisular. Es un valor más independiente de las condiciones de carga y de la frecuencia cardíaca., pero hay que señalar **que no debe utilizarse como un método cuantitativo único para evaluar la función ventricular derecha, sino complementando a otros valores. Tampoco debe utilizarse en pacientes con ritmos irregulares.**

□ Los límites normales de referencia son 0,4 si se utiliza el doppler pulsado y 0.55 si se calcula por doppler tisular. Un índice elevado (> 0,83) se asocia a un aumento de la mortalidad cardíaca.

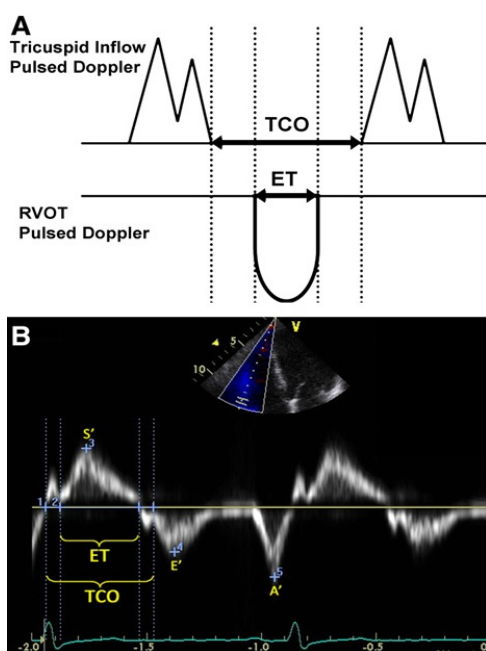


Figura 6: Cálculo de índice de Tei a partir del doppler pulsado en el flujo tricuspídeo y en tracto salida del VD (figura A) y a partir del doppler tisular en la pared lateral.

$$\text{Índice de Tei} = (TCO - ET) / ET.$$

II. EVALUACIÓN HEMODINÁMICA DE LA CIRCULACIÓN PULMONAR:

√ La velocidad del jet de regurgitación tricuspídea es el método utilizado con más frecuencia para el cálculo de la presión pulmonar sistólica en la práctica clínica. Se utiliza la ecuación de Bernoulli: (PAPs = $4v^2$ + presión auricular derecha o presión venosa central). La presión auricular derecha (o presión venosa central) se estima a partir del diámetro de la vena cava inferior y sus cambios con la respiración.

► **Hay que destacar que el valor de la PAP calculado puede estar INFRAVALORADO en situaciones de DISFUNCIÓN VENTRICULAR DERECHA SEVERA o de INSUFICIENCIA TRICUSPÍDEA SEVERA.**

√ Estimación de la presión auricular derecha según el diámetro de la vena cava inferior y los cambios con la inspiración (> ó < 50%):

Diámetro de la vena cava (mm)	Cambio con la inspiración (%)	Presión estimada en aurícula derecha (mmHg)
< 15	Colapso	0 - 5
15 - 25	> 50	5 - 10
15 - 25	< 50	10 - 15
> 25	< 50	15 - 20
> 25	Sin cambios	> 20

Clasificación Hipertensión arterial pulmonar por ecocardiografía:

- Hipertensión pulmonar ligera: PAP sistólica entre 40 – 50 mmHg
- Hipertensión pulmonar moderada: PAP sistólica entre 50 – 70 mmHg
- Hipertensión pulmonar severa: PAP sistólica > 70 mmHg

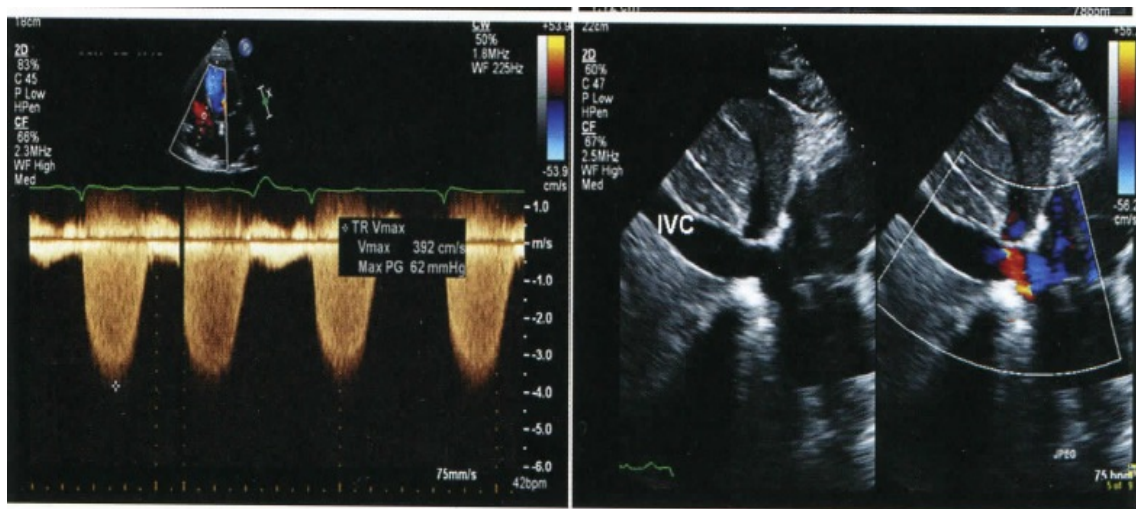


Figura 7: Cálculo de la presión arterial pulmonar sistólica. PAPs = Gradiente de la insuficiencia tricuspídea (imagen izquierda) + presión venosa central (o presión en la aurícula derecha; estimada por el diámetro y colapso de la vena cava inferior con los movimientos respiratorios; imagen derecha).

✓ Morfología del flujo arterial subpulmonar y tiempo de aceleración en la arteria pulmonar.

- La velocidad máxima de la señal de Doppler pulsado y el tiempo hasta alcanzar la aceleración máxima del flujo en la arteria pulmonar principal se reducen en la Hipertensión pulmonar. **Un tiempo de aceleración pulmonar corto (< 100 mseg) indica HP. Sin embargo, el tiempo de aceleración depende de la frecuencia y del gasto cardiaco; por lo que debe interpretarse con cautela.**

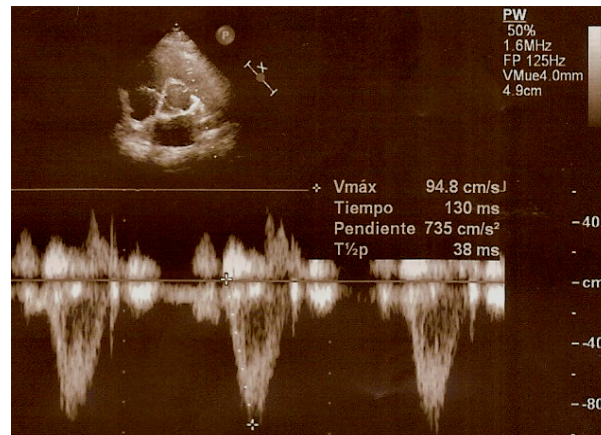


Figura 8: Tiempo de aceleración pulmonar normal (> 100 mseg).

- Morfología del flujo subpulmonar tipo 1 (normal): En condiciones normales el flujo pulmonar se acelera gradualmente con un pico en el centro de la sístole, seguido de un lento descenso que termina justo antes del cierre valvular. Indica unas presiones arteriales pulmonares normales (sensibilidad 85% y especificidad 100%).
- Morfología del flujo subpulmonar tipo 2: En presencia de hipertensión pulmonar el flujo de aceleración pulmonar manifiesta un aumento inmediato de la velocidad tras la apertura de la válvula, con pico precoz y rápida disminución de la velocidad, con incisura protosistólica.
- Morfología del flujo subpulmonar tipo 3: Similar al tipo 2, pero con incisura en mesosístole.
 - El flujo subpulmonar tipo 2 y 3 indican hipertensión pulmonar con una sensibilidad del 100% y especificidad del 85%.

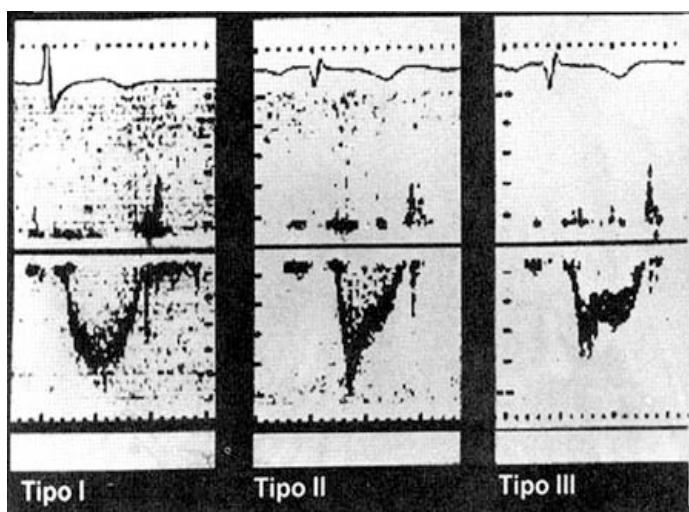


Figura 9: Morfología del flujo subpulmonar:

- Tipo 1 (resistencias pulmonares normales).
- Tipo 2: Con tiempo de aceleración pulmonar < 100 mseg y muesca en protosístole.
- Tipo 3: Tiempo de aceleración pulmonar muy acortado y muesca en mesosístole.

PARÁMETROS ECOCARDIOGRÁFICOS A REGISTRAR EN EL ESTUDIO DIAGNÓSTICO DE LOS PACIENTES CON HIPERTENSIÓN PULMONAR

- Descartar HP por cardiopatía izquierda: Dimensiones y función sistólica y diastólica del ventrículo izquierdo, tamaño auricular izquierdo y flujo valvular izquierdo (Ej: Miocardiopatía dilatada, estenosis / insuficiencia aórtica severa, estenosis mitral severa...)
- Dimensiones del Ventrículo derecho y aurícula derecha. Grosor de la pared libre VD si procede.
- Índice de excentricidad diastólico del VI si procede.
- Función sistólica del Ventrículo derecho: Función sistólica global subjetiva (leve, moderada, severamente deprimida), acompañada de otros valores: TAPSE, índice de Tei o VD-FAC.
- Presencia de anomalías valvulares (grado y gravedad de la insuficiencia tricuspídea y pulmonar)
- Estimación de la presión sistólica arteria pulmonar:
 - A) Ecuación de Bernoulli.
 - B) **Inyección endovenosa de suero salino agitado para potenciación de señal de insuficiencia tricuspídea:** Cuando resulta difícil medir la velocidad pico de regurgitación tricuspídea (regurgitación tricuspídea muy leve/leve), la utilización de ecocardiografías de contraste (p. ej., solución salina agitada) aumenta de forma significativa la señal Doppler, permitiendo una medición adecuada de la velocidad pico de regurgitación tricuspídea. **La inyección de suero salino agitado es imprescindible ante la sospecha de shunt intracardíaco.**
 - C) Búsqueda de datos indirectos de aumento de resistencias pulmonares: Tiempo de aceleración pulmonar. Morfología flujo subpulmonar.
- Dimensiones de la vena cava inferior (estimación de la presión en la aurícula derecha)
- Presencia y tamaño de derrame pericárdico

□ **Parámetros ecocardiográficos MÍNIMOS a aportar en los pacientes con HP en seguimiento en el HUNSC (fundamentalmente de las CCEE de Neumología, Cardiología y Reumatología. Debe estar especificado en la petición y se debe aportar SIEMPRE un electrocardiograma):**

- **Medidas del VD:** RVD1 basal en apical cuatro cámaras, diámetros proximal y distal al tracto de salida del VD en plano paraesternal eje corto. (*Aportar valoración subjetiva si procede; ya que puede variar según la SC del paciente*).
- **Medidas de la AD:** Diámetro longitudinal y área de aurícula derecha. (*Aportar valoración subjetiva si procede; ya que puede variar según la SC del paciente*).
- **Función ventricular derecha:** Valoración subjetiva acompañada del valor del TAPSE y del área fraccionada del VD (VD-FAC).

- **Presión arterial pulmonar sistólica:**

Clasificación Hipertensión arterial pulmonar por ecocardiografía:

- Hipertensión pulmonar ligera: PAP sistólica entre 40 – 50 mmHg
- Hipertensión pulmonar moderada: PAP sistólica entre 50 – 70 mmHg
- Hipertensión pulmonar severa: PAP sistólica > 70 mmHg

► **Si no se objetiva señal de IT aportar tiempo de aceleración pulmonar y morfología del flujo subpulmonar. SI A PESAR DE LO EXPUESTO NO SE PUEDEN OBTENER DATOS INDIRECTOS FIABLES, realizar test de suero salino agitado.**

- **Presión auricular derecha (presión venosa central):**

Valoración vena cava inferior:

Diámetro de la vena cava (mm)	Cambio con la inspiración (%)	Presión estimada en aurícula derecha (mmHg)
< 15	Colapso	0 - 5
15 – 25	> 50	5 - 10
15 – 25	< 50	10 – 15
> 25	< 50	15 – 20
> 25	Sin cambios	> 20

- **Presencia de derrame pericárdico.**

Tabla-resumen de los límites de referencia para las medidas recomendadas en la valoración de las estructuras y función del VD:

Variables	Patológico
Dimensiones de cavidades derechas:	
VENTRÍCULO DERECHO	
- RDV1 basal	> 42 mm
- Diámetro proximal tracto salida del VD	> 33 mm
- Diámetro distal tracto de salida del VD	> 27 mm
AURÍCULA DERECHA	
- Diámetro longitudinal	> 53 mm
- Área aurícula derecha	> 18 cm ²
Función sistólica ventricular derecha:	
- TAPSE	< 16 mm
- VD-FAC	< 35%
Presión aurícula derecha (tamaño y colapso Vena cava inferior)	> 10 mmHg

BIBLIOGRAFÍA:

1. Guidelines for the echocardiographic assessment of the right heart in adults: a report from the American Society of Echocardiography endorsed by the European Association of Echocardiography, a registered branch of the European Society of Cardiology, and the Canadian Society of Echocardiography. Rudski LG, Lai WW, Afilalo J, Hua L, Handschumacher MD, Chandrasekaran K, Solomon SD, Louie EK, Schiller NB. *J Am Soc Echocardiogr*. 2010 Jul;23(7):685-713; quiz 786-8.
2. Técnicas de imagen en la evaluación del corazón derecho y la circulación pulmonar. Javier Sanz, Leticia Fernández-Friera, Sergio Moral. *Rev Esp Cardiol*. 2010; 63(2): 209-23.
3. Comparison of Doppler – Determined Elevated Pulmonary Arterial Pressure with Pressure Measured at Cardiac Catheterization. Martin-Duran R, Larman M, Trugeda A, Vazquez de Prada JA, Ruano J, Torres A, Figueroa A, Pajaron A, Nistal F. *Am J Cardiol*. 1986 Apr 1;57(10):859-63.
4. Oh J, Seward J, Tajik A. Pulmonary hypertension. *The Eco manual*. Mayo Foundation. Tercera edición. 2006. ISBN-13: 978-0-7817-4853-7.
5. Estándares asistenciales en hipertensión pulmonar. *Rev Esp Cardiol*. 2008; 61(2): 170-84.
6. Protocolos de actuación en hipertensión pulmonar. Hospital Universitario 12 de Octubre.
7. Manual práctico de ecocardiografía clínica. Ricardo Vivancos Delgado. José Manuel Sánchez Calle. Ediciones Mayo. ISBN: 978-84-96792-31-9.
8. Guía de práctica clínica para el diagnóstico y tratamiento de la hipertensión pulmonar. Grupo de Trabajo de la Sociedad Europea de Cardiología (ESC) y la European Respiratory Society (ERS) para el diagnóstico y tratamiento de la hipertensión pulmonar, en colaboración con la International Society of Heart and Lung Transplantation (ISHLT). *Versión corregida el 27 de abril de 2011*.
9. The EAE Textbook of Echocardiography. 2011. ISBN 978-0-19-959963-9.

IMÁGENES:

- Figuras 1B, 1C, 1D izquierda, figura 2, figura 5, figura 6 y figura 7 inferior: Guidelines for the echocardiographic assessment of the right heart in adults: a report from the American Society of Echocardiography endorsed by the European Association of Echocardiography, a registered branch of the European Society of Cardiology, and the Canadian Society of Echocardiography. Rudski LG, Lai WW, Afilalo J, Hua L, Handschumacher MD, Chandrasekaran K, Solomon SD, Louie EK, Schiller NB. J Am Soc Echocardiogr. 2010 Jul;23(7):685-713; quiz 786-8.
- Figura 1A y 1D derecha: Insuficiencia tricuspídea aislada. Emilio Flores A, Ricardo Zalaquett S, Luigi Gabrielli N, Samuel Córdova A, Paula León S. RevChil Cardiol 2009; 28:115-119.
- Figura 3, figura 4 derecha: Echobasics. Dr. Derliz Mereles, MD, author. www.echobasics.de
- Figura 4 derecha: Transthoracic echo. Drs. Atif Qasim, Amresh Rania. Echocardiographer@echocardiographer.org
- Figura 7: Libro “European Association of Echocardiography” (The EAE Textbook of Echocardiography). 2011. ISBN 978-0-19-959963-9.
- Figura 8: Hospital Universitario Nuestra Señora de Candelaria. Servicio de Cardiología. Sección de ecocardiografía
- Figura 9: Revista Peruana de Cardiología : Vol. XXVII - N.º 3 Septiembre - Diciembre 2001