

VALOR DE LA ECOGRAFÍA PULMONAR EN LA EVALUACIÓN DE PACIENTES CON INSUFICIENCIA CARDÍACA AGUDA: ¿EL FIN DEL ESTETOSCOPIO?

VALUE OF LUNG ULTRASOUND IN THE EVALUATION OF PATIENTS WITH ACUTE HEART FAILURE: THE END OF THE STETHOSCOPE?

YANINA CROISSANT¹

RESUMEN

La insuficiencia cardíaca (IC) es la incapacidad del corazón de bombear sangre en los volúmenes adecuados para satisfacer las demandas metabólicas, o hacerlo a expensas de la elevación anormal de la presión de llenado de los ventrículos cardíacos. La insuficiencia cardíaca aguda (ICA) se define como la presentación de signos y síntomas de disfunción ventricular de aparición rápida que requieren evaluación urgente e inicio temprano de tratamiento.

La ICA es una de las principales causas de ingresos hospitalarios y se caracteriza por congestión sistémica y pulmonar. El ecocardiograma transtorácico es una herramienta esencial para el diagnóstico en pacientes con insuficiencia cardíaca. Permite no sólo demostrar alteraciones estructurales, ya sea del miocardio, valvulares o pericárdicas, sino también definir la presencia de disfunción sistólica, diastólica, o ambas; y de ésta manera realizar una valoración hemodinámica.

Como la mayoría de las veces la ICA se presenta con congestión pulmonar, se resalta la importancia de obtener un método de diagnóstico precoz y sencillo para identificarla eficazmente e iniciar un tratamiento oportuno para mejorar el pronóstico de los pacientes. La ecografía pulmonar (EP), se presenta como un método prometedor para acercarnos a este objetivo. A partir de los ecógrafos de bolsillo o ecógrafos de fácil traslado, la EP se encuentra al alcance de la mayoría de los cardiólogos.

La EP es accesible, rápida y sencilla de realizar, en relación a la ICA, permite realizar un diagnóstico temprano en pacientes con disnea, y llevar a cabo un seguimiento de la terapéutica instaurada. Si se la asocia a diferentes métodos diagnósticos, como el laboratorio (péptido natriurético) o la radiografía de tórax, aumenta aún más su valor para el diagnóstico y para dirigir el tratamiento.

Palabras clave: insuficiencia cardíaca, ecocardiografía, cometas pulmonares.

ABSTRACT

Heart failure (HF) is the inability of the heart to pump blood in adequate volumes to meet metabolic demands, or to do so at the expense of an abnormal elevation in the filling pressure of the cardiac ventricles. Acute heart failure (AHF) is defined as the presentation of signs and symptoms of rapid-onset ventricular dysfunction that require urgent evaluation and early initiation of treatment.

AHF is one of the main causes of hospital admissions and is characterized by systemic and pulmonary congestion. Transthoracic echocardiography is an essential diagnostic tool in patients with heart failure. It allows not only to demonstrate structural alterations, whether myocardial, valvular or pericardial, but also to define the presence of systolic or diastolic dysfunction, or both; and in this way perform a hemodynamic assessment.

Since most often AHF presents with pulmonary congestion, the importance of obtaining an early and simple diagnostic method to effectively identify it and initiate timely treatment to improve the prognosis of patients is highlighted. Lung ultrasound (LUS) is presented as a promising method to approach this goal. Starting with pocket ultrasound machines or easily portable ultrasound machines, LUS is within the reach of most cardiologists.

Regarding AHF, LUS is accessible, quick, and easy to perform. It allows an early diagnosis in patients with dyspnea, and monitoring of established therapy. If it is associated with different diagnostic methods such as the laboratory tests (natriuretic peptide) or chest X-ray, its value for diagnosis and for directing treatment increases even more.

Keywords: heart failure, echocardiography, lung comets.

REVISTA CONAREC 2023;38(165):21-29 | [HTTPS://DOI.ORG/10.32407/RCON/2023165/0021-0029](https://doi.org/10.32407/RCON/2023165/0021-0029)

INTRODUCCIÓN

La insuficiencia cardíaca (IC) es la incapacidad del corazón de bombear sangre en los volúmenes adecuados para satisfacer las demandas metabólicas, o hacerlo a expensas de la elevación anormal de la presión de llenado de los ventrículos cardíacos¹. La insuficiencia cardíaca aguda (ICA) se define como la presentación de signos y síntomas de disfunción ventricular de aparición rápida que requieren evaluación urgente e inicio temprano de tratamiento².

Si este cuadro se presenta por primera vez, se denomina IC *de novo*;

si ya se ha presentado antes se lo llama reagudización³. Asimismo, se reconocen distintos fenotipos. Se llama edema agudo de pulmón cuando predomina la congestión, o *shock* cardiogénico cuando se evidencia un cuadro de hipoperfusión generalizada. Es de vital importancia reconocer cada tipo ya que cada uno conlleva un tratamiento dirigido diferente.

La ICA es la primera causa de internación en mayores de 65 años, y se asocia con altas tasas de mortalidad y rehospitalización. Posee una mortalidad hospitalaria que varía entre 4 y 10%². En Argentina, según la Sociedad Argentina de Cardiología (SAC), la prevalencia de IC es del 1-1,5%, con una edad promedio de 67,6 años, y con mayor frecuencia en hombres (61%)¹. Si bien actualmente no se dispone de datos actualizados debido a la pandemia, estos números parecen haber aumentado. Al poseer una alta tasa de morbimortalidad, nace la importancia del diagnóstico oportuno y del tratamiento intensivo basado en la clínica del paciente, con especial énfasis en la búsqueda de precipitantes que pongan en peligro su vida. Según recomienda la guía europea de insuficiencia cardíaca, en todos los pacientes se debe ini-

1. Residente Servicio de Cardiología. Sanatorio Sagrado Corazón.

✉ **Correspondencia:** Yanina Croissant. Sanatorio Sagrado Corazón, Bartolomé Mitre 1955, C1039AAC CABA. yscroissant@gmail.com.

Los autores declaran no poseer conflictos de intereses.

Recibido: 24/06/2022 | Aceptado: 10/08/2022

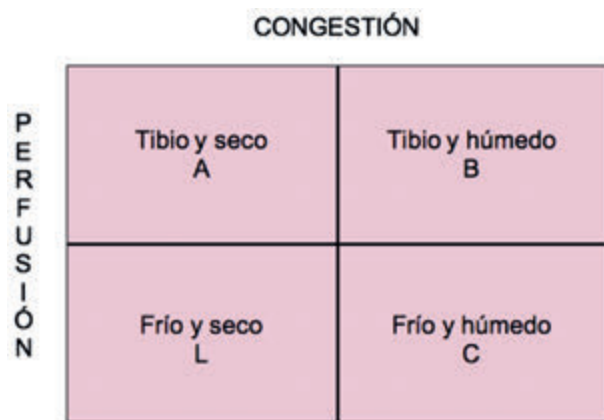


Figura 1. Diagrama de Stevenson. Nohria A, Tsang SW, Fang JC, Lewis E, Jarcho J, Mudge G, et al. *Clinical assessment identifies hemodynamic profiles that predict outcomes in patients admitted with heart failure.* J Am Coll Cardiol. 2003;41:1797-1804.

ciar la evaluación con interrogatorio y examen físico, y posteriormente los exámenes complementarios tales como laboratorio, electrocardiograma, ecocardiograma transtorácico (ETT) y ecografía pulmonar (EP), que permite valorar el grado de congestión pulmonar (CP)².

El ultrasonido tiene la particularidad de ser un estudio por imagen inocuo para el paciente y de bajo costo comparado con otras tecnologías. Posee una curva de aprendizaje razonable, ya que no se requiere extensas experiencias y destrezas para la adquisición de imágenes, permitiendo completar y ampliar el examen físico semiológico del paciente.

En los últimos tiempos, el avance de la tecnología permitió disponer de ecógrafos más pequeños y accesibles, que hacen más factible su utilización al pie de la cama del paciente y permiten la creación de diferentes modelos de evaluación rápida en el paciente crítico, como es la modalidad POCUS (por sus siglas en inglés: *point-of-care ultrasound*)⁴. Esta modalidad permite no solo a cardiólogos, sino también a médicos no cardiólogos, una rápida evaluación del paciente, lo cual facilita la toma de conductas terapéuticas oportunas.

La ICA es una de las principales causas de ingresos hospitalarios y se caracteriza por congestión sistémica y pulmonar. El ETT es una herramienta esencial para el diagnóstico en pacientes con IC³. Permite no solo demostrar alteraciones estructurales, ya sean del miocardio, valvulares o pericárdicas, sino también definir la presencia de disfunción sistólica, diastólica, o ambas; y de esta manera realizar una valoración hemodinámica y determinar el nivel de congestión del paciente. En la revisión realizada por Johannessen se evidencia el rol del ETT en pacientes con ICA o crónica⁵.

La EP es particularmente útil para evaluar la congestión y ha demostrado valor diagnóstico, terapéutico y pronóstico en la ICA. Es relativamente fácil de aprender y permite una evaluación rápida de la presencia de CP y derrame pleural.

El objetivo de la siguiente monografía es mostrar la evidencia actual sobre el uso de la EP para evaluar la CP en pacientes con ICA, desde el ingreso del paciente a la institución, su rol en el monitoreo del tratamiento y al egreso de este, describir su valor pronóstico y perspectivas futuras para demostrar de esta forma la importancia de su utilización.

METODOLOGÍA

La revisión realizada es de tipo integradora, donde se realizó una investigación amplia de la literatura y evaluación crítica de su calidad. Para su elaboración se consultaron las bases de datos médicas de internet: MEDLINE a través de PubMed y LILACS en referencia a publicaciones de revistas latinoamericanas, y metabuscadores como Trip *medical database* y SciELO. Se utilizaron los descriptores en inglés y su correspondiente denominación en castellano para realizar la búsqueda; las palabras clave utilizadas fueron: EP, ultrasonido, insuficiencia cardíaca aguda. La búsqueda se completó en base a referencias cruzadas a partir de la bibliografía inicialmente consultada. Se analizaron artículos originales y artículos de revisión, comprendidos entre el 2003 y 2022. Los criterios de elegibilidad se basaron en la utilidad del título, experiencia de los autores sobre la temática y aplicabilidad de los resultados. A su vez, se consultaron las últimas guías propuestas por las sociedades europea y argentina de cardiología, y se identificaron y revisaron libros de texto y artículos de revistas en español e inglés; además, se consultaron especialistas en el tema.

Posteriormente se llevó a cabo a la organización de la información, priorizando e identificando la más relevante para llevar a cabo el siguiente manuscrito.

3. DESARROLLO

A. FISIOPATOLOGÍA DE LA CONGESTIÓN PULMONAR

La manifestación clínica de la ICA puede ser debida a congestión sistémica o pulmonar, generalmente secundaria al aumento de las presiones de llenado. La congestión pulmonar (CP) es la característica central de este síndrome. La misma se define como la acumulación de líquido en los alvéolos, lo que impide el intercambio gaseoso y lleva a hipoxemia arterial. Clínicamente, los pacientes refieren disnea y se evidencia a través del examen físico como estertores pulmonares. Su fisiopatología inicia con la falla de la función de bomba del corazón, y la causa desencadenante aguda más común es el síndrome coronario agudo. Esto lleva a la disminución del gasto cardíaco y aumento del retorno venoso como mecanismo compensatorio, con aumento de la presión de la aurícula derecha. Al no lograr aumentar el gasto cardíaco lo suficiente como para perfundir el riñón, se desencadena mayor retención hidrosalina, lo que incrementa la presión a nivel de las venas pulmonares, inicialmente en la región hilar y continuando en el espacio intersticial. Esto se explica debido a que a nivel capilar se produce una alteración del mecanismo de Starling, lo cual causa extravasación del líquido hacia el intersticio. Una vez superada la capacidad del drenaje linfático, se produce la extravasación de fluidos a los alvéolos y cavidad pleural. Como consecuencia, ocurre una alteración en el intercambio gaseoso, desencadenando finalmente insuficiencia respiratoria^{6,7}.

El edema agudo de pulmón sería, entonces, la forma más grave de presentación de CP. Se resalta entonces que el desencadenante principal es el aumento de presión de llenado del ventrículo izquierdo, lo que conduce a la hipertensión venosa pulmonar (aumento de la presión capilar pulmonar). Por otra parte, el aumento de la presión arterial (poscarga) puede producir CP grave, en especial en pacientes

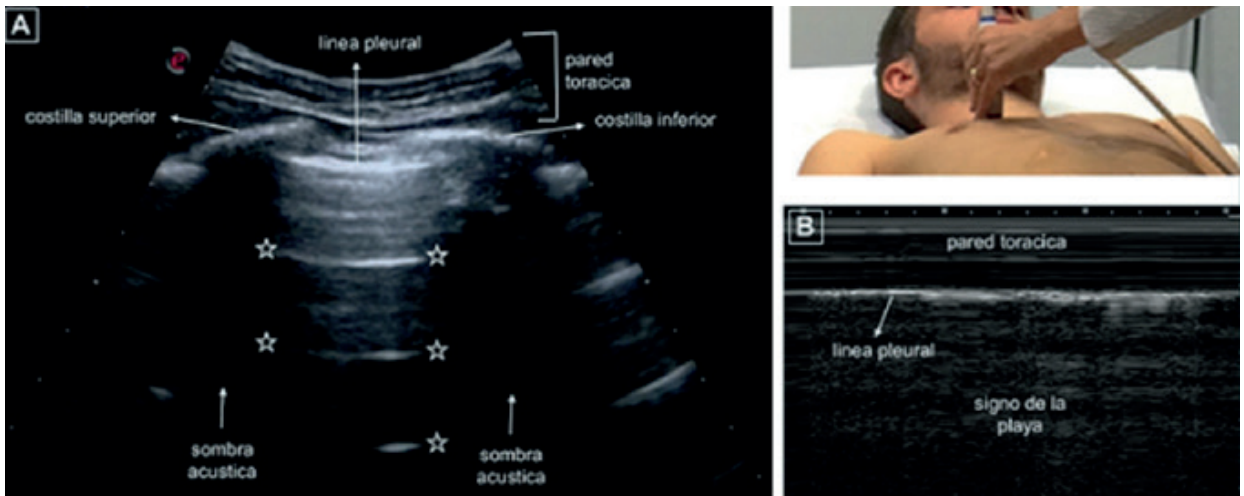


Figura 2. Recuadro A. Se evidencia signo de murciélago: costillas superior e inferior y sus sombras acústicas generadas por la ausencia del paso del ultrasonido por debajo de las costillas, 0,5 cm por debajo de las imágenes costales una línea hiperecótica representa la pleura parietal y visceral. Estrellas: líneas A. Recuadro B. Signo de la playa: en la parte superior, la pared torácica formada por líneas horizontales paralelas (el mar); y en la parte inferior, desde la pleura, de aspecto granulado como arena de playa.

con disfunción diastólica. Cabe destacar que este proceso puede evolucionar en minutos, días o meses, y su presentación aguda (edema agudo de pulmón) puede ser tan rápida como en 30 minutos^{7,8}. Si bien se conoce el equilibrio del mecanismo de Starling, como se nombró anteriormente, simplifica la fisiopatología de la CP, se sabe que este aspecto hemodinámico no explica completamente la heterogeneidad de la causa; son también esenciales en este proceso las vías neurohumorales, inflamatorias y tóxicas. Estas no son comentadas debido a que ello excede los objetivos de esta revisión⁷.

Síntomas, exploración física y otras pruebas diagnósticas

Los pacientes con ICA se presentan con síntomas como disnea, ortopnea, intolerancia al ejercicio, molestias en manos y pies, saciedad precoz, cansancio, mareos o alteración del estado mental⁶. Si se diferencian los mismos de acuerdo a su fisiopatología, la disnea está relacionada con la sobrecarga de volumen, es decir, con la CP; esta es la manifestación más frecuente y aparece en un 90% de los pacientes. Se describe como la falta de aire o dificultad para respirar es subjetiva y está influenciada por diferentes factores fisiológicos, psicológicos y sociales, por lo que varía según el paciente. Generalmente, en un paciente con ICA se presenta en reposo o ante esfuerzos mínimos, evidenciable al examen físico con estertores o rales crepitantes inspiratorios o signos de derrame pleural. En cuanto a los síntomas compatibles con congestión sistémica se pueden evidenciar edemas periféricos, aumento de peso, saciedad precoz, aumento del perímetro abdominal, o signos como hepatoesplenomegalia, presión venosa yugular aumentada o reflejo hepatoyugular positivo. En cuanto a los síntomas relacionados predominantemente con hipoperfusión se destacan cansancio, mareos, alteración del estado mental, somnolencia, confusión y signos como extremidades frías, hipotensión arterial, oligoanuria, palidez, presión de pulso estrecha.

Para evaluar estos aspectos que influyen en el pronóstico y en el tratamiento, Stevenson et al. desarrollaron un marco conceptual que diferencia la perfusión en *frío* y *caliente*, y la congestión en *seco* y *húmedo*. Resaltando lo mismo, se cita un estudio realizado por Nohria et al., que incluyó 542 pacientes ingresados a internación con diagnós-

tico de insuficiencia cardíaca, en el que se los clasificó en cuatro perfiles: perfil A, seco y caliente (sin congestión ni hipoperfusión); perfil B, húmedo y caliente (presencia de congestión, con perfusión adecuada); perfil C, húmedo y frío (congestión e hipoperfusión); y por último, perfil L, seco y frío (hipoperfusión sin presencia de congestión). Se observó que los pacientes en los perfiles B y C poseían mayor mortalidad o requerimiento de trasplante de urgencia, en el análisis univariable (*hazard ratio* [HR]=1,83; p=0,02) y multivariable (HR=2,48; p=0,003)⁹ (Figura 1).

Entre las pruebas diagnósticas, la guía de insuficiencia cardíaca de la sociedad europea de cardiología (ESC) recomienda realizar a todos los pacientes electrocardiograma, ecocardiograma, laboratorio, radiografía de tórax y, si es posible, EP. El momento adecuado para realizar cada uno de ellos se resume en la **Tabla 1**².

El papel del electrocardiograma en la ICA permite detectar sus posibles causas, por lo cual se debe hacer hincapié en la búsqueda minuciosa de signos de isquemia y/o presencia de arritmias que podrían ser desencadenantes.

En cuanto al laboratorio, se hace hincapié en los biomarcadores, como los péptidos natriuréticos (BNP), una familia de hormonas contrarreguladoras con efecto vasodilatador; su medición es sugerida por la ESC cuando el diagnóstico es incierto, y los puntos de corte para ICA son: BNP <100 pg/ml, NT-proBNP <300 pg/ml y MR-proANP <120 pg/m².

La radiografía de tórax es hoy en día el método de imagen más accesible, pero posee baja sensibilidad y especificidad. Aporta información sobre el índice cardiorácico, lo que permite identificar cardiomegalia y permite evaluar CP y/o presencia de derrame pleural. No obstante, posee un bajo valor predictivo negativo para estimar la presión venosa capilar pulmonar, lo que limita su utilización para el seguimiento, y puede conducir a un diagnóstico inexacto y una terapia inadecuada¹⁰.

El ecocardiograma es un excelente método para valorar la estructura y función sistólica del corazón, lo que permite diferenciar la insuficiencia cardíaca con función sistólica preservada, levemente reducida o reducida, y permite realizar una valoración hemodinámica del

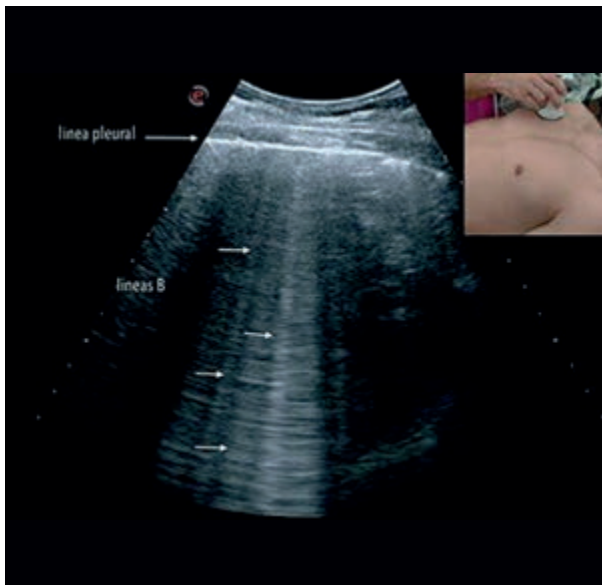


Figura 3. Recuadro a la derecha: posición de la sonda en el escaneo longitudinal del tórax. Imagen inferior: Líneas B evidenciadas en ecografía pulmonar.

paciente sin requerimiento de procedimientos invasivos como el catéter de Swan Ganz⁵. Demostró eficacia para valorar congestión, permitiendo medir el nivel de congestión a través de diferentes medidas como el índice de colapsabilidad de vena cava inferior, presión de aurícula derecha, presión sistólica y diastólica de la arteria pulmonar, y relación E/e'.

En los siguientes apartados se hará hincapié en la EP.

B. RECONOCIMIENTO DE LA CONGESTIÓN PULMONAR MEDIANTE ECOGRAFÍA PULMONAR

La EP es un método semicuantitativo que permite evaluar la CP. Es accesible, económica, no invasiva, sin irradiación y rápida. Puede ser realizada en la cama del paciente, con una sensibilidad y especificidad del 46% y 95% respectivamente¹¹, números que ascienden en una revisión canadiense a 94% y 92%, respectivamente¹².

La historia sobre el reconocimiento de la EP comienza en el 2016 cuando la ESC comenzó a considerar la ecografía torácica para confirmación de congestión y derrame pleural en paciente con ICA¹³. Ya en 2017 la *Japan Circulation Society* informó que la evaluación con EP es beneficiosa en el diagnóstico de edema pulmonar¹⁴. Posteriormente en 2019, a través de un consenso de expertos, se concluyó que es una herramienta útil para los pacientes con insuficiencia cardíaca tanto aguda como crónica¹⁵. Actualmente, la ESC, en su última guía de 2021, considera que, durante las primeras horas de ingreso, el examen de ultrasonido cardíaco y pulmonar enfocado en el punto de atención es una herramienta invaluable para el diagnóstico diferencial rápido de la disnea aguda², recomendaciones que fueron a su vez adaptadas por especialidades para la valoración del paciente especialmente en la nueva era COVID-19¹⁶.

Demostrada la importancia de la EP, se procederá a continuación a un breve resumen acerca de cómo se realiza el estudio.

Para iniciar, el paciente debe encontrarse en decúbito supino, y se puede realizar con el transductor convexo o el lineal, de preferencia de 2-6 MHz. Se lo coloca en forma perpendicular a las costillas.

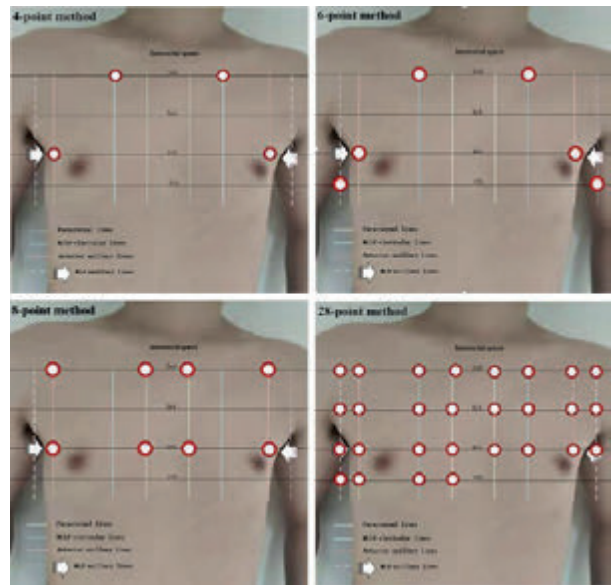


Figura 4. Métodos EP de 4, 6, 8 y 28 ventanas para la detección de congestión pulmonar.

De esta forma, se obtienen imágenes de la interfaz del haz de ultrasonido con la pleura, el parénquima pulmonar y la interfase aire-líquido, lo que genera artefactos horizontales y verticales de diferente ecogenicidad.

El parénquima pulmonar es normalmente aireado, lo cual impide la formación de una imagen real y determina la aparición de artificios ocasionados por la reflexión de la pared torácica sobre la línea pleural. Al posicionar el transductor en posición longitudinal se observan dos líneas hiperecogénicas que corresponden a las corticales de las costillas superior e inferior y sus sombras acústicas, y por debajo de las costillas, 0,5 cm, una línea hiperecoica correspondiente a la pleura parietal y visceral, este conjunto fue nombrado por Lichtenstein como el "signo del murciélago" (*bat sign*)¹⁷ (Figura 2 recuadro A). A su vez se observa el deslizamiento pulmonar, que es el movimiento de la pleura visceral sobre la pleura parietal en cada ciclo respiratorio. Por otra parte, se evidencian las líneas A, que son líneas horizontales, hiperecogénicas, paralelas a la línea pleural a una distancia múltiple entre el transductor y la línea pleural, ya que la misma actúa como un espejo del pulmón, como se puede ver en la Figura 2 recuadro A. Al aplicar el modo M, se diferencian dos zonas que configuran el signo de la playa: en su parte superior, la pared torácica formada por líneas horizontales paralelas que corresponden al mar y desde la pleura hacia abajo un aspecto granular que corresponde a la arena de playa¹⁶ (Figura 2 recuadro B).

A continuación se hará hincapié en los artificios evidenciados en la CP. La CP se identifica a través de la observación de líneas B, que son líneas hiperecoicas que inician desde la pleura hasta la parte inferior de la pantalla y que poseen forma de cometa; otra de sus características es que se mueven sincrónicamente con el movimiento de los pulmones. Estas no son más que artificios verticales, producto del aumento de fluidos, o depósito de células en los septos interlobulillares e intersticio. Se considera patológico cuando se encuentran 3 o más líneas B en un escaneo longitudinal¹⁶ (Figura 3).

Para evaluar las mismas se pueden tomar de 4 a 28 ventanas de escaneo en tórax anterior y lateral (**Figura 4**), cuantificando en cada una de ellas las líneas B, según un consenso de expertos¹⁸. El método de elección con nivel de evidencia A debería ser de 8 ventanas, pero se demostró que se puede realizar una exploración rápida de dos regiones anteriores, con la desventaja de ser menos precisa, o de 28 ventanas, técnica más exacta pero que implica mayor tiempo. Buessler et al. evaluaron el valor de la EP en pacientes con ICA, observando que el método de 6 o 8 ventanas mejoró la predicción diagnóstica, con un intervalo de confianza del 95% (IC95%) de los métodos de 4, 6, 8 y 28 puntos de 63,7 (58,5-68,8), 72,4 (65,0-79,8), 74,0 (67,1-80,9) y 72,4 (63,9-80,9), respectivamente¹⁹.

Para cuantificar las líneas B se han propuesto dos escenarios: el primero basado en cuantificar el total de líneas B de las ventanas analizadas^{20,21} y el segundo basado en identificar zonas positivas (más de tres líneas B en cada ventana). Este último es el más utilizado y considera CP cuando se evidencian dos zonas de cada hemitórax positivas²²⁻²⁴.

Teniendo en cuenta la función sistólica del paciente, se demostró en una comparación entre función preservada y reducida similitudes en el número de líneas B encontradas, aunque fue ligeramente mayor en pacientes con función reducida²⁵.

Como bien se conoce, la EP ha sido utilizada por diferentes especialidades médicas, tanto intensivistas como internistas, debido a que permite a la vez diagnosticar patologías pleurales (derrame pleural, neumotórax) como pulmonares, por lo que hay que tener en cuenta que las líneas B no solo identifican edema pulmonar cardiogénico sino que también pueden deberse a neumonía o síndrome de distrés respiratorio. A modo de diferencia, en estas dos últimas patologías las líneas B se caracterizan por presentarse en forma difusa, mientras que en el edema pulmonar de origen cardiogénico suelen ser de distribución simétrica y asociarse a derrame pleural¹⁶.

C. IMPACTO DEL SEGUIMIENTO POR ECOGRAFÍA EN EL TRATAMIENTO

Debido a que el tratamiento con diuréticos tiene como finalidad la descongestión y la EP evalúa dinámicamente la CP, se considera su valor como guía terapéutica en pacientes hospitalizados por ICA^{25,26}. A continuación, se describen tres recientes estudios que demuestran su eficacia.

En un estudio que analizó a 41 pacientes con ICA admitidos en la unidad de emergencia se le realizó EP a los pacientes a la hora 0 de admisión (T0), a la hora 3 (T3) y a las 24 hs (T24), evaluando 11 ventanas torácicas en región anterolateral. La carga de líneas B se estimó en cada región (0: sin líneas B; 1: múltiples líneas B; 2: líneas B confluentes/pulmón blanco) y se calculó una puntuación media (puntuación B, rango 0-2) calculado, obteniendo como resultados que la puntuación B media disminuyó significativamente en T3 (de 1,59±0,40 a 0,73±0,44; p<0,001) y entre T3 y T24 (de 0,73±0,44 a 0,38±0,33; p<0,001). Por otra parte, se observó que la puntuación B fue mayor en las regiones pulmonares inferiores en cualquier momento y que en la evaluación final (T24) se aclararon el 75% de las regiones apicales y solo el 38% de las basales²⁷.

En el estudio EPICC, estudio simple ciego realizado en el año 2019, se analizó el tratamiento guiado por EP o la clínica de congestión, con un *end-point* primario combinado de muerte cardiovascular y reinternación por ICA a los 6 meses; se evidenció un impacto positivo a favor de la terapia guiada por EP²⁸.

En el ensayo piloto controlado, aleatorizado, BLUSHED-AHF, simple ciego, se analizó a 130 pacientes en el servicio de emergencia, con dos grupos: terapia guiada por EP en 6 hs o terapia habitual. Se consideró la presencia de menos de 15 líneas B a las 6 hs como resultado primario, y los días fuera del hospital a los 30 días fueron los principales resultados secundarios. No se encontró una diferencia significativa para el resultado primario (25,0% EP vs. 27,5% atención habitual; p=0,83) ni para los secundarios (21,3±6,6 EP vs. 21,3±7,1 atención habitual; p=0,99), pero sí se demostró una disminución en el número de líneas B en comparación con los pacientes con atención habitual a las 48 hs²⁹.

En una revisión que se llevó a cabo con la lectura de 1327 estudios, en la que únicamente 13 de ellos cumplieron con los criterios de inclusión, se observó que el número de líneas B cambió en 3 horas de iniciado el tratamiento. Esto permite concluir que la EP es una herramienta útil, no invasiva y fácil de utilizar como guía para seguimiento de cambios dinámicos en la CP una vez instaurada la terapéutica³⁰.

D. VALOR PRONÓSTICO DE LA ECOGRAFÍA PULMONAR

Diversos estudios analizaron la utilización de la EP para valorar el pronóstico en pacientes con ICA, debido en gran parte a que permite su diagnóstico temprano. Esto lograría un tratamiento adecuado y oportuno, mejorando la recuperación de los pacientes.

En el estudio realizado por Gargani et al. se analizó el valor pronóstico de la EP en pacientes hospitalizados por cardiopatías independientemente de los síntomas y fracción de eyección del ventrículo izquierdo. En él se incluyeron 1021 pacientes hospitalizados, con un seguimiento medio de 14,4 meses, con punto final primario de muerte y reinternación por ICA. A los pacientes se les realizó ETT y EP de 28 ventanas dentro de las 24 hs posteriores al ingreso, se obtuvieron curvas de supervivencia sin eventos con un resultado significativamente mejor para los pacientes con ≤30 líneas B al ingreso, en comparación con los pacientes con >30 líneas B, tanto en la población general como en cada subgrupo (fracción de eyección reducida, preservada), siendo más marcado en los pacientes con función preservada³¹.

Una revisión de estudios que analizó la relación pronóstica de las líneas B en pacientes cursando internación por ICA en los últimos 5 años, con inclusión de tres revisiones, tres revisiones sistemáticas con metaanálisis, seis estudios prospectivos y dos estudios retrospectivos, evidenció que la presencia de más de 30-40 líneas B al ingreso puede considerarse factor de riesgo de reingreso o mortalidad, al igual que la CP persistente con presencia de ≥15 líneas B. Esto resalta la importancia pronóstica en términos de mortalidad y reingreso hospitalario de la EP³².

Se podría decir a su vez que la EP posee potencial predictivo de hospitalización. Para demostrarlo se comenta el estudio realizado por Miglioranza et al., a través de una cohorte prospectiva, donde incluyó a 97 pacientes con insuficiencia cardíaca con función sistólica moderada o severa, con un seguimiento de 106±12 días, presentando 21 de

Tabla 1. Pruebas diagnósticas en pacientes con insuficiencia cardíaca aguda.

Examen	Tiempo de medición	Posibles hallazgos	Valor diagnóstico de ICA	Indicación
Electrocardiograma	Ingreso, durante la hospitalización, pre alta	Arritmias, isquemia miocárdica	Exclusión de SCA o arritmias	Recomendado
Radiografía de pecho	Admisión, durante la hospitalización	Congestión, infección pulmonar	confirmatorio	Puede ser considerado
DP	Ingreso, durante la hospitalización y pre alta	Congestión	confirmatorio	Puede ser considerado
ETT	Ingreso, durante la hospitalización, pre -alta	Congestión, disfunción cardíaca, causas mecánicas	Importante	Recomendado
Péptidos natriuréticos (BNP, NT-proBNP, MR-proANP)	Admisión, pre-alta	Congestión	Alto valor predictivo negativo	Recomendado
Troponina sérica	Admisión	lesión miocárdica	Exclusión de ACS	Recomendado
Suero de creatinina	Ingreso, durante la hospitalización, pre -alta	Disfunción renal	Ninguna	Recomendado para evaluación pronóstica
Electrolitos séricos (sodio, potasio, cloruro)	Ingreso, durante la hospitalización, pre -alta	Trastornos electro-líticos	Ninguna	Recomendado para evaluación pronóstica y tratamiento
Estado del hierro (transferrina, ferritina)	Pre-descarga	Agotamiento de hierro	Ninguna	Recomendado para evaluación pronóstica y tratamiento
TSH	Admisión	Hipertiroidismo	Ninguna	Recomendado cuando se sospecha hipo-hipertiroidismo
Dímero D	Admisión	Embolia pulmonar	Útil para excluir embolismo pulmonar	Recomendado cuando se sospecha embolia pulmonar
Procalcitonina	Admisión	Neumonía	Útil para el diagnóstico de neumonía	Se puede hacer cuando se sospecha neumonía.
Lactato	Admisión, durante la hospitalización a	Acidosis láctica	Útil para evaluar el estado de perfusión	Recomendado cuando se sospecha hipo-perfusión periférica
Oximetría de pulso y análisis de gases en sangre arterial	Admisión, durante la hospitalización a	Insuficiencia respiratoria	Útil para evaluar la función respiratoria	Recomendado cuando se sospecha insuficiencia respiratoria

SCA: síndrome coronario agudo; ICA: insuficiencia cardíaca aguda; BNP: péptido natriurético tipo B; ECG: electrocardiograma; LUS: ecografía pulmonar; MR-proANP: péptido natriurético proauricular de la región media; NT-proBNP: péptido natriurético tipo B N-terminal; TSH: hormona estimulante de la tiroides. McDonagh T, Metra M, Adamo M, Gardner R, Baumbach A, Böhm M, et al. 2021 ESC Guidelines for the diagnosis and treatment of acute and chronic heart failure: Developed by the Task Force for the diagnosis and treatment of acute and chronic heart failure of the European Society of Cardiology (ESC) With the special contribution of the Heart Failure Association (HFA) of the ESC, *European Heart Journal*. 2021;42:3599–3726.

ellos hospitalizaciones por edema agudo de pulmón. Se evidenció que en el análisis de regresión de Cox, el número de líneas B ≥ 30 (HR=8,62; IC95%: 1,8-40,1; $p=0,006$) identifica un grupo con alto riesgo de ingreso por edema pulmonar agudo a los 120 días (HR=8,62; IC95%: 1,8-40,1; $p=0,006$) y que es el predictor más fuerte de eventos en comparación con otros hallazgos clínicos, de laboratorio e instrumentales establecidos. A su vez se observó que no se produjo edema pulmonar agudo en pacientes sin CP significativa en la EP (líneas B <15)³³.

Lo mismo demostraron Arvig et al. en una revisión sistemática más actual, publicada en el 2022. Analizaron 8258 estudios, de los cuales seleccionaron 24 para extracción de datos. Hay que tener en cuenta que la mayoría de estos fueron realizados en un único centro de atención hospitalaria y que eran estudios pequeños, lo que implica un riesgo de sesgo alto. Como conclusión se evidenció que en 7 de los estudios la disminución de las líneas B, o del tamaño de la vena cava inferior, o el aumento del índice de colapsabilidad de la vena cava inferior redujeron mortalidad, reingresos y estancia hospitalaria por ICA. Esto influye favorablemente en los resultados pronósticos, pero aún no se ha logrado establecer si la medición continua posee el mismo valor pronóstico, por lo cual es un tema que quedaría pendiente para próximos estudios³⁴.

E. ECOGRAFÍA PULMONAR VS. PRUEBAS DIAGNÓSTICAS ESTÁNDARES

La radiografía de tórax ha sido ampliamente utilizada para el diagnóstico y seguimiento de pacientes con ICA, pero su interpretación es un poco más compleja debido a la mayor cantidad de diagnósticos diferenciales, especialmente en aquellos pacientes con enfermedades pulmonares concomitantes. Además, es un método dependiente del observador, a diferencia de la EP, que es un método más objetivo³⁵. Por ello se cita un estudio observacional, prospectivo, realizado en Estados Unidos, en el que se evaluó a 99 pacientes que consultaron por disnea en el servicio de emergencia. En él se evidenció que la EP obtuvo una sensibilidad significativamente mayor (96%) en comparación con la radiografía de tórax (65%; $p<0,001$) y que de 18 pacientes con hallazgos radiográficos negativos, con un diagnóstico al alta de edema pulmonar, 16 (89%) tenían hallazgos ecográficos positivos ($p<0,001$). Ello les permitió concluir que la EP posee mayor precisión para diagnóstico de CP³⁶.

A su vez, en una revisión sistemática y metaanálisis, donde se revisaron 43 artículos e incluyeron 6 estudios, se demostró que la EP posee mayor sensibilidad que la radiografía de tórax, al encontrar un cociente de sensibilidad relativa de EP, en comparación con la radiografía de

tórax, de 1,2 (IC95%: 1,08-1,34; $p < 0,001$), pero no encontró diferencias significativas en la especificidad entre las pruebas (cociente de especificidad relativa, 1,0; IC95%: 0,90- 1,11; $p = 0,96$)³⁷.

El péptido natriurético atrial, como se mencionó en el apartado anterior, se eleva con el aumento de las presiones intracavitarias, y numerosos estudios demostraron su asociación con la depresión de la función sistólica y diastólica del ventrículo izquierdo³⁸⁻⁴⁰. Teniendo en cuenta lo mismo se resalta que en un estudio comparativo realizado por Miglioranza et al., que comparó congestión pulmonar evidenciada por EP, ETT, radiografía de tórax y péptido natriurético, se evidenció una correlación significativa de las líneas B con los diferentes métodos, lo que permite utilizar la EP como una herramienta rápida y confiable para valorar descompensación en ICA⁴¹. A su vez, el estudio llevado a cabo por Pellicori et al. mostró que un valor de corte de ≥ 3 líneas B en al menos dos zonas por hemitórax (de seis a ocho zonas evaluadas en total) tiene una sensibilidad de 94-97% y una especificidad 96-97% en pacientes con ICA, valores mayores que el examen físico, radiografía de tórax y péptido natriurético (sensibilidad 85%, especificidad 89-90%)⁴².

En base a estas diferencias a favor de la EP, se realizó un trabajo en pacientes ambulatorios que demostró la precisión diagnóstica en ICA. Se realizó EP de 6 ventanas torácicas y se interpretó como positiva para ICA la presencia de ≥ 3 líneas B, con dos criterios diagnósticos denominados: LUS-C1: 2 ventanas positivas de 4 (anterolateral) en cada hemitórax; y LUS-C2: 2 áreas positivas de 6 (anterior, lateral y posterior) en cada hemitórax. Se encontró que LUS-C2 superó a LUS-C1 con una especificidad notable (0,99) y un valor predictivo positivo elevado (0,92). A su vez LUS-C2, junto con los criterios de Framingham, propéptido natriurético tipo B N-terminal y electrocardiograma, agregan valor diagnóstico (área bajo la curva característica operativa del receptor de 0,90 con LUS-C2 frente a 0,84 sin él; $p = 0,006$). A su vez, en ausencia de péptido natriurético tipo B N-terminal, LUS-C2 reclasificó significativamente a un tercio de los pacientes por encima de los criterios de Framingham y el electrocardiograma (mejoría neta de reclasificación 0,65, IC95%: 0,04-1,1)⁴³. Esto demuestra que la EP podría diagnosticar ICA en atención aguda incluso sin poseer laboratorio.

F. ROL DE LA ECOGRAFÍA PULMONAR EN LA CONGESTIÓN PULMONAR RESIDUAL

Conocido el impacto de la EP en los pacientes con ICA, cabe resaltar su importancia para detectar CP residual, ya sea al alta o en el seguimiento ambulatorio, lo que permite de esta forma modificar medidas terapéuticas teniendo un impacto favorable en la disminución de reinternaciones por ICA²⁵.

Por lo mismo, Gargani et al. llevaron a cabo un estudio de cohorte prospectivo en 100 pacientes con sospecha clínica de ICA, donde se cuantificaron las líneas B al ingreso y al alta, con posterior seguimiento por 6 meses. Como resultado, en el análisis multivariable se evidenció que las líneas B en número mayor a 15 antes del egreso hospitalario son predictores independientes de eventos a los 6 meses (HR=11,74; IC95%: 1,30-106,16), y demostró a la vez que los pacientes sin reporte de líneas B tuvieron un riesgo bajo de rehospitalización⁴⁴. Similares resultados fueron encontrados por Coiro et al., quie-

nes evidenciaron que la supervivencia libre de eventos a los tres meses en el *end-point* primario (muerte por cualquier causa u hospitalización por ICA) fue del $27 \pm 10\%$ en pacientes con ≥ 30 líneas B y del $88 \pm 5\%$ en aquellos con < 30 líneas B ($p < 0,0001$)⁴⁵.

Cogliati et al. llevaron a cabo un estudio de cohorte prospectivo, donde se realizó el seguimiento de pacientes con ICA, a los cuales se les realizó EP, cuantificando el número de líneas B por zonas, considerando zona positiva ≥ 3 líneas B equivalente a un valor de 1 punto. Como resultado se evidenció que la puntuación por EP se asoció a eventos (reinternaciones o muerte) a los 100 días (HR=1,19; IC95%: 1,05-1,34; $p = 0,005$) y que por cada punto ecográfico aumentaba aproximadamente 24% en el riesgo de eventos dentro de los 100 días⁴⁶.

G. PERSPECTIVAS FUTURAS

Dos situaciones permitieron el avance de la ecografía en los últimos tiempos. Una de ellas fue la pandemia y el requerimiento de una valoración rápida y con menor tiempo exposición, como se evidencia en numerosos estudios acerca de la utilidad de la ecografía en el paciente con COVID-19 y su valor como predictor pronóstico en estos pacientes⁴⁷. El hincapié en la utilidad y enseñanza de la EP en estos pacientes críticos permitió a su vez trasladar su uso a diferentes patologías, como es el caso de la ICA.

La segunda se relaciona con el avance de la tecnología, por lo que hoy en día se cuenta con ecógrafos cada vez más pequeños, algunos de ellos caracterizados por ser únicamente sondas ecográficas o sondas portátiles que se conectan a celulares inteligentes o tabletas mediante aplicaciones⁴⁸. Puede tener mayor disponibilidad para el médico, como por ejemplo para realizar una valoración en el domicilio del paciente antes de su derivación a un centro de mayor complejidad, mejorando de esta forma la calidad de atención del paciente, al obtener un diagnóstico precoz y tratamiento oportuno. Otra utilidad es la atención ambulatoria, lo que permite reconocer, como se dijo anteriormente, a aquellos pacientes con riesgo de hospitalización y realizar cambios en su tratamiento sin requerimiento de derivación a un centro de mayor complejidad para realizar estudios, que podrían llegar a ser más costosos. Sin embargo, hay que tener en cuenta que actualmente las guías recomiendan los ecógrafos de bolsillo como extensión y no como reemplazo de una valoración amplia realizada por un ecografista con un ecógrafo de alta gama. Por otro lado, se resalta que la evidencia demuestra lo contrario, con un trabajo que comparó la eficacia del ecógrafo de bolsillo con el de alta gama, sin encontrar diferencia significativa en cuanto a la eficacia para identificar líneas B por ambos dispositivos⁴⁹.

El avance de la tecnología también ayudó a la creación de aplicaciones en teléfonos inteligentes de enseñanza rápida, actualmente en ecografía ginecológica, pero que posiblemente se trasladen a EP⁵⁰. Esto brinda a los médicos mayor accesibilidad para el aprendizaje de nuevos métodos diagnósticos. Incluso se puede proyectar el uso conjunto de aplicaciones inteligentes y sondas ecográficas portátiles, que dan la posibilidad de enseñanza sencilla para el paciente y sus familiares de modo que sea el paciente o su familiar el que realice el EP en su domicilio y posteriormente lo envíe para ser leído en un dispositivo por su médico de cabecera. Así se podrían modificar medidas terapéuticas a la distancia, disminuyendo de esta forma la progresión de la CP y su posible internación.

DISCUSIÓN

La EP es accesible, rápida y sencilla de realizar, pero hay que tener en cuenta que la especificidad de las líneas B puede ser subóptima, debido a que no solo están presentes en congestión pulmonar de origen cardiogénico, sino que son visibles en enfermedades pulmonares como la enfermedad pulmonar obstructiva crónica, fibrosis pulmonar, neumonía y linfangitis, lo que podría conducir a un error en el diagnóstico. En segundo lugar, hay que tener en cuenta que el proceso de evaluación es, en el mejor de los casos, semicuantitativo, debido a que su método es más una descripción general subjetiva que una "medición" real, lo que introduce el sesgo del observador⁵¹.

Por lo mismo, hay que considerar que, si bien se demostró a través de diferentes estudios que, en la ICA, la sensibilidad y especificidad de la EP fueron mayores que las de la radiografía de tórax y/o péptido natriurético³⁶⁻⁴³, no debería tomarse su resultado como un valor aislado, sino valorarlo en un conjunto a fin de disminuir errores en el diagnóstico.

Cabe mencionar, por otra parte, que una de limitaciones actuales de este método es que aún no existe un corte claro para considerar CP. Si bien la mayoría de los estudios consideró que ≥ 3 líneas B evidenciadas en una ventana torácica es indicativo de congestión, no se cuenta un protocolo estandarizado según el número de ventanas que deberían realizarse y cuántas de ellas deberían poseer ≥ 3 líneas B para ser significativas^{16,52}.

Otra de las limitaciones que hay que tener en cuenta es el índice de masa corporal del paciente; mientras mayor sea, más tejido adiposo subcutáneo torácico posee, lo que implica mayor distancia entre el transductor y la línea pleural. Se afecta de este modo la identificación de líneas B durante el examen con EP, lo que podría conducir a una subestimación de aquellas²⁵.

CONCLUSIÓN

La ICA posee una alta tasa de internaciones y elevada mortalidad. La mayoría de las veces se presenta con CP, lo que resalta la importancia de obtener un método de diagnóstico precoz y sencillo para identificarla eficazmente e iniciar un tratamiento oportuno para mejorar el pronóstico de los pacientes. La EP se presenta como un método prometedor para acercarnos a este objetivo.

A partir de los ecógrafos de bolsillo o ecógrafos de fácil traslado, la EP se encuentra al alcance de la mayoría de los cardiólogos. Puede realizarse al pie de la cama del paciente internado, en su domicilio, o en el consultorio ambulatorio, con la ventaja de ser un método inocuo, no invasivo y que no impone radiaciones. Posee una técnica de fácil y rápido aprendizaje. Es fácil de realizar en las unidades de cuidados intensivos, ya que no implica movilizar al paciente, siendo esto favorable en pacientes críticos. Y a su vez, se puede repetir a voluntad del observador cuantas veces se desee.

En relación a la ICA, permite realizar un diagnóstico temprano en pacientes con disnea, y llevar a cabo un seguimiento de la terapéutica instaurada. Si se asocia a diferentes métodos diagnósticos como es el laboratorio (péptido natriurético) o la radiografía de tórax, aumenta aún más su valor para el diagnóstico y para dirigir el tratamiento.

Por lo anteriormente nombrado, se concluye que la EP posee gran valor diagnóstico, terapéutico y pronóstico en la ICA, y se sugiere su realización en todos los pacientes que cursan internación con ICA, así como en el seguimiento al alta, siempre analizando los valores obtenidos en conjunto para una interpretación más adecuada. Como desafío a futuro se plantea la creación de protocolos estandarizados para definir CP y de esta forma un uso eficiente en la práctica clínica.

6- BBIBLIOGRAFÍA

1. Marino J, Barisani JL, Thierer J, Liniado G, Pereiro S, Francesia A, et al. Consenso De Insuficiencia Cardíaca Crónica. *Rev Argentina Cardiol* 2016;84(3):1-50.
2. McDonagh T, Metra M, Adamo M, Gardner R, Baumbach A, Böhm M, et al. 2021 ESC Guidelines for the diagnosis and treatment of acute and chronic heart failure [published correction appears in *Eur Heart J* 2021 Oct 14;:]. *Eur Heart J* 2021;42(36):3599-726.
3. Barisani J, Fernández A, Fairman E, Diez M, Thierer J, Christien A, et al. Consenso de Insuficiencia Cardíaca Aguda y Avanzada. *Rev Argent Cardiol* 2010;78:265-81.
4. Via G, Hussain A, Wells M, Pozos M, Reardon R, El Barbary M, et al. International evidence-based recommendations for focused cardiac ultrasound. *J Am Soc Echocardiogr* 2014;27(7):683.e1-683.e33.
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;19(2):165-76.
6. Hasenfuss G y Mann DL. Fisiopatología de la insuficiencia cardíaca. En: Braunwald. *Tratado de Cardiología* (2019). 11ª edición (442-60). Madrid, Elsevier.
7. Pappas L, Filippatos G. Congestión pulmonar en la insuficiencia cardíaca aguda: de la hemodinámica a la lesión pulmonar y la disfunción de la barrera alveolocapilar [Pulmonary congestion in acute heart failure: from hemodynamics to lung injury and barrier dysfunction]. *Rev Esp Cardiol* 2011;64(9):735-8.
8. Insuficiencia cardíaca. En: Guyton y Hall. *Tratado de fisiología médica*, (2011). 12va edición, (255-261). Madrid, Elsevier.
9. Nohria A, Tsang SW, Fang JC, Lewis E, Jarcho J, Mudge G, et al. Clinical assessment identifies hemodynamic profiles that predict outcomes in patients admitted with heart failure. *J Am Coll Cardiol* 2003;41(10):1797-804.
10. Chakko S, Woska D, Martinez H, De Marchena E, Futterman L, Kessler KM, et al. Clinical, radiographic, and hemodynamic correlations in chronic congestive heart failure: conflicting results may lead to inappropriate care. *Am J Med* 1991;90(3):353-9.
11. Gullett J, Donnelly JP, Sinert R, Hosek B, Fuller D, Hill H, et al. Interobserver agreement in the evaluation of B-lines using bedside ultrasound. *J Crit Care* 2015;30(6):1395-9.
12. Al Deeb M, Barbic S, Featherstone R, Dankoff J, Barbic D. Point-of-care ultrasonography for the diagnosis of acute cardiogenic pulmonary edema in patients presenting with acute dyspnea: a systematic review and meta-analysis. *Acad Emerg Med* 2014;21(8):843-52.
13. Ponikowski P, Voors AA, Anker SD, Bueno H, Cleland J, Coats AJS, et al. 2016 ESC Guidelines for the diagnosis and treatment of acute and chronic heart failure: The Task Force for the diagnosis and treatment of acute and chronic heart failure of the European Society of Cardiology (ESC). Developed with the special contribution of the Heart Failure Association (HFA) of the ESC. *Eur J Heart Fail* 2016;18(8):891-975.

14. Tsutsui H, Isobe M, Ito H, Okumura K, Ono M, Kitakaze M, et al. JCS 2017/ JHFS 2017 Guideline on Diagnosis and Treatment of Acute and Chronic Heart Failure - Digest Version. *Circ J* 2019;83(10):2084-184.
15. Platz E, Jhund PS, Girend N, Pivetta E, McMurray J, Peacock WF, et al. Expert consensus document: Reporting checklist for quantification of pulmonary congestion by lung ultrasound in heart failure. *Eur J Heart Fail* 2019;21(7):844-51.
16. Acosta C, Acosta A, Tusman G. Ultrasonido pulmonar en el manejo del paciente crítica. *Conceptos básicos y aplicación clínica. Rev Chil Anest* 2020;49:640-67.
17. Lichtenstein D, Mezière G. Relevance of lung ultrasound in the diagnosis of acute respiratory failure: the BLUE protocol [published correction appears in *Chest*. 2013 Aug;144(2):721]. *Chest* 2008;134(1):117-25.
18. Volpicelli G, Elbarbary M, Blaivas M, Lichtenstein D, Mathis G, Kirkpatrick A, et al. International evidence-based recommendations for point-of-care lung ultrasound. *Intensive Care Med* 2012;38(4):577-91.
19. Buessler A, Chouihed T, Duarte K, Bassand A, Huot-Marchand M, Gottwalles Y, et al. Accuracy of Several Lung Ultrasound Methods for the Diagnosis of Acute Heart Failure in the ED: A Multicenter Prospective Study. *Chest* 2020;157(1):99-110.
20. Platz E, Lewis EF, Uno H, Peck J, Pivetta E, Merz AA, et al. Detection and prognostic value of pulmonary congestion by lung ultrasound in ambulatory heart failure patients. *Eur Heart J* 2016;37(15):1244-51.
21. Dwyer KH, Merz AA, Lewis EF, Clagget B, Crousillat D, Lau E, et al. Pulmonary Congestion by Lung Ultrasound in Ambulatory Patients With Heart Failure With Reduced or Preserved Ejection Fraction and Hypertension. *J Card Fail* 2018;24(4):219-26.
22. Pivetta E, Goffi A, Lupia E, Tizzani M, Porrino G, Ferreri E, et al. Lung Ultrasound-Implemented Diagnosis of Acute Decompensated Heart Failure in the ED: A SIMEU Multicenter Study. *Chest* 2015;148(1):202-10.
23. Liteplo AS, Marill KA, Villen T, Miller R, Murray A, Croft P, et al. Emergency thoracic ultrasound in the differentiation of the etiology of shortness of breath (ETUDES): sonographic B-lines and N-terminal pro-brain-type natriuretic peptide in diagnosing congestive heart failure. *Acad Emerg Med* 2009;16(3):201-10.
24. Pivetta E, Goffi A, Nazerian P, Castagno D, Tozzetti C, Tizzani P, et al. Lung ultrasound integrated with clinical assessment for the diagnosis of acute decompensated heart failure in the emergency department: a randomized controlled trial. *Eur J Heart Fail* 2019;21(6):754-66.
25. Pirrotta F, Mazza B, Gennari L, Palazzuoli A. Pulmonary Congestion Assessment in Heart Failure: Traditional and New Tools. *Diagnostics (Basel)* 2021;11(8):1306. Published 2021 Jul 21.
26. Öhman J, Harjola VP, Karjalainen P, Lassus J. Focused echocardiography and lung ultrasound protocol for guiding treatment in acute heart failure. *ESC Heart Fail* 2018;5(1):120-28.
27. Cortellaro F, Ceriani E, Spinelli M, Campanella C, Bossi I, Coen D, et al. Lung ultrasound for monitoring cardiogenic pulmonary edema. *Intern Emerg Med*. 2017;12(7):1011-17.
28. Méndez-Bailon M, Rodrigo JMC, Lorenzo-Villalba N, Cerquerio JM, García JC, Manuel E, et al. Effect of a Therapeutic Strategy Guided by Lung Ultrasound on 6-Month Outcomes in Patients with Heart Failure: Randomized, Multicenter Trial (EPICC Study). *Cardiovasc Drugs Ther* 2019;33(4):453-9.
29. Pang PS, Russell FM, Ehrman R, Ferre R, Gargani L, Levy P, et al. Lung Ultrasound-Guided Emergency Department Management of Acute Heart Failure (BLUSHED-AHF): A Randomized Controlled Pilot Trial. *JACC Heart Fail* 2021;9(9):638-48.
30. Platz E, Merz AA, Jhund PS, Vazir A, Campbell R, McMurray JJ. Dynamic changes and prognostic value of pulmonary congestion by lung ultrasound in acute and chronic heart failure: a systematic review. *Eur J Heart Fail* 2017;19(9):1154-63.
31. Gargani L, Pugliese NR, Frassi F, Fruto P, Poggianti E, Mazzona M, et al. Prognostic value of lung ultrasound in patients hospitalized for heart disease irrespective of symptoms and ejection fraction. *ESC Heart Fail* 2021;8(4):2660-9.
32. Dubón-Peralta EE, Lorenzo-Villalba N, García-Klepzig JL, Andrés E, Méndez-Bailon M. Prognostic value of B lines detected with lung ultrasound in acute heart failure. A systematic review. *J Clin Ultrasound* 2022;50(2):273-83.
33. Miglioranza MH, Picano E, Badano LP, Sant Anna M, Rover M, Zaffaroni F, et al. Pulmonary congestion evaluated by lung ultrasound predicts decompensation in heart failure outpatients. *Int J Cardiol* 2017;240:271-8.
34. Arvig MD, Laursen CB, Jacobsen N, Gæde PH, Lassen AT. Monitoring patients with acute dyspnea with serial point-of-care ultrasound of the inferior vena cava (IVC) and the lungs (LUS): a systematic review. *J Ultrasound* 2022;25(3):547-61.
35. Mueller-Lenke N, Rudez J, Staub D, Laule-Kilian K, Klima T, Perruchoud AP, et al. Use of chest radiography in the emergency diagnosis of acute congestive heart failure. *Heart* 2006;92(5):695-6.
36. Wooten WM, Shaffer LET, Hamilton LA. Bedside Ultrasound Versus Chest Radiography for Detection of Pulmonary Edema: A Prospective Cohort Study. *J Ultrasound Med* 2019;38(4):967-73.
37. Maw AM, Hassanin A, Ho PM, McInnes M, Musgo A, Juárez-Colunga E, et al. Diagnostic Accuracy of Point-of-Care Lung Ultrasonography and Chest Radiography in Adults With Symptoms Suggestive of Acute Decompensated Heart Failure: A Systematic Review and Meta-analysis. *JAMA Netw Open* 2019;2(3):e190703. Published 2019 Mar 1.
38. Troughton RW, Richards AM. B-type natriuretic peptides and echocardiographic measures of cardiac structure and function. *JACC Cardiovasc Imaging* 2009;2(2):216-25.
39. Palazzuoli A, Beltrami M, Ruocco G, Franci B, Campagna MS, Nuti R. Diagnostic utility of contemporary echo and BNP assessment in patients with acute heart failure during early hospitalization. *Eur J Intern Med* 2016;30:43-8.
40. Dini FL, Conti U, Fontanive P, Andreini D, Panicucci E, De Tommasi SM. Prognostic value of N-terminal pro-type-B natriuretic peptide and Doppler left ventricular diastolic variables in patients with chronic systolic heart failure stabilized by therapy. *Am J Cardiol* 2008;102(4):463-8.
41. Miglioranza MH, Gargani L, Sant'Anna RT, Rover M, Martins VM, Mantovani A, et al. Lung ultrasound for the evaluation of pulmonary congestion in outpatients: a comparison with clinical assessment, natriuretic peptides, and echocardiography. *JACC Cardiovasc Imaging* 2013;6(11):1141-51.
42. Pellicori P, Platz E, Daw J, Ter Maaten JM, Martens P, Pivetta E, et al. Ultrasound imaging of congestion in heart failure: examinations beyond the heart. *Eur J Heart Fail* 2021;23(5):703-12.
43. Conangla L, Domingo M, Lupón J, Wilke A, Junca G, Tejedor X, et al. Lung Ultrasound for Heart Failure Diagnosis in Primary Care. *J Card Fail* 2020;26(10):824-31.
44. Gargani L, Pang PS, Frassi F, Miglioranza MG, Dini FL, Landi FL, et al. Persistent pulmonary congestion before discharge predicts rehospitalization in heart failure: a lung ultrasound study. *Cardiovasc Ultrasound* 2015;13:40. Published 2015 Sep 4.
45. Coiro S, Rossignol P, Ambrosio G, Carluccio E, Alunni G, Murrone A, et al. Prognostic value of residual pulmonary congestion at discharge assessed by lung ultrasound imaging in heart failure. *Eur J Heart Fail* 2015;17(11):1172-81.
46. Cogliati C, Casazza G, Ceriani E, Torzillo D, Furlotti S, Bossi I, et al. Lung ultrasound and short-term prognosis in heart failure patients. *Int J Cardiol* 2016;218:104-8.
47. Lomoro P, Verde F, Zerberi F, Simonetti I, Borghi C, Fachinetti C, et al. COVID-19 pneumonia manifestations at the admission on chest ultrasound, radiographs, and CT: single-center study and comprehensive radiologic literature review. *Eur J Radiol Open* 2020;7:100231.
48. Clark M, Ford C. Smartphone-, Tablet-, or App-Based Portable Ultrasound: A Review of Clinical Effectiveness. Ottawa (ON): Canadian Agency for Drugs and Technologies in Health; September 27, 2019
49. Platz E, Pivetta E, Merz AA, Peck J, Rivero J, Cheng S. Impact of device selection and clip duration on lung ultrasound assessment in patients with heart failure. *Am J Emerg Med* 2015;33(11):1552-6.
50. Kollmann C, Santner L, Yong-Ho J. Developing and using a smartphone-app to support the teaching of technical basics for 3D/4D obstetrical ultrasound applications in medical education. *Med Ultrasound* 2020;22(4):500-1.
51. Trovato GM, Catalano D, Sperandeo M. Assessment of lung ultrasound artifacts (B-lines): incremental contribution to echocardiography in heart failure?. *JACC Cardiovasc Imaging* 2014;7(6):635.
52. Buessler A, Chouihed T, Duarte K, Bassand A, Marchand MH, Gottwalles Y, et al. Accuracy of Several Lung Ultrasound Methods for the Diagnosis of Acute Heart Failure in the ED: A Multicenter Prospective Study. *Chest* 2020;157(1):99-110.