

EVALUACIÓN ULTRASONOGRÁFICA DEL ESTADO DE VOLUMEN, MÁS ALLÁ DEL VExUS

Álvaro Montañez Orozco

*Agua dulce, agua salá,
por agua viene, por agua se va.
Agua dulce, agua salá,
bendita la vida, te quita y te da.*

Julio Iglesias

RESUMEN

En determinados escenarios clínicos, entre ellos insuficiencia cardiaca, lesión renal aguda y alteraciones hidroelectrolíticas, se vuelve relevante la evaluación del estado de volumen del paciente. Por sobre los parámetros clínicos, marcadores tardíos y poco sensibles para evaluar la congestión sistémica, se encuentra la ultrasonografía enfocada, un método disponible, accesible y útil para determinar aquel estado. Se ha descrito un sistema multiparamétrico que incluye la evaluación de las venas cava inferior, subhepáticas, portal y renal, para establecer objetivamente la sobrecarga de volumen.

INTRODUCCIÓN

Evaluar el estado hídrico del paciente resulta primordial en diversas situaciones clínicas, desde la insuficiencia cardiaca, hasta la lesión renal aguda, sin olvidar las diferentes alteraciones electrolíticas; sin embargo, los datos clínicos son poco sensibles para detectar a tiempo la sobrecarga de volumen, y su reproducibilidad es baja.^{1,2}

La presión de perfusión tisular está determinada por la diferencia entre la presión arterial media y la presión venosa central.³ En pacientes con insuficiencia cardíaca o en casos de administración excesiva de líquidos, se puede comprometer la perfusión renal, hepática e intestinal a expensas del aumento de la presión venosa central, especialmente si el estado hemodinámico del paciente se encuentra en la fase de meseta de la curva de Frank Starling.⁴ El riñón, al ser un órgano encapsulado susceptible a la congestión venosa sistémica, suele ser el más afectado por esta razón.⁵

Tradicionalmente, la presión venosa sistémica se ha valorado de forma clínica con la observación del pulso yugular, hepatomegalia o presencia de edema periférico; sin embargo, estas observaciones carecen de sensibilidad y se presentan en etapas avanzadas del proceso de congestión.⁶

La ultrasonografía enfocada es un método no invasivo, disponible y accesible que ha demostrado ser útil para conocer el estado de volumen del paciente. Los protocolos enfocados en evaluar la congestión pulmonar mediante ultrasonido pulmonar y evaluación del flujo transmitral permiten identificar pacientes con aumento de la presión capilar pulmonar.⁷ Recientemente, el desarrollo de un protocolo con medición de la vena cava inferior y de los flujos venosos a nivel hepático y renal se ha utilizado para valorar la congestión venosa sistémica.⁸

El ultrasonido enfocado (POCUS) en lesión renal aguda puede identificar datos que sugieren daño renal preexistente, especialmente en aquellos pacientes en quienes no se conoce la función renal basal. Aunque su uso es limitado en el diagnóstico de lesión renal intrínseca,⁹ puede identificar causas obstructivas que expliquen el deterioro de la función renal.¹⁰ La utilidad principal del POCUS multisistémico es evaluar la lesión renal aguda desde el punto de vista hemodinámico para definir la necesidad de líquidos o diuréticos en caso necesario.

MÉTODO DE EVALUACIÓN

La evaluación del estado de congestión sistémico multiparamétrico es un protocolo de cuatro pasos e implica la evaluación de las venas cava inferior, hepática, porta y renal.¹¹ Es importante considerar que ciertas entidades, entre ellas pericarditis constrictiva, tromboembolia pulmonar, aumento de la presión intrabdominal, ventilación mecánica invasiva y estados hiperdinámicos modifican las curvas de presión venosa con patrones característicos independientemente de la presión venosa central.⁵

VENA CAVA INFERIOR

Fisiología

Los diámetros de la vena cava inferior y el grado de colapso inspiratorio en respiración espontánea se utilizan en ecocardiografía para estimar la presión de la aurícula derecha.¹²

Evaluación

Puede estimarse la presión venosa central con base en el diámetro máximo de la vena cava inferior y el porcentaje de colapso durante la inspiración. En términos generales, se considera que un diámetro menor a 21 mm con colapso mayor a 50% equivale a una presión venosa central de 3 mmHg, en tanto que un diámetro igual o mayor a 21 mm con colapso menor a 50% corresponde a una presión estimada de 15 mmHg; en caso de no cumplirse estas condiciones, se estimará una presión venosa de 8 mmHg.¹² Un aumento en las dimensiones mayor a 20 mm en ausencia de colapsabilidad predice congestión sistémica, la cual puede ser categorizada según un sistema multiparamétrico que incluye evaluación venosa, hepática, portal y renal.¹³

Limitantes

La correlación que existe entre los diámetros de la vena cava inferior y la presión venosa central es moderada.^{14,15} Deben considerarse algunos escenarios en donde la vena cava inferior no refleje de forma precisa la presión venosa central, como es el caso de atletas, jóvenes¹¹ o pacientes con hipertensión pulmonar crónica, miocardiopatía restrictiva, falla del ventrículo derecho (VD) o pericarditis constrictiva.² Las personas que experimentan aumento de la presión intraabdominal pueden presentar colapso de la vena cava inferior a pesar de registrar una presión venosa central elevada.¹⁶

La evaluación de la colapsabilidad de la vena cava inferior también es modificada por taquipnea, dolor, fatiga e incapacidad para seguir instrucciones.⁴ El taponamiento cardiaco y otras entidades que condicionan patofisiología obstructiva favorecen la dilatación de la vena cava inferior, lo que no debe interpretarse como estado de sobrecarga de volumen pues el tratamiento con diurético provoca mayor deterioro.¹⁷ En pacientes con ventilación mecánica invasiva, no es confiable la estimación de la presión venosa central a partir de los diámetros de la vena cava y su colapsabilidad, por lo que se ha propuesto asumirla en 8 mmHg.¹⁸ Además, la colapsabilidad de la vena cava inferior ha sido descrita como predictor de respuesta a volumen en pacientes despiertos; sin embargo, en este escenario se prefiere la elevación pasiva de piernas evaluando el cambio en el volumen sistólico.¹⁹

VENA SUPRAHEPÁTICA

Anatomía

Existen tres venas hepáticas principales: derecha, media e izquierda, que separan el hígado en lóbulos o segmentos. A diferencia de las venas portales, las hepáticas confluyen en la vena cava inferior.⁴

Evaluación

La vena hepática puede ser valorada mediante ultrasonido convexo o sectorial (2.5 a 5 Hz). El Doppler sectorial permite evaluar la vena hepática con registro electrocardiográfico

simultáneo, lo cual es de utilidad para identificar adecuadamente las ondas registradas.²⁰ Desde la aproximación subxifoidea, las venas hepáticas media e izquierda confluyen en la vena cava inferior, observándose en forma de “orejas de conejo”.⁵ A diferencia del sistema venoso portal, las venas hepáticas tiene paredes delgadas y en Doppler color se observa un flujo que se aleja del transductor.¹¹ Se evalúa con Doppler pulsado (PWD) a 1 cm de su unión con la vena cava inferior, con un volumen muestra de 2 mm; la velocidad se configura a 20-30 cm/s y se examinan las curvas al final de la espiración (con respiración tranquila), evitando que el paciente realice maniobra de Valsalva.^{11,21} Si no es posible la observación subxifoidea, puede evaluarse la vena hepática desde la línea axilar media derecha, en decúbito supino o decúbito lateral izquierdo, con la muesca del transductor dirigida hacia los pies del paciente, realizando movimientos de angulación hasta identificar la vena hepática.²¹

El registro a bajas velocidades (25 mm/s) permite evaluar los flujos con los cambios respiratorios, en tanto que a velocidades altas (50-100 mm/s), se evalúan las ondas de manera individual. La valoración del patrón respiratorio permite identificar variaciones normales, como el flujo diastólico reverso en la espiración temprana, y anormales, como en la evaluación de derrame pericárdico.²¹

Congestión

A la aplicación del Doppler color, el flujo normal es azul; sin embargo, la presencia de congestión se manifiesta cualitativamente observándose el flujo reverso por presencia del signo de “sirena de policía” con flujos azules y rojos alternantes.⁵ Las venas suprahepáticas se encuentran en estrecha relación con la vena cava inferior; por lo tanto, el flujo Doppler normal es pulsátil y los cambios en flujos y velocidades se relacionan con las curvas de presión venosa central (**Tabla 1**).²²

Tabla 1. Evaluación de venas suprahepáticas con Doppler pulsado

Onda de presión auricular	Relación con ECG	Ultrasonido VSH
Onda A	Después de P	Onda A retrógrada
Descenso X	Después de R	Onda S anterógrada
Descenso Y	Después de T	Onda D anterógrada

Fuente: elaboración del autor

A la aplicación de Doppler pulsado, pueden distinguirse cuatro curvas de flujo venoso hepático: S, V, D y A. Se sugiere correlacionarlas con el electrocardiograma para su adecuada identificación.⁴ La onda S es negativa, ocurre durante la sístole ventricular por el efecto de succión que tiene el anillo tricúspideo hacia el ápex; la onda V es positiva, una onda transi-

cional que aparece en telesístole cuando el anillo tricúspideo regresa a su posición normal; la onda D es negativa, ocurre durante la diástole auricular cuando la válvula tricúspide se cierra y representa el llenado pasivo auricular y su amplitud de manera normal es menor que la onda S ($S > D$) y, finalmente, después de la onda P, puede observarse la onda A, la cual es positiva en telesístole e indica contracción auricular.

Durante la inspiración aumenta el flujo anterógrado y, por lo tanto, se incrementa la amplitud de las ondas S y D, sin cambios en las otras ondas. La evaluación de venas suprahepáticas con respirómetro es de utilidad para documentar los cambios en el ciclo respiratorio para su correcta interpretación, aunque no es necesario en la mayoría de los pacientes.²¹

Conforme aumenta la presión venosa central, el gradiente entre la aurícula derecha y las venas hepáticas disminuye, reduciéndose a su vez el flujo sistólico anterógrado;²³ en insuficiencia tricúspidea también se observa reducción en la amplitud de la onda S. Si la congestión progresa, la onda S no sólo disminuye en amplitud, sino que se vuelve reversa.²³ Las alteraciones en los flujos de venas suprahepáticas, específicamente la pérdida de relación entre las ondas S y D, predicen el desarrollo de lesión renal aguda.

Limitantes

Las patologías que modifican las curvas de presión venosa central también tienen efectos en las curvas de los flujos a nivel de venas suprahepáticas, como por ejemplo: hipertensión pulmonar grave, disfunción del ventrículo derecho e insuficiencia tricúspidea.²² La presencia de arritmias afecta la morfología de las curvas; en la fibrilación auricular se pierde la onda A y puede perderse la relación S/D sin que esto necesariamente signifique aumento de presiones de llenado.⁴ En pacientes con insuficiencia tricúspidea grave o hipertensión pulmonar se pierde la relación S/D e, incluso, la S reversa es un criterio de gravedad para insuficiencia tricúspidea.^{4,11}

La presencia de cirrosis hepática o infiltración grasa del hígado disminuye la distensibilidad y el flujo a través de la vena porta, no necesariamente refleja cambios en la presión venosa central y los cambios en los flujos están principalmente determinados por el grado de afección hepática.²⁴

PORTA

Fisiología

Las venas portales nacen de la vena porta hepatis, sus paredes son más gruesas e hiperecogénicas.⁴

Evaluación

Se evalúa desde la aproximación subxifoidea o hepática lateral, para su evaluación se prefiere el transductor curvilíneo. Las paredes de la vena porta son hiperecogénicas y a la aplicación

de Doppler color se observa un flujo que se acerca, de color rojo, aunque la evaluación de las ramas portales por la dirección del flujo pueden observarse de color azul.¹¹ Su evaluación se realiza con Doppler pulsado, ajustando la velocidad a 20 cm/s.⁵

El flujo portal normal es relativamente continuo con discretas ondulaciones debidas a la contracción auricular. La vena porta está aislada del sistema venoso central mediante los capilares sinusoidales, por lo que no se observa el flujo pulsátil de la vena suprahepática.²⁵ Ocasionalmente, es posible encontrar flujo arterial de fondo al interrogar el flujo de la vena porta.¹¹

Interpretación en congestión

Con el Doppler color, la presencia de signo de “sirena de policía” o flujo pulsátil indica congestión.⁵ En presencia de esta, las presiones y flujos del sistema venoso central se ven reflejados en las venas portales y, por lo tanto, el pulso que normalmente es monofásico, muestra pulsatilidad.^{26,27} Algunos autores han propuesto que la evaluación de la vena porta es el mejor parámetro para evaluar la descongestión progresiva con diuréticos.⁵

La variación del flujo portal puede cuantificarse con la fórmula de fracción de pulsatilidad. Una fracción de pulsatilidad mayor a 30% se correlaciona con congestión leve y mayor a 50% se considera grave.²⁶

$$\text{Fracción de pulsatilidad (FP)} = (V_{\max} - V_{\min}) / V_{\max}$$

A su vez, el grado de pulsatilidad se relaciona con el grado de congestión sistémica. Un aumento de la fracción de pulsatilidad se asocia con desarrollo de lesión renal aguda y hepatopatía congestiva.²⁸

Otras condiciones que modifican el flujo portal

La evaluación de la vena porta es útil para determinar la existencia de congestión en pacientes con condiciones que modifican el retorno venoso, como disfunción crónica del ventrículo derecho, insuficiencia tricúspidea e infarto agudo de miocardio.²⁹ En pacientes sometidos a cirugía cardíaca, una fracción de pulsatilidad mayor a 50% se relacionó con desarrollo de lesión renal aguda;²⁷ mientras que en los pacientes hospitalizados por insuficiencia cardíaca descompensada el aumento de la fracción de pulsatilidad se asoció con hepatopatía congestiva.³⁰

La principal limitante es que la pulsatilidad de la porta no es confiable en pacientes con cirrosis hepática, ya que puede observarse pulsatilidad en ausencia de congestión.³¹ En este escenario, la pulsatilidad refleja cambios locales y se asocia más con cortocircuitos porto-arteriales y menos con el estado de congestión.³² Cuando la cirrosis hepática es avanzada, el flujo portal puede ser bidireccional o hepatofugal; es decir, se observa inversión en la dirección del flujo con respecto a la línea de base.³³ En personas delgadas puede observarse pulsatilidad de la vena porta, aun sin congestión sistémica.^{11,34}

RENALES

Fisiología

La vena renal principal se relaciona estrechamente con los cambios de presión del sistema venoso central, por lo que en este nivel el flujo normal puede ser pulsátil.³⁵ El flujo de las venas interlobares y arcuatas renales se encuentra amortiguado por la distensibilidad venosa a este nivel, y limita las variaciones de la presión venosa central; por lo tanto, el flujo es continuo, normalmente. Al explorar las venas renales, se obtiene con frecuencia tanto un flujo arterial como venoso.³⁶

Evaluación

En comparación con las venas de flujo hepático y portal, la evaluación de la renal es técnicamente más compleja y suele llevar más tiempo. Puede verse afectada en pacientes con obesidad o con disnea grave.³⁷

El riñón se evalúa con transductor sectorial o curvilíneo, en vista lateral, a nivel de la línea medio axilar en el décimo espacio intercostal, con la muesca en dirección caudal y posterior para obtener una vista longitudinal del órgano; se sugiere reducir el límite de Nyquist a menos de 10-20 cm/s y aumentar la ganancia en color. En esta posición, las venas renales se observan en color azul y las arterias en rojo.^{4,11}

Se utiliza Doppler pulsado a nivel de las venas interlobares, localizadas entre las pirámides medulares, ya que presentan los mejores ángulos para su valoración. Desde esta vista, las arterias y las venas interlobares se encuentran de forma paralela, pero con flujo opuesto, por lo que al colocar el volumen muestra en este punto, es común encontrar ambos flujos. El arterial es claramente pulsátil y el venoso es, normalmente, continuo.⁴ La presencia del flujo arterial por arriba de la línea de base permite establecer la relación del flujo venoso renal con el ciclo cardíaco.¹¹

Estado de congestión

El flujo venoso renal se puede dividir en tres patrones distintos: flujo continuo, bifásico o monofásico. En ausencia de congestión, el flujo venoso renal es continuo, pero conforme aumenta el grado de congestión, las venas del parénquima renal pierden distensibilidad y el flujo se vuelve pulsátil. Inicialmente se observa un flujo bifásico donde pueden distinguirse ondas S y D y conforme aumenta el grado de congestión de volumen, el flujo aparece monofásico y sólo se distingue la onda D.³⁸

Para cuantificar el grado de congestión renal se utilizan los índices de impedancia venosa y de estasis venosa renal.³⁶ El de impedancia venosa toma en cuenta la amplitud mayor y menor al flujo; por lo tanto, si el flujo es discontinuo, el resultado será igual a 1, indicando congestión. En presencia de flujos discontinuos, puede calcularse el índice de estasis venosa renal, que toma en cuenta la proporción del ciclo cardíaco, en tiempo en que el flujo es continuo o discontinuo. Los valores más bajos indican mayor tiempo de flujo discontinuo y, por lo tanto, mayor grado de congestión.³⁶

Índice de estasis venosa=(tiempo ciclo cardiaco [ms]-tiempo de flujo venoso [ms])/
tiempo de ciclo cardiaco (ms)

Correlación clínica

Las alteraciones del flujo venoso renal han sido relacionadas con eventos adversos en pacientes con insuficiencia cardiaca descompensada,³⁹ hipertensión pulmonar,³⁸ cirugía cardiaca e hipertensión pulmonar y falla del ventrículo derecho.⁴⁰

La mayor limitante es la dificultad técnica para su realización, ya que los vasos son pequeños y el riñón se mueve durante la respiración, aunque es posible superar esta dificultad pidiéndole al paciente que aguante la respiración.⁴ La enfermedad renal crónica hace que los vasos sean pequeños y por lo tanto difíciles o imposibles de encontrar.⁵

DOPPLER FEMORAL

Fisiología

La transmisión de las ondas de presión venosa central es detectada en el sistema venoso distal, que incluye las venas femorales, y se utiliza para evaluar la función del VD. El flujo venoso se transmite directamente desde el sistema central a la vena femoral. El flujo venoso femoral normal es continuo, con discretas variaciones con la respiración.⁴¹

Evaluación

Se requiere ultrasonido de alta frecuencia, 5-13 Mhz lineal. El paciente es colocado en posición decúbito supino (o la cabecera a menos de 20°), la vena femoral se localiza inferior al ligamento inguinal y medial a la arteria femoral común. Por lo regular, el flujo Doppler es unidireccional anterógrado y continuo, con una velocidad promedio de 10 cm/s, pueden observarse discretas variaciones con el ciclo respiratorio, ya que con la inspiración el flujo disminuye.

La evaluación puede realizarse en eje corto o largo, aunque se prefiere la valoración de la vena femoral en su eje longitudinal para cuantificar los flujos, con corrección de ángulo no mayor a 60°, ya que tiende a no subestimar las velocidades.⁴¹ El aumento en la pulsatilidad a nivel de la vena femoral puede indicar disfunción del VD, insuficiencia tricúspidea grave y estados de congestión sistémica. En presencia de esta última, se observa una onda A que, si supera los 10 cm/s sugiere aumento significativo de presiones de llenado, en tanto que la disfunción del VD e insuficiencia tricúspidea se caracterizan por un patrón bidireccional con velocidades retrógradas superiores a 10 cm/s,⁴⁰ el cual ha sido propuesto como marcador de disfunción derecha en pacientes que van a cirugía cardiaca.⁴¹

EVALUACIÓN MULTISISTÉMICA

El primer paso en la evaluación de la congestión venosa sistémica es la medición del diámetro de la vena cava inferior y su grado de colapsabilidad. El VExUS (Venous Excess Ultra-

sound Score) es un sistema que implica una evaluación sistemática del estado de congestión sistémica del paciente. Esta valoración multiparamétrica ha sido de gran utilidad para predecir lesión renal aguda en pacientes sometidos a cirugía cardiaca, y también puede servir para guiar la terapia descongestionante en pacientes con insuficiencia cardiaca.²²

Integración

El sistema VExUS estratifica la congestión venosa sistémica en grados 0 a 3. El grado 0 se caracteriza por ausencia de dilatación de la vena cava inferior (menor a 20 mm). Si la vena cava inferior está dilatada (> 20 mm) deben evaluarse los patrones del flujo venoso a nivel

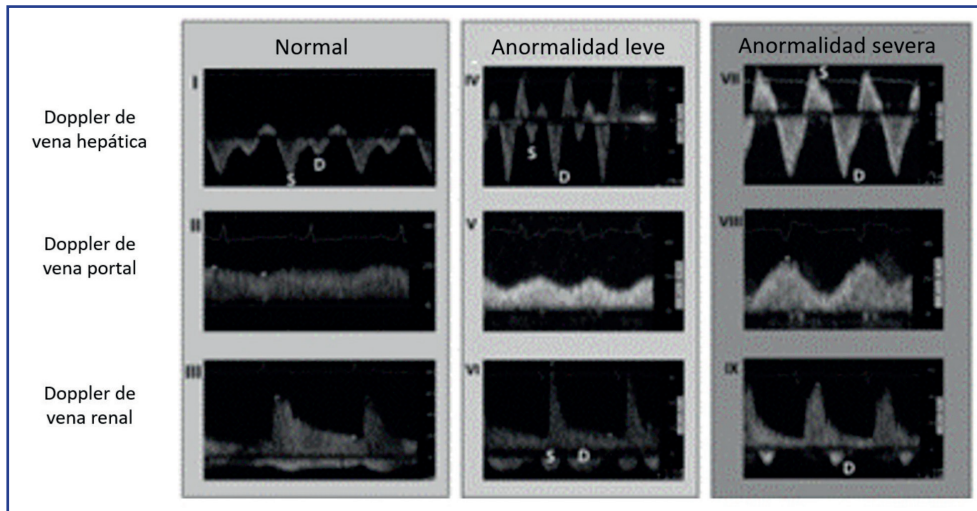


Figura 1. Anormalidades de los flujos venosos hepático y renal. Patrones de los flujos venosos con Doppler pulsado en vena hepática, porta y renal. Fuente: imagen tomada de Jury et al., 2021.⁵

Tabla 2. Estratificación de gravedad de congestión por sistema VExUS

Grado	Vena cava inferior	Anormalidad grave	Grado de congestión
0	<20 mm	-	No tiene
1	>20 mm	0	Ligera
2	>20 mm	1	Moderada
3	>20 mm	2 o 3	Grave

Fuente: elaboración del autor.

hepático, portal y renal. De manera individual, estos flujos pueden clasificarse como normal, moderadamente alterado o gravemente alterado. El grado 1 de congestión por VExUS indica congestión leve y se caracteriza por vena cava inferior dilatada sin ningún patrón de flujo venoso con alteración de gravedad en las ondas de Doppler pulsado (**Figura 1**). El grado 2 tiene un criterio de gravedad e indica congestión moderada y el grado 3, que indica congestión grave, tiene dos o más criterios de gravedad (**Tabla 2**).

Limitantes

Aplicar el sistema VExUS requiere de un operador independiente entrenado que evalúe e interprete los resultados, pues existen ciertos escenarios que modifican los flujos del Doppler pulsado sin que tengan relación con el estado del volumen del paciente. En caso de encontrar alguna anomalía, al ser una medición indirecta, no es posible distinguir entre sobrecarga de volumen o de presión, y los resultados deberán ser interpretados en el contexto adecuado.

CONCLUSIONES

El sistema VExUS es un sistema de estratificación ultrasonográfica para evaluar la congestión del sistema venoso sistémico, que incluye la valoración de la vena cava inferior, de las venas suprahepáticas, de la porta y de la vena renal. La adecuada interpretación de las curvas obtenidas por ultrasonido Doppler pulsado permite establecer el grado de congestión del paciente, esto con la finalidad de establecer un tratamiento efectivo con respecto al manejo de líquidos y guiar la descongestión.

VExUS se convierte entonces en una herramienta complementaria para evaluar el estado de volumen en escenarios clínicos, entre los que destacan: insuficiencia cardiaca, enfermedad renal crónica, hipertensión pulmonar y evaluación de desórdenes electrolíticos. Actualmente existen estudios clínicos que evalúan la utilidad de este sistema en la práctica clínica, por lo que continúa siendo una activa área de investigación.

FUENTES CONSULTADAS

1. Breidhardt T, Moreno-Weidmann Z, Uthoff H et al. How accurate is clinical assessment of neck veins in the estimation of central venous pressure in acute heart failure? Insights from a prospective study. *Eur J Heart Fail.* 2018;20(7):1160-1162.
2. Gheorghide M, Follath F, Ponikowski P et al. 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;12(5):423-433.
3. Kato R, Pinsky MR. Personalizing blood pressure management in septic shock. *Ann Intensive Care.* 2015;5(1):41.
4. Koratala A, Reisinger N. Venous excess Doppler ultrasound for the nephrologist: pearls and pitfalls. *Kidney Med.* 2022;4(7):100482.
5. Jury D, Shaw AD. Utility of bedside ultrasound derived hepatic and renal parenchymal flow patterns to gui-

- de management of acute kidney injury. *Curr Opin Crit Care*. 2021;27(6):587-592.
6. Koratala A, Kazory A. An introduction to point-of-care ultrasound: Laennec to Lichtenstein. *Adv Chronic Kidney Dis*. 2021;28(3):193-199.
 7. Araiza-Garaygordobil D, Gopar-Nieto R, Martínez-Amezcuca P et al. Point-of-care lung ultrasound predicts in-hospital mortality in acute heart failure. *QJM*. 2021;114(2):111-116.
 8. Rola P, Miralles-Aguilar F, Argaiz E et al. Clinical applications of the venous excess ultrasound (VExUS) score: conceptual review and case series. *Ultrasound J*. 2021;13(1):32.
 9. Page JE, Morgan SH, Eastwood JB et al. Ultrasound findings in renal parenchymal disease: comparison with histological appearances. *Clin Radiol*. 1994;49(12):867-870.
 10. Nixon G, Blattner K, Muirhead J, Kerse N. Rural point-of-care ultrasound of the kidney and bladder: quality and effect on patient management. *J Prim Health Care*. 2018;10(4):324-330.
 11. Soliman-Aboumarie H, Denault AY. How to assess systemic venous congestion with point of care ultrasound. *Eur Heart J Cardiovasc Imaging*. 2023;24(2):177-180.
 12. Lang RM, Badano LP, Mor-Avi V et al. Recommendations for cardiac chamber quantification by echocardiography in adults: an update from the American Society of Echocardiography and the European Association of Cardiovascular Imaging. *Eur Heart J Cardiovasc Imaging*. 2015;16(3):233-270.
 13. Kircher BJ, Himelman RB, Schiller NB. Noninvasive estimation of right atrial pressure from the inspiratory collapse of the inferior vena cava. *Am J Cardiol*. 1990;66(4):493-496.
 14. Magnino C, Omedè P, Avenatti E et al. Inaccuracy of right atrial pressure estimates through inferior vena cava indices. *Am J Cardiol*. 2017;120(9):1667-1673.
 15. Brennan JM, Blair JE, Goonewardena S et al. Reappraisal of the use of inferior vena cava for estimating right atrial pressure. *J Am Soc Echocardiogr*. 2007;20(7):857-861.
 16. Goldhammer E, Mesnick N, Abinader EG, Sagiv M. Dilated inferior vena cava: a common echocardiographic finding in highly trained elite athletes. *J Am Soc Echocardiogr*. 1999;12(11):988-993.
 17. Labovitz AJ, Noble VE, Bierig M et al. Focused cardiac ultrasound in the emergent setting: a consensus statement of the American Society of Echocardiography and American College of Emergency Physicians. *J Am Soc Echocardiogr*. 2010;23(12):1225-1230.
 18. Jue J, Chung W, Schiller NB. Does inferior vena cava size predict right atrial pressures in patients receiving mechanical ventilation? *J Am Soc Echocardiogr*. 1992;5(6):613-619.
 19. Koratala A, Kazory A. Point of care ultrasonography for objective assessment of heart failure: integration of cardiac, vascular, and extravascular determinants of volume status. *Cardiorenal Med*. 2021;11(1):5-17.
 20. Abu-Yousef MM. Normal and respiratory variations of the hepatic and portal venous duplex Doppler waveforms with simultaneous electrocardiographic correlation. *J Ultrasound Med*. 1992;11(6):263-268.
 21. Fadel BM, Alkalbani A, Husain A et al. Respiratory hemodynamics in the hepatic veins-normal pattern. *Echocardiography*. 2015;32(3):585-588.
 22. Argaiz ER, Koratala A, Reisinger N. Comprehensive Assessment of Fluid Status by Point-of-Care Ultrasonography. *Kidney360*. 2021;2(8):1326-1338.
 23. Nagueh SF, Kopelen HA, Zoghbi WA. Relation of mean right atrial pressure to echocardiographic and Doppler parameters of right atrial and right ventricular function. *Circulation*. 1996;93(6):1160-1169.
 24. Karabulut N, Kazil S, Yagci B, Sabir N. Doppler waveform of the hepatic veins in an obese population. *Eur Radiol*. 2004;14(12):2268-2272.
 25. Mitzner W. Hepatic outflow resistance, sinusoid pressure, and the vascular waterfall. *Am J Physiol*. 1974;227(3):513-519.
 26. Hu JT, Yang SS, Lai YC et al. Percentage of peak-to-peak pulsatility of portal blood flow can predict right-sided congestive heart failure. *World J Gastroenterol*. 2003;9(8):1828-1831.
 27. Beaubien-Souligny W, Benkreira A, Robillard P et al. Alterations in portal vein flow and intrarenal venous flow are associated with acute kidney injury after cardiac surgery: a prospective observational cohort study. *J Am Heart Assoc*. 2018;7(19):e009961.
 28. Rengo C, Brevetti G, Sorrentino G et al. Portal vein pulsatility ratio provides a measure of right heart function in chronic heart failure. *Ultrasound Med Biol*. 1998;24(3):327-332.
 29. Argaiz ER, Rola P, Gamba G. Dynamic changes in portal vein flow during decongestion in patients with heart failure and cardio-renal syndrome: a POCUS case series. *Cardiorenal Med*. 2021;11(1):59-66.
 30. Styczynski G, Milewska A, Marczevska M et al. Echocardiographic correlates of abnormal liver tests in patients with exacerbation of chronic heart failure. *J Am Soc Echocardiogr*. 2016;29(2):132-139.
 31. Loperfido F, Lombardo A, Amico CM et al. Doppler analysis of portal vein flow in tricuspid regurgitation. *J Heart Valve Dis*. 1993;2(2):174-182.
 32. Gorka W, Gorka TS, Lewall DB. Doppler ultrasound evaluation of advanced portal vein pulsatility in patients with normal echocardiograms. *Eur J Ultrasound*. 1998;8(2):119-123.
 33. Baikpour M, Ozturk A, Dhyani M et al. Portal venous pulsatility index: a novel biomarker for diagnosis of high-risk nonalcoholic fatty liver disease. *AJR Am J Roentgenol*. 2020;214(4):786-791.
 34. Koratala A, Reisinger N. POCUS for nephrologists: basic principles and a general approach. *Kidney360*. 2021;2(10):1660-1668.

35. Tang WHW, Kitai T. Intrarenal venous flow: a window into the congestive kidney failure phenotype of heart failure? *JACC Heart Fail.* 2016;4(8):683-686.
36. Iida N, Seo Y, Sai S et al. Clinical Implications of Intrarenal Hemodynamic Evaluation by Doppler Ultrasonography in Heart Failure. *JACC Heart Fail.* 2016;4(8):674-682.
37. Pellicori P, Platz E, Dauw J et al. Ultrasound imaging of congestion in heart failure: examinations beyond the heart. *Eur J Heart Fail.* 2021;23(5):703-712.
38. Husain-Syed F, Birk HW, Ronco C et al. Doppler-derived renal venous stasis index in the prognosis of right heart failure. *J Am Heart Assoc.* 2019;8(21):e013584.
39. Yoshihisa A, Watanabe K, Sato Y et al. Intrarenal Doppler ultrasonography reflects hemodynamics and predicts prognosis in patients with heart failure. *Sci Rep.* 2020;10(1):22257.
40. Denault AY, Aldred MP, Hammoud A et al. 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;2(10):e0209.
41. Krahenbuhl B, Restellini A, Frangos A. Peripheral venous pulsatility detected by Doppler method for diagnosis of right heart failure. *Cardiology.* 1984;71(4):173-176.
42. Rudski LG, Lai W, Afilalo J et al. 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. *J Am Soc Echocardiogr* 2010;23:685-713.
43. McNaughton DA, Abu-Yousef MM. Doppler US of the liver made simple. *Radiographics* 2011; 31: 161-188