

Tesis de Grado

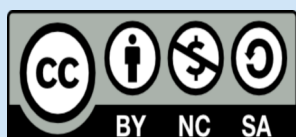
Ortega, Daniela Ayelén y Ponce, Gabriela Julieta

Uso y aplicación de la ultrasonografía pulmonar en el paciente crítico adulto desde una perspectiva kinésica

Instituto de Ciencias de la Salud

2025

*Carrera: Licenciatura en Kinesiología y
Fisiatría*



Esta obra está bajo una Licencia Creative Commons.

Atribución – No comercial – Compartir igual 4.0

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

Documento descargado de RID - UNAJ Repositorio Institucional Digital de la Universidad Nacional Arturo Jauretche

Cita recomendada:

Ortega, D. A. y Ponce, G. J. (2025). *Uso y aplicación de la ultrasonografía pulmonar en el paciente crítico adulto desde una perspectiva kinésica* [Tesis de grado, Universidad Nacional Arturo Jauretche].

<https://rid.unaj.edu.ar/handle/123456789/3678>



Instituto de Ciencias de la Salud

TESINA

Presentada para acceder al título de grado de la carrera de
LICENCIATURA EN KINESIOLOGÍA Y FISIATRÍA

Título:

**“Uso y aplicación de la ultrasonografía pulmonar en el paciente crítico
adulto desde una perspectiva kinésica”**

Autoras:

Ortega, Daniela Ayelén

Ponce, Gabriela Julieta

Director:

Lic. Cristian Benay

Fecha de presentación: 14/10/2025

Firmas de autoras:

A handwritten signature in dark ink, appearing to read 'Daniela', with a large, looping flourish at the end.

A handwritten signature in dark ink, appearing to read 'Gabriela', with a large, looping flourish at the end.

Índice

I. Introducción	1
I.a Pregunta de investigación	2
II. Objetivos	2
II.a Objetivo general	2
II.b Objetivos específicos	3
III. Justificación	3
IV. Marco teórico	3
IV.a Ultrasonografía	3
IV.a.I. Fundamentos físicos de la Ultrasonografía	4
IV.a.II. Ondas sonoras y su producción	5
IV.a.III. Características de la ultrasonografía	5
IV.a.IV. Interacción tejido sonido	6
IV.a.V. Funciones del equipo de ultrasonografía	8
IV.a.VI. Tipos de transductores	9
IV.b Perfil del Kinesiólogo	11
IV.b.I. Ventilación Mecánica	12
IV.b.II. Aplicaciones clínicas de la ultrasonografía desde la Kinesiología	13
IV.b Ultrasonografía pulmonar	15
IV.b.I. Ventajas de la USP y limitaciones	16
IV.b.II. Principios de la ultrasonografía pulmonar	16
IV.b.III. Generalidades	17
IV.b.IV. Semiología pulmonar de la ultrasonografía pulmonar	17
IV.b.V. Protocolo BLUE	18
IV.b.VI. Criterios de diagnóstico de la US	19
IV.c Artefactos en USP	19
IV.c.I. Artefactos horizontales	20
IV.c.II. Artefactos verticales	20
IV.c.III. Signo del murciélago	21
IV .c.IV. Signo de deslizamiento pulmonar	22
IV.d Interpretación ecográfica en el abordaje de patologías pulmonares	23
IV.d.I. Neumotórax	23
IV.d.II. Consolidaciones pulmonares	23
IV.d.III. Derrame Pleural	24
IV.d.IV. Síndrome alveolo intersticial	25
IV.e Evaluación de la aireación pulmonar. LUS Score	28
IV.e.I Aplicaciones Clínicas	32
V. Estrategia Metodológica	32
V.a Criterios de elegibilidad	32
V.c Contexto de Análisis	34
V.d Conclusiones	40
VI. Bibliografía	42

I. Introducción

El kinesiólogo desempeña una tarea imprescindible en el manejo respiratorio del paciente crítico. Entre sus incumbencias se incluyen la gestión de problemas de aireación pulmonar, la aerosolterapia, la oxigenoterapia, el destete respiratorio y la ventilación no invasiva. El examen físico del paciente siempre será clave para definir la mejor estrategia terapéutica en función de la problemática observada. El empleo de la evaluación clínica puede mejorar la capacidad de decisión del kinesiólogo, el seguimiento de la evolución del paciente y la respuesta al tratamiento propuesto(1).

La evaluación de la función respiratoria se realiza por medio de dispositivos y técnicas para monitorizar al paciente en esta área -espirometría, presiones estáticas máximas, tomografía por impedancia eléctrica, volúmenes pulmonares, ecografía pulmonar y diafragmática, entre otras- esto incluye pruebas de calibración y funcionamiento de los equipos, importantes para que su aplicación sea precisa, reproducible y segura para el profesional y el paciente; es decir que el kinesiólogo que trabaje en el ámbito de los cuidados intensivos debe ser un profesional experto en cuidados respiratorios y rehabilitación del paciente crítico(2)

La ecografía pulmonar o POCUS (Point Of Care Ultrasound) es una herramienta que permite exámenes con gran precisión, rapidez y junto a la cabecera de la cama de los pacientes con trastornos respiratorios agudos; se ha denominado como el quinto paso dentro de la exploración del paciente (inspección, palpación, percusión auscultación e insonación). Existen estudios clínicos que indican que la ultrasonografía diagnóstica puede incluso ser superior al examen físico tradicional en cuanto a la sensibilidad diagnóstica(3–5).

En la práctica clínica cotidiana, la ultrasonografía pulmonar contribuye a una mejor precisión diagnóstica, reduce costos y disminuye el riesgo de complicaciones. También, puede facilitar procedimientos como el monitoreo de la correcta colocación del tubo endotraqueal, minimizando errores de posicionamiento. Se trata de una herramienta de gran utilidad en el ámbito de los cuidados críticos, ya que no emite radiación, lo que la hace segura para su uso en niños y mujeres embarazadas, y permite repetir el estudio cuantas veces sea necesario sin riesgo adicional. Además, su posibilidad de realización en la cabecera del paciente la convierte en una herramienta ideal para evitar traslados, lo que representa un beneficio clave en contextos de cuidados intensivos(5–9).

En las décadas del 70 y el 80 se produce la expansión en el uso de los ultrasonidos dentro de la práctica clínica; es a principios de los 80 cuando comienza a utilizarse la ecografía 2D en tiempo real y durante esta misma década se documenta la presencia de líneas B. El avance en la tecnología, que incluye la reducción del tamaño de los equipos, la mejora en la calidad de las imágenes y la disminución de los

costos, ha impulsado notablemente la expansión de esta herramienta. Aunque ya en los años 50 existen publicaciones que documentaban el uso del ultrasonido para detectar neumotórax, fue principalmente en los años 90 cuando Lichtenstein incluyó su uso dentro de la evaluación rutinaria en el paciente crítico, estableciendo protocolos y signos ecográficos reproducibles. El pulmón siempre fue considerado una zona ciega al estudio con ultrasonidos, debido a la presencia de artefactos que se interpretaban como limitaciones técnicas, pero gracias a la correcta interpretación de estos artefactos, ha permitido transformar lo que hasta entonces era considerado un obstáculo diagnóstico en una herramienta clínica de alto valor, facilitando la detección de diversas patologías pulmonares(7). Recientemente, gracias al concepto Point-of-Care Ultrasound (POCUS), se integró a la rutina clínica y a la evaluación del kinesiólogo. La evidencia actual respalda su utilidad diagnóstica superior, al proporcionar información en tiempo real que puede cambiar directamente las decisiones terapéuticas(5).

Es por ello que este trabajo de investigación tiene como objetivo revisar y describir los usos actuales de la ultrasonografía pulmonar desde el ámbito de la práctica kinésica, considerando su valor diagnóstico, terapéutico y su aplicabilidad en la toma de decisiones clínicas en pacientes adultos críticos. En este contexto, la ecografía pulmonar se presenta como una herramienta valiosa para evaluar la función respiratoria y guiar el tratamiento de forma precisa, segura y no invasiva. A través de esta revisión bibliográfica, se busca responder a la siguiente pregunta problema:

I.a Pregunta de investigación

¿Cuáles son los usos de la ultrasonografía pulmonar en el paciente adulto crítico desde una perspectiva kinésica?

II. Objetivos

II.a Objetivo general

- **Describir los usos y aplicaciones de la ultrasonografía pulmonar en pacientes adultos críticos desde una perspectiva kinésica.**

II.b Objetivos específicos

- **Describir los principios básicos del funcionamiento de la ultrasonografía pulmonar en entornos de cuidados críticos**
- **Investigar la aplicación de la ultrasonografía pulmonar en el paciente crítico adulto**
- **Examinar la utilidad del LUS Score como herramienta diagnóstica en la valoración de la aireación pulmonar a través de ultrasonografía**

III. Justificación

La evaluación del paciente forma parte fundamental e irremplazable de cualquier proceso diagnóstico, tanto médico como kinésico. En esta revisión bibliográfica nos basaremos en el contexto de los cuidados críticos en pacientes adultos, donde incluiremos a la ultrasonografía pulmonar como una herramienta innovadora. Esto quiere decir que, a la ya conocida rutina de inspección, palpación, percusión y auscultación, sumaremos un quinto pilar de evaluación mediante el análisis de las imágenes arrojadas por la ultrasonografía.

Desde la práctica kinésica, uno de los principales objetivos es prevenir y/o minimizar el daño respiratorio y sus posibles complicaciones. En ese sentido, el presente trabajo pretende investigar sobre una herramienta actualizada, segura y eficaz como la ultrasonografía pulmonar, que contribuya a mejorar la evaluación y el diagnóstico del paciente crítico; favoreciendo la toma de decisiones en el contexto de emergencia, reduciendo los costos derivados de traslados, la exposición del paciente y la estancia hospitalaria.

En el desarrollo de esta investigación nos centraremos en describir el funcionamiento del equipo, así como investigar sus usos y aplicaciones dentro de la unidad de terapia intensiva, siempre desde una perspectiva kinésica; considerando al kinesiólogo/a como operador/a principal de esta herramienta.

IV. Marco teórico

IV.a Ultrasonografía

La ultrasonografía médica tiene sus orígenes en los desarrollos tecnológicos derivados del sonar, utilizado durante la Primera Guerra Mundial para la detección de objetos mediante ondas sonoras. En

1947 se publicaron las primeras imágenes ecográficas del cráneo humano y en 1958, comenzaron a documentarse las primeras imágenes de enfermedades abdominales. Durante las décadas posteriores, la ecografía se incorporó de forma creciente en especialidades como la radiología, la cardiología y la obstetricia, consolidándose como una herramienta diagnóstica segura y no invasiva. En sus inicios, su uso estaba limitado a especialistas y no se aplicaba de manera relevante en la evaluación pulmonar ni en pacientes críticos. Recién en la década de 1990, el Dr. Daniel Lichtenstein comenzó a explorar su aplicación en el ámbito pulmonar. Sin embargo, fue en el 2011 cuando surgió el concepto de POCUS (*Point of Care Ultrasonography*), lo cual representó un verdadero cambio de paradigma en el uso clínico de la ecografía. POCUS se define como la ecografía realizada directamente por el profesional tratante, al lado del paciente para responder preguntas clínicas inmediatas o guiar procedimientos. En contextos como emergencias, unidades de cuidados intensivos y medicina interna, su implementación ha demostrado mejorar la toma de decisiones clínicas y acelerar el diagnóstico de condiciones críticas(10,11).

Este enfoque transformó la manera de entender y aplicar la ecografía en la práctica clínica, y no sólo permitió su aplicación más allá de los servicios de diagnóstico por imágenes, sino que también abrió nuevas oportunidades para otras disciplinas de la salud especialmente para los kinesiólogos, ya que el concepto POCUS fue clave para nuestra inclusión en el uso de la ecografía como herramienta diagnóstica y terapéutica.

IV.a.I.Fundamentos físicos de la Ultrasonografía

La ultrasonografía es una técnica de diagnóstico que utiliza el sonido. Dicha técnica se basa en la emisión y recepción de ondas de ultrasonido y sus imágenes correspondientes, se obtienen gracias al procesamiento electrónico de los ecos -haces de ultrasonido- que se reflejan en las diferentes estructuras corporales e interfases tisulares; la ultrasonografía, como cualquier fenómeno físico compuesto en mayor medida por ondas electromagnéticas, cuentan con una propiedad simple, pero primordial para nuestra existencia: la capacidad de propagarse a través de un espacio vacío. De esta manera la luz natural envía su energía atravesando el espacio vacío que nos separa de nuestra estrella sin complicaciones. La diferencia que arroja con las ondas mecánicas es sencilla, ya que estas necesitan de un medio para poder propagarse(12). Por lo tanto, depende de cuán densas sean las moléculas que existen alrededor de la fuente generadora de ondas la energía va a propagarse a menor o mayor velocidad hasta cumplir con su objetivo(7).

IV.a.II. Ondas sonoras y su producción

Las ondas sonoras, también son mecánicas por lo que necesitarán un medio por el cual propagarse para ser aplicable como elemento para el intercambio de la información diagnóstica. Quien tiene la tarea del intercambio de esa información -ser emisor y receptor- es el transductor que como su nombre lo indica es quién traduce la energía eléctrica en

energía mecánica quién después producirá la onda sonora. Este evento sucede gracias a una propiedad en la que se basa, que recibe el nombre de efecto piezoeléctrico. Esto se origina cuando una pieza específica de un material es expuesta a una fuerza mecánica y recibe una respuesta de ese material -una diferencia de potencial entre sus caras- creando una corriente eléctrica. La frecuencia de resonancia será el modo en que vibrará en consonancia un material que posea el efecto piezoeléctrico, dada su composición y su estructura luego de que haya sido expuesto a una diferencia de potencial entre sus caras. De esta manera es posible que se fabriquen transductores con frecuencias determinadas y específicas para cada aplicación(12).

IV.a.III. Características de la ultrasonografía

Es necesario realizar una explicación del equipo de ultrasonografía para entender algunas de sus propiedades y comprender los parámetros que más caracterizan a las ondas sonoras(10).

- **Longitud de onda:** es definida como la distancia entre el inicio de un ciclo y su final. La longitud de onda se genera dividiendo la velocidad entre la frecuencia. Su unidad de medida es el milímetro (mm)
- **Periodo:** es el tiempo en el que sucede un único fenómeno ondulatorio completo.
- **Frecuencia:** consiste en el número de ciclos que ocurren en un segundo y está determinada por la fuente que emite el sonido y por el medio a través del cual está viajando. Las frecuencias que son utilizadas para el diagnóstico clínico están comprendidas en el rango de 2-28 MHz(12).

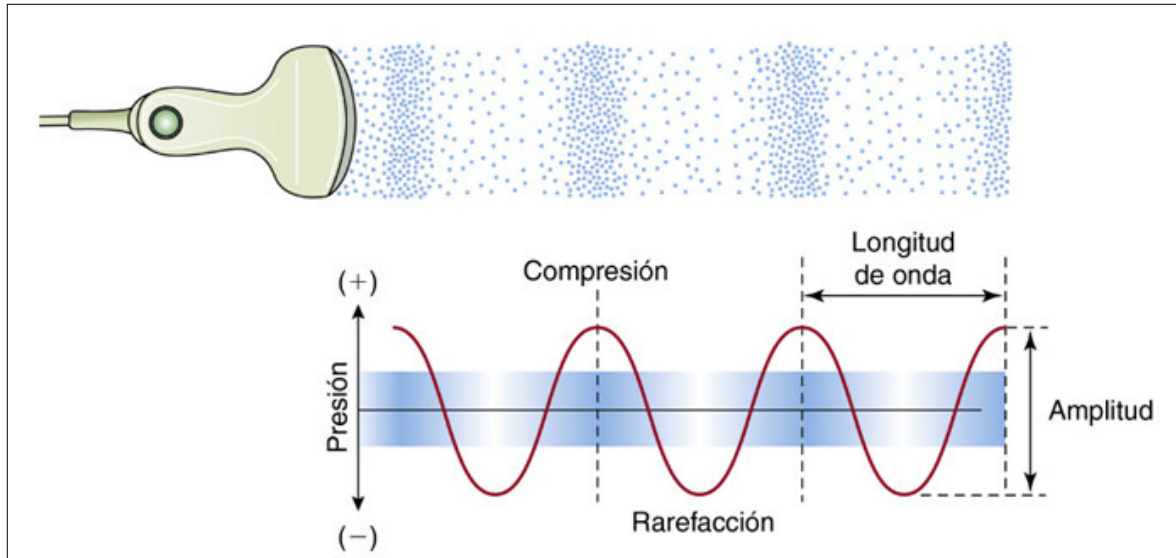


Imagen N°1. Representación de la propagación de ondas sonoras a través de un medio. Fuente: Soni NJ, et al(13)

IV.a.IV. Interacción tejido sonido

El haz del ultrasonido al traspasar cada capa del cuerpo se encontrará con tejidos de densidades variadas e interfaces. Son estas últimas las que “responderán” los ecos que luego permitirán que se reproduzca la imagen ecográfica. La onda ultrasónica cuando enfrenta una interfaz determinada tiene dos recorridos para elegir: reflejarse o transmitirse más profundamente. Va a depender entonces de la relación que exista entre los tejidos que preceden y suceden a la interfaz a la que nos referimos.

La propagación ocurrirá en aquellos tejidos con mayor cantidad de líquido (hígado, músculo, consolidaciones y tumores) cuando estos ecos se enfrentan a un tejido que no se comprime (hueso) o repleto de aire (vísceras huecas) regresan al transductor y la llamamos reflectancia. Qué camino tomará cada proporción va a depender de la relación en cuestión. Cuando el tejido que está detrás es más denso que el que se encuentra por delante, la parte reflejada será mayor a la transmitida. En cambio, será mayor la transmisión cuando el segundo tejido sea más laxo que el primero. Así, de acuerdo a la densidad de las moléculas que existan alrededor de las fuentes que generan las ondas, la energía se propaga a menor o mayor velocidad hacia su objetivo(10,14)

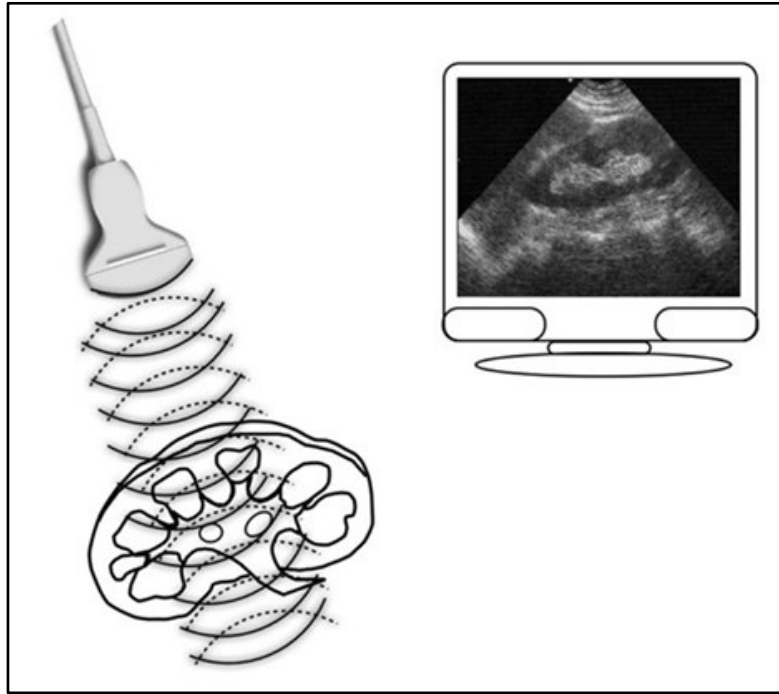


Imagen N°2. Representación de las ondas de ultrasonido que viajan hacia el órgano que se está observando.
Fuente: Tirado A, et al(15)

La imagen que es arrojada como resultado se mide con una escala que mide la ecogenicidad de los tejidos que refiere a la capacidad de transmitir ondas ecográficas en el contexto de estructuras circundantes. Según la ecogenicidad, las estructuras pueden clasificarse como hiperecoica (se visualiza blanca) hipoecoica (se visualiza gris) y anecoica (se visualiza negro en la pantalla) Esta escala va de hiperecogénico a hipoecogénico o anecoico(10,14).

Las propiedades acústicas de los tejidos producirán diferentes niveles ecogénicos, esto nos dará diferentes tonos de blanco, gris y negros. Las distintas ecogenicidades de los diferentes tejidos son:

Hueso y aire: muy ecogénico/hiperecoico -refleja gran parte de las ondas- tono blanco

Músculo: ecogénico/hiperecoico

Hígado y riñón: ecogénico/isoecoico, eco menos ecogénico

Grasa: hipoecogénico/hipoeicoico, tono oscuro

Sangre y fluidos: hipoecogénico/hipoecoico, tono muy oscuro(10)



Imagen N°3. Ecogenicidades observables en los tejidos mediante ultrasonografía. Fuente: García de Casasola G, et al. (16)

IV.a.V. Funciones del equipo de ultrasonografía

Las teclas y funciones son necesarias para la práctica e importantes y hasta imprescindibles para visualizar signos específicos:

Probe o Exam: permite seleccionar el transductor y tipo de estudio. En pantallas táctiles aparecen sub opciones que pueden seleccionarse; en otras se puede seleccionar con teclas específicas.

Patient: abre el menú para ingresar los datos del paciente y del estudio.

Freeze: Congela la imagen que transcurre en la pantalla para analizarla o medir. Los equipos suelen guardar en memoria 10 segundos en retrospectiva en formato cine. Se recomienda activarla al cambiar de transductor o cuando no se lo usa, para prolongar la vida útil del equipo. Lo ideal sería que mientras

no se utilice el transductor; de este modo no se emitirán ultrasonidos y así cuidaremos la vida útil del equipo. Para cambiar de transductor, también es aconsejable “freezar” las imágenes.

Mode: varía según la marca y el modelo de los equipos.

B-B Mode / 2D: nos permite acceder al modo bidimensional; algunos equipos permiten ver 2 o 4 imágenes bidimensionales en pantalla, muy útil para comparar.

M- M Mode: esta tecla nos permitirá acceder al modo M. Se habilita un haz en la pantalla que delimita la zona por la cual se registrará dicho modo; si el equipo posee *Modo M anatómico* se suele activar esta opción esto va a permitir que a través de una perilla se pueda descolgar del modo M y poder colocarlo justo en la parte de la imagen de nuestro interés(12)



Imagen N°4. Fotografía de un Ecógrafo Portátil SonoSite M-turbo

IV.a.VI. Tipos de transductores

Las sondas o transductores de ultrasonido permiten manejar distintas frecuencias de ondas. Aquellas de alta frecuencia darán mejor definición en la imagen, pero con pobre penetración hacia los tejidos; mientras que las de baja frecuencia permitirán mejor penetración en los tejidos, pero con una menor resolución en la imagen. ***Para la evaluación del tórax se ha recomendado utilizar un transductor convexo de 5 a 7,5 Mhz logrando una resolución de la pared torácica y estructuras vasculares excelente. El transductor de 3,5 a 5 Mhz. es ideal para valorar aquellas estructuras profundas del tórax como el espacio pleural.*** Se visualiza el incremento acústico -hiperecoico- de un objeto con mínima atenuación (como el caso de aire en los alvéolos) o la sombra acústica en la que se puede observar una región anecoica tras un objeto de alta reflectancia (como en la pleura).

El transductor debe ser orientado en sentido cefálico y en forma perpendicular a la anatomía del tórax, de manera que la imagen que se observe sea real del sitio examinado y no de estructuras sobrepuestas(10).

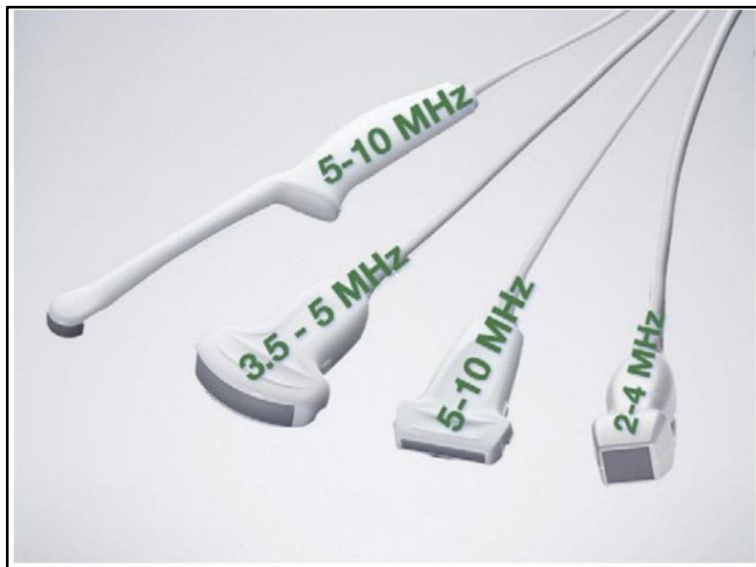


Imagen N°5. Tipos de transductores con las diferentes frecuencias. Fuente: Tirado A, et al(15)

Se puede adaptar y sostener una imagen ultrasonográfica equilibrada mediante la manipulación de la ganancia de la ecogenicidad consiguiendo una mejor definición, también se puede ajustar la profundidad de la imagen en pantalla para identificar detalles más precisos en los tejidos(7,12).

Las estructuras que pueden visualizarse en el ultrasonido torácico son: tejido blando, pleura parietal y visceral; esta última en ausencia de patología pleural suele medir menos de 2mm de grosor y se las observa como dos líneas hiperecoicas; en cambio el espacio pleural en ausencia de patología suele ser complicado de describir ya que es prácticamente un espacio virtual menor a 0,3 mm de grosor; El tejido pulmonar se diferencia por dos líneas hiperecoicas que corresponde al artefactos producidos por el aire que entra y sale de los alvéolos(7,10).

IV.b Perfil del Kinesiólogo

El kinesiólogo intensivista es un profesional de la salud que integra el equipo interdisciplinario en la unidad de cuidados intensivos (UCI). Su formación especializada le otorga un amplio conocimiento en el manejo respiratorio y rehabilitación del paciente crítico. En los últimos años, su presencia en la UCI ha ganado mayor relevancia, consolidándose como una de las principales intervenciones en este ámbito, especialmente por su participación activa en la toma de decisiones clínicas en conjunto con los otros profesionales intensivistas y en la implementación de estrategias terapéuticas para abordar la atención del paciente crítico de manera integral. Debido a la complejidad de estos pacientes, el trabajo del kinesiólogo se centra en brindar una atención de calidad en cuanto a los cuidados respiratorios y rehabilitación, utilizando la mejor evidencia científica disponible y adaptando cada intervención a las necesidades de cada paciente. Entre sus competencias se incluyen:

- Evaluación de la función respiratoria, mediante la utilización de herramientas y dispositivos de evaluación, y aplicación de técnicas o procedimientos vinculados con el cuidado respiratorio.
- Administración de gases medicinales, tales como aerosolterapia y oxigenoterapia.
- Monitoreo de la VM, mediante el control, evaluación y seguimiento de la mecánica respiratoria, el intercambio de gases y la interacción del paciente con el ventilador.
- Cuidado de la vía aérea artificial (tubo endotraqueal, cánula de traqueostomía), tanto en la asistencia en el proceso de colocación como en la retirada de la vía aérea artificial.
- Desvinculación de la ventilación mecánica que comprende el uso de herramientas de monitoreo de la función respiratoria ante los posibles factores que predicen el éxito o el fracaso de la desvinculación.

- Intervenciones de rehabilitación motora, mediante técnicas, y ejercicios específicos para mejorar la capacidad motora, prevenir complicaciones y lograr la mejor recuperación funcional del paciente crítico.
- Prevención de complicaciones en el paciente crítico, mediante la implementación de guías y protocolos de prevención.
- Desarrollo de guías y protocolos específicos para evaluación y tratamiento de diversos tipos de pacientes.

El kinesiólogo intensivista, a través de su intervención en la evaluación, tratamiento y rehabilitación del paciente crítico, asegura un cuidado respiratorio y rehabilitación de calidad, basándose en la mejor evidencia científica y ajustándose a las necesidades de cada paciente y al entorno de trabajo(2).

La evaluación del paciente crítico es un proceso dinámico y es la etapa clave para detectar alteraciones fisiológicas y funcionales, así como para definir la mejor estrategia terapéutica. Esta evaluación tiene gran importancia en varios aspectos. En primer lugar, al identificar los déficits en la función respiratoria, facilita que la intervención sea adaptada a cada paciente, asegurando que la estrategia terapéutica sea segura. Asimismo, contribuye a la prevención de problemas graves, ya que permite anticipar riesgos asociados, como los relacionados a las complicaciones respiratorias (atelectasia, neumonía, retención de secreciones, entre otras). En relación al monitoreo, la evaluación kinésica permite evaluar la respuesta al tratamiento, brindando datos importantes para la toma de decisiones dentro del equipo interdisciplinario(1)

IV.b.I. Ventilación Mecánica

La ventilación mecánica (VM) es un procedimiento transitorio que se emplea con frecuencia dentro de la unidad de terapia intensiva. Consiste en asistir o reemplazar la respiración espontánea del paciente mediante un dispositivo mecánico que es el ventilador. Su objetivo principal es asegurar un adecuado intercambio de gases, especialmente en pacientes críticos con compromiso de la función respiratoria. El principio básico del funcionamiento de un ventilador mecánico es introducir mediante presión positiva, aire y oxígeno en los pulmones del paciente. La ventilación mecánica puede ser no invasiva (VMNI) o invasiva (VMI). En esta última, se requiere la inserción de un tubo endotraqueal o la realización de una traqueostomía a través de la vía aérea del paciente.

Se indica ante insuficiencia respiratoria, alteración del estado de conciencia, enfermedades respiratorias graves o inestabilidad hemodinámica. Entre sus objetivos fisiológicos se encuentran:

mejorar la oxigenación, reducir el trabajo respiratorio, incrementar el volumen pulmonar, aumentar la distensibilidad pulmonar, prevenir el colapso alveolar y evitar lesiones inducidas por el respirador.

Complicaciones más frecuentes:

- Lesión pulmonar inducida por la ventilación (especialmente en SDRA).
- Complicaciones por sedación: en etapas iniciales de la VM, puede ser necesaria la sedación (con o sin bloqueo neuromuscular), especialmente en pacientes con shock, SDRA o mala sincronía con el respirador.
- Toxicidad por oxígeno a altas concentraciones.
- Disfunción muscular respiratoria y dificultad en el proceso de destete.
- Infecciones respiratorias: la VMI aumenta el riesgo de neumonía asociada al respirador, por microaspiración y disminución de los mecanismos de defensa respiratoria.

Desvinculación de la ventilación mecánica:

El destete o *weaning* es un procedimiento frecuente en UTI, que puede ocupar hasta el 40 % del tiempo total de ventilación. Consiste en reducir progresivamente la dependencia del paciente al soporte ventilatorio. Se inicia una vez que se identificaron a los pacientes que puedan realizar una prueba de respiración espontánea, seguida por tres etapas: evaluación de predictores de tolerancia a la prueba de respiración espontánea, una prueba de respiración espontánea, una prueba de extubación y el proceso finaliza con la extubación en caso de que las pruebas haya sido la adecuada. Si las pruebas son satisfactorias, se procede a la extubación. Dado que se trata de un procedimiento habitual que demanda una parte considerable del tiempo diario del personal intensivista, se encuentra dentro de los procedimientos más evaluados en la práctica clínica(17,18).

IV.b.II. Aplicaciones clínicas de la ultrasonografía desde la Kinesiología

En el contexto de la kinesiología respiratoria en cuidados críticos, la USP se presenta como una herramienta de gran valor clínico. Su alta sensibilidad y especificidad superan ampliamente a las técnicas convencionales de evaluación (auscultación o radiografía de tórax) lo que permite identificar con mayor precisión distintas afecciones pulmonares, como consolidaciones subpleurales, derrame pleural o colapso pulmonar, así como también evaluar la extensión de la pérdida de aireación y la función diafragmática. Todos estos elementos son determinantes a la hora de definir estrategias de intervención kinésica(4,19).

Las aplicaciones de la ultrasonografía abarcan múltiples regiones anatómicas, facilitando decisiones clínicas inmediatas en diversos contextos, desde la emergencia hasta la terapia intensiva. En el entorno de la Unidad de Cuidados Intensivos, el kinesiólogo/a enfrenta el desafío de intervenir en pacientes con condiciones complejas, donde el tiempo para la evaluación y la toma de decisiones es limitado. En este contexto, la ecografía en el punto de atención (POCUS) se ha convertido en una herramienta muy útil para orientar la práctica del kinesiólogo/a en el manejo de pacientes críticos(3,20).

A continuación, se presentan las principales evaluaciones con ecografía que ayudan al kinesiólogo/a a realizar una mejor valoración y seguimiento del paciente crítico:

Sistema evaluado	Aplicaciones principales
Pulmón	-Detección de líneas B -Diagnóstico de neumotórax, derrame pleural, consolidaciones pulmonares, síndrome alveolo-intersticial -Weaning de la VM -Evaluación de la progresión y respuesta al tratamiento -Evaluación de la aireación pulmonar
Corazón	-Forma, tamaño y movimiento de ventrículos, aurículas y tabique. -Evaluación de la función sistólica y diastólica
Diafragma	-Estudio de la movilidad diafragmática -Diagnóstico de parálisis diafragmática
Músculos periféricos	-Grosor, ecogenicidad, área transversal
Sobrecarga de líquidos	-Evaluación de la vena cava inferior
Presión intracraneal	

La siguiente imagen resume de forma visual las principales zonas del cuerpo donde la ecografía aporta valor diagnóstico:

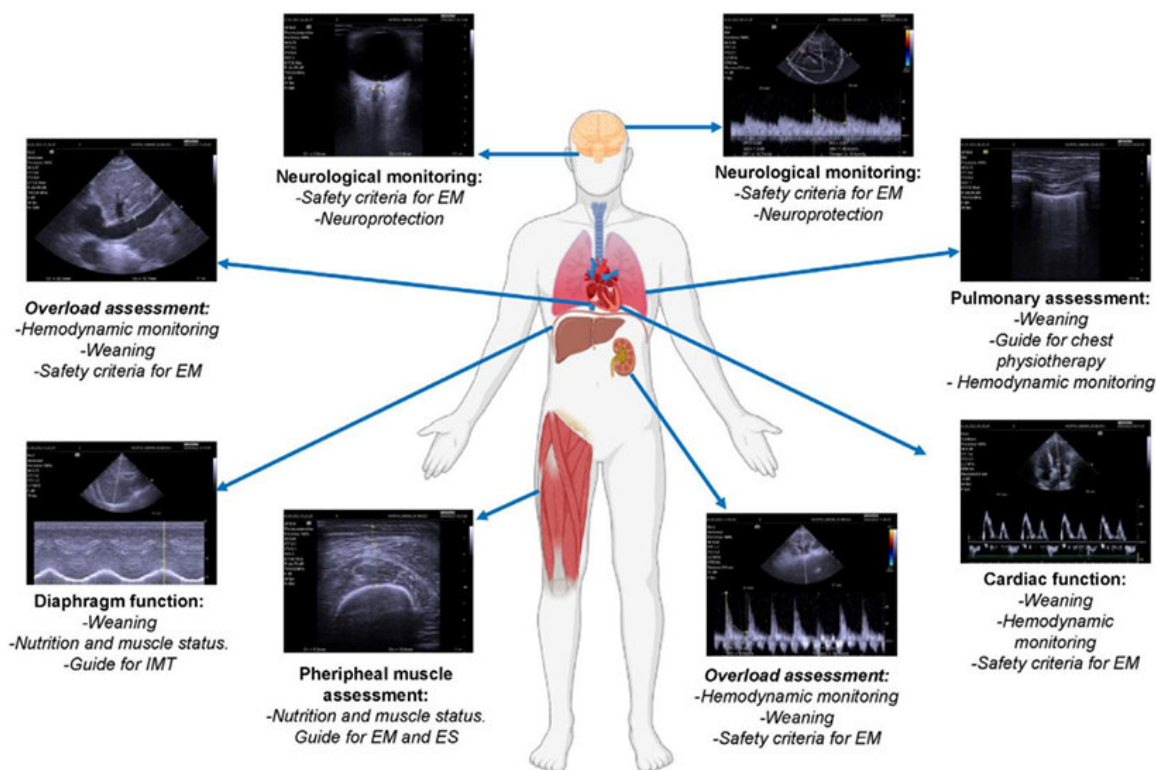


Imagen N°6. Representación del cuerpo humano con distintas áreas anatómicas señaladas, ilustrando las principales aplicaciones clínicas de la ultrasonografía. Fuente: Gómez-González A, et al.(20)

IV.b Ultrasonografía pulmonar

Actualmente, la ultrasonografía pulmonar se ha consolidado como una de las principales herramientas de diagnóstico por imagen que forma parte de la evaluación clínica realizada en la cabecera del paciente, y es utilizada por profesionales de la salud en áreas como urgencias, medicina interna y cuidados intensivos(21). La técnica de ultrasonido aplicable sobre la zona torácica se basa en el reflejo de las ondas sonoras al atravesar estructuras con aire, generando imágenes que resultan de la interacción entre el haz ultrasónico, la pleura, el parénquima pulmonar y la interfase aire-líquido. Es una herramienta valiosa no solo para el diagnóstico y seguimiento de enfermedades pleuropulmonares, sino también que ofrece información clave para guiar intervenciones en pacientes críticos. En este contexto, su incorporación en la práctica clínica kinésica mejora la precisión de las estrategias terapéuticas respiratorias, brindando una evaluación funcional, segura y en tiempo real del estado pulmonar(5).

IV.b.I. Ventajas de la USP y limitaciones

La ultrasonografía pulmonar ofrece múltiples beneficios que la posicionan como una herramienta clave en el manejo del paciente crítico. Sus principales ventajas incluyen:

- **Económica:** comparada con otros métodos de imagen, la USP requiere un menor espacio físico ,incluso con recursos limitados
- **Inocua:** al no utilizar radiación ionizante, resulta segura tanto para el paciente como para el operador, ya que no tiene riesgos biológicos.
- **Permite controles repetidos:** es útil para el seguimiento de patologías y su evolución
- **Portátil y de fácil acceso:** los equipos de ultrasonido pueden ser trasladados a la cabecera del paciente, evitando traslados innecesarios y riesgos en pacientes inestables
- **Dinámica y en tiempo real:** permite una evaluación inmediata, lo que resulta crucial en contextos de urgencia o deterioro clínico agudo.
- **Reproducible:** si se aplican criterios estandarizados, distintos operadores pueden obtener hallazgos similares, incrementando su confiabilidad diagnóstica.
- **Eco Palpación:** la compresión guiada por el transductor puede ayudar en el diagnóstico, por ejemplo, si hay dolor selectivo en el hallazgo de una masa o si una vena con sospecha de trombosis no se deprime.
- **Guía de procedimientos:** puede guiar una punción con fines diagnósticos o terapéuticos.

A pesar de sus ventajas, la ultrasonografía también presenta ciertas limitaciones, siendo una de las principales la dependencia del operador. La calidad del estudio y la correcta interpretación de las imágenes dependen en gran medida de la formación, la experiencia y las habilidades del profesional que la realiza(3,5).

IV.b.II. Principios de la ultrasonografía pulmonar

- La ecografía pulmonar en cuidados críticos se realiza utilizando un equipo simple y de fácil uso
- En el tórax, el aire y los líquidos suelen ocupar zonas distintas, pero ante un proceso patológico, pueden mezclarse y generar artefactos ecográficos
- El pulmón es un órgano muy voluminoso, y su evaluación se puede organizar mediante zonas estandarizadas

- Los signos surgen a partir de la línea pleural
- Los signos que surgen de la línea pleural son principalmente dinámicos
- Los signos estáticos son en su mayoría producto de artefactos

La mayoría de las afecciones agudas de riesgo vital se localizan en la línea pleural(7).

IV.b.III. Generalidades

Por la cara anterior, lateral y posterior puede realizarse el examen pulmonar. Dependiendo de la patología que vayamos a buscar o analizar se puede optar por elegir un abordaje más detallado - analizando cada uno de los espacios entre las costillas accesibles o elegir un enfoque más general a través de los puntos específicos que representan aquello que sucede dentro del órgano. En la actualidad, existen varios protocolos para la observación del pulmón por ultrasonografía, pero en esta investigación nos enfocaremos en los que Lichtenstein denomino “BLUE points” que se sitúan en la cara anterior de cada hemitórax.

IV.b.IV. Semiología pulmonar de la ultrasonografía pulmonar

Para su estudio y evaluación, la semiología pulmonar puede dividirse en las siguientes etapas:

- 1) En primer lugar, se busca reconocer las costillas, superior e inferior de un espacio intercostal y la sombra acústica posterior, a una distancia aproximada de 2 cm entre ambos.
- 2) Reconocer la línea pleural, ubicada aproximadamente a 0,5 cm por debajo de las costillas y en medio de ambas
- 3) Reconocer el signo del murciélago resultante de la aparición de artefactos y línea pleural: costilla- línea pleural- costilla, donde la ecogenicidad de las costillas forma las alas y la línea que forma la pleura el cuerpo del murciélago.
- 4) Visualizar la zona de Merlín, que se conforma del espacio determinado que queda por debajo de la línea pleural donde aparecerán las distintas estructuras anatómicas y los artificios a analizar.
- 5) Reconocer las líneas A, que consisten en líneas ecogénicas paralelas pleural separadas por una distancia equidistante.
- 6) Reconocer el deslizamiento pulmonar(12)

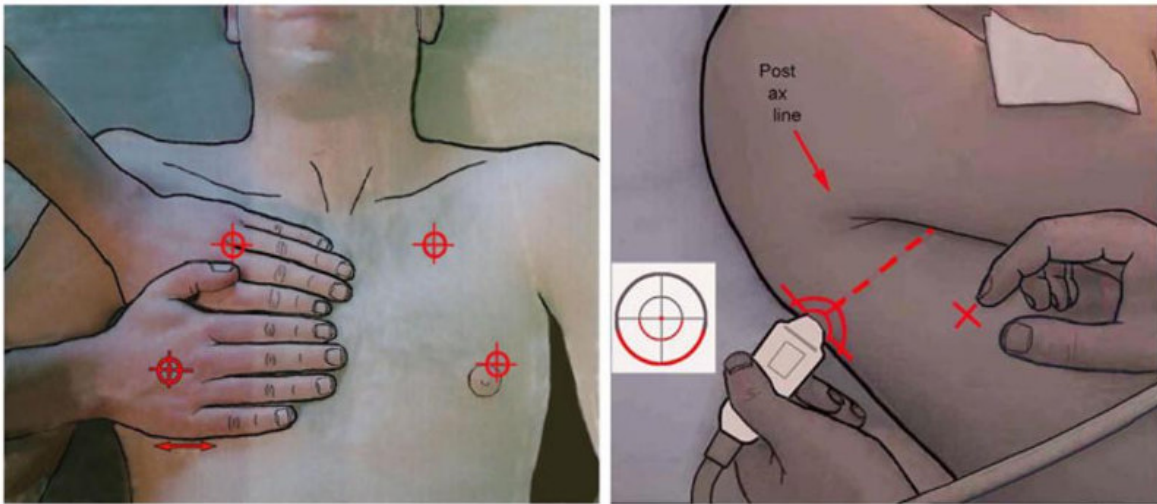


Ilustración N° 7. Zonas de exploración ecográfica y puntos clave. Fuente: Lichtenstein DA(7).

IV.b.V. Protocolo BLUE

El protocolo BLUE (Bedside Lung Ultrasound in Emergency), propuesto por el Dr. Daniel Lichtenstein, es una técnica rápida de ecografía pulmonar utilizada para diagnosticar la insuficiencia respiratoria aguda en el servicio de emergencia. Este protocolo permite evaluar al paciente en menos de tres minutos mediante el uso de puntos anatómicos estandarizados. Dentro de la exploración se identifican tres puntos específicos en cada hemitórax, los cuales permiten una evaluación ecográfica rápida y precisa del pulmón. El evaluador coloca ambas manos sobre el hemitórax del paciente, excluyendo los pulgares y con la mano superior contacta la clavícula, de esta manera se delimita la región correspondiente al pulmón, lo que permite establecer los tres puntos de referencia:

- Punto BLUE superior, ubicado en la región anterior y superior del tórax.
- Punto BLUE inferior, ubicado en la región anterior e inferior del pulmón.
- Punto PLAPS, localizado en la parte posterolateral del tórax, cerca del diafragma(7).

En los puntos específicos se evalúan los patrones pulmonares y la presencia o ausencia de artefactos, tales como la presencia o ausencia del deslizamiento pleural, las líneas A y B, consolidaciones, derrame pleural y el signo lung point específico de neumotórax. Al combinarse estos hallazgos permite identificar el patrón pulmonar asociado al diagnóstico clínico específico. En sumatoria, se incorpora al protocolo BLUE la evaluación de TVP (trombosis venosa profunda), cuando se sospecha una embolia pulmonar(7,21,22).

IV.b.VI. Criterios de diagnóstico de la US

La pleura visceral y la parietal en condiciones normales no siempre pueden ser visualizadas por la ultrasonografía. En la normalidad suele verse como una línea fina de unos 2mm de grosor hiperecogénica; entre ellas se encuentra el espacio pleural que no mide más de 0,3-0,5 mm dentro de su normalidad. Durante los movimientos respiratorios ambas hojas pleurales se deslizan una sobre la otra. El parénquima pulmonar sano, al contener aire en su interior, no puede transmitir los ecos por lo que no puede ser visto con claridad. Las costillas dejan una sombra acústica posterior. El *signo de deslizamiento* nos sirve para localizar la superficie del pulmón. Este signo dinámico es más fácil de observar colocando la sonda en posición longitudinal -debido a que el pulmón es un pistón craneocaudal- este mismo signo desaparece en la ausencia de movimientos respiratorios como en el neumotórax, la atelectasia completa, la fibrosis pleural, la intubación selectiva y la apnea(7,23).

Existen tres modos fundamentales de visualizar las imágenes en un ecógrafo:

Modo A (de amplitud), es el que se utilizó en un principio para distinguir entre estructuras quísticas y sólidas. En la actualidad es el más empleado; salvo que se necesite comprobar los parámetros técnicos viendo la amplitud en distintas profundidades.

Modo B (brillo o bidimensional), se observa la representación de los ecos. Esta es la modalidad empleada en todos los equipos de ecografía el cual permite observar estructuras anatómicas en tiempo real.

Modo M, se utiliza con las estructuras en movimiento, como el diafragma, el corazón o la línea pleural. Muestra la amplitud del eco en el eje vertical, mientras que el eje horizontal representa el tiempo y la profundidad(12,24).

IV.c Artefactos en USP

Como se explicó previamente, la ecografía se basa en principios físicos, que, en condiciones ideales, suponen que el sonido viaja en línea recta, con velocidad constante, y que cada eco proviene de una única reflexión. Sin embargo, en la práctica clínica, estas condiciones rara vez se cumplen por completo, lo que da lugar a artefactos. Los artefactos en ultrasonografía son alteraciones en la imagen

que no corresponden exactamente con la anatomía real, originadas por ciertas suposiciones que el equipo realiza al formar la imagen.

Muchos artefactos ecográficos son esenciales para la interpretación diagnóstica, especialmente en la ultrasonografía pulmonar, donde la presencia de aire y la interfaz pleural generan patrones que permiten identificar patologías. En este apartado se describen los principales artefactos horizontales y verticales relevantes en la evaluación pulmonar:

IV.c.I. Artefactos horizontales

Líneas A: Son los principales artefactos horizontales en la ecografía pulmonar. Aparecen como líneas hiperecogénicas, equidistantes entre sí y paralelas a la línea pleural. Esto se manifiesta como múltiples líneas paralelas brillantes a intervalos uniformes, que disminuyen en intensidad con la profundidad. Se generan por el fenómeno físico de reverberación del haz ultrasónico entre la pleura y el transductor, lo que produce ecos repetidos a distintas profundidades. Su presencia indica la existencia de aire en los espacios alveolares, compatible con un pulmón normalmente aireado o, si se acompaña de otros signos (como ausencia de deslizamiento pleural) sería indicativo de neumotórax. La reverberación puede degradar la imagen, pero en el caso del pulmón, su patrón regular permite identificar condiciones clínicas específicas con alta sensibilidad(11,22).

IV.c.II. Artefactos verticales

Los artefactos verticales están representados por las líneas B, Z, E, W. A modo de síntesis, en este trabajo, se describen los más representativos desde el punto de vista clínico:

Las líneas B: También llamadas artefactos en "cola de cometa", corresponden a un tipo específico de artefacto de reverberación, que se origina cuando el haz ultrasónico interactúa con interfaces muy próximas y altamente reflectantes, generando una señal hiperecogénica vertical que se estrecha en profundidad, con forma de cono o triángulo. Estas líneas emergen desde la línea pleural y se extienden hasta el borde inferior de la imagen, borrando las líneas A a su paso. La visualización de múltiples líneas B (más de tres por espacio intercostal) se denominan patrón B, o "cohetes", y se identifica con mayor claridad en las regiones anterolaterales del tórax. Sugiere congestión pulmonar, edema intersticial o enfermedades intersticiales difusas como fibrosis(22,24).

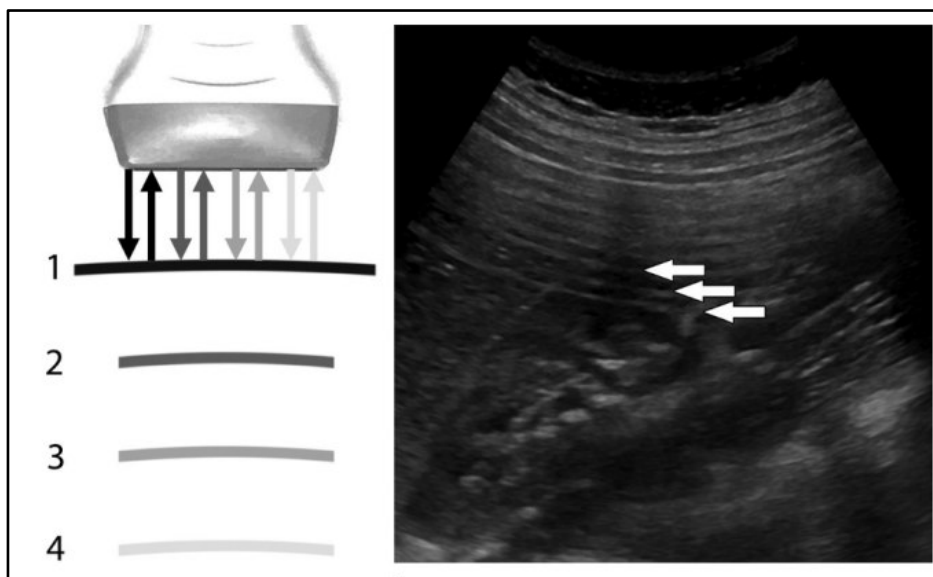


Imagen N°8 Artefacto de reverberación. Fuente: Baad M, et al.(24)

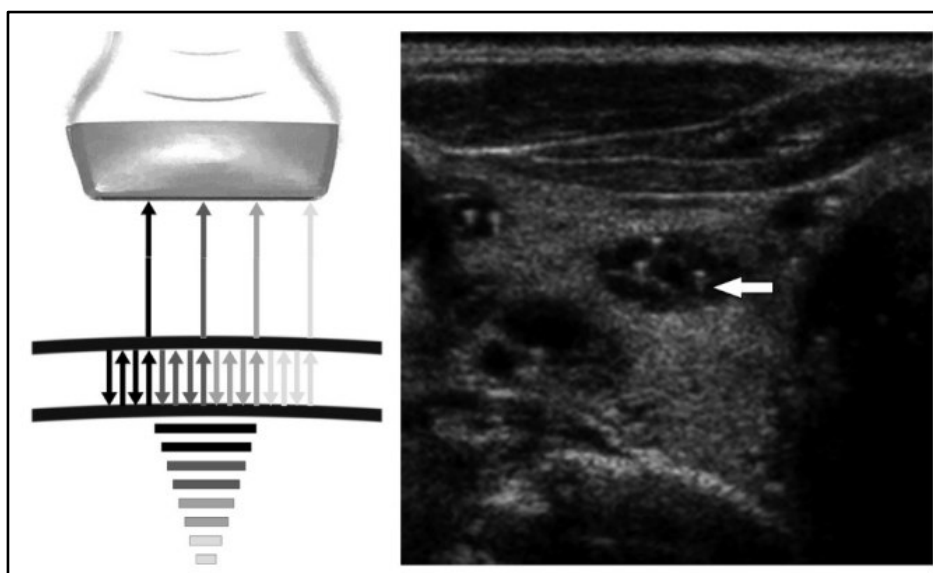


Imagen N°9 Artefacto de cola de cometa. Fuente: Baad M, et al.(24)

IV.c.III. Signo del murciélago

Es un punto de referencia en donde se observa en la parte superior a las sombras de las costillas (alas del murciélago) y la línea pleural (cabeza o lomo del murciélago). Este patrón se asemeja a un murciélago volando de frente y permite localizar con precisión la superficie del pulmón.

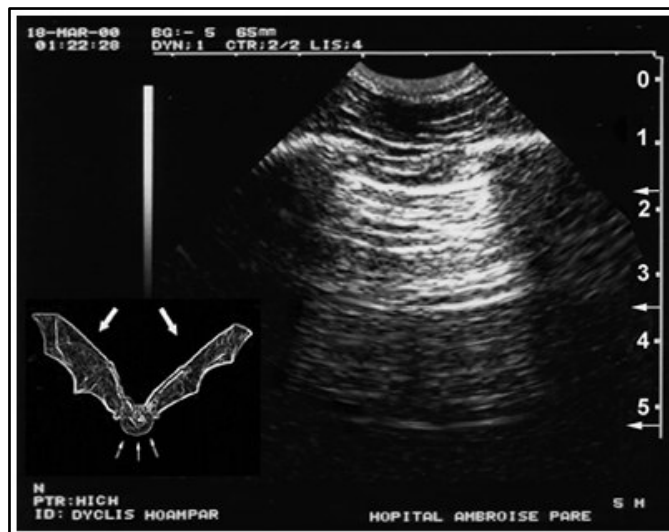


Imagen N°10 Signo del murciélago. Fuente: Lichtenstein DA(25)

IV .c.IV. Signo de deslizamiento pulmonar

Es un movimiento visible de la línea pleural, que refleja el deslizamiento de la pleura visceral contra la pleura parietal durante la ventilación. Se ve como un “brillo centelleante” (sparkling) que comienza exactamente en la línea pleural. Movimiento visible de la pleura visceral sobre la parietal durante la respiración. En modo M, se ve una imagen similar a olas de mar y arena, donde la parte superior (pared torácica) muestra líneas horizontales quietas, y la parte inferior (el pulmón móvil).

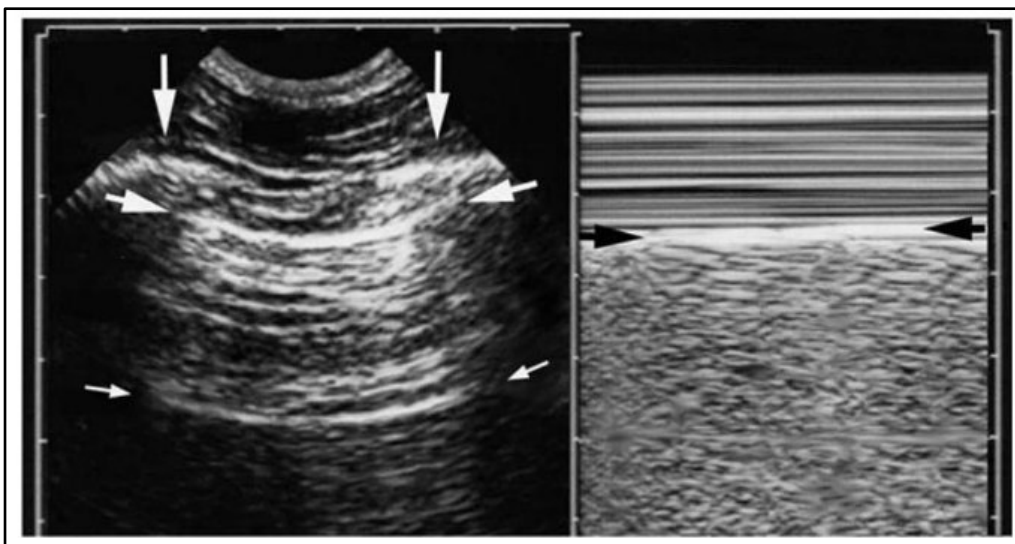


Imagen N°11 Signo de orilla de mar. Fuente: Lichtenstein DA(25)

IV.d Interpretación ecográfica en el abordaje de patologías pulmonares

IV.d.I. Neumotórax

Para el diagnóstico de neumotórax, pueden identificarse varios signos ecográficos característicos: se puede visualizar la ausencia de deslizamiento pleural, debido a que las dos hojas pleurales no se deslizan entre sí por la presencia de aire libre en el espacio pleural. También se evidencia la ausencia de líneas B, que, en condiciones normales, estos artefactos verticales aparecen en un pulmón aireado, por lo que su desaparición sugiere la existencia de un neumotórax, ya que el aire libre impide su formación. Por último, puede observarse el signo del punto pulmonar (lung point), que corresponde a la visualización de la transición entre un área de pulmón aireado y otra colapsada(7).

IV.d.II. Consolidaciones pulmonares

En el caso de las Neumonías, se visualizan áreas de consolidación en contacto con la pleura visceral. La ecogenicidad es variable y va a depender de la aireación de la zona de neumonía. De manera distintiva, se visualizan áreas pequeñas puntiformes hiperecogénicas, que representa aire atrapado en el parénquima pulmonar condensado. Además, es posible visualizar bordes pleurales irregulares y, en algunos casos, la presencia de broncograma aéreo ecográfico, que se manifiesta como estructuras hiperecogénicas con apariencia de ramificaciones(10,26).

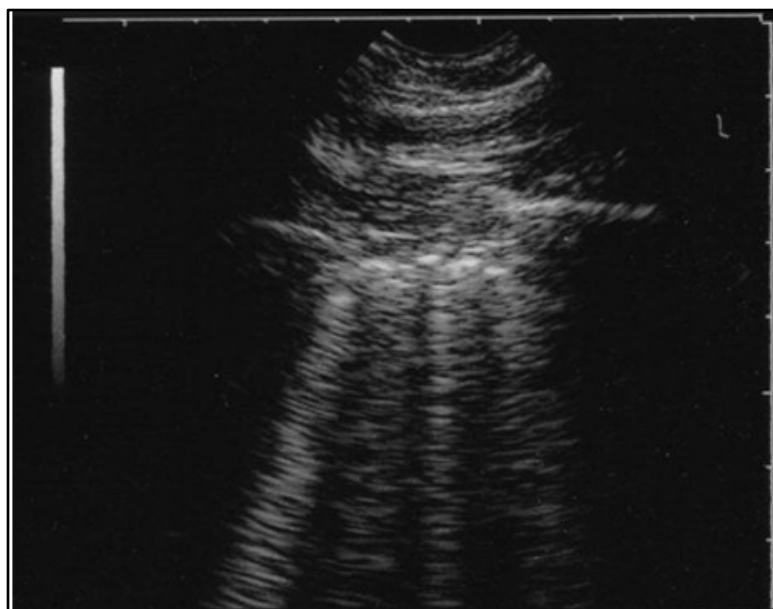


Imagen N°12. Consolidación pulmonar. Se observa la línea pleural irregular y áreas de consolidación en contacto con la pleura visceral. Fuente: Lichtenstein DA(25)

IV.d.III. Derrame Pleural

El hallazgo clásico de un derrame pleural es la visualización de una imagen anecoica (oscura) entre las hojas pleurales, correspondiente a la acumulación de líquido en el espacio pleural. En casos de derrame pleural complejo, con componentes de desecho derivados del exudado, puede observarse el “signo del plankton”, que son pequeños ecos móviles dentro del espacio anecoico, los cuales se desplazan por la respiración. Además, se le suma el signo del senoide que indica líquido libre entre las pleuras, que varía de forma rítmica durante el ciclo respiratorio, confirmando la existencia de un derrame pleural(5,7).

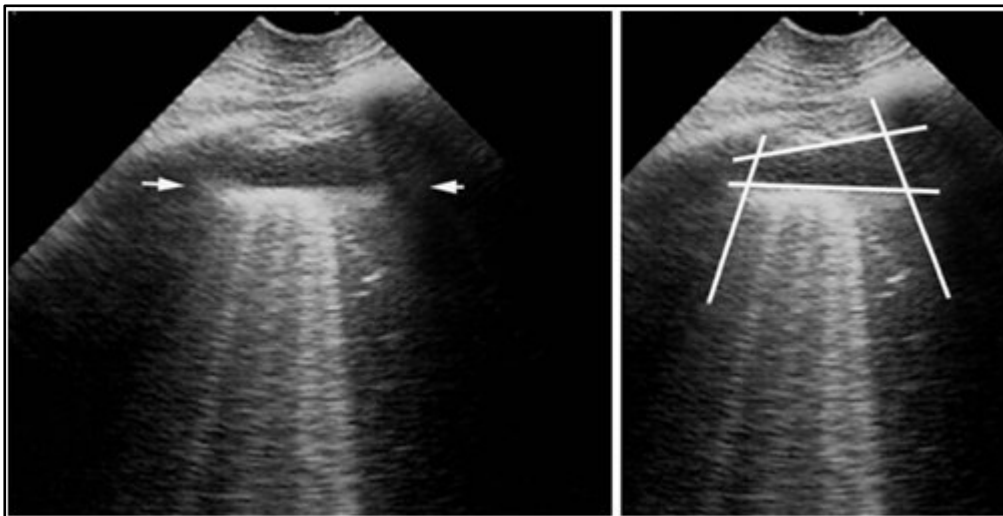


Imagen N°13. Imagen anecoica presente en el espacio pleural por acumulación de líquido, característico de un derrame. Fuente: Lichtenstein DA(25)

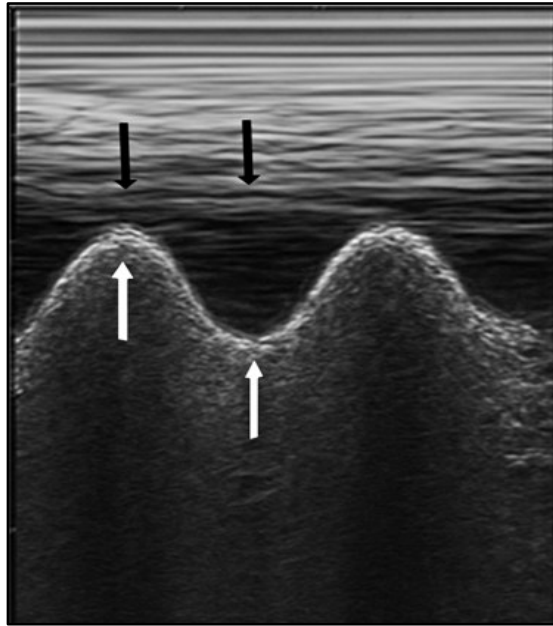


Imagen N°14. Signo del senoide (modo M) indica líquido libre entre las pleuras. Las flechas negras muestran la línea pleural y las flechas blancas muestran el movimiento relativo de la línea pulmonar. Fuente: Lichtenstein DA(25)

IV.d.IV. Síndrome alveolo intersticial

En medicina crítica se presenta un gran número de entidades que son caracterizadas por cursar con síndromes alveolares intersticiales dentro de los que se destacan el síndrome respiratorio del adulto (SIRA), neumonías, edema pulmonar y enfermedades intersticiales. El patrón ultrasonográfico está bien definido y se caracteriza por: pérdida del movimiento pleural y pérdida de la línea pleural en condensación pulmonar. La imagen que se visualiza tiene presencia de múltiples líneas B, por lo general más de tres por campo, a las que se denomina cohetes. La distancia entre cada una de ellas es de 5 a 7 mm. Las líneas B y el patrón que adoptan se debe a la diferencia en la impedancia acústica entre el aire y el agua por el engrosamiento de los septos interlobulares por edema o fibrosis. El número de líneas B es directamente proporcional a la gravedad del síndrome alveolo intersticial(21,26).

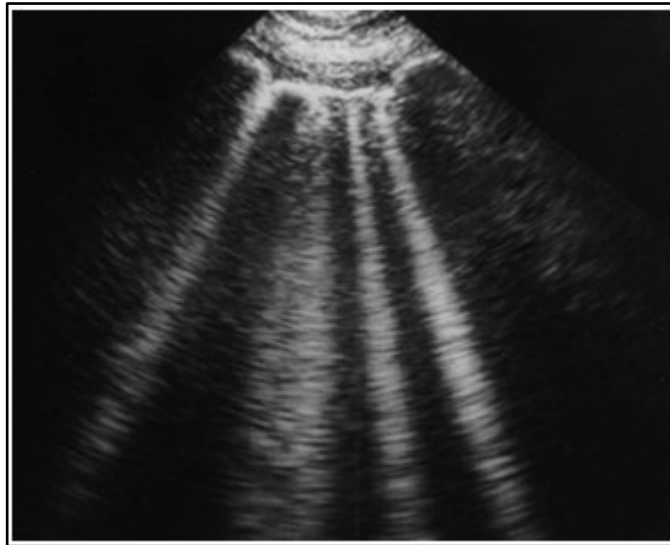


Imagen N°13. Cohetes pulmonares. Se identifican cuatro líneas B separadas entre sí. Fuente: Lichtenstein DA(25)

Con el objetivo de facilitar la comprensión y el análisis, se presenta a continuación un cuadro comparativo que sintetiza los hallazgos ecográficos característicos de las principales patologías pulmonares abordadas:

Patología	Hallazgos ecográficos	Descripción
Neumotórax	<i>Ausencia de deslizamiento pleural</i> <i>Ausencia de líneas B</i> <i>Aumento de líneas A</i>	Las hojas pleurales no se deslizan entre sí por la presencia de aire libre en el espacio pleural. Artefactos verticales ausentes por el aire libre que impide su formación. Mayor reverberación horizontal debido al exceso de aire en pleura

	<i>Signo del punto pulmonar (lung point)</i>	Transición entre un área del pulmón aireado y otra área colapsada; patognomónico de neumotórax.
Consolidación pulmonar	<i>Áreas de consolidación</i>	Visualizadas en contacto con la pleura visceral; indican pérdida de aireación pulmonar.
	<i>Ecogenicidad variable</i>	Depende de la aireación de la zona con neumonía y puede variar según la evolución del proceso patológico.
	<i>Áreas pequeñas puntiformes hiperecogénicas</i>	Representan aire atrapado en el parénquima pulmonar condensado.
	<i>Bordes pleurales irregulares</i>	Alteración de la superficie pleural, indicativa de inflamación o afectación estructural.
	<i>Broncograma aéreo ecográfico</i>	Imágenes hiperecogénicas con apariencia de ramificaciones.
Derrame pleural	<i>Imágen anecoica</i>	Área oscura entre las hojas pleurales; representa acumulación de líquido en el espacio pleural.
	<i>Signo del senoide</i>	Indica líquido libre entre las pleuras. Varían de forma rítmica durante el ciclo respiratorio.

	<i>Signo del Plankton</i>	Se visualiza en modo M. Pequeños ecos móviles dentro del líquido (en derrame pleural complejo); se mueven con la respiración.
Síndrome alveolo intersticial	<i>Pérdida o ausencia del deslizamiento pleural</i>	Movimiento pleural disminuido o ausente por consolidación o alteración del tejido pulmonar.
	<i>Pérdida de la línea pleural</i>	En áreas de condensación, la línea pleural se vuelve discontinua o borrosa.
	<i>Múltiples líneas B (cohetes)</i>	Artefactos verticales hiperecogénicos. El número de líneas B es directamente proporcional a la gravedad del síndrome alveolo intersticial
	<i>Distancia entre líneas B</i>	Entre 5 y 7 mm, característica del engrosamiento intersticial por edema o fibrosis.

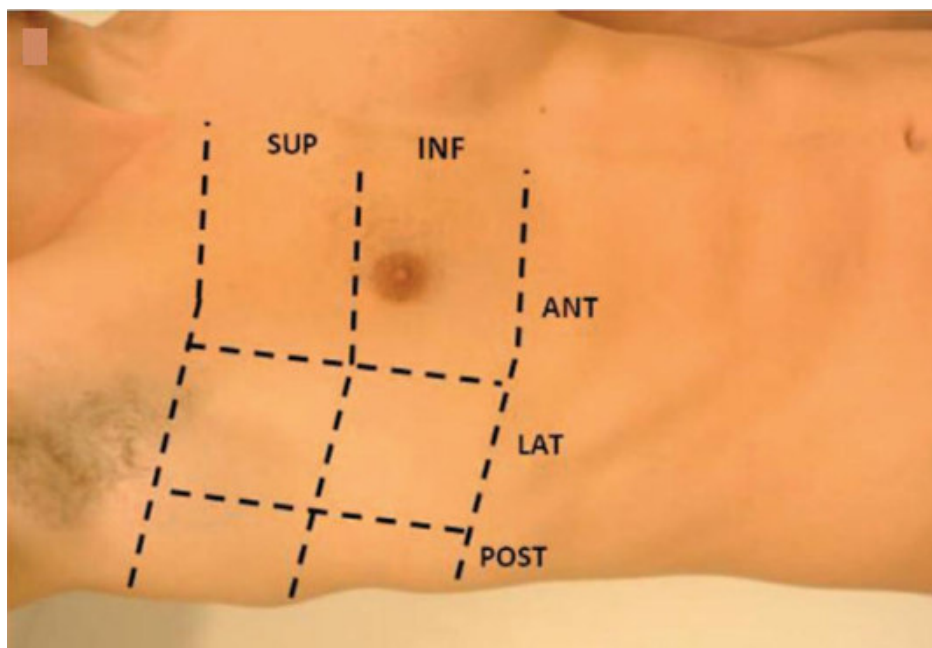
IV.e Evaluación de la aireación pulmonar. LUS Score

El **LUS Score** (Lung Ultrasound Score) es una herramienta que se utiliza para cuantificar el grado de aireación pulmonar en pacientes críticos. Se basa en la identificación de distintos patrones ecográficos

(como líneas A, líneas B, consolidaciones y pleuras irregulares) los cuales se correlacionan con distintos grados de compromiso pulmonar, desde pulmones aireados hasta colapsados.

El número y el tipo de artefactos ecográficos visualizados en el espacio intercostal varían en función de la pérdida de aireación en las regiones pulmonares subyacentes. La pérdida progresiva y homogénea de aireación genera una transición de líneas A a un patrón de líneas B, con un posterior aumento de líneas B que se fusionan. En casos de pérdida completa de aireación, el patrón ecográfico se asemeja al de un tejido(5,19,27).

Se evalúan 12 regiones pulmonares (6 por hemitórax: dos anteriores, dos laterales y dos posteriores), identificadas por los puntos de referencias anatómicas del esternón y de las líneas axilares anterior y posterior. Cada región se divide en dos mitades, superior e inferior.



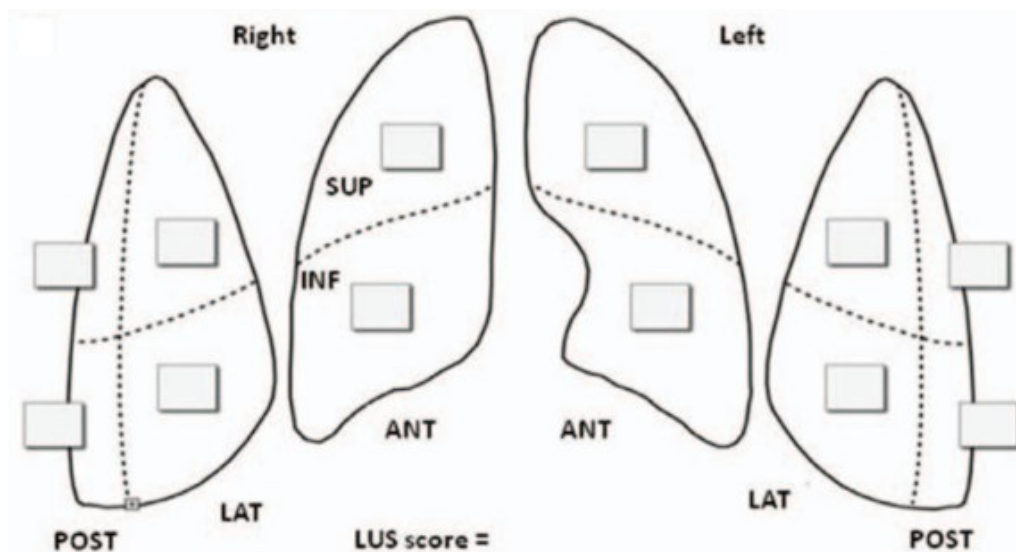


Imagen N°12. Hemitórax subdividido en regiones para su evaluación. Fuente: Bouhemad B , et al(28)

Para llevar a cabo una evaluación completa, es necesario examinar todos los espacios intercostales dentro de cada región de interés, desplazando la sonda a lo largo de dichos espacios.

Cada región se examina mediante ecografía y se clasifica con una puntuación basada en el patrón visualizado:

0 puntos: líneas A o dos o menos líneas B (aireación normal)

1 punto: tres o más líneas B bien espaciadas (pérdida moderada de aireación)

2 puntos: líneas B coalescentes (pérdida grave de aireación)

3 puntos: patrón similar a un tejido (consolidación, pérdida completa de aireación)

Se suman los puntajes de las 12 regiones pulmonares. El LUS Score total varía de 0 (donde todas las regiones están bien aireadas) a 36 (todas las regiones están consolidadas)(27).

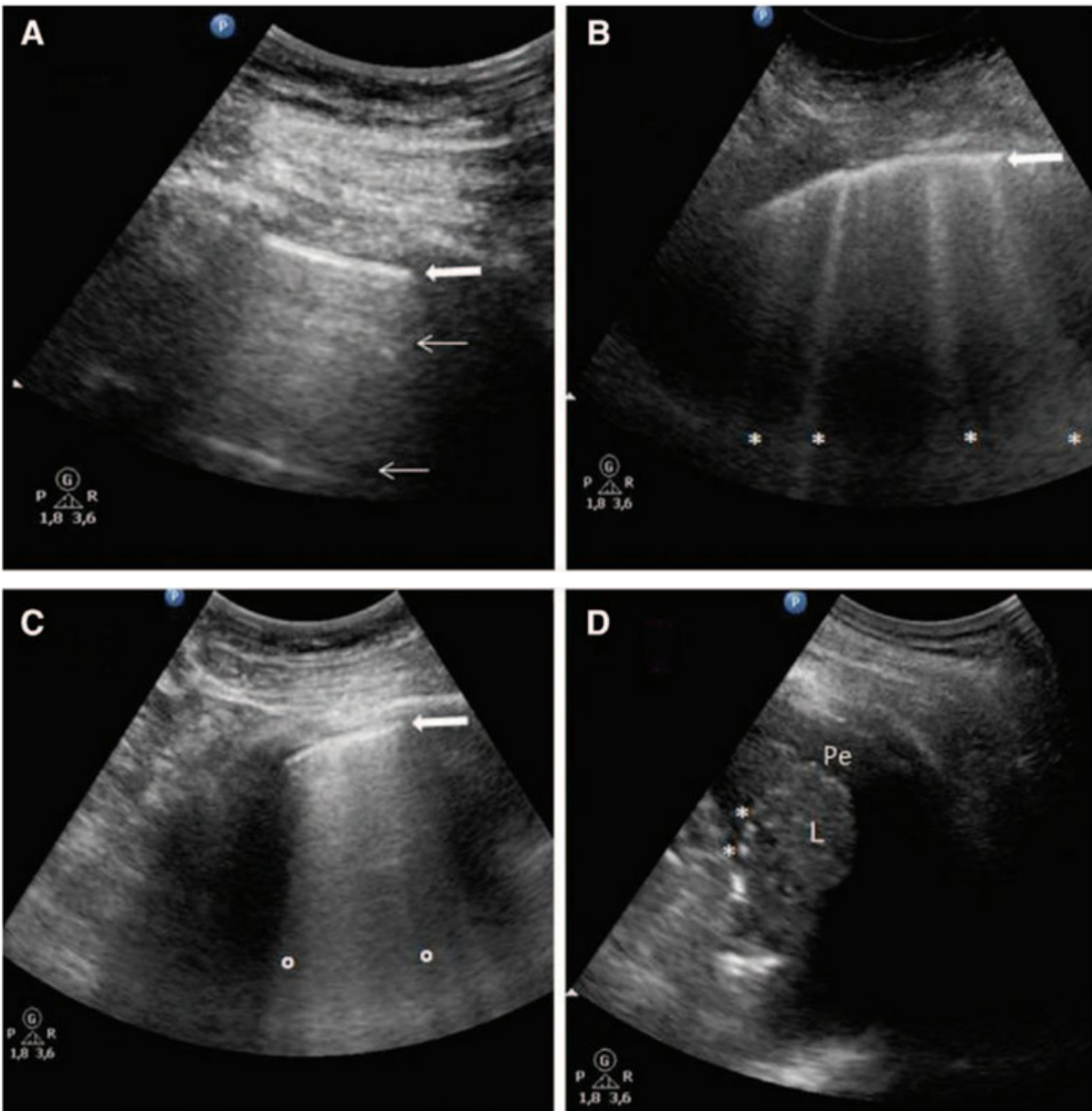


Imagen N°13. Patrones ecográficos asociados con la pérdida progresiva de aireación pulmonar. (A) aireación normal: se observa la línea pleural (flecha blanca) acompañada de múltiples líneas A. (B) pérdida moderada de aireación: se observa la línea pleural con líneas B separadas que se proyectan hasta el final de la pantalla. (C) pérdida grave de aireación: se observa la línea pleural y líneas B coalescentes. (D) pérdida completa de aireación: se observa un lóbulo consolidado, donde el pulmón adopta un patrón similar al de un tejido y se observan zonas hiperecoicas característicos de broncogramas aéreos dinámicos. Fuente: Bouhemad B, et al(28).

IV.e.I Aplicaciones Clínicas

La reaireación pulmonar puede verse en las mismas regiones para evaluar la neumonía asociada a la ventilación mecánica posterior y al tratamiento de antibiótico en el síndrome de dificultad respiratoria aguda tras la titulación de PEEP. Los avances más recientes sugieren que debe distinguirse la puntuación 1 de la puntuación 2 según el porcentaje de pleura que muestre líneas B o consolidaciones subpleurales (menores o mayores al 50%)(26).

Esta puntuación se emplea con éxito dentro del contexto clínico de la terapia intensiva. Una puntuación de 17 posterior a una prueba de respiración espontánea exitosa predice con precisión el distrés postextubación, mientras que una inferior a 13 predice con precisión el éxito de destete. El aumento de la puntuación temprana en la ultrasonografía pulmonar es un signo de alarma sobre, por ejemplo, efectos secundarios a la reanimación de líquidos en pacientes con sepsis que podrán orientar a los profesionales médicos(7,26).

V. Estrategia Metodológica

El presente trabajo de investigación se llevó a cabo a través de una revisión bibliográfica. Para ello, se recopiló información proveniente de libros y artículos científicos disponibles en las diferentes bases de datos, tales como PubMed, y Biblioteca Virtual en Salud (BVS).

V.a Criterios de elegibilidad

Se incluyeron estudios que cumplieran con los siguientes criterios: artículos relevantes sobre el tema de interés, publicados entre los años 2015 y 2025, redactados en español o inglés. Se consideraron ensayos clínicos aleatorizados y estudios observacionales realizados en población adulta (mayores de 18 años).

Se excluyeron aquellos estudios que presentaban alguna de las siguientes características: acceso no disponible al texto completo, publicaciones en idiomas que no pudieran traducirse al español, y estudios realizados en población pediátrica.

A continuación, se presenta una tabla que detalla los términos libres, así como los descriptores MeSH y DeCS empleados en la búsqueda bibliográfica.

	Término libre	DeCS	MeSH
#1	Ultrasonografía	Ultrasonografía	Ultrasonography
#2	Fisioterapia pulmonar	Rehabilitación pulmonar	Respiratory therapy
#3	Unidad de cuidados intensivos	Unidades de cuidados Intensivos	Intensive care units
#4	<i>Lung ultrasound</i>		
#5	<i>Point of care ultrasound</i>		
#6	<i>Lus score</i>		

Durante la investigación, se emplearon distintas combinaciones de las palabras clave, que se presentan a continuación:

N°	Término 1	Conector	Término 2	Resultados
#1	"Ultrasonography" [MeSH]	AND	Respiratory therapy [MeSH]	737
#2	<i>Point of care ultrasound</i>	OR	<i>Lus score</i>	945
#3	Lung ultrasound	AND	Intensive care units	77
#4	Lus Score	AND	Intensive care units	14

V.c Contexto de Análisis

Luego de presentar las bases teóricas de la ultrasonografía pulmonar y de reconocer que, en la actualidad, constituye una herramienta relevante dentro del manejo clínico de pacientes críticos, en el siguiente apartado se analizan distintos estudios que muestran lo que propone la bibliografía más reciente sobre este concepto. Estos trabajos permiten comprender sus aplicaciones, cómo se está utilizando en las unidades de cuidados intensivos y también qué aspectos todavía faltan desarrollar o implementar en la práctica profesional. Se presentará la descripción y el análisis de seis estudios científicos relevantes publicados entre 2015 y 2025. La selección incluye metaanálisis, ensayos clínicos aleatorizados y estudios observacionales, lo que asegura un alto nivel de evidencia en la información recopilada.

1. *“Lung ultrasound score and in-hospital mortality of adults with acute respiratory distress syndrome: a meta-analysis”*

Autores: Dandan Wang and Yun Qi, 2024(29)

El objetivo de este estudio fue evaluar si un puntaje alto de LUS Score al ingreso hospitalario se asocia con un mayor riesgo de mortalidad intrahospitalaria en pacientes adultos con síndrome de dificultad respiratoria aguda (SDRA). La investigación consistió en una revisión sistemática y metaanálisis de 13 estudios de cohorte (8 prospectivos y 5 retrospectivos) con un total de 1.022 pacientes mayores (edad media = 51-78 años) hospitalizados con diagnóstico confirmado de SDRA de diferentes etiologías (infecciosas y no infecciosas).

Los estudios incluidos evaluaron con la puntuación de LUS Score dentro de las primeras 24 horas del ingreso a UCI. Los métodos empleados para obtener la puntuación incluían protocolos del método de 12 regiones pulmonares (0 a 36 puntos) y el método de 16 regiones pulmonares (0 a 48 puntos). Se realizó un seguimiento de 28 a 30 días mientras los pacientes permanecían en la UCI. Se analizaron las diferencias en la puntuación entre los sobrevivientes y no sobrevivientes, y se analizó si había diferencias en la mortalidad intrahospitalaria entre quienes tuvieron un puntaje LUS alto y quienes tuvieron un puntaje bajo al ingresar.

Resultados: de 1022 pacientes hospitalizados con SDRA, 343 (33,6%) fallecieron durante la internación. El metanálisis identificó que los pacientes no sobrevivientes tenían una puntuación LUS más alta al ingreso en comparación con los sobrevivientes. Asimismo, un puntaje LUS alta al ingreso se asoció con un incremento del riesgo de mortalidad hospitalaria de los pacientes con SDRA. Los análisis por subgrupos mostraron resultados similares tanto en los estudios que utilizaron el puntaje de 12 como el de 16 regiones pulmonares, y también en aquellos que evaluaron la mortalidad durante la internación en UCI o dentro del primer mes de hospitalización.

Conclusiones: los hallazgos sugieren que una puntuación LUS Score elevada al ingreso se asocia con un mayor riesgo de mortalidad hospitalaria en pacientes con SDRA, lo cual respalda su utilidad como herramienta pronóstica no invasiva. (esto capaz vaya en la discusión final)

2. “Assessment of Lung Aeration and Recruitment by CT Scan and Ultrasound in Acute Respiratory Distress Syndrome Patients”

Autores: Chiumello, et al. 2018(30)

Este trabajo de investigación tuvo como objetivos: 1) comparar la puntuación obtenida mediante ultrasonido pulmonar (LUS Score), tanto a nivel global como regional de aireación, con los valores cuantitativos de densidad pulmonar obtenidos por tomografía computarizada (TC); 2) analizar la asociación entre las variaciones en la puntuación con ecografía pulmonar y el reclutamiento pulmonar inducido por presión positiva al final de la espiración (PEEP).

La investigación se llevó a cabo siguiendo un diseño de estudio cruzado, aleatorizado y prospectivo, en una Unidad de Cuidados Intensivos de un hospital universitario, en el cual participaron 20 pacientes adultos, edad: 56 años (RIC 43-72 años) con diagnóstico de SDRA y bajo ventilación mecánica. A cada paciente se le realizaron estudios de TC y ultrasonido pulmonar (LUS Score), en dos niveles diferentes de PEEP (5 y 15 cm H₂O).

Para la exploración con ultrasonido se realizaron barridos transversales utilizando dos tipos de transductores, una sonda lineal de 12 MHz para visualizar la línea pleural, y una sonda de 2,5 MHz para identificar regiones consolidadas. La puntuación LUS Score se calculó siguiendo criterios estandarizados que asignan valores de 0 a 3 en función del patrón ecográfico observado: 0 = líneas A o menos de tres líneas B; 1 = al menos tres líneas B separadas; 2 = líneas B confluentes; 3 =

consolidación. El puntaje global de LUS se obtuvo sumando los valores de las 12 regiones pulmonares, con un rango total posible de 0 a 36.

La densidad pulmonar en TC se cuantificó clasificando el tejido como aireado, levemente aireado, mal aireado o no aireado. El reclutamiento pulmonar se definió como la reducción del porcentaje de tejido no aireado en la TC, al pasar de 5 a 15 cm H₂O de PEEP. Se compararon los puntajes globales y regionales de LUS score con los valores de densidad pulmonar obtenidos por TC. Posteriormente, se analizó la asociación entre dichas variaciones y los cambios en el puntaje global de LUS. Las imágenes obtenidas mediante TC y UP fueron evaluadas de forma ciega por múltiples observadores, con el fin de reducir sesgos de interpretación.

Para el análisis estadístico se utilizaron pruebas no paramétricas (Wilcoxon, Mann-Whitney y Kruskal-Wallis) y análisis de regresión lineal simple, además de correlación de Spearman (r_s) y el índice kappa (κ) de Cohen para evaluar la concordancia entre métodos. Se consideró un valor de $p \leq 0.05$ como estadísticamente significativo.

Resultados: El puntaje global de LUS se asoció fuertemente con la densidad pulmonar medida por TC tanto a PEEP 5 ($R^2 = 0.78$; $p < 0.0001$) como a PEEP 15 ($R^2 = 0.62$; $p < 0.0001$). A nivel regional, también se observó una correlación significativa entre LUS y TC ($r_s = 0.79$; $p < 0.0001$). La concordancia entre el puntaje regional de LUS y la clasificación de aireación pulmonar por TC fue sustancial ($\kappa = 0.69$ – 0.70). El puntaje regional de LUS mostró una buena correspondencia con la clasificación de aireación pulmonar de TC, respaldando su confiabilidad para evaluar la aireación pulmonar regional. Al aumentar la PEEP de 5 a 15 cm H₂O, se evidenció una mejora en la aireación pulmonar, con una disminución del puntaje global de LUS y del porcentaje de tejido no aireado, lo que refleja que los pulmones respondieron a la presión positiva. Por otro lado, las variaciones en el puntaje de LUS no se asociaron de manera significativa con el reclutamiento pulmonar medido por TC ($R^2 = 0.01$; $p = 0.67$).

Conclusiones: LUS es una herramienta confiable para evaluar la aireación pulmonar tanto a nivel global como regional en pacientes con SDRA. La puntuación de LUS refleja con precisión la densidad pulmonar medida por tomografía TC y permiten detectar mejoras en la aeración al aumentar la PEEP. Sin embargo, aunque LUS resulta útil para monitorizar cambios en la aireación, sus variaciones no son un indicador fiable del reclutamiento pulmonar inducido por PEEP, el cual solo pudo ser cuantificado con mayor exactitud mediante la TC.

3. “Clinical impact of lung ultrasound monitoring for diagnosis of ventilator associated pneumonia: A diagnostic randomized controlled trial”

Autores: Saurabh Pradhan titulado, 2020(31)

El objetivo del estudio fue evaluar la utilidad clínica de la ultrasonografía pulmonar (USP) para el diagnóstico de neumonía asociada a la ventilación mecánica (NAV), y determinar si su implementación permite una prescripción más temprana de antibióticos y una mejora en los resultados clínicos de los pacientes, en comparación con el método diagnóstico basado en radiografía de tórax.

La investigación consistió en un ensayo clínico aleatorizado y controlado, donde se incluyeron pacientes mayores de 18 años internados en UCI, con más de 48 horas de ventilación mecánica y con sospecha de neumonía. Se excluyeron pacientes cuya indicación inicial de ventilación fue una neumonía, aquellos con traumatismos o cirugías torácicas, y las mujeres embarazadas.

Los participantes fueron asignados aleatoriamente en dos grupos: A (grupo intervención) compuesto por 41 pacientes, edad 48.86 años ($DE \pm 18.86$), en el que se utilizó la USP como herramienta principal de diagnóstico, y B (grupo control) también con 41 pacientes, edad 46.52 años ($DE \pm 17.46$) que recibió el abordaje diagnóstico convencional mediante radiografía de tórax. En el grupo de intervención, pacientes con más de 48 hs de ventilación mecánica que presentaban esputo purulento fueron evaluados diariamente con USP al pie de la cama de forma estandarizada. Se consideró diagnóstico de neumonía la presencia de 2 o más áreas con pequeñas consolidaciones, o 1 o más áreas de consolidación con broncograma aéreo dinámico arborescente o lineal en la USP. En el grupo control, a los pacientes con más de 48 hs de ventilación mecánica se hacía un seguimiento clínico para detectar signos de NAV. Ante la sospecha clínica, se solicitaba una radiografía de tórax, considerando los criterios de Johanson como referencia diagnóstica (consolidación nueva o progresiva en la radiografía, junto con al menos dos de los siguientes parámetros: fiebre superior a 38 °C, leucocitosis ($>12 \times 10^9/\text{ml}$) o leucopenia ($<4 \times 10^9/\text{ml}$), y secreciones respiratorias purulentas).

Para el análisis estadístico se emplearon pruebas no paramétricas de Mann-Whitney U para variables cuantitativas sin distribución normal, t de Student para variables con distribución normal y chi cuadrado (χ^2) para variables categóricas. Se calcularon intervalos de confianza (IC) del 95 % y se consideró significativa una $p \leq 0,05$.

Resultados primarios: El número de días libres con ventilación mecánica fue significativamente mayor en el grupo de intervención con LUS ($8,07 \pm 9,9$ días) en comparación con el grupo control (grupo intervención ($3,7 \pm 6,4$ días) con una diferencia de medias de 4,37 días (IC 95 %: 0,77–7,9; $p = 0,044$).

Resultados secundarios: la mortalidad en UCI (40,9 % vs. 56,8 %; $p = 0,104$; IC 95 %: $-4,71-36,53$), la duración de la estadía en UCI ($17,58 \pm 10,76$ vs. $24,48 \pm 15,48$ días; $p = 0,058$), el total de días con ventilación mecánica ($14,77 \pm 8,04$ vs. $20,76 \pm 15,96$ días; $p = 0,081$), el delta SOFA ($0,93 \pm 2,7$ vs. $0,02 \pm 2,2$; $p = 0,10$) y la duración de los antibióticos ($10,33 \pm 13,96$ vs. $11,07 \pm 4,80$ días; $p = 0,700$) no mostraron diferencias significativas entre ambos grupos de estudio. Un análisis adicional mostró que, entre los pacientes que recibieron antibióticos empíricos apropiados, existía una tendencia hacia más días libres de ventilación mecánica en el grupo de intervención con LUS.

Conclusiones: La implementación de la ultrasonografía pulmonar como método diagnóstico permitió una detección más temprana de la NAV y un aumento significativo en los días libres de ventilación mecánica. Aunque no se observaron diferencias significativas en mortalidad, duración de la estancia en UCI ni uso de antibióticos, los resultados sugieren que la USP puede mejorar la toma de decisiones clínicas al permitir intervenciones más oportunas en pacientes bajo ventilación mecánica.

4. “Associations of early changes in lung ultrasound aeration scores and mortality in invasively ventilated patients: a post hoc analysis”

Autores: Jante S. Sinnige, et al. 2024(32)

El objetivo de este estudio fue investigar si los cambios tempranos en los puntajes de aireación obtenidos mediante ultrasonido pulmonar (LUS) se asocian con la mortalidad en pacientes adultos críticamente enfermos bajo ventilación mecánica invasiva, con y sin síndrome de dificultad respiratoria aguda (SDRA).

Métodos: Se trató de un análisis post hoc del estudio multicéntrico prospectivo DARTS (Diagnosis of Acute Respiratory disTress Syndrome), realizado entre 2019 y 2021 en dos hospitales de los Países Bajos, que incluyó 442 pacientes ingresados en la UCI con una duración prevista de ventilación de al menos 24hs; también se restringió la participación a los pacientes que se sometieron a un examen LUS regional de valoración inicial y que tenían disponible el criterio de valoración principal (mortalidad a los 30 días). Se utilizó una regresión logística para analizar los criterios de valoración principales y secundarios. El análisis se realizó para la cohorte completa de pacientes y para subgrupos predefinidos (SDRA y sin SDRA).

El protocolo consistió en la realización de un examen de LUS en 12 regiones torácicas dentro de las primeras 24 horas de ventilación, utilizando un sistema de puntuación de 0 a 3 por región (0 = A-lines, 1 = B-lines espaciadas, 2 = B-lines confluentes y 3 = consolidación), con un rango global de 0 a 36

puntos. Los investigadores compararon tanto los valores basales de LUS como sus cambios en las primeras 24 horas con la mortalidad a 30 y 90 días. Los exámenes de LUS fueron realizados con transductores lineales utilizando el ecógrafo clínicamente disponible y fueron escaneados en dos ubicaciones anteriores, dos laterales y dos posteriores por hemitórax.

Resultados: de los 442 pacientes 245 se sometieron a una segunda exploración LUS. Se demostró que los puntajes iniciales de LUS fueron significativamente mayores en pacientes con SDRA respecto a los que no lo presentaban, reflejando una mayor pérdida de aireación. Sin embargo, los valores basales de LUS no se asociaron de manera significativa con la mortalidad a 30 ni a 90 días, ni en la cohorte completa ni en los subgrupos analizados (sin SDRA con SDRA). En cambio, se observó que un aumento del puntaje de LUS dentro de las primeras 24 horas se correlacionó con una mayor mortalidad a 30 días en pacientes sin SDRA, constituyendo un predictor independiente incluso tras ajustar por edad, sexo y gravedad de enfermedad (APACHE II). Esta asociación no se evidenció en los pacientes con SDRA ni en el análisis global de la cohorte.

En conclusión, este estudio demostró, aunque el puntaje basal de LUS no es útil como predictor de mortalidad en pacientes críticamente enfermos bajo ventilación invasiva, los cambios tempranos en la puntuación de LUS pueden servir como un biomarcador dinámico y pronóstico en pacientes sin SDRA. No se encontró ninguna asociación entre la puntuación de aireación de LUS basal y la mortalidad a los 30 y 90 días en pacientes con y sin SDRA. Los autores destacan la necesidad de validar estos hallazgos en estudios futuros y explorar la inclusión de consolidaciones subpleurales y alteraciones pleurales para mejorar la sensibilidad de la herramienta.

5. “Lung ultrasonography for assessment of oxygenation response to prone position ventilation in ARDS”

Autores: Malik Haddam, et al. 2016(33)

El objetivo del estudio fue determinar si la ecografía pulmonar (LUS) permite predecir la respuesta de oxigenación en pacientes con síndrome de dificultad respiratoria aguda (SDRA) focal o no focal ($\text{PaO}_2/\text{FiO}_2 < 150$ mmHg) sometidos a ventilación mecánica en posición prona (PP), así como monitorizar los cambios de aireación pulmonar asociados.

Métodos: Se realizó un estudio prospectivo, multicéntrico y observacional en 6 unidades de cuidados intensivos (UCI) de Francia, entre marzo de 2014 y enero de 2016. Se incluyeron 51 pacientes adultos

críticos con SDRA moderado a grave, bajo ventilación mecánica invasiva, con una relación $\text{PaO}_2/\text{FiO}_2 < 150$ mmHg, fracción inspirada de oxígeno (FiO_2) de al menos 0,6, PEEP de 5 cmH₂O o más, y utilizando un volumen corriente aproximado de 6 ml/ kg del peso corporal ideal. Todos los pacientes fueron incluidos durante la primera sesión de ventilación en posición prona.

La evaluación ecográfica se llevó a cabo con sondas convexas (1–5 MHz) siguiendo protocolos internacionales. Cada paciente fue examinado en cuatro momentos, 1 hora antes de la PP (basal), 1 hora después de iniciar la PP, 1 hora antes de volver a supino y 1 hora después de colocar al paciente nuevamente en supino. La duración de la primera sesión en PP fue de 17 ± 3 horas. Para cada una de las 12 regiones pulmonares, distribuidas en áreas anterior, lateral y posterior se definieron cuatro patrones ecográficos, lo que permitió calcular un puntaje de aireación regional que, al sumarse, conformó el LUS global. No se evaluó la sobredistensión. Los puntajes obtenidos se compararon con los cambios en la oxigenación medidos mediante la relación $\text{PaO}_2/\text{FiO}_2$.

Resultados: Una hora después de retornar a supino, 42 pacientes (82 %) mostraron un aumento en la relación $\text{PaO}_2/\text{FiO}_2$, lo que confirma que la mayoría se benefició en términos de oxigenación con la PP. Los pacientes fueron categorizados en función de la mediana de la variación en la relación $\text{PaO}_2/\text{FiO}_2$ en el grupo total. En consecuencia, 26 pacientes (51 %) que presentaron una mejoría superior a la mediana se clasificaron como de alta respuesta en la oxigenación.

No se encontró correlación significativa entre la puntuación LUS global y regional, y la magnitud de la respuesta de oxigenación, ni antes ni después de la PP. Para el análisis, los pacientes fueron clasificados según la morfología del SDRA en focal (consolidaciones localizadas) o no focal (compromiso más difuso). En términos de puntaje global de aireación, tampoco se observaron diferencias entre pacientes con SDRA focal y no focal. Sin embargo, al analizar la distribución regional, se evidenciaron comportamientos distintos: los pacientes con SDRA focal presentaron mayor aireación en las zonas posteriores, acompañada de pérdida de aireación en las regiones anteriores al inicio de la PP; mientras que los pacientes con SDRA no focal mostraron una ganancia progresiva de aireación en las zonas anteriores durante toda la sesión.

En conclusión, en pacientes con SDRA y una relación $\text{PaO}_2/\text{FiO}_2 \leq 150$ mmHg, la LUS no permite predecir la magnitud de la respuesta en oxigenación después de la primera sesión de PP. Sin embargo, constituye una herramienta útil para monitorizar en tiempo real los cambios de aireación regional asociados a esta intervención.

V.d Conclusiones

La evidencia científica analizada confirma que la ultrasonografía pulmonar constituye una herramienta dinámica, segura, no invasiva y reproducible para la valoración del paciente crítico adulto en la cabecera, desde el ingreso a la UTI y a lo largo de su evolución.

La evidencia científica analizada demuestra que, en la práctica diaria, mediante el uso de LUS Score, permite obtener información cuantificable que contribuye a definir y ajustar los objetivos terapéuticos. Su aplicación permite estimar de manera fiable el grado de pérdida de aireación pulmonar y monitorizar su evolución frente a distintas intervenciones terapéuticas, como la ventilación mecánica invasiva, la variación de PEEP o la ventilación en posición prona. Los estudios revisados muestran que un puntaje LUS elevado se asocia con mayor mortalidad hospitalaria en pacientes con SDRA, mientras que las variaciones tempranas reflejan la respuesta clínica en diferentes subgrupos. Asimismo, el LUS Score muestra buena correlación con la densidad pulmonar evaluada por tomografía computarizada y permite predecir la respuesta en la oxigenación durante maniobras de reclutamiento postural.

Desde la perspectiva kinésica, la ultrasonografía pulmonar se posiciona como un quinto pilar de la evaluación clínica, junto a la inspección, palpación, percusión y auscultación. Su implementación fortalece el rol del kinesiólogo/a en las unidades de cuidados intensivos, facilitando decisiones terapéuticas más seguras, personalizadas y costo-efectivas, y contribuyendo a reducir riesgos asociados a traslados y estancias prolongadas. Los hallazgos respaldan que el LUS Score es un biomarcador clínico relevante en la práctica intensiva, capaz de complementar la evaluación clínica tradicional y guiar la toma de decisiones terapéuticas.

A pesar de estas ventajas, persisten limitaciones relacionadas con la necesidad de una mayor estandarización y capacitación profesional para garantizar homogeneidad en la interpretación de los hallazgos. En general, los resultados respaldan la incorporación de la ultrasonografía pulmonar como herramienta diagnóstica y de monitoreo en el ámbito crítico, reforzando el trabajo interdisciplinario y potenciando la calidad de la atención kinésica.

No obstante, se reconoce la necesidad de estudios más amplios y estandarizados que refuercen su validez pronóstica y consoliden su implementación sistemática en el ámbito crítico desde un enfoque interdisciplinario que incluya la perspectiva kinésica.

VI. Bibliografía

1. Gosselink R, Bott J, Johnson M, Dean E, Nava S, Norrenberg M, et al. Physiotherapy for adult patients with critical illness: recommendations of the European Respiratory Society and European Society of Intensive Care Medicine Task Force on Physiotherapy for Critically Ill Patients. *Intensive Care Med.* julio de 2008;34(7):1188-99. DOI: 10.1007/s00134-008-1026-7
2. Gogniat E, Fredes S, Tiribelli N, Setten M, Moglie RRL, Plotnikow G, et al. Definición del rol y las competencias del kinesiólogo en la unidad de cuidados intensivos. *Revista Argentina de Terapia Intensiva* [Internet]. 2018 [citado 8 de febrero de 2025];35(4). Disponible en: <https://revista.sati.org.ar/index.php/MI/article/view/592>
3. Bhagra A, Tierney DM, Sekiguchi H, Soni NJ. Point-of-Care Ultrasonography for Primary Care Physicians and General Internists. *Mayo Clin Proc.* diciembre de 2016;91(12):1811-27. DOI: 10.1016/j.mayocp.2016.08.023
4. Narula J, Chandrashekhar Y, Braunwald E. Time to Add a Fifth Pillar to Bedside Physical Examination: Inspection, Palpation, Percussion, Auscultation, and Insonation. *JAMA Cardiol.* 1 de abril de 2018;3(4):346-50. DOI: 10.1001/jamacardio.2018.0001
5. Leech M, Bissett B, Kot M, Ntoumenopoulos G. Lung ultrasound for critical care physiotherapists: a narrative review. *Physiother Res Int.* junio de 2015;20(2):69-76. DOI: 10.1002/pri.1607
6. Perrone T, Maggi A, Sgarlata C, Palumbo I, Mossolani E, Ferrari S, et al. Lung ultrasound in internal medicine: A bedside help to increase accuracy in the diagnosis of dyspnea. *Eur J Intern Med.* diciembre de 2017;46:61-5. DOI: 10.1016/j.ejim.2017.07.034
7. Lichtenstein DA. Lung ultrasound in the critically ill. *Ann Intensive Care.* 9 de enero de 2014;4(1):1. DOI: 10.1186/2110-5820-4-1
8. Beckmann U, Gillies DM, Berenholtz SM, Wu AW, Pronovost P. Incidents relating to the intra-hospital transfer of critically ill patients. An analysis of the reports submitted to the Australian Incident Monitoring Study in Intensive Care. *Intensive Care Med.* agosto de 2004;30(8):1579-85. DOI: 10.1007/s00134-004-2177-9
9. Brogi E, Gargani L, Bignami E, Barbariol F, Marra A, Forfori F, et al. Thoracic ultrasound for pleural effusion in the intensive care unit: a narrative review from diagnosis to treatment. *Crit Care.* 28 de diciembre de 2017;21(1):325. DOI: 10.1186/s13054-017-1897-5
10. Fernández-Bussy S, Labarca G, Lanza M, Folch E, Majid A. Aplicaciones torácicas del ultrasonido. *Revista médica de Chile.* julio de 2016;144(7):903-9. <http://dx.doi.org/10.4067/S0034-98872016000700012>
11. Moore CL, Copel JA. Point-of-care ultrasonography. *N Engl J Med.* 24 de febrero de 2011;364(8):749-57. DOI: 10.1056/NEJMr0909487

12. Tamagnone FM, Previgliano IJ. POCUS: Manual práctico de ultrasonografía crítica. Point Care Ultrasound. Buenos Aires: Editorial corpus; 2021. Cap 9 , p.130.
13. Soni NJ, Arntfield R, Kory P. Ecografía a pie de cama: Fundamentos de la ecografía clínica. Elsevier Health Sciences; 2020. 620 p.
14. Ihnatsenka B, Boezaart AP. Ultrasound: Basic understanding and learning the language. Int J Shoulder Surg. julio de 2010;4(3):55-62. DOI: 10.4103/0973-6042.76960
15. Tirado A, Nagdev A, Henningsen C, Breckon P, Chiles K. Ultrasound-guided procedures in the emergency department-needle guidance and localization. Emerg Med Clin North Am. febrero de 2013;31(1):87-115. DOI: 10.1016/j.emc.2012.09.008
16. García de Casasola G, Torres Macho J. Grupo de trabajo de ecografía clínica. Manual de Ecografía Clínica. Madrid: Hospital Universitario Infanta Cristina; 2014
17. Guillermo R. Chiappero, Fernando Ríos, Mariano Setten. SATI Ventilación Mecánica 3^a Edición.
18. Pham T, Brochard LJ, Slutsky AS. Mechanical Ventilation: State of the Art. Mayo Clin Proc. septiembre de 2017;92(9):1382-400. DOI: 10.1016/j.mayocp.2017.05.004
19. Le Neindre A, Mongodi S, Philippart F, Bouhemad B. Thoracic ultrasound: Potential new tool for physiotherapists in respiratory management. A narrative review. J Crit Care. febrero de 2016;31(1):101-9. DOI: 10.1016/j.jcrc.2015.10.014
20. Gómez-González A, Martínez-Camacho MA, Jones-Baro RA, Navarrete-Rodríguez CA, Saavedra SN, Ballesteros-Reviriego G. POCUS en fisioterapia de cuidados críticos: dame visión más allá de la visión. 22:239-43.
21. Osterwalder J, Polyzogopoulou E, Hoffmann B. Point-of-Care Ultrasound-History, Current and Evolving Clinical Concepts in Emergency Medicine. Medicina (Kaunas). 15 de diciembre de 2023;59(12):2179. DOI: 10.3390/medicina59122179
22. Colmenero M, García-Delgado M, Navarrete I, López-Milena G. Utilidad de la ecografía pulmonar en la unidad de medicina intensiva. Medicina Intensiva. diciembre de 2010;34(9):620-8. doi:10.1016/j.medin.2010.04.004
23. Lichtenstein D. Novel approaches to ultrasonography of the lung and pleural space: where are we now? Breathe (Sheff). junio de 2017;13(2):100-11. DOI: 10.1183/20734735.004717
24. Baad M, Lu ZF, Reiser I, Paushter D. Clinical Significance of US Artifacts. Radiographics. 2017;37(5):1408-23. DOI: 10.1148/rg.2017160175
25. Lichtenstein DA. Lung Ultrasound in the Critically Ill: The BLUE Protocol. 1st ed. Berlin: Springer-Verlag; 2016.
26. Mojoli F, Bouhemad B, Mongodi S, Lichtenstein D. Lung Ultrasound for Critically Ill Patients. Am J Respir Crit Care Med. 15 de marzo de 2019;199(6):701-14. DOI: 10.1164/rccm.201802-0236CI
27. Bouhemad B, Brisson H, Le-Guen M, Arbelot C, Lu Q, Rouby JJ. Bedside ultrasound assessment of positive end-expiratory pressure-induced lung recruitment. Am J Respir Crit Care Med. 1 de febrero de 2011;183(3):341-7. DOI: 10.1164/rccm.201003-0369OC

28. Bouhemad B, Mongodi S, Via G, Rouquette I. Ultrasound for «lung monitoring» of ventilated patients. *Anesthesiology*. febrero de 2015;122(2):437-47. DOI: 10.1097/ALN.0000000000000558
29. Wang D, Qi Y. Lung ultrasound score and in-hospital mortality of adults with acute respiratory distress syndrome: a meta-analysis. *BMC Pulmonary Medicine*. 29 de enero de 2024;24(1):62. <https://doi.org/10.1186/s12890-023-02826-5>
30. Chiumello D, Mongodi S, Algieri I, Vergani GL, Orlando A, Via G, et al. Assessment of Lung Aeration and Recruitment by CT Scan and Ultrasound in Acute Respiratory Distress Syndrome Patients. *Crit Care Med*. noviembre de 2018;46(11):1761-8. doi:10.1097/CCM.0000000000003340
31. Pradhan S, Shrestha PS, Shrestha GS, Marhatta MN. Clinical impact of lung ultrasound monitoring for diagnosis of ventilator associated pneumonia: A diagnostic randomized controlled trial. *Journal of Critical Care*. 1 de agosto de 2020;58:65-71. <https://doi.org/10.1016/j.jcrc.2020.03.012>
32. Sinnige JS, Filippini DFL, Hagens LA, Heijnen NFL, Schnabel RM, Schultz MJ, et al. Associations of early changes in lung ultrasound aeration scores and mortality in invasively ventilated patients: a post hoc analysis. *Respir Res*. 8 de julio de 2024;25(1):268.
33. Haddam M, Zieleskiewicz L, Perbet S, Baldovini A, Guervilly C, Arbelot C, et al. Lung ultrasonography for assessment of oxygenation response to prone position ventilation in ARDS. *Intensive Care Med*. octubre de 2016;42(10):1546-56. DOI: 10.1007/s00134-016-4411-7