



Rol de la ecografía en pacientes críticos con insuficiencia cardíaca

Role of ultrasound in critically ill patients with heart failure

Papel da ecografia em pacientes críticos com insuficiência cardíaca



**Julieta Lozita¹, Juan Pablo Ricarte Bratti², Judith
Mailen Vicentin³, Nadia Elizabeth Pinto⁴.**

DATOS DE AUTORES

1. Sanatorio Allende Nueva Córdoba. Unidad Coronaria; Córdoba Argentina. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8125-7929>. Correo de contacto: julilozita@gmail.com
2. Sanatorio Allende Nueva Córdoba. Unidad Coronaria; Córdoba Argentina. Universidad Nacional de Córdoba. Facultad de Ciencias Médicas. Cátedra de Farmacología General. ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6323-8305>.
3. Sanatorio Allende Nueva Córdoba; Córdoba Argentina. ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9878-6512>.
4. Sanatorio Allende Nueva Córdoba; Córdoba Argentina. ORCID: <https://orcid.org/0009-0009-5383-2533>.

Recibido: 2024-05-27 **Aceptado:** 2025-02-04

doi DOI: <http://dx.doi.org/10.31053/1853.0605.v82.n1.45185>



<https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/>

©Universidad Nacional de Córdoba



Rol de la ecografía en pacientes críticos con insuficiencia cardíaca

CONCEPTOS CLAVE:

Qué se sabe sobre el tema.

La congestión es la piedra angular en la insuficiencia cardíaca y por lo tanto su valoración tanto al ingreso como al alta es imprescindible para mejorar la morbimortalidad y disminuir las internaciones en este tipo de pacientes. La ecografía es el método más completo, accesible y de bajo costo para hacer una valoración integral de la misma.

Qué aporta este trabajo.

En este artículo se revisa el uso de la ecografía para valorar la congestión en insuficiencia cardíaca, teniendo en cuenta los distintos órganos involucrados en la fisiopatogenia de la misma para un correcto abordaje práctico de los pacientes que padecen esta condición.

Divulgación

La ecografía es una técnica no invasiva de gran valor en pacientes con insuficiencia cardíaca. Accesible y económica, su ausencia de radiación la hace segura. Permite evaluar la congestión en corazón, pulmones, hígado y riñones y con esto permite guiar decisiones terapéuticas. Su visión en tiempo real la convierte en herramienta fundamental para el manejo integral de la insuficiencia cardíaca, con un enfoque preciso.



Rol de la ecografía en pacientes críticos con insuficiencia cardíaca

Resumen

Palabras clave:

insuficiencia
cardíaca; ecografía;
edema pulmonar.

La insuficiencia cardíaca (IC) es un síndrome clínico con síntomas y/o signos causados por anomalías cardíacas estructurales y/o funcionales. Después del alta, los pacientes con insuficiencia cardíaca aguda (ICA) se enfrentan a un riesgo significativo de rehospitalización y mortalidad. La detección de la congestión residual es crucial para reducir los reingresos, mejorar el pronóstico y disminuir la mortalidad. La ecocardiografía proporciona información crítica sobre la gravedad de la disfunción del ventrículo izquierdo, las presiones de llenado elevadas, la disfunción valvular y la estimación de la presión sistólica de la arteria pulmonar. El enfoque VExUS integra la evaluación por ultrasonido de la vena cava inferior, las venas hepáticas, la vena porta y las venas renales, lo que brinda información valiosa sobre la congestión sistémica. La ecografía pulmonar detecta la congestión pulmonar, facilitando la intervención temprana para evitar la progresión y las hospitalizaciones. La evaluación ecográfica de la vena yugular interna y la vena femoral complementa la evaluación de la congestión venosa. La distensión de la vena yugular interna durante la maniobra de Valsalva o la relación entre el diámetro de la vena yugular interna y la vena femoral pueden predecir resultados adversos en pacientes con IC. En conclusión, un enfoque ecográfico integral es crucial en el abordaje de pacientes con insuficiencia cardíaca críticamente enfermos. La evaluación de ultrasonido multiparamétrico proporciona información vital, orientando las intervenciones terapéuticas adecuadas y evitando medidas potencialmente dañinas.



Role of ultrasound in critically ill patients with heart failure

Abstract

Keywords:

heart failure;
ultrasonography;
pulmonary edema.

Heart failure (HF) is a clinical syndrome with symptoms and/or signs caused by structural and/or functional cardiac abnormalities. After discharge, patients with acute heart failure (AHF) face a significant risk of rehospitalization and mortality. Detection of residual congestion is crucial to reduce readmissions, improve prognosis, and decrease mortality. Echocardiography provides critical information about the severity of left ventricular dysfunction, elevated filling pressures, valvular dysfunction, and estimation of pulmonary artery systolic pressure. The VExUS approach integrates ultrasound evaluation of the inferior vena cava, hepatic veins, portal vein, and renal veins, providing valuable information about systemic congestion. Lung ultrasound detects pulmonary congestion, facilitating early intervention to prevent progression and hospitalizations. Ultrasound evaluation of the internal jugular vein and femoral vein complements the evaluation of venous congestion. Distension of the internal jugular vein during the Valsalva maneuver or the relationship between the diameter of the internal jugular vein and the femoral vein can predict adverse outcomes in patients with HF. In conclusion, a comprehensive ultrasound approach is crucial in the management of patients with critically ill heart failure. Multiparameter ultrasound evaluation provides vital information, guiding appropriate therapeutic interventions and avoiding potentially harmful measures.



Role of ultrasound in critically ill patients with heart failure

Resumo

Palavras-chave:

insuficiência cardíaca;
ultrassonografia;
edema pulmonar.

A insuficiência cardíaca (IC) é uma síndrome clínica com sintomas e/ou sinais causados por anormalidades cardíacas estruturais e/ou funcionais. Após a alta, os pacientes com insuficiência cardíaca aguda (ICA) enfrentam um risco significativo de reinternação e mortalidade. A detecção de congestão residual é crucial para reduzir reinternações, melhorar o prognóstico e diminuir a mortalidade. A ecocardiografia fornece informações críticas sobre a gravidade da disfunção ventricular esquerda, pressões de enchimento elevadas, disfunção valvular e estimativa da pressão sistólica da artéria pulmonar. A abordagem VExUS integra a avaliação ultrassonográfica da veia cava inferior, veias hepáticas, veia porta e veias renais, fornecendo informações valiosas sobre congestão sistêmica. A ultrassonografia pulmonar detecta a congestão pulmonar, facilitando a intervenção precoce para evitar a progressão e internações. A avaliação ultrassonográfica da veia jugular interna e da veia femoral complementa a avaliação da congestão venosa. A distensão da veia jugular interna durante a manobra de Valsalva ou a relação entre o diâmetro da veia jugular interna e a veia femoral podem prever resultados adversos em pacientes com IC. insuficiência cardíaca doente. A avaliação ultrassonográfica multiparamétrica fornece informações vitais, orientando intervenções terapêuticas adequadas e evitando medidas potencialmente prejudiciais.

Introducción

La insuficiencia cardíaca (IC) es un síndrome clínico con síntomas y/o signos causados por una anomalía cardíaca estructural y/o funcional, corroborado por niveles de péptidos natriuréticos y/o evidencia objetiva de congestión pulmonar o sistémica⁽¹⁾. La prevalencia es de 1-2% de la población, llegando a más del 70% en mayores de 70 años⁽²⁾.

La IC aguda (ICA) se define como una aparición rápida o empeoramiento de los síntomas y/o signos de IC que requieren evaluación y tratamiento urgente. Es una condición cada vez más frecuente y de mal pronóstico, el cual no ha cambiado significativamente en las últimas décadas a pesar de los esfuerzos por encontrar un tratamiento eficaz, a diferencia de lo que ocurre con la IC crónica⁽³⁾.

Luego del alta, la rehospitalización y muerte por ICA puede llegar al 45 % anual⁽¹⁾. Determinar si se logró la descongestión con el tratamiento puede ser difícil; en muchos pacientes, la congestión persiste, a menudo subclínica, y contribuye a la descompensación temprana y la rehospitalización⁽³⁾. Por tal motivo cobra importancia la detección no invasiva de la congestión, con el fin de reducir las reinternaciones, mejorar el pronóstico y disminuir la mortalidad.

Se han propuesto varios marcadores ecográficos y bioquímicos para evaluar la congestión, dentro de los primeros, la evaluación ecográfica del corazón, pulmón y distintas venas proporcionan información útil⁽⁴⁾. Esta integración se muestra en la Figura 1.

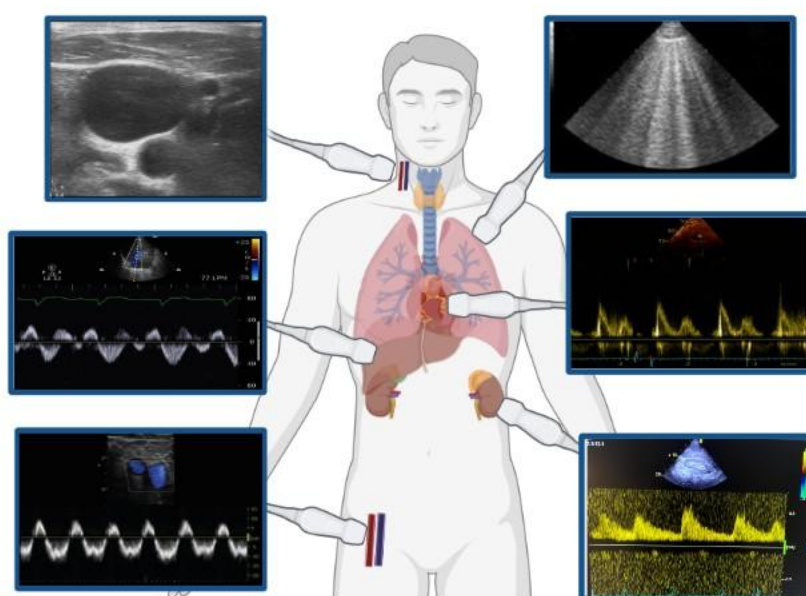


Figura N° 1. Modelo de integración ecográfica en un paciente con insuficiencia cardíaca

El objetivo de esta revisión es proponer una evaluación de la congestión multimodal con ecografía para pacientes con IC, para lo cual se realizó una búsqueda bibliográfica en PubMed sobre los diferentes métodos ecográficos relevantes para la evaluación de la congestión sistémica publicados en los últimos 5 años.

1- Valoración de congestión mediante ecocardiografía

El ecocardiograma doppler transtorácico es una modalidad de imagen no invasiva, que se realiza al

lado de la cama del paciente, que permite establecer el diagnóstico de ICA, determinar la gravedad de la disfunción del ventrículo izquierdo (VI), la elevación de las presiones de llenado del VI, disfunción valvular o disfunción del ventrículo derecho (VD) y estimar la presión sistólica de la arteria pulmonar (PSAP)⁽³⁾.

Más del 90 % de las hospitalizaciones por IC se deben a elevación de las presiones de llenado del VI. Estas presiones se pueden estimar de forma indirecta mediante la utilización de las ondas doppler pulsadas y continuas, desde la ventana apical 4 cámaras (figura 2)⁽³⁾.

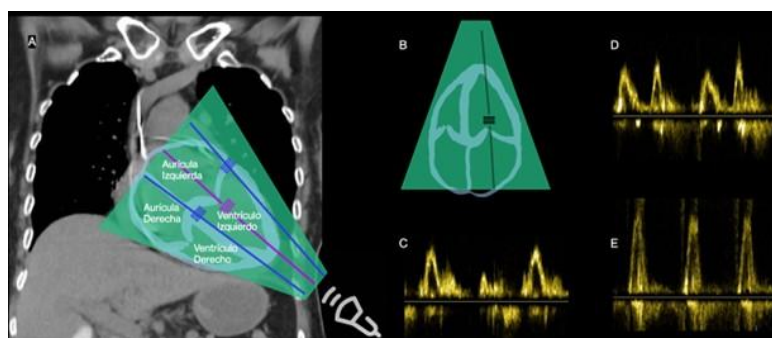


Figura N° 2. **A.** Representación de ventana apical, vista cuatro cámaras por ecocardiograma, en la que se pueden identificar aurículas derecha e izquierda y ventrículos derecho e izquierdo. La línea violeta representa el llenado transmitral donde se pueden obtener las ondas E y A y las líneas azules representa el Doppler tisular donde se puede obtener la onda e'. **B.** Representación de ventana apical, vista cuatro cámaras por ecocardiograma, línea negra identifica lugar de medición de doppler pulsado transmitral. **C.** Patrón normal de onda E y onda A con doppler transmitral. **D.** Patrón de relajación retardada mediante doppler transmitral. **E.** Patrón restrictivo de onda E y onda A mediante doppler transmitral.

- **Velocidades de llenado transmitral y relación E:A:** colocando una onda pulsada de Doppler sobre el VI en el punto de coaptación de las valvas de la válvula mitral se puede obtener la velocidad de la onda de llenado rápido temprano (onda E) y la velocidad de la onda de llenado tardío como

consecuencia de la contracción auricular (onda A); estas ondas están relacionadas con el gradiente de presión transmitral y es un parámetro de función diastólica del VI. Esta medida está muy influenciada por la edad y no se puede utilizar en pacientes con fibrilación auricular (Figura 3)⁽⁵⁾.

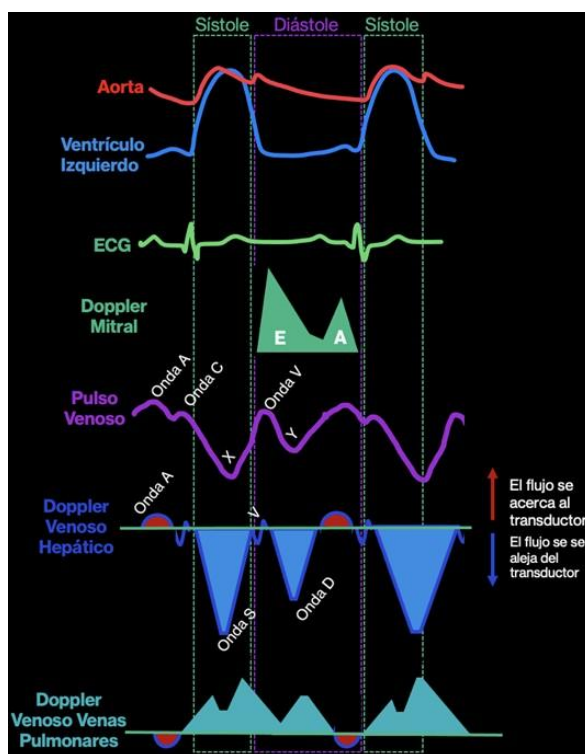


Figura N° 3. Curvas normales de presión de aorta y ventrículo izquierdo (VI), de pulso venoso, y de doppler pulsado mitral, venoso hepático y venas pulmonares, en relación con el electrocardiograma. Curva de presión de aorta: posterior al comienzo de la contracción ventricular (milisegundos después del QRS) se abre la válvula aórtica, transmitiendo el aumento de presión a la misma (sístole), luego se produce el cierre de la válvula aórtica (representada por la onda dicrota) comenzando la diástole (posterior a la onda T). Curva de presión de VI: la primera deflexión positiva pequeña representa el llenado ventricular dependiente de la contracción auricular (onda A de presión auricular), luego el incremento de la presión intraventricular permite la apertura de la válvula aórtica y comienza el periodo eyectivo (milisegundos después del QRS), y al caer la presión del VI se cierra la válvula aórtica comenzando la diástole. Doppler pulsado mitral: en diástole, compuesto por onda E que representa el llenado ventricular temprano (coincidente con la onda Y del pulso venoso, posterior a la onda T), y la onda A producida por el llenado tardío secundario a la contracción auricular (onda A del pulso venoso). Pulso venoso: onda positiva A (contracción auricular), onda positiva C (abombamiento de válvula auriculoventricular hacia aurícula durante comienzo de contracción ventricular), onda negativa X (relajación auricular), onda positiva V (llenado auricular) y onda negativa Y (llenado ventricular temprano). Doppler venoso hepático: representado por onda positiva A (contracción auricular, coincidente con onda A de pulso venoso), onda negativa S (sístole ventricular), onda positiva V (llenado auricular) y onda negativa D (diástole ventricular). Doppler venoso pulmonar: compuesta por onda negativa AR (A retrograda) coincidente con la contracción auricular, onda positiva SE (sístole temprana) comienza milisegundos después del QRS y representa la relajación auricular, onda positiva SL (sístole tardía) representa el llenado auricular (coincidente con onda V del pulso venoso), habitualmente estas dos ondas se reflejan de manera conjunta como una misma (onda S), y onda positiva D coincidente con el llenado temprano del VI.

- **Velocidad tisular diastólica temprana del miocardio (e'):** se puede realizar un Doppler pulsado sobre el anillo mitral medial o lateral, una

onda e' disminuida indica una relajación alterada del VI y se ve menos afectada por las condiciones de carga que la onda E, se considera anormal una



onda e' septal <7 cm/s y una onda e' lateral <10 cm/s⁽⁵⁾.

- **Relación E/e':** se usa ampliamente para la estimación de las presiones de llenado del VI, se demostró que valores por encima de 14 presenta buena correlación con la presión de enclavamiento pulmonar que estima las presiones de fin de diástole del VI, siendo mayor la correlación en pacientes con IC con fracción de eyección (FE) preservada. Ésta medida se encuentra menos afectada por la frecuencia cardíaca y la regurgitación valvular^(3-4, 6-7).
- **Estimación de la velocidad máxima de la regurgitación tricuspídea y de la PSAP:** El aumento de la PSAP es otro criterio para la estimación de las presiones de llenado del VI, si se excluyen otras causas no cardíacas de hipertensión pulmonar. Se calcula a partir de la velocidad máxima de la regurgitación tricuspídea con Doppler continuo a ese nivel, y se realiza la ecuación de Bernoulli modificada ($4 \times \text{Velocidad}^2$) para obtener el gradiente, al resultado se suma una estimación de la presión de la aurícula derecha (AD) basada en el tamaño y colapsabilidad de la vena cava inferior (VCI). Una velocidad máxima de la regurgitación tricuspídea mayor a 2,8 m/s es un fuerte indicativo de presiones de llenado elevadas, al igual que una PSAP ≥ 35 mmHg indica hipertensión pulmonar⁽³⁻⁵⁾.
- **Flujo de la vena pulmonar:** incluye la evaluación de la velocidad sistólica (S), velocidad diastólica (D) y la relación S/D. Tanto la velocidad de la onda S como la relación S/D disminuyen ante el aumento de presión de la aurícula izquierda (AI)^(8, 9).
- **Índice de volumen máximo de la AI:** El agrandamiento de la AI es una consecuencia del

efecto crónico del aumento en las presiones de llenado del VI en pacientes sin fibrilación o aleteo auricular, enfermedad de la válvula mitral, bradicardia o estados de alto gasto. Se mide preferentemente mediante la técnica de suma de discos biplanos en las ventanas apical 4 y 2 cámaras⁽⁵⁾. Un índice mayor a 34 ml/m² está integrado en el algoritmo para la estimación de las presiones de llenado del VI y se asocia con un mayor riesgo cardiovascular. Éste índice tiene varias limitaciones, incluyendo que no refleja los cambios instantáneos de presión, tiene una baja sensibilidad para la detección de la elevación temprana de la presión de llenado del VI y además que puede aumentar en pacientes altamente entrenados^(3-4, 7).

- Para valorar las presiones de llenado del VI la Sociedad Europea de Imagen Cardiovascular utiliza 4 índices claves ecocardiográficos: E/e' promedio >14 , e' septal <7 cm/s o e' lateral <10 cm/s, velocidad de regurgitación tricuspídea $>2,8$ m/s e índice de volumen de AI >34 ml/m².⁽⁷⁾
- **Estructura y función sistólica del VD:** las medidas que reflejan la función sistólica del VD incluyen la excursión sistólica del anillo tricuspídeo (TAPSE), la velocidad sistólica anular lateral tricuspídea derivada del Doppler tisular (S') y el cambio de área fraccional (FAC). Los valores utilizados para definir disfunción sistólica del VD son TAPSE <17 , velocidad de la onda S' anular lateral $<9,5$ m/s y FAC $<35\%$ (10). Existen métodos más complejos para determinar la función del VD que escapan a los objetivos de la presente revisión.
- **Vena cava inferior (VCI) y el índice de colapsabilidad con la respiración:** es un parámetro no invasivo ampliamente utilizado para la estimación de las presiones de llenado del

lado derecho y la evaluación de los cambios en el volumen intravascular. La VCI se mide en eje largo desde una ventana subcostal con el paciente en posición supina. El índice de colapsabilidad se calcula mediante la siguiente fórmula: (Diámetro máximo VCI – diámetro mínimo VCI) / Diámetro máximo VCI x 100⁽⁴⁾.

La VCI permite estimar la presión de la AD, en pacientes con respiración espontánea, la VCI colapsa durante la inspiración debido a la presión intratorácica negativa, ésta relación se vuelve débil en paciente ventilados mecánicamente.

Un diámetro de VCI $\leq 2,1$ cm y una colapsabilidad >50 % indican presiones de AD normal, entre 0 y 5 mm Hg mientras que un diámetro de la VCI $>2,1$ cm con un colapso inspiratorio <50 % indican presiones de AD entre 10 y 20 mm Hg, y los escenarios intermedios corresponden a valores entre 5 y 10 mm Hg⁽¹¹⁾.

2- Valoración de congestión mediante ecografía renal, portal y hepática (VEXUS)

La evaluación de la VCI, la vena suprahepática, la vena porta y la vena renal permite integrar una

aproximación del sistema venoso, que contiene cerca del 75% del volumen de sangre. Existen patrones anormales que se asocian a malos desenlaces que han sido agrupados en el score VExUS (Venous Excess Ultrasound grading System - Sistema de Clasificación por Ultrasonido del Exceso Venoso)⁽¹²⁾; este score tiene como objetivo evaluar la congestión venosa y la repercusión en la relación flujo-presión-volumen del sistema cardiovascular, para normar conductas terapéuticas, como por ejemplo el uso de diuréticos y/o el ultrafiltrado. Se entiende por exceso venoso al volumen dinámico, no estacionario, que se acumula en la entrada al corazón, históricamente cuantificado con la presión venosa central (PVC). Con el avance de la congestión, existe una distensión venosa progresiva producto de la disfunción del VD. Esto lleva a una disminución de la capacitancia de los vasos en el abdomen y la pelvis, lo que conduce a una transmisión distal del pulso venoso. Los perfiles doppler de las circulaciones esplácnicas (vena porta y esplénica) y venosa renal se han correlacionado con la disfunción del VD y la congestión venosa, y han sido integrados como parte del protocolo VEXUS para la evaluación de la congestión⁽¹²⁾. Esta evaluación se puede lograr mediante una vista lateral a nivel del línea axilar media sobre el séptimo u octavo espacio intercostal, como lo muestra la figura 4.

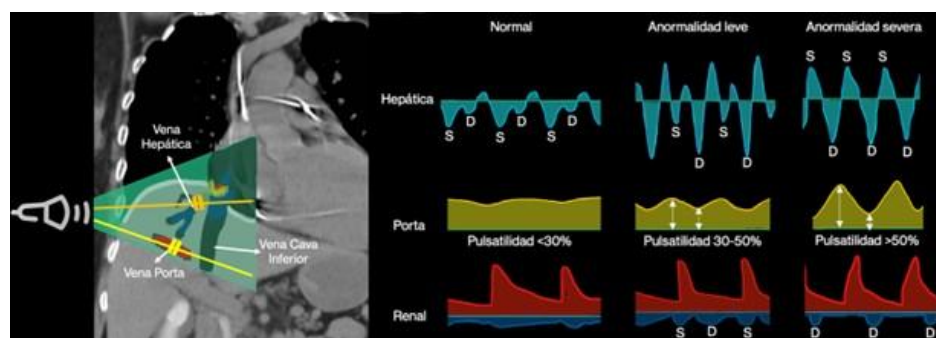


Figura N° 4. Vista ecográfica lateral para valorar componentes del protocolo VEXUS para valoración de congestión (VCI, vena hepática, vena porta y vena renal).



- **VCI:** es la pantalla inicial para la congestión venosa. Ya sea debido al aumento del volumen venoso estresado o al aumento de la presión de la aurícula derecha (por cualquier motivo), el primer compartimento venoso donde se manifiesta la congestión es la VCI⁽¹³⁾.

La VCI se interroga en eje largo y corto a lo largo del segmento intrahepático y se realiza un promedio visual. La variación respiratoria y la valoración de la vena cava inferior se describió previamente^(11,13).

- **Vena hepática:** Con el doppler hepático se visualiza la vena hepática media en el área subxifoidea o la vena hepática derecha desde un ángulo lateral (Figura 4). Como en todos los exámenes Doppler, las formas de onda se trazan durante una pausa respiratoria si el movimiento respiratorio del hígado impide una correcta visualización.

La interrogación es a través del Doppler de onda pulsada, identificando 3 ondas: A, S y D (Figura 3)⁽¹³⁾.

El flujo normal es pulsátil y refleja los cambios en la PVC durante el ciclo cardíaco normal. La forma de onda normal se compone de dos ondas anterógradas distintas (flujo del hígado al corazón) y dos ondas retrógradas (desde el corazón al hígado). Debido a la posición de la sonda de ultrasonido, las ondas anterógradas muestran una velocidad negativa (flujo lejos del transductor) mientras que las ondas retrógradas muestran una velocidad positiva (flujo hacia el transductor). Las ondas anterógradas normales son las ondas "S" y "D" y ocurren durante los descensos "x" e "y" de la onda de la PVC. En sujetos normales, "S" tiene

una amplitud mayor que "D". Las ondas retrógradas "A" y "V" corresponden a las ondas "a" y "v" en la forma de onda PVC (Figura 3 y 7)⁽¹⁴⁾.

Grados de congestión según Doppler hepático⁽¹³⁾:

- ♦ Grado 0: normal $S > D$
- ♦ Grado I: $S < D$ con S anterógrado
- ♦ Grado II: Trazo S plano o invertido o bifásico

- **Vena porta:** se interroga del mismo modo que la vena suprahepática, desde un abordaje lateral, mediante Doppler color se identifica como rojo, es decir, el flujo se acerca al transductor (Figura 4). Se estima el índice de pulsatilidad para definir el grado de congestión, y se calcula como $(\text{Velocidad máxima} - \text{Velocidad mínima}) / \text{Velocidad máxima}$ ⁽¹³⁾.

- ♦ Grado 0: índice de pulsatilidad $< 0,3$.
- ♦ Grado I: índice de pulsatilidad de $0,3 - 0,49$.
- ♦ Grado II: índice de pulsatilidad de $0,5 - 1,0$.

- **Vena renal:** se obtiene a nivel de los vasos interlobulares, que pasan a través del parénquima renal y, por lo tanto, se cree que reflejan mejor el órgano perfusión en comparación con la vena renal principal. El patrón de flujo en las venas renales normales es continuo sin ondas discernibles, aunque pueden verse ondas S y D de muy baja amplitud⁽¹⁵⁾. El registro venoso es acompañado por un trazo arterial por encima de la línea de base, como se muestra en la figura 5.

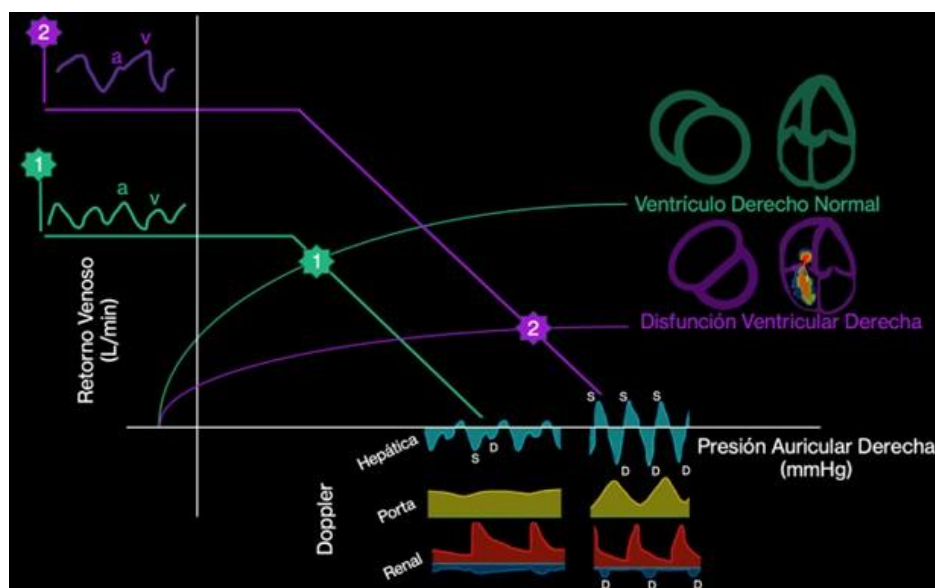


Figura N° 5. Integración de los conceptos de retorno venoso, presión auricular derecha y gasto cardíaco derecho. En un paciente con ventilación espontánea, cuando la presión auricular derecha es baja el retorno venoso es máximo, a medida que la primera va incrementando, el retorno venoso va disminuyendo paulatinamente. 1. Estado normal en un paciente sano: el retorno venoso iguala al gasto cardíaco, con una curva de presión auricular derecha normal y signos ecográficos Doppler hepático, portal y renal normales. 2. Disfunción ventricular derecha: el punto de intersección se desplaza a la derecha con un incremento de la presión auricular derecha, con curva anormal y onda “V”, y registros Doppler hepático, portal y renal anormales.

3- Valoración de congestión mediante ecografía pulmonar

La congestión pulmonar es un hallazgo casi universal en pacientes con ICA. La detección y el tratamiento de la congestión pulmonar antes de que sea clínicamente evidente pueden prevenir la hospitalización y la progresión de la IC. La ausencia de congestión pulmonar posterior al alta se asocia con un mejor pronóstico⁽¹⁶⁾.

En los pacientes críticos, la exploración se realiza en la posición de decúbito supino, que permite un fácil abordaje anterolateral. Cada grupo de investigadores ha desarrollado una sistemática de exploración propia, a veces excesivamente prolija y compleja. Nosotros nos alineamos junto con los que

establecen que son suficientes 4 áreas en cada hemitórax, y que lo dividen en 2 zonas, anterior y lateral, con la línea axilar anterior como divisoria. A su vez, cada zona se divide en una superior y otra inferior según una línea horizontal que atravesaría la unión del tercio medio con el inferior del esternón. La exploración inicia por la zona anterosuperior y termina por la lateroinferior⁽¹⁷⁾.

Las líneas B se pueden visualizar utilizando el transductor cardíaco y aparecen en la exploración torácica anterolateral como múltiples señales similares a un láser que surgen de la línea pleural hiperecoica, cambiando a lo largo del ciclo respiratorio, con un movimiento de vaivén sincronizado con la respiración. El pulmón normal es negro, sin señal; el pulmón con edema pulmonar intersticial es blanco y negro con algunas líneas B que

salen de la línea pleural; por último, el pulmón con edema pulmonar alveolar es blanco con líneas B confluentes en un pulmón completamente ecogénico⁽¹⁸⁾.

La secuencia de eventos que conducen al edema pulmonar durante la IC se puede conceptualizar como una cascada, como se muestra en la figura 6. Entre la congestión pulmonar clínica y hemodinámica, el evento intermedio es el signo de imagen, detectable por ecografía pulmonar como líneas B, vinculado biofísicamente a un aumento en la relación agua-aire por unidad de tejido de volumen pulmonar. El evento

clínico tardío está representado por disnea, crepitantes pulmonares y aumento de peso, en general inespecíficos y signos tardíos de congestión pulmonar. El concepto fisiopatológico de cascada de agua pulmonar se puede traducir en una herramienta clínica para identificar diferentes etapas de edema pulmonar, que pueden desencadenar diferentes umbrales de intervención en función de las líneas B en reposo y durante el estrés: pulmón seco, pulmón húmedo en estrés, y pulmón húmedo en reposo⁽¹⁹⁾.



Figura N° 6. Cascada de la congestión pulmonar, que se inicia con el incremento de la presión capilar pulmonar y culmina con los síntomas clínicos. En el medio, es posible desenmascarar esta congestión con la ecografía pulmonar, a través de la observación de las líneas B en reposo o precozmente con el esfuerzo.

La ecografía pulmonar es una herramienta accesible y reproducible que puede proporcionar información valiosa sobre el estado de congestión pulmonar en pacientes con ICA. Su utilización adecuada y el conocimiento de las diferentes etapas de edema pulmonar pueden ayudar en la toma de decisiones clínicas y mejorar el manejo de estos pacientes.

4- Valoración de congestión mediante otros métodos ecográficos

- Ultrasonido de vena yugular interna: Una presión venosa yugular elevada traduce sobrecarga de volumen o presión derecha y se asocia



con un aumento de la mortalidad en pacientes con IC⁽²⁰⁾.

La cuantificación de la distensión de la vena yugular puede ser difícil e inexacta⁽²¹⁾.

La Vena Yugular Interna (VYI) es un vaso superficial y distensible, que se encuentra junto a la arteria carótida, y habitualmente se visualiza fácilmente con ultrasonido con el paciente en decúbito dorsal; con la cabecera a 45° a menudo la VYI puede colapsarse debido a la caída de la presión en la misma. Aún más, en pacientes deshidratados o con PVC muy baja la VYI puede estar colapsada y ser difícil de visualizar, por lo que en estos casos se puede realizar la maniobra de Valsalva con el objetivo de ingurgitar a la misma para su correcta identificación.

Normalmente la VYI se visualiza con un transductor lineal de alta frecuencia (~10 MHz) debajo del ángulo de la mandíbula y trasladando el mismo en sentido caudal hacia la unión esternoclavicular. Suele encontrarse a menos de 5 cm del ángulo de la mandíbula y se puede realizar el Modo M para objetivar los cambios en forma continua de su diámetro, tanto de la variación respiratoria como en la maniobra de Valsalva. Se puede medir el área transversal de la VYI y su cambio con dicha maniobra para identificar presiones de llenado derechas elevadas⁽²²⁾.

También es posible estimar el índice de la distensión yugular que es la relación entre el diámetro máximo durante la maniobra de Valsalva y el diámetro al final de la espiración en reposo, maniobra que se puede realizar en todos los pacientes y con muy baja variabilidad interobservador⁽²²⁾.

En personas con volemia normal el diámetro de la VYI ronda el milímetro, pero durante la maniobra de Valsalva puede llegar a un centímetro⁽²³⁾.

Cuando existe congestión intravascular aumenta el diámetro de la VYI en reposo, determinando una

reducción de la relación antes mencionada (Valsalva/Reposo). Una relación <4 es anormal y, cuando la congestión es severa, la relación puede disminuir a <2 ⁽²⁴⁾.

En pacientes con IC, esta relación está fuertemente asociada con síntomas graves, péptidos natriuréticos elevados, disfunción ventricular derecha e insuficiencia tricuspídea⁽²³⁾.

Una relación baja predice peores resultados en pacientes con IC (hospitalizaciones o muertes por IC), independientemente del NT-proBNP⁽²⁴⁾.

Para aquellos pacientes que no pueden realizar una maniobra de Valsalva, otras técnicas, como la elevación pasiva de la pierna, pueden aumentar la PVC, pero aún no se han evaluado sus efectos sobre el diámetro de la VYI.

- Ultrasonido de vena femoral común (VFC):

Existen distintos patrones de flujo doppler femoral, donde es posible evaluar el estado de sobrecarga intravascular y disfunción del (VD), distinguiendo tres patrones: hipovolemia/vasodilatación, VD sin disfunción y por último un patrón de sobrecarga/disfunción de VD⁽²⁵⁾.

La identificación de la vena femoral se logra comprimiendo mínimamente la vena con el transductor en 2D. Utilizando una sonda vascular lineal con una inclinación a 45° se puede obtener un registro doppler espectral examinando la vena femoral común en eje corto, siendo un método simple y brindando una evaluación cualitativa rápida de la forma de onda del flujo, aunque se puede subestimar la velocidad real. Para evaluar cuantitativamente las velocidades de VFC, debe adquirirse un registro doppler espectral en el eje largo con corrección de ángulo (menos de 60°).



Conclusión

El abordaje del paciente crítico con IC a la fecha debe ser multiparamétrico. La estimación de la volemia y la respuesta a fluidos o diuréticos debe ser muy precisa y lograda por la mayor cantidad de elementos posibles para evitar conductas lesivas para estos pacientes. Un abordaje ecográfico integral es la base para cumplir este objetivo, empezando con las clásicas determinaciones ecocardiográficas, sumando a la ecografía pulmonar y visceral o VExUS y ultimamente estableciendo los patrones que brindan la ecografía femoral o yugular.

La insuficiencia cardíaca (IC) es un síndrome clínico con síntomas y/o signos causados por anomalías cardíacas estructurales y/o funcionales. Después del alta, los pacientes con insuficiencia cardíaca aguda (ICA) se enfrentan a un riesgo significativo de rehospitalización y mortalidad.

La detección de la congestión residual es crucial para reducir los reingresos, mejorar el pronóstico y disminuir la mortalidad. La ecocardiografía proporciona información crítica sobre la gravedad de la disfunción del ventrículo izquierdo, las presiones de llenado elevadas, la disfunción valvular y la

estimación de la presión sistólica de la arteria pulmonar. El enfoque VExUS integra la evaluación por ultrasonido de la vena cava inferior, las venas hepáticas, la vena porta y las venas renales, lo que brinda información valiosa sobre la congestión sistémica. La ecografía pulmonar detecta la congestión pulmonar, facilitando la intervención temprana para evitar la progresión y las hospitalizaciones.

La evaluación ecográfica de la vena yugular interna y la vena femoral complementa la evaluación de la congestión venosa. La distensión de la vena yugular interna durante la maniobra de Valsalva o la relación entre el diámetro de la vena yugular interna y la vena femoral pueden predecir resultados adversos en pacientes con IC.

En conclusión, un enfoque ecográfico integral es crucial en el abordaje de pacientes con insuficiencia cardíaca críticamente enfermos. La evaluación de ultrasonido multiparamétrico proporciona información vital, orientando las intervenciones terapéuticas adecuadas y evitando medidas potencialmente dañinas.

Bibliografía

1. McDonagh TA, Metra M, Adamo M, Gardner RS, Baumbach A, Böhm M, Burri H, Butler J, Čelutkienė J, Chioncel O, Cleland JGF, Coats AJS, Crespo-Leiro MG, Farmakis D, Gilard M, Heymans S, Hoes AW, Jaarsma T, Jankowska EA, Lainscak M, Lam CSP, Lyon AR, McMurray JJV, Mebazaa A, Mindham R, Muneretto C, Francesco Piepoli M, Price S, Rosano GMC, Ruschitzka F, Kathrine Skibelund A; ESC Scientific Document Group. 2021 ESC Guidelines for the diagnosis and treatment of acute and chronic heart failure. Eur Heart J. 2021 Sep 21;42(36):3599-3726. doi:



- 10.1093/eurheartj/ehab368. Erratum in: Eur Heart J. 2021 Dec 21;42(48):4901. doi: 10.1093/eurheartj/ehab670.
2. Conrad N, Judge A, Tran J, Mohseni H, Hedgecott D, Crespillo AP, Allison M, Hemingway H, Cleland JG, McMurray JJV, Rahimi K. Temporal trends and patterns in heart failure incidence: a population-based study of 4 million individuals. *Lancet*. 2018 Feb 10;391(10120):572-580. doi: 10.1016/S0140-6736(17)32520-5.
 3. Fitzsimons S, Doughty RN. Role of transthoracic echocardiogram in acute heart failure. *Rev Cardiovasc Med*. 2021 Sep 24;22(3):741-754. doi: 10.31083/j.rcm2203081
 4. Ilieșiu AM, Hodorogea AS, Balahura AM, Bădilă E. Non-Invasive Assessment of Congestion by Cardiovascular and Pulmonary Ultrasound and Biomarkers in Heart Failure. *Diagnostics (Basel)*. 2022 Apr 12;12(4):962. doi: 10.3390/diagnostics12040962.
 5. Johannessen Ø, Myhre PL, Omland T. Assessing congestion in acute heart failure using cardiac and lung ultrasound - a review. *Expert Rev Cardiovasc Ther*. 2021 Feb;19(2):165-176. doi: 10.1080/14779072.2021.1865155.
 6. Santas E, García-Blas S, Miñana G, Sanchis J, Bodí V, Escribano D, Muñoz J, Chorro FJ, Núñez J. Prognostic implications of tissue Doppler imaging-derived e/ea ratio in acute heart failure patients. *Echocardiography*. 2015 Feb;32(2):213-20. doi: 10.1111/echo.12617.
 7. Nagueh SF, Smiseth OA, Appleton CP, Byrd BF 3rd, Dokainish H, Edvardsen T, Flachskampf FA, Gillebert TC, Klein AL, Lancellotti P, Marino P, Oh JK, Popescu BA, Waggoner AD. Recommendations for the Evaluation of Left Ventricular Diastolic Function by Echocardiography: An Update from the American Society of Echocardiography and the European Association of Cardiovascular Imaging. *J Am Soc Echocardiogr*. 2016 Apr;29(4):277-314. doi: 10.1016/j.echo.2016.01.011.
 8. La Franca E, Manno G, Ajello L, Di Gesaro G, Minà C, Visconti C, Bellavia D, Falletta C, Romano G, Dell' Oglia S, Licata P, Caronia A, Gallo M, Clemenza F. Physiopathology and Diagnosis of Congestive Heart Failure: Consolidated Certainties and New Perspectives. *Curr Probl Cardiol*. 2021 Mar;46(3):100691. doi: 10.1016/j.cpcardiol.2020.100691.
 9. Balderrábano Saucedo NA, Reyes de la Cruz L, Vizcaíno Alarcón A, Espinosa Islas G, Segura Stanford B. Evaluación del flujo de las venas pulmonares con ecocardiografía transtorácica en niños con cardiomiopatía dilatada. *Arch Cardiol Mex*. 2007 Oct-Dec;77(4):320-5.
 10. Zaidi A, Knight DS, Augustine DX, Harkness A, Oxborough D, Pearce K, Ring L, Robinson S, Stout M, Willis J, Sharma V; Education Committee of the British Society of Echocardiography. Echocardiographic assessment of the right heart in adults: a practical guideline from the British Society of Echocardiography. *Echo Res Pract*. 2020 Feb 27;7(1):G19-G41. doi: 10.1530/ERP-19-0051.
 11. Argaiiz ER, Koratala A, Reisinger N. Comprehensive Assessment of Fluid Status by Point-of-Care Ultrasonography. *Kidney360*. 2021 May 27;2(8):1326-1338. doi: 10.34067/KID.0006482020.
 12. Beaubien-Souligny W, Rola P, Haycock K, Bouchard J, Lamarche Y, Spiegel R, Denault AY. Quantifying systemic congestion with Point-Of-Care ultrasound: development of the venous excess ultrasound grading system. *Ultrasound J*. 2020 Apr 9;12(1):16. doi: 10.1186/s13089-020-00163-w.
 13. Bhardwaj V, Vikneswaran G, Rola P, Raju S, Bhat RS, Jayakumar A, Alva A. Combination of Inferior Vena Cava Diameter, Hepatic Venous Flow, and Portal Vein Pulsatility Index: Venous Excess Ultrasound Score (VEXUS Score) in Predicting Acute Kidney Injury in Patients with Cardiorenal Syndrome: A Prospective Cohort Study. *Indian J Crit Care Med*. 2020 Sep;24(9):783-789. doi: 10.5005/jp-journals-10071-23570.



14. Argai ER. VExUS Nexus: Bedside Assessment of Venous Congestion. *Adv Chronic Kidney Dis.* 2021;28(3):252-61.
15. Denault AY, Aldred MP, Hammoud A, Zeng YH, Beaubien-Souligny W, Couture EJ, Jarry S, Gebhard CE, Langevin S, Lamarche Y, Robillard P. Doppler Interrogation of the Femoral Vein in the Critically Ill Patient: The Fastest Potential Acoustic Window to Diagnose Right Ventricular Dysfunction? *Crit Care Explor.* 2020 Sep 28;2(10):e0209. doi: 10.1097/CCE.0000000000000209.
16. Gheorghiade M, Follath F, Ponikowski P, Barsuk JH, Blair JE, Cleland JG, Dickstein K, Drazner MH, Fonarow GC, Jaarsma T, Jondeau G, Sendon JL, Mebazaa A, Metra M, Nieminen M, Pang PS, Seferovic P, Stevenson LW, van Veldhuisen DJ, Zannad F, Anker SD, Rhodes A, McMurray JJ, Filippatos G; European Society of Cardiology; European Society of Intensive Care Medicine. Assessing and grading congestion in acute heart failure: a scientific statement from the acute heart failure committee of the heart failure association of the European Society of Cardiology and endorsed by the European Society of Intensive Care Medicine. *Eur J Heart Fail.* 2010 May;12(5):423-33. doi: 10.1093/eurjhf/hfq045
17. Colmenero M, García-Delgado M, Navarrete I, López-Milena G. Utilidad de la ecografía pulmonar en la unidad de medicina intensiva. *Med Intensiva.* 2010 Dec;34(9):620-8. doi: 10.1016/j.medin.2010.04.004.
18. Picano E, Pellikka PA. Ultrasound of extravascular lung water: a new standard for pulmonary congestion. *Eur Heart J.* 2016 Jul 14;37(27):2097-104. doi: 10.1093/eurheartj/ehw164.
19. Picano E, Scali MC. The lung water cascade in heart failure. *Echocardiography.* 2017 Oct;34(10):1503-1507. doi: 10.1111/echo.13657.
20. Drazner MH, Rame JE, Stevenson LW, Dries DL. Prognostic importance of elevated jugular venous pressure and a third heart sound in patients with heart failure. *N Engl J Med.* 2001 Aug 23;345(8):574-81. doi: 10.1056/NEJMoa010641.
21. McGee SR. Physical examination of venous pressure: a critical review. *Am Heart J.* 1998 Jul;136(1):10-8. doi: 10.1016/s0002-8703(98)70175-9.
22. Simon MA, Schnatz RG, Romeo JD, Pacella JJ. Bedside Ultrasound Assessment of Jugular Venous Compliance as a Potential Point-of-Care Method to Predict Acute Decompensated Heart Failure 30-Day Readmission. *J Am Heart Assoc.* 2018 Aug 7;7(15):e008184. doi: 10.1161/JAHA.117.008184.
23. Pellicori P, Kallvikbacka-Bennett A, Zhang J, Khaleva O, Warden J, Clark AL, Cleland JG. Revisiting a classical clinical sign: jugular venous ultrasound. *Int J Cardiol.* 2014 Jan 1;170(3):364-70. doi: 10.1016/j.ijcard.2013.11.015.
24. Pellicori P, Kallvikbacka-Bennett A, Dierckx R, Zhang J, Putzu P, Cuthbert J, Boyalla V, Shoaib A, Clark AL, Cleland JG. Prognostic significance of ultrasound-assessed jugular vein distensibility in heart failure. *Heart.* 2015 Jul;101(14):1149-58. doi: 10.1136/heartjnl-2015-307558.
25. eschamps J, Denault A, Galarza L, Rola P, Ledoux-Hutchinson L, Huard K, Gebhard CE, Calderone A, Canty D, Beaubien-Souligny W. Venous Doppler to Assess Congestion: A Comprehensive Review of Current Evidence and Nomenclature. *Ultrasound Med Biol.* 2023 Jan;49(1):3-17. doi: 10.1016/j.ultrasmedbio.2022.07.011.

Limitaciones de responsabilidad:

La responsabilidad del trabajo es exclusivamente de quienes colaboraron en la elaboración del mismo.

**Conflicto de interés:**

Ninguno.

Fuentes de apoyo:

La presente investigación no contó con fuentes de financiación.

Originalidad:

Este artículo es original y no ha sido enviado para su publicación a otro medio de difusión científica en forma completa ni parcialmente.

Cesión de derechos:

Quienes participaron en la elaboración de este artículo, ceden los derechos de autor a la Universidad Nacional de Córdoba para publicar en la Revista de la Facultad de Ciencias Médicas de Córdoba y realizar las traducciones necesarias al idioma inglés.

Contribución de los autores:

Quienes participaron en la elaboración de este artículo, han trabajado en la concepción del diseño, recolección de la información y elaboración del manuscrito, haciéndose públicamente responsables de su contenido y aprobando su versión final.