

Aplicabilidad de la ecografía pulmonar en la cardiología moderna y su importancia en la pandemia de COVID-19

Dr. Geordan Goire Guevara  

Servicio de Cardiología, Winchester Heart Centre. Kingston, Jamaica.

Full English text of this article is also available

INFORMACIÓN DEL ARTÍCULO

Recibido: 26 de enero de 2022
Aceptado: 16 de marzo de 2022
Online: 26 de mayo de 2022

Conflicto de intereses

El autor declara que no existen conflictos de intereses.

Abreviaturas

APE: agua pulmonar extravascular

COVID-19: acrónimo del inglés
Coronavirus Disease 2019

SARS-CoV-2: acrónimo del inglés
*Severe Acute Respiratory Syndrome
Coronavirus 2*

SDRA: síndrome de dificultad
(*distrés*) respiratoria aguda

TC: tomografía computarizada

TEP: tromboembolismo pulmonar

RESUMEN

La ecografía pulmonar consiste en la obtención de imágenes de este órgano mediante el uso de ultrasonidos. Es una prueba inocua que no utiliza radiación y que no requiere de gran infraestructura, características que la convierten en una técnica reproducible y realizable a la cabecera del enfermo. Los pulmones se consideraron, clásicamente, como órganos no accesibles por ecografía, debido a la limitación de los ultrasonidos para atravesar la barrera de aire y huesos; pero con esta técnica se puede evaluar, de manera precisa y certera, la presencia y gravedad de algunas afecciones cardiopulmonares, así como la mejor estrategia terapéutica. La elevada afinidad de la COVID-19 por el sistema respiratorio permite utilizar la ecografía pulmonar como herramienta de *triaje* para identificar potenciales complicaciones, tanto en casos sospechosos o positivos como en asintomáticos o con sintomatología, ya que conocer el grado de afectación pulmonar —de acuerdo a los patrones que se observen en las imágenes adquiridas— permite estratificar a los pacientes según su gravedad, seleccionar el nivel de atención que necesitan y evaluar la respuesta al tratamiento.

Palabras clave: Ecografía pulmonar, Diagnóstico, Utilidad, COVID-19

Applicability of lung ultrasound in modern cardiology and its value in the COVID-19 pandemic

ABSTRACT

Lung ultrasound consists of obtaining images of this organ using ultrasound waves. It is, therefore, a harmless test that does not involve radiation and does not require a large infrastructure, making it a reproducible technique that can be performed at the patient's bedside. Traditionally, lungs were considered as organs that cannot be approached by ultrasound due to the limitations of ultrasound waves in penetrating the barrier of air and bone. However, with this technique, it is possible to accurately and reliably assess the presence and severity of certain cardiopulmonary conditions, as well as determine the most effective therapeutic strategy. The high affinity of COVID-19 for the respiratory system allows for the use of pulmonary ultrasound as a triage tool to identify potential complications, both in suspected or confirmed cases, as well as in asymptomatic individuals or those with symptoms. Understanding the extent of pulmonary involvement, as determined by the patterns observed in the acquired images, allows for the stratification of patients based on severity, selection of the level of care they require, and evaluation of treatment response.

Keywords: *E Lung ultrasound, Diagnosis, Usefulness, COVID-19*

 G Goire Guevara
Winchester Heart Centre
3A, 10 Winchester Rd.
Kingston, Jamaica.
Correo electrónico:
geordan.guevara@winchester-
heartcentre.com y
gggeordan@gmail.com

INTRODUCCIÓN

Hasta hace pocos años se afirmaba que la exploración ecográfica del pulmón no era posible¹, en base a argumentos tan sólidos como el hecho de que el pulmón es un órgano cuyo contenido principal es aire, que —además— está rodeado por la armazón de huesos de la caja torácica, y ambos son barreras acústicas. Sin embargo, en los últimos 20 años se ha asistido a un importante desarrollo de la ecografía torácica y desde que Lichtenstein publicó, en 1995, un trabajo que demostró la utilidad de la ecografía en el diagnóstico de neumotórax^{2,3}, numerosas publicaciones han descrito cada vez más aplicaciones de la técnica en el estudio y tratamiento de diferentes enfermedades del pulmón, pleura, pared torácica y diafragma.

La ecografía pulmonar ofrece numerosas ventajas (**Recuadro 1**), al compararla con otras técnicas de imagen de uso habitual en las enfermedades torácicas, como la radiografía o la tomografía computarizada (TC)^{4,5}.

La ecografía pulmonar es, actualmente, una técnica complementaria que ha modificado la forma de interpretar el ultrasonido y ha revolucionado la forma de practicar la medicina, con impacto en diversas especialidades médicas y quirúrgicas en las que ha transformando el abordaje diagnóstico y terapéutico de los pacientes. Una de ellas es Cardiología, donde es especialmente útil para el diagnóstico diferencial de la disnea aguda; así como para el diagnóstico, evaluación y cuantificación del líquido extravascular pulmonar; la insuficiencia cardíaca y los síndromes coronarios agudos^{6,7}.

TÉCNICA DE EXAMEN

Para hacer una ecografía pulmonar se dispone de transductores convexos, lineales y sectoriales como el cardíaco, de manera que, si el cardiólogo está rea-

lizando una ecocardiografía, no necesita cambiar de transductor⁸.

La sonda lineal, de alta frecuencia (7,5 - 12 MHz), ofrece imágenes de mejor resolución para estructuras superficiales, por lo que suele emplearse para una exploración detallada de la pared torácica o la pleura. La curva o convexa, de frecuencias medias o bajas (3,5 - 5 MHz), es la más ampliamente utilizada y permite una visión más profunda del tórax, con una visualización aceptable de la pleura y las áreas más superficiales^{4,9}. Algunos autores recomiendan el uso de una sonda sectorial o convexa de pequeño tamaño, con frecuencias similares, debido a que puede posicionarse mejor en los espacios intercostales¹⁰.

El transductor se coloca en cualquier parte del tórax donde se pondría el estetoscopio. Para ello, se ha sistematizado la exploración a través de la división de cada hemitórax en 6 regiones: anteriores, laterales y posteriores, que se subdividen a su vez en superiores e inferiores, mediante el uso de las referencias anatómicas de las líneas axilar anterior y posterior, y mamilar¹¹.

La colocación del transductor debe ser perpendicular al tórax con la muesca de orientación hacia la cabeza del paciente y el indicador de orientación de la pantalla del lado derecho, como se usa durante la ecocardiografía; de manera que, en la pantalla, las estructuras superficiales se muestran en su parte superior y las craneales hacia su parte derecha. La evaluación se inicia en la línea paraesternal y se extiende hasta la línea paravertebral en cada hemitórax, y en la región anterior abarca desde el segundo al quinto espacio intercostal en el lado derecho y del segundo al cuarto del lado izquierdo, por la interposición del corazón.

Diacon *et al.*¹², recomiendan colocar la sonda sobre el espacio intercostal, que actúa como ventana ecografía, según el eje longitudinal del tórax (posición vertical) o de forma oblicua, paralelo al eje de la costilla. La sonda debe sujetarse firme y cómodamente,

Recuadro 1. Ventajas de la ecografía pulmonar sobre otras técnicas de imagen.

- Proporciona imágenes en tiempo real y permite una evaluación dinámica del pulmón y el espacio pleural.
- No expone al paciente a radiaciones ionizantes, por lo que es una técnica segura; aspecto especialmente importante en personas susceptibles a los efectos adversos de la radiación (niños y mujeres embarazadas).
- Por su seguridad, permite repetir la exploración tantas veces como sea necesaria, y es útil tras intervenciones terapéuticas y para valorar la evolución de diversas enfermedades.
- La disponibilidad de equipos portátiles permite su realización a la cabecera del paciente; aspecto crucial en aquellos de difícil movilización, como los ingresados en unidades de cuidados intensivos, o en lugares donde exista difícil acceso a otras pruebas de imagen.
- Bajo costo en comparación con otras técnicas.

para que permita realizar leves movimientos de balanceo y rotación, hasta conseguir la mejor visión de la imagen deseada. Se deslizará a lo largo del espacio intercostal, de atrás hacia delante y de abajo a arriba, sobre los distintos espacios intercostales, siguiendo las líneas anatómicas del tórax¹³.

PATRÓN ECOGRÁFICO DE IMAGEN NORMAL

La pared torácica aparece como una serie de capas de tejidos blandos de distinta ecogenicidad. La más superficial corresponde a la piel, la cual se visualiza como una capa ecogénica de 1 a 3 mm de espesor. Inmediatamente por debajo, se identifican la grasa subcutánea y los músculos intercostales, éstos últimos visibles como múltiples estrías ecogénicas sobre una base hipoecoica^{4,14}. Más profundo están las costillas, que se observan, con la sonda ecografía en posición longitudinal, como estructuras curvilíneas hiperecoicas con sombra acústica posterior, producida por la absorción de la mayoría de los haces de ultrasonido por el hueso. Entre ellas, a unos 5 mm por debajo, puede visualizarse la línea pleural¹³. Esta imagen longitudinal de las costillas superior e inferior, con su correspondiente sombra posterior característica, se ha descrito como el «signo del murciélago»¹⁴ (**Figura 1A**), también conocido como «signo del avestruz» (**Figura 1B**), si se utiliza el transductor lineal, donde los ojos corresponden a las costillas y el pico, a la línea pleural.

Estos dos signos son los que permiten ubicar anatómicamente la línea pleural, la cual es dinámica porque está formada por ambas capas de la pleura: la parietal, fija a la cara interna de la pared torácica, y la visceral, adosada al parénquima pulmonar; entre las que existe un desplazamiento laterolateral durante la respiración, que le da a la línea pleural un aspecto chispeante, denominado «signo de deslizamiento»¹⁵. Este signo puede confirmarse en modo M por el «sig-

no de la orilla de la playa», donde las estructuras superficiales que presentan un patrón lineal corresponden a las olas, la línea pleural representa la orilla y el aspecto arenoso subyacente con un patrón granular, al artefacto de movimiento producido por el deslizamiento pleural (**Figura 1C**).

PATRÓN ECOGRÁFICO DE IMÁGENES PATOLÓGICAS

Artefactos

El parénquima pulmonar normal se sitúa por debajo de la línea pleural y es invisible por ecografía. Esto se debe a que los ultrasonidos son atenuados por el aire y a que, además, la gran diferencia de impedancia acústica entre la pleura y el pulmón, hace que la mayoría de los ultrasonidos sean reflejados por la interfase pleura-pulmón¹⁶.

Esta diferencia de impedancia acústica es responsable de dos artefactos característicos:

1. Artefactos de reverberación o líneas A (**Figura 2A**): Son una serie de líneas hiperecogénicas horizontales, por debajo de la línea pleural, paralelas y equidistantes una de otra, que representan la reverberación de los ultrasonidos reflejados por la superficie pleuropulmonar^{9,14,17}. En adultos sanos, suelen identificarse en los últimos espacios intercostales, por encima del diafragma.
2. Artefactos en cola de cometa o líneas B: Son también artefactos de reverberación y aparecen como imágenes verticales, producidas por múltiples ecos repetidos que simulan una cola de cometa. Se originan en la superficie pleural, se prolongan hasta la base de la pantalla y se movilizan con la respiración; además, atraviesan y borran las líneas A (**Figura 2B**). Estas líneas B se deben a la reflexión del haz de ultrasonidos al encontrar un área intersticial engrosada, por la gran diferencia de impedancia acústica entre el aire y el edema o fibro-

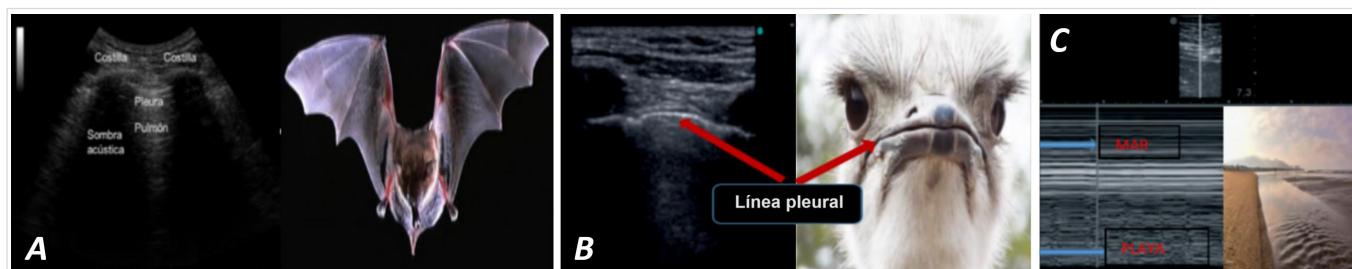


Figura 1. Patrones ecográficos pulmonares normales. **A.** Signo del murciélago. **B.** Signo del avestruz (cuando se utiliza el transductor lineal). **C.** Signo de la orilla de mar (modo M).

sis existente en los septos interlobulillares engrosados^{14,18,19}. Pueden verse en sujetos sanos, sobre todo en las bases pulmonares, pero más de 3 en un mismo campo se consideran anormales¹³ y, como se comentará más adelante, pueden apreciarse en diferentes enfermedades (pulmonar intersticial, insuficiencia cardíaca, entre otras).

Existen además otros artefactos de reverberación que se producen cuando la señal de ultrasonido se refleja de forma repetida entre interfases altamente reflectoras que están cerca del transductor²⁰. Los más importantes son:

- Líneas C: Son líneas hiperecogénicas horizontales que se sitúan a una distancia que no es múltiplo de la que existe entre el transductor y la línea pleural.
- Líneas E: Líneas hiperecogénicas verticales que se inician en la pared torácica (a diferencia de las líneas B que parten de la línea pleural) y aparecen cuando existe enfisema subcutáneo.
- Líneas Z: Líneas hiperecogénicas verticales que se inician en la pleura pero que no alcanzan el final de la pantalla (lo que las diferencia de las líneas B).

Síndrome alveolointersticial

El síndrome alveolointersticial se caracteriza, ecográficamente, por un aumento de líneas B o artefactos en cola de cometa, procedentes de la superficie pleural. Su origen, como se ha señalado antes, se atribuye a la diferencia de impedancia acústica entre el aire del pulmón y el engrosamiento de los septos interlobulillares¹⁶. La sensibilidad de este hallazgo es elevada, pero es poco específico. Pueden verse también en bronquiolitis obliterante con neumonía organizada, neumonía y embolismo pulmonar, pero algunos autores han sugerido que, en estas situaciones, el número de líneas B es menor y que el área de afectación es más localizada. En cambio, en las enfermedades intersticiales difusas, habitualmente, se distribuyen sobre la generalidad de la superficie pulmonar de forma bilateral y predominan, sobre todo, en las bases pulmonares²¹.

Una vez identificado y definido, este patrón debe caracterizarse en base a cuatro parámetros, mediante el análisis del modelo de cuatro regiones (anteriores y laterales):

- Distribución: Difusas si dos o más regiones están afectadas, y focales si el hallazgo se limita a una región²².
- Extensión: Se refiere a si la afectación es unilateral

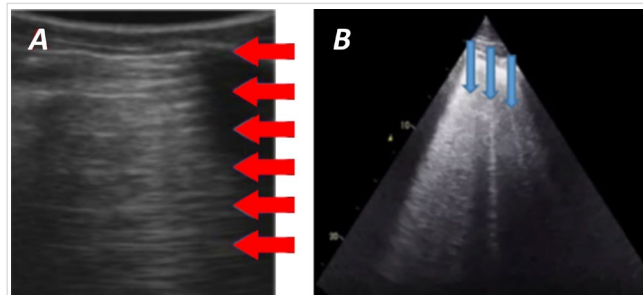


Figura 2. Artefactos característicos en la ecografía pulmonar. **A.** Líneas A (flechas rojas). **B.** Líneas B (flechas azules).

- o bilateral de acuerdo a los hemitórax afectados.
- Homogeneidad/heterogeneidad: Indica que todas las regiones están o no afectadas por el mismo patrón.
- Aspecto: Se caracteriza a la línea pleural según su aspecto liso o irregular/fragmentado.

La cuantificación de este patrón intersticial se realiza mediante índices semicuantitativos o cualitativos²². La separación de las líneas B a nivel de la línea pleural, en milímetros, es uno de los más empleados. Lichtenstein^{6,18,19}, utilizó este último parámetro de acuerdo a su correlación con la TC de tórax, y describió tres tipos:

- Líneas B7: Separadas por 7 mm respecto a la separación de los septos interlobulillares en la TC de tórax.
- Líneas B3: Separadas por 3 mm.
- Patrón de Birolleau: Líneas B sin separación detectable.

Los parámetros correspondientes a «pulmón negro», con líneas B7 o líneas B separadas, se han correlacionado, desde el punto de vista fisiopatológico con el edema intersticial y un grado de afectación leve. El «pulmón blanco y negro», con líneas B3 y líneas B, juntas o agrupadas, se asocia a edema intersticioalveolar y un grado de afectación moderado; mientras que el «pulmón blanco», con patrón de Birolleau y líneas B coalescentes o confluentes, se correlaciona con edema alveolar, patrón de vidrio esmerilado en la TC de tórax y un grado de afectación intersticioalveolar grave. Este patrón intersticial o de pulmón húmedo corresponde al tercer patrón ecográfico y es la base de las aplicaciones de la ecografía pulmonar en Cardiología.

Algunos autores han tratado de relacionar la gravedad del síndrome alveolointersticial con la cuantía del edema pulmonar, y han utilizado como referencia

la medición del agua pulmonar extravascular (APE). Agricola *et al.*²³, emplean un sistema de puntuación (*score*) ultrasonográfico que consiste en la suma del total de líneas B observadas en el conjunto de zonas escaneadas. Esta puntuación se correlaciona moderadamente con el APE medida por el método de termodilución transpulmonar. En la práctica clínica, es útil considerar la puntuación obtenida como una estimación semicuantitativa del edema pulmonar: edema ausente (menos de 5 líneas B), leve (de 5-14), moderado (de 15-30) y grave (más de 30 líneas B).

La utilización de la ecografía puede resultar especialmente útil en aquellos pacientes sin expresión radiológica, por no haber alcanzado aún el umbral del edema alveolar, que suele producirse con un incremento del 50-75% del valor superior del APE normal. En este escenario, la presencia de un patrón ecográfico intersticial puede revelar la causa de la hipoxemia o poner de manifiesto el edema, antes —incluso— de que se produzca un deterioro en el intercambio gaseoso²⁴.

Derrame pleural

Mediante la aplicación de transductores lineales directamente sobre el tórax, el derrame pleural se visualiza como un espacio libre de ecos (imagen anecoica, negra) entre la pleura parietal y la visceral, (**Figura 3A**)²⁵. Debe asegurarse que se encuentre localizado por encima del diafragma.

El segundo signo definitorio procede de la imagen en modo M a través del derrame, en el que se aprecian variaciones del espacio interpleural con el ciclo respiratorio, que disminuyen con la inspiración (o la insuflación del respirador). Es lo que se denomina «signo del senoide» (**Figura 3B**). Se puede acompañar de atelectasias compresivas en derrames cuantiosos, que se identifican como imágenes móviles con

aspecto de medusa o lengua (signo homónimo, **Figura 3C**).

De acuerdo con la apariencia ecográfica, el derrame pleural se clasifica en los siguientes tipos:

- Simple: Totalmente anecoico.
- Complejo no tabicado (sin septos): Si existe material ecogénico en el seno de un derrame anecoico, generalmente puntiforme.
- Complejo tabicado (septado): Si en el material ecogénico se detectan imágenes con forma de filamentos o tabiques.
- Ecogénico difuso: Por su apariencia con ecogenicidad aumentada de forma homogénea, que se corresponde con la presencia de tejido desvitalizado, proteínas, fibrina y sangre.

Aunque la clasificación de un derrame en exudado o trasudado es, a veces, difícil, incluso con criterios de laboratorio, la distinción es útil en términos de actitud diagnóstico-terapéutica. Las características del derrame en la ecografía pueden ayudar a diferenciar uno de otro²⁶. En general, los trasudados son anecoicos, pero un derrame anecoico puede ser cualquiera de los dos. Sin embargo, un derrame complejo (tabicado o no) y uno difusamente ecogénico, son siempre exudados, y se corresponden —habitualmente— con hemotórax oempiemas. Otros signos que apoyan la naturaleza de exudado del derrame son la presencia de una consolidación, el engrosamiento pleural y la existencia de nódulos pleurales.

De forma semicuantitativa, el volumen del derrame se puede clasificar como mínimo, pequeño, moderado o masivo, en función del número de espacios intercostales en los que se visualiza. No obstante, en pacientes con ventilación mecánica, al estar en decúbito supino, si el derrame no está tabicado, se moviliza libremente a través del espacio pleural y se dis-

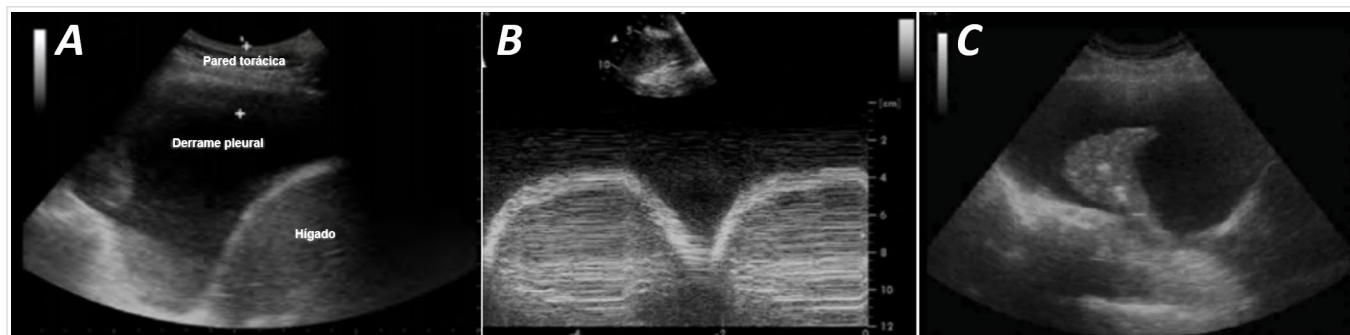


Figura 3. Signos ecográficos de derrame pleural. **A.** Imagen anecoica entre la pleura parietal y la visceral (modo bidimensional). **B.** Signo de senoide (modo M). **C.** Signo de medusa o lengua que expresa la presencia de colapso pulmonar o atelectasia.

tribuye en función del grado de elevación de la cabecera de la cama. Esto puede modificar las medidas ecográficas del derrame, por lo que es preciso estandarizarlas. En general, se acepta una posición entre 0-15 grados, se explora en la línea axilar posterior en cortes longitudinal y transversal, y se realiza la medida en la fase espiratoria.

Para su cuantificación se dispone de una serie de fórmulas en decúbito supino y sedestación, con variados rangos de precisión. Un grupo de autores utiliza la fórmula de Balik *et al.*²⁷, aplicada al paciente en decúbito supino con cabecera a 15°, en espiración, y con el transductor ubicado en la región posterolateral inferior. Se mide el diámetro interpleural mayor en milímetros y se multiplica por 20, con lo que se obtiene el volumen aproximado en mililitros.

Neumotórax

La detección de neumotórax es especialmente importante en el traumatismo torácico, el barotrauma asociado a la ventilación mecánica, tras la cateterización venosa central yugular o subclavia, y en los pacientes que se van a trasladar en medios aéreos.

La ecografía es muy sensible (90-100%, según los diferentes estudios) para el diagnóstico del neumotórax incluso de pequeño tamaño, que pueden pasar desapercibidos en la radiografía de tórax²⁸. Existen varios signos ecográficos, el primero es la ausencia de deslizamiento pulmonar, ya que la pleura visceral pierde el contacto con la parietal². En el modo M se pierde la apariencia de orilla de playa (con arena y mar) y solo se visualizan líneas horizontales paralelas, que forman la imagen conocida como el «signo de la estratosfera o código de barras». No obstante, la falta de deslizamiento pulmonar puede producirse en otras enfermedades y circunstancias, como las adherencias pleurales, la intubación bronquial selectiva, y la contusión, consolidación y atelectasia pulmonares²⁹. Esta falta de especificidad hace que la decisión de realizar un tratamiento descompresivo inmediato, basado exclusivamente en este signo, dependa de las circunstancias clínicas del paciente. En caso de inestabilidad hemodinámica (incluida la parada cardiorrespiratoria), se optaría por la colocación de un drenaje pleural; pero si no existiera compromiso vital inmediato, sería recomendable la realización de otra técnica de imagen.

La presencia de líneas B nos permite descartar un neumotórax, ya que implica la *aposición* de ambas pleuras, lo que permite que se forme el artefacto¹⁹.

El segundo signo ecográfico específico es el hallazgo del denominado punto pulmonar (*lung point*)

en modo M, que se produce por una sucesión de imágenes normales (arenosas) durante la inspiración y anormales (líneas horizontales) durante la espiración, y se corresponde con el punto del tórax donde, en inspiración, el pulmón toca o alcanza a la pared torácica en el seno de un neumotórax no masivo.

Patrón de consolidación pulmonar Neumonía

La ecografía, por las numerosas ventajas que aporta, es una herramienta muy útil para el diagnóstico y seguimiento de la neumonía, sobre todo en pacientes más susceptibles (niños y embarazadas), y para detectar posibles complicaciones, como absceso de pulmón, derrame paraneumónico complicado o empiema. Además, constituye la técnica de elección para dirigir la punción de cualquiera de estas afecciones²¹. Un metaanálisis³⁰ que evaluó 10 estudios sobre la rentabilidad diagnóstica de la ecografía, encontró una sensibilidad de 94% y especificidad de 96% en el diagnóstico de neumonía, comparada con la radiografía o la TC de tórax.

Se visualiza como una imagen hipoeoica o isoeoica (patrón ecográfico similar al del hígado) de tamaño y morfología variables, bordes irregulares y estructura homogénea o heterogénea. La consolidación visible por ecografía es, aparentemente, menor que la de la radiografía o la TC, ya que sólo se detecta la parte en contacto con la pleura.

Los criterios diagnósticos de la presencia de una consolidación pulmonar³¹⁻³³ se muestra en el **recuadro 2**. El signo ecográfico más característico de la neumonía es el broncograma aéreo^{5,21}, que consiste en líneas hiperecogénicas en el interior de la lesión, a veces ramificadas y móviles con la respiración, correspondientes a bronquios o bronquiolos rellenos de aire. Por el contrario, el signo del broncograma líquido se caracteriza por estructuras tubulares hipoeoicas o anecoicas, sin signos de perfusión en el Doppler color y es muy sugestivo de neumonía secundaria a obstrucción bronquial central^{5,21}.

Debe realizarse el diagnóstico diferencial con neoplasias, atelectasias e infarto pulmonar, entre otros. La ecografía es más sensible que la radiografía e incluso que la TC, en la valoración de necrosis y abscesificación de la neumonía. El absceso se presenta como una lesión ovalada o redondeada de márgenes regulares o irregulares, generalmente anecoica, que puede contener ecos internos o septos. La presencia de aire en su interior produce múltiples imágenes puntiformes hiperecogénicas, muy características, flotando en movimiento con la respiración^{5,13,21}.

Recuadro 2. Criterios ecográficos diagnósticos de consolidación pulmonar³¹⁻³³.

- Patrón tisular: Similar al del tejido de órganos sólidos como el hígado. Es el único criterio imprescindible, el resto se consideran adicionales.
- Límites anatómicos: Mientras que el borde superficial correspondiente a la pleura es regular, el borde profundo se muestra irregular, salvo que exista una afectación lobar completa o sea una pequeña consolidación subpleural.
- Ausencia de artefactos (líneas A o B): El reemplazo de aire por otro tipo de material (edema, celularidad) o su ausencia (colapso), impide la formación de los artefactos que dependen de la interacción en la interfase aire/fluido.
- Ausencia del «signo del sinusoides»: La distingue de un derrame pleural en aquellos casos en los que presenta una ecogenicidad reducida.
- Presencia de broncograma aéreo y alveograma aéreo: La existencia de aire en las vías aéreas se manifiesta como imágenes hiperecogénicas puntiformes o lineales, en función de que se corten transversal u horizontalmente. Representan el aire en el interior de los bronquios o alveolos rodeados del pulmón consolidado.
- Visualización de arterias y venas pulmonares intraparenquimatosas.

Tromboembolismo periférico e infarto pulmonar

La angioTC torácica es, actualmente, la técnica de elección en el diagnóstico del tromboembolismo pulmonar (TEP), pero la ecografía puede resultar de utilidad en pacientes críticos que, por su gravedad y problemas de movilización, no son tributarios de una TC. Además, a pesar de que un resultado negativo no descarta el TEP, la ecografía puede jugar un papel importante en pacientes con su sospecha, en casos de embarazo, alergia a contrastes yodados o insuficiencia renal. Niemann *et al.*³⁴, plantean que la sensibilidad de la ecografía pulmonar en el diagnóstico del TEP, según los diferentes estudios, varía entre 80-94%, y su especificidad es de 84-92%.

Los hallazgos ecográficos típicos del TEP periférico son lesiones hipocogénicas subpleurales múltiples, de morfología —normalmente— triangular, con base pleural, y de bordes bien definidos respecto al parénquima circundante. Aproximadamente dos tercios de estas lesiones asientan en regiones postero-basales y son más frecuentes en el pulmón derecho. Suelen tener un diámetro superior a 2 cm, se mueven con la respiración y, a veces, muestran una imagen hiperecogénica central, correspondiente a un bronquiolo. Es frecuente la aparición de un pequeño derrame pleural adyacente o basal^{5,21,35}.

Típicamente, no muestran señal de flujo vascular en la ecografía Doppler color. Aunque la especificidad de estos hallazgos es limitada, la identificación de dos o más lesiones de esta morfología, de base pleural y tamaño de 0,5 a 3 cm, en un paciente con sospecha clínica elevada, son signos muy sugestivos de TEP, aún más si se asocia un ligero derrame pleural²¹.

APLICACIÓN DE LA ECOGRAFÍA PULMONAR EN PACIENTES CON COVID-19

La COVID-19 (*Coronavirus Disease 2019*) es la enfermedad causada por infección del virus SARS-CoV-2 (*Severe Acute Respiratory Syndrome Coronavirus 2*), el cual tiene una afinidad específica por el tracto respiratorio inferior en los estadios iniciales de la enfermedad³⁶. La TC torácica de pacientes con COVID-19, generalmente muestra una neumonía intersticial bilateral difusa, con lesiones asimétricas y parcheadas distribuidas principalmente en la periferia del pulmón³⁷⁻³⁹.

En el contexto de esta pandemia, la identificación rápida de casos, así como la clasificación de la gravedad de la enfermedad y la asignación correcta del tratamiento, son cruciales para aumentar la capacidad de respuesta médica; pues el aumento de los ingresos en unidades convencionales y de cuidados intensivos supera la capacidad del sistema de salud para la atención de estos pacientes. Es por eso que la ecografía pulmonar es una herramienta de gran utilidad para seleccionar a los pacientes y administrar los recursos.

Los signos observados mediante esta técnica diagnóstica, en pacientes con COVID-19, son similares a los descritos en pacientes con otros tipos de neumonía²². Estos incluyen varias formas de líneas B, una línea pleural irregular o fragmentada, consolidaciones, derrames pleurales y ausencia del «signo de deslizamiento»⁴⁰. Además, generalmente se observan artefactos verticales multiformes, separados, y líneas B coalescentes. La línea pleural puede ser irregular o

fragmentada, como se observa comúnmente en el síndrome de dificultad (*distrés*) respiratoria aguda (SDRA). Como se indicó anteriormente, ninguno de estos signos es patognomónico de neumonía por COVID-19 y su presencia es variable.

La pandemia de COVID-19 presentó un dilema clínico desafiante para los médicos, con sus características atípicas que son diferentes de la presentación clásica del SDRA. Se han descrito dos fenotipos diferentes, al menos en un modelo teórico⁴¹: el fenotipo L, más frecuente, se presenta típicamente con una distensibilidad pulmonar de normal a levemente reducida, aunque con un nivel de hipoxemia desproporcionado con respecto a una distensibilidad pulmonar relativamente conservada, en la que la TC de tórax muestra opacificaciones predominantemente periféricas, en vidrio esmerilado, que empeora con la progresión de la enfermedad. El fenotipo H, por su parte, es menos frecuente y se asemeja más a la presentación clásica de SDRA, con distensibilidad pulmonar reducida y evidencia de densas consolidaciones lobares en la TC de tórax.

La ecografía pulmonar es potencialmente capaz de distinguir estos dos fenotipos, en base a los diferentes signos y patrones. En la COVID-19 se observan, habitualmente, varios grados de múltiples líneas B con distribución parcheada e irregular. Estas líneas B pueden estar separados o ser coalescentes, incluidas las imágenes ecográficas de «pulmón blanco», y a menudo son visibles en el contexto de áreas libres con buena aireación, en las que se ven múltiples líneas A horizontales, que son reverberaciones de la línea pleural.

Un hallazgo descrito recientemente, observado en la mayoría de los pacientes en las primeras fases de la neumonía por COVID-19, es un «haz de luz» brillante, que representa un artefacto en forma de banda, que a menudo aparece y desaparece con la respiración^{42,43}. Dicho artefacto, típicamente vertical, ancho, brillante, en forma de banda, se mueve rápidamente

con el deslizamiento, y crea —a veces— un efecto de «encendido» a medida que aparece y desaparece de la pantalla. Se observa invariablemente en la mayoría de los pacientes con neumonía por COVID-19, lo cual se corresponde a la aparición precoz de alteraciones en «vidrio esmerilado», propias de la enfermedad aguda, que pueden detectarse en la TC. El artefacto brillante, normalmente surge de una línea pleural completamente regular intercalada dentro de áreas de patrón normal o con líneas B separadas. A veces parece cubrir y ocultar por completo las líneas A, y en otras ocasiones, estas se pueden visualizar en el fondo de la imagen.

El mencionado «haz de luz» se puede observar también en otras enfermedades que producen alteraciones pulmonares en forma de «vidrio esmerilado», pero la utilidad de este signo —en el contexto de la pandemia de COVID-19— es innegable.

Otro hallazgo común en la COVID-19 es la presencia de una línea pleural fragmentada, irregular, con pequeñas consolidaciones periféricas. Las consolidaciones más grandes, caracterizan el fenotipo "H" o una neumonía bacteriana superpuesta, y se debe determinar si pueden representar infartos pulmonares. Los derrames pleurales grandes no se observan con frecuencia, mientras que los triviales, localizados, se pueden visualizar en el contexto de áreas más desairadas.

Puntuación de aireación por ultrasonido pulmonar

El uso de un esquema de exploración estandarizado permite asignar una puntuación a cada zona pulmonar (**Recuadro 3**) y, por lo tanto, evaluar la aireación pulmonar global⁴⁴. También se debe informar siempre la presencia de derrame pleural.

La puntuación final se obtiene al sumar las puntuaciones de cada área, por lo que el valor mínimo será 0 (ambos pulmones normales) y la puntuación máxima, 36 (ambos pulmones consolidados). Las letras "p" no se cuentan en el puntaje, pues es una forma

Recuadro 3. Puntuación de aireación pulmonar mediante ecografía⁴⁴.

- Puntuación 0: Líneas A predominantes o < 3 líneas B separadas.
- Puntuación 1: Al menos tres líneas B separadas o líneas B coalescentes que ocupan < 50% de la pantalla sin una línea pleural claramente irregular. Puntuación 1p: Igual al anterior, con una línea pleural claramente irregular.
- Puntuación 2: Líneas B coalescentes que ocupan > 50% de la pantalla sin una línea pleural claramente irregular. Puntuación 2p: Igual al anterior, pero con una línea pleural claramente irregular.
- Puntuación 3: Grandes consolidaciones (al menos > 1 cm), con característica hipoecoica, tisular, broncograma aéreo o líquido, entre otras.

más cualitativa de información, que —de todos modos— es útil porque son muy frecuentes en pacientes con COVID-19. Sin embargo, todavía no está demostrado que este tipo de puntaje de desaireación puro, que a menudo se usa en otras afecciones como neumonía y SDRA, pueda ser suficiente para caracterizar a estos pacientes. Por un lado, se establece que una mayor puntuación de desaireación ecográfica indica un pulmón menos aireado; por lo tanto, una mayor afectación pulmonar.

En pacientes con COVID-19, los diferentes patrones de la ecografía pulmonar y su distribución pueden ser útiles para orientar la elección de los médicos en diferentes enfoques, especialmente al caracterizar a los pacientes en los fenotipos teóricos antes mencionados^{41,45}.

Riesgo de propagación de la infección

La realización de la ecografía pulmonar en pacientes con COVID-19 es diferente a otras enfermedades, porque esto representa un riesgo biológico de infección para el operador, así como problemas logísticos no despreciables para el manejo de los ecógrafos. El riesgo de infección puede limitarse significativamente mediante una adecuada protección del operador y una correcta limpieza de los transductores y ecógrafos, para las cuales hay indicaciones específicas en artículos dedicados⁴⁶. Sin embargo, se debe considerar que el personal sanitario, a menudo, trabaja en situaciones estresantes y desafiantes, donde existe una determinada distancia entre el mundo «ideal», con un óptimo equipo de protección personal, y el «real», con carencias y necesidad de adaptación a las necesidades clínicas, situaciones locales, limitaciones de tiempo y fatiga intensa. De ahí que los errores en el proceso de protección puedan ser numerosos y muy riesgosos para los operadores, pacientes y el sistema en general.

COMENTARIO FINAL

La ecografía pulmonar ha pasado de ser una técnica diagnóstica prácticamente imposible de realizar a una herramienta complementaria sumamente necesaria en la medicina moderna basada en la evidencia. Ha demostrado su utilidad en la evaluación, a la cabecera del enfermo, de múltiples enfermedades potencialmente graves, y es una técnica sencilla, barata, coste-efectiva y fácil de interpretar, donde no hay que transportar al paciente para su realización y que aporta información elemental para la estratificación de los

pacientes, así como para el diagnóstico, toma de decisiones y evaluación del tratamiento.

La pandemia de COVID-19 ha estimulado su uso y la ecografía pulmonar, en manos capacitadas, ha encontrado un lugar cimero en la evaluación inicial del paciente, con una sensibilidad para el diagnóstico de afecciones pulmonares graves comparable con la tomografía de tórax. La Cardiología, como ciencia revolucionaria, ha acogido esta técnica y ya hoy se refleja su recomendación en las guías de práctica clínica⁴⁷⁻⁴⁹.

BIBLIOGRAFÍA

1. Respiratory Function and Pulmonary Diagnostic Procedures. En: Fauci AS, Braunwald E, Kasper DL, Hauser SL, Longo DL, Jameson JL, *et al.* Harrison's Manual of Medicine. 17^a Ed. 2009. pp. 747-52.
2. Lichtenstein DA, Menu Y. A bedside ultrasound sign ruling out pneumothorax in the critically ill. Lung sliding. *Chest*. 1995;108(5):1345-8. [DOI]
3. McQuillan BM, Picard MH, Leavitt M, Weyman AE. Clinical correlates and reference intervals for pulmonary artery systolic pressure among echocardiographically normal subjects. *Circulation*. 2001; 104(23):2797-802. [DOI]
4. Koegelenberg CF, Diacon AH, Bolliger CT. Trans-thoracic Ultrasound for Chest Wall, Pleura, and the Peripheral Lung. En: Bolliger CT, Herth FJF, Mayo PH, *et al.* (eds): *Clinical Chest Ultrasound: From the ICU to the Bronchoscopy Suite*. Basel: Karger; 2009. pp. 22-33. [DOI]
5. Vollmer I, Gayete A. Ecografía torácica. *Arch Bronconeumol*. 2010;46(1):27-34. [DOI]
6. Lichtenstein DA, Mezière GA. Relevance of lung ultrasound in the diagnosis of acute respiratory failure: the BLUE protocol. *Chest*. 2008;134(1):117-25. [DOI]
7. Frassi F, Gargani L, Tesorio P, Raciti M, Mottola G, Picano E. Prognostic value of extravascular lung water assessed with ultrasound lung comets by chest sonography in patients with dyspnea and/or chest pain. *J Card Fail*. 2007;13(10):830-5. [DOI]
8. Hirschhaut E, Delgado CJ. Ecografía pulmonar: ciencia o ficción. *Salus Militiae*. 2016;40(1):58-72.
9. Gargani L, Volpicelli G. How I do it: lung ultrasound. *Cardiovasc Ultrasound [Internet]*. 2014 [citado 14 Ene 2022];12:25. Disponible en: <https://doi.org/10.1186/1476-7120-12-25>
10. Villena Garrido MV. Aplicaciones de la ecografía pleural. *Arch Bronconeumol*. 2012;48(8):265-6. [DOI]

11. Jambrik Z, Monti S, Coppola V, Agricola E, Mottola G, Miniati M, *et al.* Usefulness of ultrasound lung comets as a nonradiologic sign of extravascular lung water. *Am J Cardiol.* 2004;93(10):1265-70. [DOI]
12. Diacon AH, Theron J, Bolliger CT. Transthoracic ultrasound for the pulmonologist. *Curr Opin Pulm Med.* 2005;11(4):307-12. [DOI]
13. Koenig SJ, Narasimhan M, Mayo PH. Thoracic ultrasonography for the pulmonary specialist. *Chest.* 2011;140(5):1332-41. [DOI]
14. Gallego Gómez MP, García Benedito P, Pereira Boo D, Sánchez Pérez M. La ecografía torácica en la enfermedad pleuro-pulmonar. *Radiología.* 2014; 56(1):52-60. [DOI]
15. Volpicelli G, Mussa A, Garofalo G, Cardinale L, Casoli G, Perotto F, *et al.* Bedside lung ultrasound in the assessment of alveolar-interstitial syndrome. *Am J Emerg Med.* 2006;24(6):689-96. [DOI]
16. Volpicelli G. Lung sonography. *J Ultrasound Med.* 2013;32(1):165-71. [DOI]
17. Lobo V, Weingrow D, Perera P, Williams SR, Gharahbaghian L. Thoracic ultrasonography. *Crit Care Clin.* 2014;30(1):93-117. [DOI]
18. Lichtenstein D, Mézière G, Biderman P, Gepner A, Barré O. The comet-tail artifact. An ultrasound sign of alveolar-interstitial syndrome. *Am J Respir Crit Care Med.* 1997;156(5):1640-6. [DOI]
19. Lichtenstein D, Mezière G, Biderman P, Gepner A. The comet-tail artifact: an ultrasound sign ruling out pneumothorax. *Intensive Care Med.* 1999;25(4): 383-8. [DOI]
20. Feldman MK, Katyal S, Blackwood MS. US artifacts. *Radiographics.* 2009;29(4):1179-89. [DOI]
21. Sartori S, Tombesi P. Emerging roles for transthoracic ultrasonography in pulmonary diseases. *World J Radiol.* 2010;2(6):203-14. [DOI]
22. Volpicelli G, Elbarbary M, Blaivas M, Lichtenstein DA, Mathis G, Kirkpatrick AW, *et al.* International evidence-based recommendations for point-of-care lung ultrasound. *Intensive Care Med.* 2012; 38(4):577-91. [DOI]
23. Agricola E, Bove T, Oppizzi M, Marino G, Zangrillo A, Margonato A, *et al.* "Ultrasound comet-tail images": A marker of pulmonary edema: A comparative study with wedge pressure and extravascular lung water. *Chest.* 2005;127(5):1690-5. [DOI]
24. Gargani L, Lionetti V, Di Cristofano C, Bevilacqua G, Recchia FA, Picano E. Early detection of acute lung injury uncoupled to hypoxemia in pigs using ultrasound lung comets. *Crit Care Med.* 2007; 35(12):2769-74. [DOI]
25. Eibenberger KL, Dock WI, Ammann ME, Dorffner R, Hörmann MF, Grabenwöger F. Quantification of pleural effusions: sonography versus radiography. *Radiology.* 1994;191(3):681-4. [DOI]
26. Yang PC, Luh KT, Chang DB, Wu HD, Yu CJ, Kuo SH. Value of sonography in determining the nature of pleural effusion: Analysis of 320 cases. *AJR Am J Roentgenol.* 1992;159(1):29-33. [DOI]
27. Balik M, Plasil P, Waldauf P, Pazout J, Fric M, Otahal M, *et al.* Ultrasound estimation of volume of pleural fluid in mechanically ventilated patients. *Intensive Care Med.* 2006;32(2):318-21. [DOI]
28. Chung MJ, Goo JM, Im JG, Cho JM, Cho SB, Kim SJ. Value of high-resolution ultrasound in detecting a pneumothorax. *Eur Radiol.* 2005;15(5):930-5. [DOI]
29. Murphy M, Nagdev A, Sisson C. Lack of lung sliding on ultrasound does not always indicate a pneumothorax. *Resuscitation.* 2008;77(2):270. [DOI]
30. Chavez MA, Shams N, Ellington LE, Naithani N, Gilman RH, Steinhoff MC, *et al.* Lung ultrasound for the diagnosis of pneumonia in adults: a systematic review and meta-analysis. *Respir Res* [Internet]. 2014 [citado 20 Ene 2022];15(1):50. Disponible en: <https://doi.org/10.1186/1465-9921-15-50>
31. Yang PC, Luh KT, Chang DB, Yu CJ, Kuo SH, Wu HD. Ultrasonographic evaluation of pulmonary consolidation. *Am Rev Respir Dis.* 1992;146(3):757-62. [DOI]
32. Targhetta R, Chavagneux R, Bourgeois JM, Dauzat M, Balmes P, Pourcelot L. Sonographic approach to diagnosing pulmonary consolidation. *J Ultrasound Med.* 1992;11(12):667-72. [DOI]
33. William E, Brant MD. Tórax. En: Rumack CM, Wilson SR, Charboneau JW, Johnson JAM, eds. *Diagnóstico por ecografía.* 3ª ed. Madrid: Mosby; 2006. pp. 575-97.
34. Niemann T, Egelhof T, Bongartz G. Transthoracic sonography for the detection of pulmonary embolism – A meta-analysis. *Ultraschall Med.* 2009;30(2): 150-6. [DOI]
35. Mathis G, Blank W, Reissig A, Lechleitner P, Reuss J, Schuler A, *et al.* Thoracic ultrasound for diagnosing pulmonary embolism: a prospective multicenter study of 352 patients. *Chest.* 2005;128(3):1531-8. [DOI]
36. Phelan AL, Katz R, Gostin LO. The Novel Coronavirus Originating in Wuhan, China: Challenges for Global Health Governance. *JAMA.* 2020;323(8):709-10. [DOI]
37. Wu J, Wu X, Zeng W, Guo D, Fang Z, Chen L, *et al.* Chest CT Findings in Patients with Coronavirus Disease 2019 and Its Relationship with Clinical Features. *Invest Radiol.* 2020;55(5):257-61. [DOI]

38. Zhao W, Zhong Z, Xie X, Yu Q, Liu J. Relation Between Chest CT Findings and Clinical Conditions of Coronavirus Disease (COVID-19) Pneumonia: A Multicenter Study. *AJR Am J Roentgenol.* 2020; 214(5):1072-7. [DOI]
39. Zhou S, Wang Y, Zhu T, Xia L. CT Features of Coronavirus Disease 2019 (COVID-19) Pneumonia in 62 Patients in Wuhan, China. *AJR Am J Roentgenol.* 2020;214(6):1287-94. [DOI]
40. Peng QY, Wang XT, Zhang LN; Chinese Critical Care Ultrasound Study Group (CCUSG). Findings of lung ultrasonography of novel corona virus pneumonia during the 2019-2020 epidemic. *Intensive Care Med.* 2020;46(5):849-50. [DOI]
41. Gattinoni L, Chiumello D, Caironi P, Busana M, Romitti F, Brazzi L, *et al.* COVID-19 pneumonia: different respiratory treatments for different phenotypes? *Intensive Care Med.* 2020;46(6):1099-102. [DOI]
42. Volpicelli G, Lamorte A, Villén T. What's new in lung ultrasound during the COVID-19 pandemic. *Intensive Care Med.* 2020;46(7):1445-8. [DOI]
43. Volpicelli G, Gargani L. Sonographic signs and patterns of COVID-19 pneumonia. *Ultrasound J [Internet].* 2020 [citado 20 Ene 2022];12(1):22. Disponible en: <https://doi.org/10.1186/s13089-020-00171-w>
44. Bouhemad B, Mongodi S, Via G, Rouquette I. Ultrasound for "lung monitoring" of ventilated patients. *Anesthesiology.* 2015;122(2):437-47. [DOI]
45. Marini JJ, Gattinoni L. Management of COVID-19 Respiratory Distress. *JAMA.* 2020;323(22):2329-30. [DOI]
46. Skulstad H, Cosyns B, Popescu BA, Galderisi M, Salvo GD, Donal E, *et al.* COVID-19 pandemic and cardiac imaging: EACVI recommendations on precautions, indications, prioritization, and protection for patients and healthcare personnel. *Eur Heart J Cardiovasc Imaging.* 2020;21(6):592-8. [DOI]
47. McDonagh TA, Metra M, Adamo M, Gardner RS, 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. *Eur J Heart Fail.* 2022;24(1):4-131. [DOI]
48. 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. [DOI]
49. Pang PS, Russell FM, Ehrman R, Ferre R, Gargani L, Levy PD, *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. [DOI]