

Lineamientos para la realización y reporte de ultrasonido pulmonar neonatal en México

Daniel Ibarra-Ríos^{1,3*}, Alejandra Sánchez-Cruz², Deneb A. Morales-Barquet³,
Eunice V. Serpa-Maldonado⁴, Rogelio Guillén-Torres⁵, José G. Mantilla-Uresti⁶,
Edgar A. Jorge-Chang³, Carolina Michel-Macías⁷, Federico Franchi⁸, Irma A. Coronado-Zarco³,
Lourdes Ma. del C. Jamaica-Balderas⁹, Dillan D. Izaguirre-Alcántara³, Mario A. Mora-Sagrero¹⁰,
Enrique García-Chávez¹¹, Alfonso de J. Martínez-García¹² y Horacio Márquez-González¹³

¹Asociación de Neonatólogos de la Ciudad y Valle de México, Ciudad de México, México; ²Departamento de Neonatología, Unidad Médica de Alta Especialidad, Hospital de Ginecoobstetricia No. 4 Luis Castelazo Ayala, Ciudad de México, México; ³Departamento de Neonatología, Instituto Nacional de Perinatología Isidro Espinosa de los Reyes, Ciudad de México, México; ⁴Departamento de Neonatología, Hospital General de Atizapán de Zaragoza Dr. Salvador González Herrejón, Edo. de México, México; ⁵Departamento de Neonatología, Unidad Médica de Alta Especialidad, Hospital de Ginecoobstetricia No. 3, Centro Médico Nacional La Raza, Ciudad de México, México; ⁶Departamento de Neonatología, Hospital General de Soledad de Graciano Sánchez, San Luis Potosí, S.L.P., México; ⁷Departamento de Neonatología, Hospital Ángeles Centro Sur, Santiago de Querétaro, Qro., México; ⁸Departamento de Neonatología, Azienda Ospedaliera Carlo Poma, Mantova, Italia; ⁹Departamento de Neumología, Hospital Infantil de México Federico Gómez, Ciudad de México, México; ¹⁰Departamento de Neonatología, Hospital General de Zona No. 8, Uruapan, Mich., México; ¹¹Departamento de Radiología, Instituto Nacional de Perinatología Isidro Espinosa de los Reyes, Ciudad de México, México; ¹²Cardiología Fetal y Neonatal, Instituto Nacional de Perinatología Isidro Espinosa de los Reyes, Ciudad de México, México; ¹³Servicio de Investigación Clínica, Hospital Infantil de México Federico Gómez, Ciudad de México, México

Resumen

El ultrasonido pulmonar (UP) es una herramienta que ha revolucionado los cuidados intensivos/urgencias pediátricas y de adultos, y en la última década se han publicado cientos de estudios que demuestran su utilidad en neonatología. Programas establecidos de todo el mundo han mostrado que se modifica o ajusta el tratamiento tras realizarlo en más del 50% de las ocasiones y disminuye la radiación al recién nacido. Se convocó a un grupo de expertos con programas nacionales establecidos, integrado por neonatólogos, radiólogos, neumólogos y cardiólogos con experiencia de 3 a 8 años (> 2,000 estudios realizados). Se llevó a cabo una revisión sistemática de la literatura en bases de datos electrónicas, incluyendo PubMed, Embase, Web of Science y Cochrane, con términos específicos y estrategias de búsqueda avanzada adaptadas a cada motor. Se incluyeron artículos que cumplían con criterios de calidad metodológica y relevancia. Además, se complementó la información mediante consulta a expertos internacionales y revisión de literatura local para garantizar la representación de datos en el contexto nacional. Se presentan los hallazgos de la revisión sistemática junto con un consenso para la semiólogía, terminología, realización y reporte del UP neonatal en México, así como los criterios diagnósticos de cada afección. La transición hacia la incorporación del UP en la práctica clínica habitual requiere una planificación adecuada y unificación de criterios. Se presenta un marco para la práctica, que incluye una metodología estandarizada para la realización y reporte del UP neonatal en el país.

Palabras clave: Ultrasonido pulmonar. Síndrome de dificultad respiratoria. Taquipnea transitoria del recién nacido. Neumotórax. Neonatología. Ultrasonido.

*Correspondencia:

Daniel Ibarra-Ríos
E-mail: ibarraneonato@gmail.com

Fecha de recepción: 21-07-2025

Fecha de aceptación: 15-08-2025

DOI: 10.24875/BMHIM.25000084

Disponible en internet: 05-12-2025

Bol Med Hosp Infant Mex. 2025;82(Supl 5):4-37

www.bmhim.com

1665-1146/© 2025 Hospital Infantil de México Federico Gómez. Publicado por Permanyer. Este es un artículo *open access* bajo la licencia CC BY-NC-ND (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>).

Guidelines for performing and reporting neonatal lung ultrasound in Mexico

Abstract

Lung ultrasound (LU) is a tool that has revolutionized pediatric and adult intensive/emergency care; in the last decade, hundreds of studies have been published demonstrating its usefulness in neonatology. Established programs around the world have shown that management is modified or adjusted after performance in more than 50% of the cases and reduces radiation to the newborn. A group of experts with established national programs, consisting of neonatologists, radiologists, pulmonologists and cardiologists with experience of 3 to 8 years (> 2,000 studies conducted) were convened. A systematic review of the literature was conducted in electronic databases, including PubMed, Embase, Web of Science and Cochrane, with specific terms and advanced search strategies adapted to each engine. Articles that met methodological quality and relevance criteria were included. In addition, the information was complemented by consulting international experts and reviewing local literature to ensure that data were represented in the national context. The findings of the systematic review are presented along with a consensus for the semiology, terminology, performance, and reporting of neonatal LU in Mexico, as well as the diagnostic criteria for each pathology. The transition towards the incorporation of LU into routine clinical practice requires adequate planning and unification of criteria. A framework for practice is presented, which includes a standardized methodology for the performance and reporting of neonatal LU in the country.

Keywords: Lung ultrasound. Respiratory distress syndrome. Transient tachypnea of the newborn. Pneumothorax. Neonatology. Ultrasound.

Introducción e historia

El ultrasonido pulmonar (UP) es una herramienta que permite una valoración inmediata en la cama del paciente, sin tener que movilizarlo, y que puede ser repetida; es simple, fácil de aprender, económica, precisa y no emite radiaciones ionizantes. Da información diagnóstica y fisiopatológica que integrada al contexto clínico del paciente permite al neonatólogo la toma de decisiones. Se reportan desde 1978 verdaderos equipos portátiles que pueden ir a la cama del paciente, generando mucha experiencia en la década de los 80 en medicina de urgencias y traumatología¹. Se utiliza de manera creciente por médicos de urgencias, cardiólogos, neumólogos, anestesiólogos e intensivistas para obtener imágenes anatómicas y funcionales a la cama del paciente²⁻⁴. En México, María de los Ángeles Segura Roldán realizó los primeros estudios con ultrasonido transfontanelar, estableciendo una escuela de ultrasonido realizado por el neonatólogo⁵. También en 1984 se reporta en el país el uso del ultrasonido para valorar el conducto arterioso permeable⁶. Por mucho tiempo se consideró el UP como una técnica limitada a la valoración de derrame pleural (DP)⁷. Los estudios de Norman Ranaten demostraron el uso del ultrasonido torácico equino para diagnosticar atelectasias, consolidaciones, abscesos, DP, empiema y neumotórax (NTX)⁸. Describió los artefactos de reverberación normales (líneas-A y líneas-B), así como anomalías de la línea pleural (LP); también describió la ausencia de líneas-B para diagnosticar NTX. En humanos los

pioneros son los franceses, en los 90, con los estudios de Rémi Targhetta⁹⁻¹¹ y Daniel Lichtenstein¹²⁻¹⁴. En 2012 se publicó el primer consenso internacional con recomendaciones basadas en evidencias para el UP en la cama del paciente, siendo el artículo más citado en el boletín europeo *Intensive Care Medicine*¹⁵. El primer estudio neonatal que describe el UP como herramienta diagnóstica para el déficit de surfactante data de 1990 y utiliza la hiperecogenicidad retrohepática como un signo patognomónico¹⁶. En el campo de la neonatología son pioneros el grupo de París^{17,18}, el de Italia¹⁹ y el de China²⁰. En el 2017 la Federación de Neonatología de México realizó el curso taller con Nadya Yousef y Daniele de Luca con el objeto de replicar la técnica en el país. En el 2020 se publicó el primer texto de UP en neonatología en México realizando talleres por toda la República²¹. Actualmente hospitales formadores de residentes han introducido la técnica en su práctica clínica.

Se considera la ultrasonografía en el punto de atención (POCUS, *point of care ultrasound*) como una herramienta práctica asociada a la historia clínica considerada por algunos autores como el quinto pilar de la exploración física, como una extensión de los sentidos²² (inspección, palpación, percusión, auscultación e insonación)²³.

El UP se ha implementado en Europa en la mayoría de los países, aunque la aceptación es variable. Una encuesta en 560 unidades de cuidado intensivo neonatal (UCIN) mostró que se utiliza principalmente para diagnosticar enfermedades respiratorias (68%), evaluar deterioro clínico (53%) y guiar la administración de

surfactante (39%). Un tercio de las UCIN tenían menos de dos años de experiencia y solo el 13% tenía más de 5 años de experiencia. En un 76% se utilizaba para indicaciones clínicas y solo en un 6% para fines de investigación²⁴.

Esta técnica complementa y puede disminuir la toma de radiografías de tórax (RT)²⁵. En neonatología Escourrou y de Luca demostraron una reducción de RT de 4.9 ± 1.5 por paciente a 2.6 ± 1 ($p < 0.0001$) tras la introducción del programa de UP en una UCIN en París; reduciendo la dosis de radiación de 183 ± 78 a $68 \pm 30 \mu\text{Gy}$ ($p < 0.0001$)²⁶. Así mismo, Rodríguez Fanjul et al. demostraron que comparando dos épocas, RT vs. UP, para la atención de pacientes admitidos por síndrome de dificultad respiratoria (SDR) se disminuyó el número de RT de dos (rango intercuartílico [RIC]: 1-3) a 0 (RIC: 0-1), así como la mediana de radiación más baja de $56 \mu\text{Gy}$ (RIC: 32-90) vs. $30 \mu\text{Gy}$ (RIC: 30-32). El soporte respiratorio fue similar en ambos grupos, con menor duración de la ventilación mecánica no invasiva y duración del oxígeno en el grupo manejado por UP²⁷.

En Manitoba se publicó el resultado del programa de UP a la cama del paciente neonatal analizando 4,076 UP en 956 pacientes, generando una recomendación de cambio en el manejo en un 62%²⁸. El mismo grupo posteriormente reportó resultados similares con un 66% de ajuste en el manejo en un programa exclusivamente llevado por terapeutas respiratorios²⁹.

Métodos

Por medio de la Asociación de Médicos Neonatólogos de la Ciudad y Valle de México y el Instituto Nacional de Perinatología Isidro Espinosa de los Reyes (INPER) se convocó a un grupo de especialistas integrado por neonatólogos, radiólogos, neumólogos y cardiólogos con experiencia de 3 a 8 años (> 2,000 estudios realizados) con un programa establecido en su institución. Se recoge también la experiencia de más de 30 talleres realizados en toda la República capacitando a más de 1,000 neonatólogos. El objetivo fue unificar los criterios en México para su realización y reporte, contextualizándolos dentro del ámbito nacional con la finalidad de ofrecer una guía útil y facilitar proyectos colaborativos.

Se llevó a cabo una revisión sistemática de la literatura en bases de datos electrónicas, incluyendo PubMed, Embase, Web of Science y Cochrane. La búsqueda se enfocó en identificar evidencia relevante sobre el uso del UP en neonatología. Se emplearon términos específicos y estrategias de búsqueda avanzada adaptadas

a cada motor. Se incluyeron artículos que cumplieran con criterios de calidad metodológica y relevancia. Se contactó por correo electrónico a expertos en Francia, Italia, España, China, Reino Unido, Canadá y Australia, y se recolectó información acerca de la metodología y estructura del reporte del UP en diferentes regiones del mundo. Además, se realizó una revisión de literatura local para garantizar la representación de datos en el contexto nacional.

El documento integrado resultante fue revisado por los miembros del grupo de desarrollo y posteriormente integrado en un manuscrito con recomendaciones sustentadas en evidencia; todos los autores revisaron y aprobaron el manuscrito llegando a un consenso sin necesidad de recurrir a votaciones.

Entrenamiento y concordancia con la radiografía de tórax

Corsini et al. en Italia estudiaron el papel del UP como prueba diagnóstica frente a la RT en 124 neonatos en las primeras 24 h. La concordancia global fue del 91% con un índice kappa (k) de 0.88 (IC 95%: 0.81-0.94). El tiempo al diagnóstico fue significativamente menor con el UP (9.5 vs. 50 min); compararon además novatos contra expertos, encontrando un tiempo medio para el diagnóstico menor en los expertos (9 [RIC: 5-15] min vs. 15 [RIC: 10-20] min). Se encontró sensibilidad (S) y especificidad (E) para SDR, taquipnea transitoria del recién nacido (TTRN), neumonía, NTX y DP del 96.7/100%, 100/97.8%, 100/100%, 80/100% y 100/95.9% respectivamente. En 25 pacientes, el UP fue realizado por ecografistas novatos (con 25 UP de entrenamiento + 6 UP independientes) con total concordancia con los expertos³⁰. Brusa et al. encontraron entre principiantes (curso teórico de 8 h sin experiencia en toma independiente de UP), intermedios (curso teórico de 8 h y 20-40 UP independientes) y expertos (más de 250 UP y autores de ensayos clínicos); una concordancia (k , IC 95%) de 0.81 (0.71-0.90), 0.72 (0.61-0.83) y 0.94 (0.88-1.00) respectivamente³¹. Elsayed et al. demostraron en su modelo integrado de valoración hemodinámica que residentes de neonatología capacitados para su interpretación en un periodo corto de tiempo (curso de 16 h en dos días) lograron diagnósticos con buena correlación con los expertos especialmente en los casos de UP (k entre estudiantes y expertos 0.86 [0.72-0.97])³². Finalmente, Mazmanyán et al. demostraron, tras recibir el curso-taller de la Dra. Yousef y el Dr. de Luca (profesores expertos), una alta correlación interobservador entre los neonatólogos directamente capacitados y los

profesores expertos (k de 0.951 [0.882-0.999]), así como entre los neonatólogos locales capacitados posteriormente y los profesores expertos (k de 0.896 [0.797-0.996])³³. Se considera que los sonografistas «novatos» están listos para generar su experiencia después de un curso teórico práctico de 18 h por lo menos y 30 estudios supervisados, como lo demuestran Perri et al., que encontraron un área bajo la curva (ABC) de 0.94 para el diagnóstico de SDR³⁴.

Una revisión sistemática reciente comparó la fiabilidad de la RT vs. el UP para el SDR, la evaluación de la necesidad de reemplazo de surfactante y la predicción del desarrollo de displasia broncopulmonar (DBP). Solo se incluyeron los estudios que evaluaron la concordancia inter- e intraobservador. Se incluyeron 14 estudios. Cuatro artículos analizaron el UP para el diagnóstico de SDR, incluyendo 308 neonatos con $k \geq 0.9$; cuatro estudios analizaron la necesidad de reemplazo de surfactante con 480 neonatos mostrando un $k \geq 0.83$; y tres artículos para la predicción de DBP con 280 lactantes mostrando un $k \geq 0.82$. No se encontró ninguna publicación sobre la fiabilidad de la RT para el diagnóstico de SDR, un artículo con 56 neonatos sobre la predicción de la RT para necesidad de surfactante con un $k = 0.86$ y dos estudios con 146 neonatos sobre la predicción de DBP con un k que osciló entre 0.19 y 0.41³⁵.

La principal limitación del UP es que las lesiones deben estar en contacto con la pleura para ser vistas, ya que las ondas ultrasónicas no penetran el aire. En la práctica, la mayoría de los procesos agudos, con pocas excepciones, tienen una extensión superficial a la pleura, lo que los hace detectables. Además, el UP no se puede utilizar para evaluar la sobredistensión en un pulmón aireado. Por lo tanto, es importante recordar estas limitaciones y realizar una técnica de imagen complementaria, cuando sea necesario, por ejemplo, una RT si los hallazgos del UP no corresponden con el cuadro clínico o la evolución.

Recomendación

Curso teórico práctico de 2 días por lo menos y 30 estudios supervisados. No se recomienda inicialmente prescindir de la RT; inicialmente puede ser importante para hacer correlación. Una vez adquirida experiencia y establecido un programa preferentemente en coordinación con radiología se recomienda disminuir el número de RT tomadas. Es importante valorar en la RT de manera habitual las características del parénquima pulmonar. En la RT la sombra tímica puede ser prominente. El índice cardiorácico puede ser normal

hasta 0.6. Se considera expansión pulmonar normal hasta seis costillas en la parte anterior y ocho costillas posteriores. Ante expansión pulmonar > 6 costillas en la parte anterior u 8 costillas en la parte posterior, costillas más horizontales, aplanamiento de diafragmas, incremento en la radiolucencia pulmonar y aire debajo del corazón o hernia de pulmón hacia el otro lado se debe sospechar hiperinflación³⁶. En caso de contar con otras técnicas radiográficas como el área torácica es importante tomarlos en cuenta y correlacionarlo con los hallazgos del UP³⁷. Generalmente en la placa de tórax la imagen en vidrio despulido es más prominente en áreas inferiores y de predominio derecho (al contrario del UP, donde se ve mayor involucro del lado izquierdo).

Equipo

La ventaja que tiene esta técnica es su simplicidad sin necesidad de filtros sofisticados, por lo que la mayoría de los equipos pueden ser de utilidad en UCIN, incluso los portátiles. El transductor, sin embargo, es importante que sea de alta frecuencia (7.5 MHz o superior), el cual proporciona una alta resolución y poca penetración. Para prematuros extremos se obtiene imágenes óptimas con > 10 MHz.

Gomond-Le Goff et al. estudiaron el efecto de diferentes transductores (lineal «palo de *hockey*» 15 MHz, sectorial de 6-12 MHz y microconvexo 8 MHz) y niveles de experiencia. Estudiaron a seis médicos con por lo menos 5 años de experiencia (expertos), cinco residentes de especialidad con por lo menos un año de experiencia (intermedios) y seis residentes en su primer año de pediatría entrenados 6 meses bajo la tutela de los residentes de especialidad (novatos). Encontraron una adecuada correlación interobservador con un coeficiente de correlación intraclase de 0.82, 0.93 y 0.95 entre novatos, intermedios y expertos respectivamente independientemente del transductor utilizado. El uso de sondas no lineales por residentes novatos se asoció con menor fiabilidad y correlación interobservador³⁸.

Recomendación

En México la opción más económica es un transductor lineal portátil de alta frecuencia (7.5-10 MHz). Recomendamos como grupo que es deseable que toda UCIN tenga un equipo fijo, que incluya un transductor tipo «palo de *hockey*» (8-18 MHz). Este tiene la ventaja de que puede también servir para el uso de accesos vasculares y la exploración abdominal para enterocolitis necrosante, por lo que se debe gestionar

Tabla 1. Características físicas de los tejidos analizados en un ultrasonido pulmonar

Tejido (medio)	Velocidad de propagación de la onda m·s ⁻¹	Impedancia MRayl	Coefficiente de atenuación	Imagen en el ultrasonido
Hueso	4,080	6-8	870	Blanco (cortical)
Tejido blando (p. ej., hígado)	1,590	1.7	90	Gris
Agua (p. ej., derrame pleural)	1,480	1.5	Sangre 9 Fluido 6	Negro
Pulmón aireado	330	0.0004	4,500	Negro*

*El aire se ve hiperecoico (blanco) cuando está atrapado en estructuras bronquiolares consolidadas (p. ej., broncograma aéreo en neumonía), en la sangre y en vísceras (p. ej., neumatosis porta).

entre neonatólogos, radiólogos y cirujanos pediatras. Es importante aclarar que frecuencias muy altas (sobre todo > 20 MHz) pueden sobreestimar la escala semicuantitativa (ESC), ya que se detectan más líneas-B al incrementar la frecuencia del transductor³⁹.

Semiología recomendada para el ultrasonido pulmonar neonatal

La [tabla 1](#) describe las características físicas de los tejidos analizados en un UP⁴⁰. La [tabla 2](#) incluye la semiología del UP con la terminología propuesta y ejemplos⁴¹⁻⁵⁴.

Escala semicuantitativa

Una ESC consiste en asignar un puntaje numérico al hallazgo de imagen; generalmente de 0 a 3. El puntaje 0 representa un pulmón bien aireado (líneas-A y deslizamiento pleural, máximo dos líneas-B bien espaciadas). El puntaje 1 denota pérdida leve de la aireación con un síndrome intersticial (3 o más líneas-B bien espaciadas, algunas líneas-A visibles). El puntaje 2 pérdida moderada de la aireación edema intersticial y alveolar (pulmón blanco, líneas-B coalescentes que desaparecen las líneas-A, si hay consolidaciones pequeñas son < 0.5 cm/kg). El puntaje 3 representa pérdida grave de la aireación un pulmón consolidado, considerando la consolidación extensa > 0.5 cm/kg (o con DP extenso, o con una malformación pulmonar congénita y de la vía aérea o ausencia de pulmón, por ejemplo, asas intestinales en una hernia diafragmática). En el caso de SDR la presencia generalizada de broncograma de colapso o la presencia continua del signo del copo de nieve asigna también 3 puntos. Se exploran seis áreas del pulmón anterior y lateral o 10 áreas cuando se hace la ESC extendida (ESCe) tomando cuatro posteriores.

Un mayor puntaje implica una menor aireación. Aunque se han descrito diferentes escalas con áreas distintas para determinar la necesidad de surfactante, el desempeño de estas es muy similar^{55,56}. Estas escalas se han correlacionado con la escala de Silverman-Andersen^{48,57}, índices de oxigenación⁵⁸, imágenes por tomografía axial computarizada de pulmón (TAC)⁵⁹ e inflamación del tejido pulmonar tanto en modelo animal como humano^{60,61}.

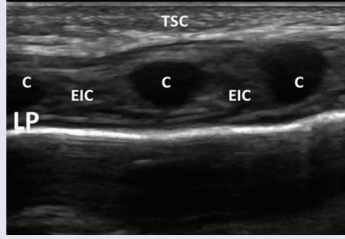
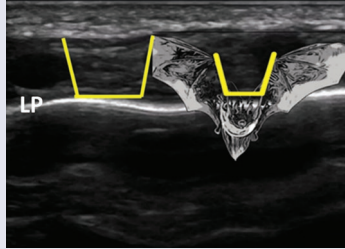
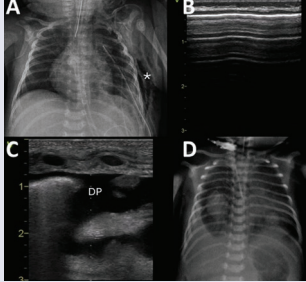
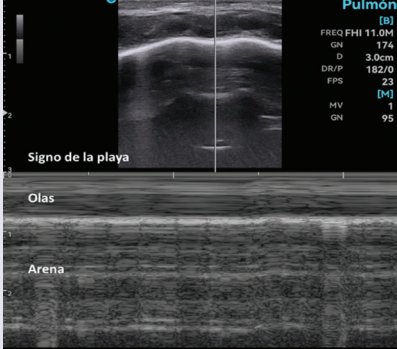
Recomendación

El grupo recomienda dos escalas adaptadas de cuidados intensivos de adultos⁶². En las primeras 48 h la ESC establecida por Brat et al. para evaluar SDR y TTRN⁵⁸. Posterior a las 48 h se recomienda la ESCe, que incluye regiones posteriores propuesta por Loi et al.⁶³. La [figura 1](#) representa las áreas recomendadas, así como la ESC utilizada (0 a 3 puntos en 6 o 10 áreas). En el caso de las consolidaciones se muestra cómo se mide el índice de consolidación (IC) midiendo la distancia desde la LP hasta el borde más profundo.

Fenómeno de reclutamiento en la inspiración

El fenómeno del reclutamiento en inspiración implica un hallazgo que se observa en el mismo ciclo respiratorio en el cual durante la inspiración hay una mejoría en la observación de las líneas-A (puntaje 0-1), seguido de colapso al final de la espiración (puntaje 2-3)⁶⁴. Este fenómeno, mostrado en la [figura 2](#), puede ayudar a ajustar el soporte respiratorio y su presencia ha demostrado mejorar el desempeño para predecir falla al retiro de la presión continua de la vía aérea (CPAP, por sus siglas en inglés) (ver más adelante).

Tabla 2. Semiología del UP

Término/definición	Ejemplo
<p>LP: es una línea hiperecogénica lisa, regular y recta debajo de las costillas en los recién nacidos. Normalmente se ve como una línea suave, regular y relativamente derecha. Irregularidades, interrupción de la continuidad o ausencia de esta indican anomalía. Generalmente mide menos de 0.5 mm⁴¹. Se considera definitivamente engrosada cuando mide ≥ 1 mm; esto se observa en el SAM y el SDR, y es un importante signo en DBP. Normalmente reconocemos de arriba hacia abajo la piel y el tejido subcutáneo, músculos intercostales externo, interno e íntimo; las costillas que aparecen ovals dando sombra posterior (en los neonatos por las características físicas del tórax no dan sombra posterior anterior), los espacios intercostales bordeado por las costillas y finalmente la LP horizontal hiperecogénica</p>	 <p>UP longitudinal</p>
<p>Signo del murciélago⁴²: se utiliza para identificar un EIC, siendo el borde de las costillas las alas y la LP la cabeza. Se utiliza en honor a que los murciélagos emiten ruidos de ecolocalización que son esenciales para detectar obstáculos durante el vuelo, así como guiar su camino entre el forraje para encontrar comida (ven con el sonido)</p>	 <p>UP longitudinal. Signo del murciélago, identifique la LP que representa la cabeza y los bordes de las costillas y las alas para identificar el EIC</p>
<p>Ausencia del signo del murciélago: es muy importante reconocer el signo del murciélago para localizar las costillas y la LP. Tres escenarios donde se describe la ausencia de este son:</p> <ul style="list-style-type: none"> – Enfisema subcutáneo, en el cual el aire subcutáneo genera un artefacto A sin deslizamiento. No debe confundirse con NTX – En el DP se describe la ausencia del signo del murciélago, ya que al no existir aposición de la pleura y estar separadas la pleura parietal y visceral por líquido no se observa la LP horizontal hiperecogénica (cabeza del murciélago) – En algunos casos de hemorragia pulmonar el depósito de fibrina entre las pleuras provoca la pérdida del signo del murciélago (ver más adelante) 	 <p>A: RT de paciente sometido a cirugía toracoscópica con enfisema subcutáneo izquierdo. B: en el UP longitudinal note como el colocar el transductor sobre el área produce artefacto A (ver más adelante) que puede ser confundido con NTX si no se advierte ausencia del signo del murciélago. C: UP longitudinal que demuestra ausencia del signo del murciélago por un DP derecho por hemotórax en un paciente operado de hernia diafragmática. D: RT correspondiente</p>
<p>Deslizamiento pleural y signo de la playa⁴³: movimiento horizontal de vaivén de la LP, sincronizado con el movimiento respiratorio. Su presencia implica aposición de la pleura parietal y visceral, su ausencia es siempre patológica</p> <p>En el modo-M se observa el signo de la playa, lo que confirma aposición de las pleuras. Esto sucede secundario al deslizamiento pleural, generando una imagen arenosa inferior. La imagen fija superior da la impresión de olas</p>	 <p>Signo de la playa Olas Arena</p> <p>Pulmón 181 FREQ FHI 11.0M GN 174 D 3.0cm DR/PP 182/0 FPS 25 [M] MV 1 GN 95</p>

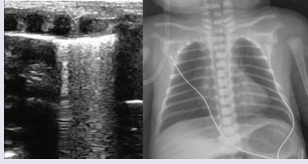
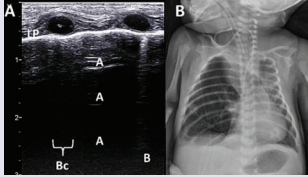
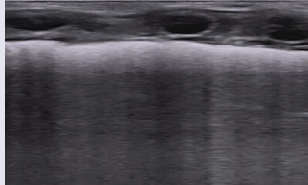

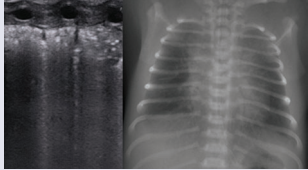
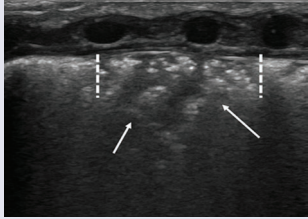
(Continúa)

Tabla 2. Semiología del UP (*continuación*)

Término/definición	Ejemplo
<p>Ausencia de deslizamiento pleural y signo del código de barras: no se observa el movimiento horizontal de vaivén de la LP. Su presencia implica la falta de aposición de las pleuras y es siempre patológica.</p> <p>En el modo-M se observa el signo del código de barras. Se genera por la ausencia de deslizamiento pleural perdiendo el aspecto arenoso inferior, apreciándose una serie de líneas paralelas horizontales. Indica falta de aposición de la pleura visceral y parietal y se observa en el NTX</p>	
<p>Punto pulmonar: se refiere al punto que separa un área deslizante de un área no deslizante. Es un signo específico de un NTX (leve-moderado), aunque no es patognomónico, ya que no se ve en NTX a tensión</p>	
<p>Líneas-A⁴⁴: artefacto horizontal equidistante a la LP, apreciado durante la insonación de un pulmón aireado (múltiplos de la distancia entre la LP y el transductor) El patrón de líneas-A con deslizamiento pleural indica un pulmón normal. Puede haber máximo dos líneas-B bien espaciadas, aun siendo considerado normal (ver más adelante)</p>	
<p>Líneas-Z: pequeños artefactos «cola de cometa» que parten de la LP, pero al contrario de las líneas-B no se extienden a lo largo de la pantalla, no borran líneas-A y no son perfectamente sincrónicos con el deslizamiento pleural (brillan como la luz de una vela). Estas se generan debido a que la pleura parietal y visceral que se encuentran estrechamente interpuestas y atrapan la onda acústica que viaja repetidamente de ida y vuelta entre ambas superficies.</p> <p>Para fines prácticos no tienen significancia clínica</p>	
<p>Líneas-B⁴⁵: artefacto de reverberación que genera imágenes hiperecoicas verticales que semejan un láser que parten de la LP, se extienden al fondo de la pantalla sin desaparecer y se mueven en conjunto con el deslizamiento pleural (respiración)</p> <p>Muestra una interfaz aire/líquido, diagnosticando una pérdida de la aireación (sin consolidación del tejido) por involucro intersticial</p> <p>Estas se pueden ver separadas o pueden coalescer y generar áreas de «pulmón blanco»</p>	 <p>UP longitudinal. Observe en el ejemplo dos líneas-B separadas seguidas por un cúmulo de líneas-B coalescentes (Bc). Observe que hay líneas-A (A) visibles</p>
<p>Síndrome intersticial⁴⁶: se define como la presencia de tres o más líneas-B bien espaciadas aún con líneas-A visibles. Representa edema intersticial pulmonar con pérdida leve de la aireación</p>	

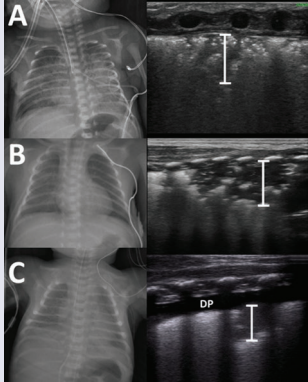
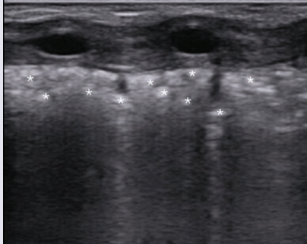
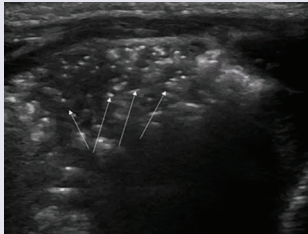
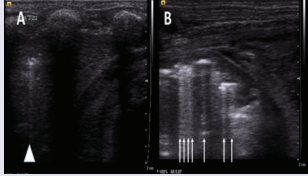
(Continúa)

Tabla 2. Semiología del UP (*continuación*)

Término/definición	Ejemplo
<p>Doble punto pulmonar⁴⁷: se refiere a la transición aguda entre síndrome intersticial y pulmón blanco (líneas-B coalescentes). Se observa la presencia de líneas-B muy compactas en los campos pulmonares inferiores (pulmón blanco) y líneas-B no compactas en campos superiores. Aparece en el 50% de pacientes con TTRN⁴⁸. Se observa también durante el periodo de recuperación de enfermedades graves como SDR y neumonía⁴⁹</p>	 <p>UP longitudinal y RT correspondiente de un neonato conTTRN, el UP muestra doble punto pulmonar evidente.</p>
<p>Triple punto pulmonar: en el caso de lesiones quísticas donde hay edema que «contrasta» la lesión, el Dr. Yasser Elsayed ha descrito el triple punto pulmonar que implica el artefacto A rodeado de líneas B compactas</p>	 <p>A: UP longitudinal de un paciente con MCPVA en la cual se observan líneas-A rodeadas de líneas-B compactas. B: RT correspondiente que muestra lesión quística</p>
<p>Líneas-B coalescentes o «pulmón blanco»: definen la presencia de líneas-B que coalescen, desapareciendo las líneas-A. Representan edema intersticial y alveolar con pérdida moderada de la aireación En las primeras 72 horas es característico del SDR. Posteriormente se deben buscar criterios para el SDRAN</p>	
<p>Algunos autores utilizan el signo de vidrio esmerilado y el signo de copo de nieve para representar distintos grados de gravedad en el SDR⁵⁰</p>	
<p>Signo del vidrio esmerilado: se caracteriza por un fuerte eco de campo cercano gradualmente debilitado conforme se aleja Como se verá más adelante se asignan 2 puntos en la ESC</p>	 <p>UP y RT correspondiente de paciente con SDR, pulmón blanco con signo del vidrio esmerilado</p>
<p>Signo del copo de nieve⁵¹: se caracteriza por un signo obvio de broncograma aéreo que se asemeja a un patrón copos de nieve en la imagen. Este broncograma aéreo puntiforme, parcheado o lineal es estático. Se prefiere llamar a este «broncograma de colapso». En el SDR la presencia generalizada de broncograma de colapso o la presencia continua del «signo del copo de nieve» le asigna 3 puntos en la ESC, lo que implica una pérdida grave de la aireación</p>	 <p>UP y RT correspondiente de paciente con SDR, pulmón blanco y abundante broncograma de colapso con signo del copo de nieve</p>
<p>Signo de la interrupción: signo ecográfico estático de consolidación pulmonar. El tejido pulmonar consolidado aparece como una región hipoeoica subpleural (gris) que tiene un borde profundo. La LP se torna irregular, rasgada y discontinua</p>	 <p>UP longitudinal. Identifique cómo la LP recta presenta interrupción a partir de la línea punteada, esta rodea irregularmente una consolidación (flechas) para posteriormente tras la línea punteada seguir recta</p>

(Continúa)

Tabla 2. Semiología del UP (*continuación*)

Término/definición	Ejemplo
<p>Consolidación⁵²: región hipocogénica subpleural con disrupción de la LP, con ecotextura tisular (gris) y desaparición de las líneas-A. El umbral para distinguir las consolidaciones pequeñas de las consolidaciones extensas se definió arbitrariamente como > 5 mm. Consolidaciones significativas tienen una profundidad > 0.5 cm/kg (o > 1 cm en valor absoluto). La profundidad máxima de la consolidación (índice de consolidación) se mide de la distancia desde la LP hasta su borde más profundo⁵³. Se puede transmitir el latido cardiaco observándose pulso pulmonar (ver más adelante).</p>	 <p>RT y UP longitudinal correspondiente. A: consolidaciones en hemorragia pulmonar. B: neumonía por <i>Klebsiella pneumoniae</i>. C: SAM grave. Observe la diferencia en morfología, profundidad y extensión de las consolidaciones. Observe la medición del índice de consolidación.</p>
<p>Pulso pulmonar: ausencia de deslizamiento pleural y visualización clara de las pulsaciones cardiacas a nivel de la consolidación o de la LP. Al observarse en la LP, este signo se describe como el paso inicial antes de una atelectasia; en paciente intubado puede reflejar la intubación bronquial del pulmón contralateral.</p>	
<p>Broncograma de colapso: pequeños puntos ecogénicos que representan secciones transversales de bronquios pequeños rodeados por líquido o alveolos colapsados. Este se puede ver en un trasfondo blanco como en el SDR o gris como en las consolidaciones. Es estático.</p>  <p>UP longitudinal donde se observa broncograma de colapso (asteriscos), el trasfondo es blanco (edema intersticial y alveolar por SDR).</p>	<p>Broncograma fluido: elementos ecogénicos lineales o puntiformes que representan aire en los bronquiolos que presentan movimiento centrífugo con respecto a la respiración. Es dinámico.</p>  <p>UP transversal donde se observa broncograma fluido (flechas). El trasfondo es gris (neumonía).</p>
<p>Patrón S: la respuesta alveolar dinámica a las maniobras de reclutamiento puede ser evaluada fácilmente utilizando UP. Se ha descrito un patrón ultrasonográfico, denominado patrón S; este se caracteriza por la presencia de artefactos verticales hiperecóticos que inician en el bronquio que presenta reapertura, presentando al menos una línea S por campo. Cuando se presentan varios se describe el signo de los rayos de sol; esto se observa tempranamente durante las maniobras de reclutamiento como signo de reclutabilidad; por el contrario si la presencia de broncograma de colapso o estático incrementa durante el reclutamiento sugiere un incremento del espacio muerto y se ha descrito como patrón D, indicando irreclutabilidad⁵⁴.</p>	 <p>Paciente sometido a maniobras de reclutamiento en región atelectásica. A: UP longitudinal, observe aparición inicial de un artefacto vertical (cabeza de flecha). B: UP transversal, tras iniciar reclutamiento presenta signo de los rayos del sol (flechas) con patrón S compatible con reclutabilidad.</p>

C: costilla; DBP: displasia broncopulmonar; DP: derrame pleural; EIC: espacio intercostal; ESC: escala semicuantitativa; LP: línea pleural; MCPVA: malformación congénita pulmonar y de la vía aérea; NTX: neumotórax; RT: radiografía de tórax; SAM: síndrome de aspiración de meconio; SDR: síndrome de dificultad respiratoria; SDRAN: síndrome de dificultad respiratoria agudo neonatal; TSC: tejido subcutáneo; TTRN: taquipnea transitoria del recién nacido; UP: ultrasonido pulmonar.

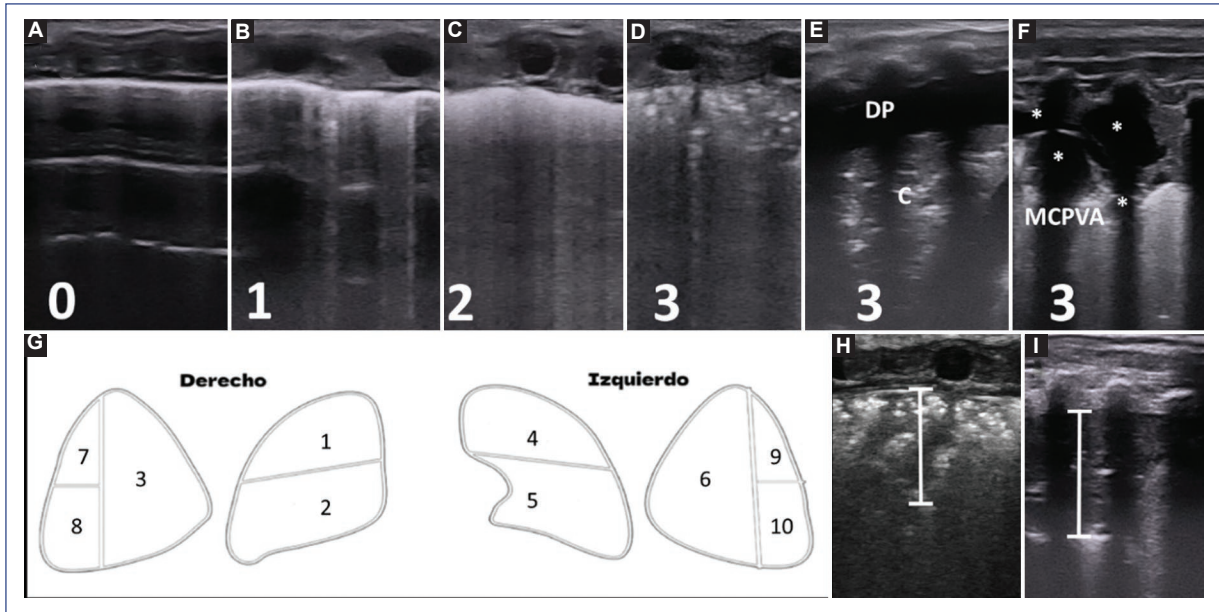


Figura 1. Escala semicuantitativa y regiones pulmonares que explorar recomendadas. **A-F:** puntuación recomendada: 0, pulmón bien aireado, patón de líneas-A y deslizamiento pleural (**A**); 1, síndrome intersticial (3 o más líneas-B bien definidas, se observan líneas-A) (**B**); 2, edema intersticial y alveolar (pulmón blanco), líneas-B coalescentes que borran las líneas-A (**C**); 3, en el caso de SDR, presencia generalizada de broncograma de colapso o la presencia continua del signo del copo de nieve (**D**), pulmón consolidado o con derrame pleural extenso (**E**) o con una MCPVA note la estructura parecida a tejido con múltiples quistes (asteriscos) en su interior (**F**). **G:** representación gráfica de las áreas recomendadas para calcular la ESC y ESCe. **H:** hemorragia pulmonar donde se representa la medición del índice de consolidación. **I:** neumonía nosocomial donde se demuestra la medición del IC. DP: derrame pleural; ESC: escala semicuantitativa; ESCe: ESC extendida; MCPVA: malformación congénita pulmonar y de la vía aérea; SDR: síndrome de dificultad respiratoria.

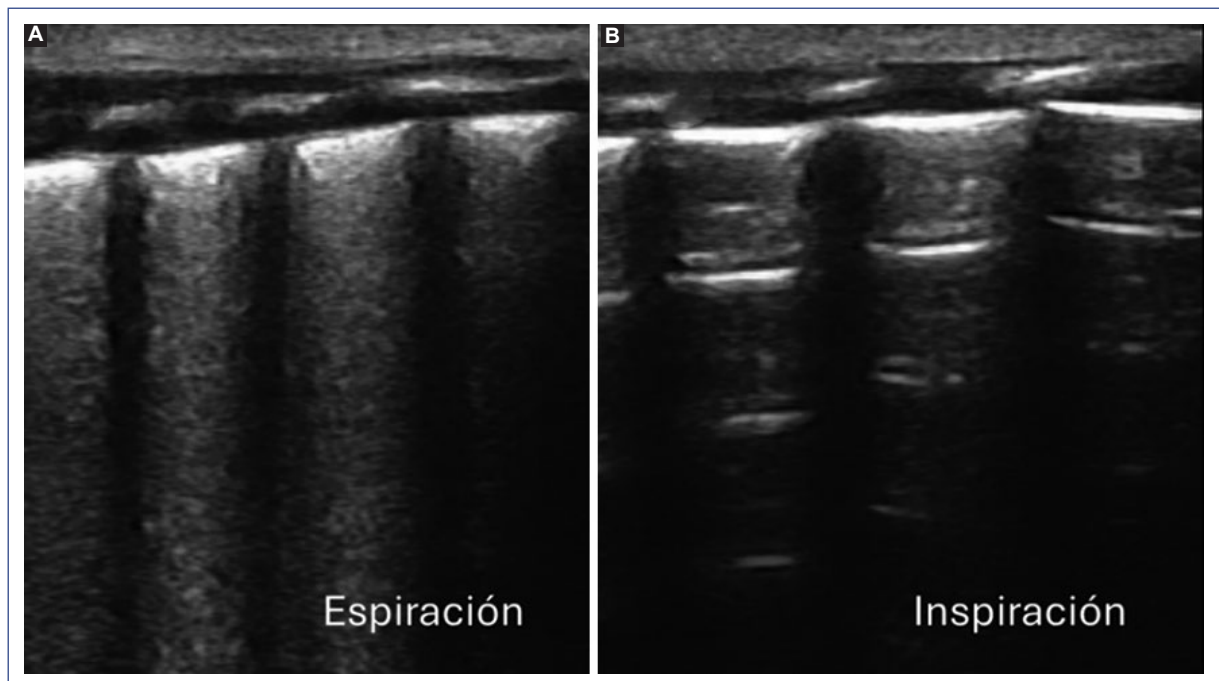


Figura 2. Fenómeno de reclutamiento en la inspiración. Ultrasonido pulmonar longitudinal en la misma región posterior que demuestra que: **A** en la espiración aparecen líneas-B coalescentes (puntaje de 2), mientras que **B** en la inspiración reaparecen las líneas-A (puntaje 0).

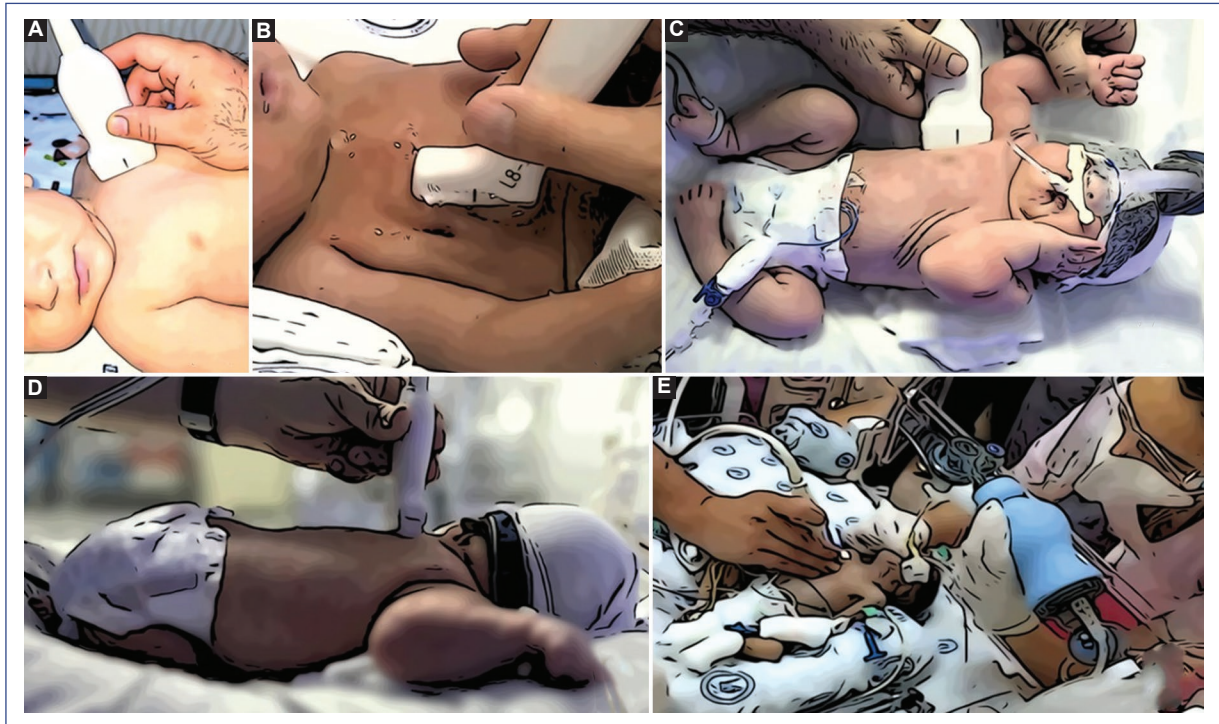


Figura 3. Posición de diferentes tipos de transductores lineales para realizar cortes longitudinales y transversales. **A:** corte longitudinal anterior superior izquierdo con transductor lineal en un neonato de término. **B:** corte longitudinal anterior inferior derecho con un transductor tipo «palo de hockey» en un neonato prematuro. **C:** corte lateral derecho con un transductor lineal en un neonato de término. **D:** corte transversal posterior superior izquierdo en un neonato de término. **E:** valoración rápida en tórax derecho con un transductor tipo «palo de hockey» en un prematuro con descompensación súbita.

Técnica recomendada

A pesar de que el UP es una técnica sencilla y de bajo riesgo el propósito y beneficios deben ser claramente explicados al personal de enfermería y a los padres del neonato. Este estudio es conveniente realizarlo en presencia de la enfermera del paciente y los padres para optimizar la comodidad y seguridad del paciente.

En UP se utiliza imagen en 2D (modo-B) y el modo-M. El modo-B (bidimensional) genera imágenes transversales del cuerpo por medio de ondas sonoras transmitidas y recibidas por el transductor, mostrando su anchura y profundidad. El modo-M (de movimiento) proporciona una vista del movimiento en tiempo real a lo largo del eje de tiempo, y captura detalles del movimiento de las estructuras a una alta velocidad de fotografías. Es ideal para evaluar movimientos rápidos o sutiles en los tejidos y es especialmente útil cuando existe sospecha de NTX o para la evaluación de DP⁶⁵.

Se debe realizar lavado de manos y desinfección de los transductores. Es importante utilizar gel tibio. La manera más económica de entibiárselo es con un

calentador de biberones. Cualquier excedente de gel debe removerse gentilmente del neonato con material suave que proteja la integridad de la piel. Si se va a realizar un procedimiento, se recomienda vestir el transductor con una manga estéril (en caso de no contar con una manga estéril, una opción más económica puede ser cubrir el transductor con un guante estéril). El usuario debe realizar lavado quirúrgico y usar bata y guantes. Otro operador debe manejar la botonería y adquirir las imágenes.

Se realizan cortes longitudinales (transductor perpendicular a las costillas) y transversales (transductor paralelo al espacio intercostal [EIC]). Los cortes longitudinales se utilizan para calcular la ESC. La **figura 3** muestra la posición de distintos tipos de transductor lineal para cortes longitudinales o transversales.

Lo que está sobre la LP constituye tejido celular subcutáneo, músculos intercostales y costillas⁶⁶. En el campo anterior y sobre todo en prematuros no observa sombra acústica de las costillas por la impedancia de los tejidos. En los cortes laterales y posteriores y en pacientes mayores habitualmente se observa sombra

acústica. En los cortes transversales no se observa sombra acústica de las costillas, ya que el transductor debe estar alineado con un EIC.

Se recomienda generar una configuración preestablecida de UP con el especialista de aplicaciones de ultrasonido, lo cual se puede realizar cuando se adquiere el equipo. Si no hay una configuración preestablecida se puede iniciar con «Partes blandas». Si el foco no es automático, establecer una o dos zonas focales y ajustarlas a nivel de la LP.

Se deben desactivar filtros sofisticados que están diseñados para suprimir artefactos como imagen armónica de tejidos (*tissue harmonic imaging*) o multihaz compuesto (*compounding/multibeam/cross-beam*). Se debe utilizar la frecuencia fundamental (desactivar los armónicos) con reducción de manchas 2-3 o técnicas similares (el ruido de las manchas hace que la imagen tenga una apariencia granular, degrada la resolución del contraste y oscurece la anatomía subyacente).

Algunos equipos portátiles WiFi requieren la activación de la función de armónicos para subir de 7.5 a 10 MHz, con lo que mejora la imagen, en cuyo caso no se recomienda desactivar.

Ajustar la profundidad 3-5 cm (por lo menos tres líneas-A a partir de la LP). Esta se puede aumentar si es necesario interrogar más profundo (p. ej., neumonías, derrames) o si hay edema de tejidos blandos importante (p. ej., hidrops).

La ganancia se debe ajustar de tal manera que los tejidos parietales sean grises, la sombra acústica de las costillas negras y la LP blanca. Posteriormente se ajusta la compensación de ganancia de tiempo para obtener una imagen uniforme desde el campo cercano hasta el lejano⁶⁷.

En la mayoría de los centros se hace el estudio dependiendo de la posición en la que se encuentre el neonato. El estudio es más fiable si lleva una hora en esa posición, de acuerdo con Louis et al., que estudiaron la posición prona vs. supina en neonatos ≥ 29 semanas con dificultad respiratoria (TTRN 53%, SDR 41%). Compararon la ESC en prono y en supino, encontrando que era posible realizarla en ambas posiciones con puntajes mayores inmediatamente al pronar (recordando que el líquido sigue las reglas de la gravedad), pero equiparándose tras una hora del cambio de posición⁶⁸. Por lo anterior se recomienda esperar una hora tras el cambio de posición para tener una adecuada valoración del grado de edema.

A pesar de que algunos autores recomiendan estudiar todo el tórax (anterior, lateral y posterior), el beneficio es marginal en afecciones como el SDR y la

TTRN. La mayoría de los estudios se han realizado en el tórax anterior y lateral, y es muy importante en neonatos inestables no alterar la posición, ya que los puede comprometer. El grupo recomienda emplear de manera sistemática las seis zonas propuestas por la adaptación de Brat et al.⁵⁸ para calcular la ESC, sobre todo para evaluar en cuidados inmediatos para SDR y TTRN. Recomendamos la escala ESCe agregando cuatro zonas posteriores cuando se sospecha una condición heterogénea y sobre todo al busca malformaciones, consolidaciones y derrame^{62,69}. En este caso debe existir una segunda persona encargada de movilizar cuidadosamente al neonato y el grado de edema debe tomarse con reserva. Es deseable en muchas situaciones el cambio de posición y pronar a los pacientes, por lo que el estudio se puede adaptar a la dinámica de enfermería.

Ante cualquier descompensación aguda y durante la reanimación se recomienda realizar un UP urgente. En el caso de un neonato gravemente enfermo el estudio se basa en un rápido examen del tórax anterior y las regiones posterolaterales para descartar rápidamente patologías como NTX y DP. Se presenta el algoritmo de acción en el caso de un neonato con descompensación súbita al final del texto⁷⁰.

Se debe registrar el número de identificación del paciente, nombre, fecha de nacimiento y sexo en estudios electivos. En caso de urgencia se puede realizar al final. Se debe dividir el tórax en tres regiones utilizando la línea axilar anterior y posterior, así como las líneas para esternales y paravertebrales. De esa manera tenemos:

- Región anterior. De la línea paraesternal a la línea axilar anterior. Esta a su vez dividida por la línea intermamaria se divide en:
 - Superior.
 - Inferior.
- Región lateral. De la línea axilar anterior a la posterior.
- Región posterior de la línea paravertebral a la línea axilar posterior. De igual manera se divide por encima de la línea interescapular dividiendo en dos partes iguales en:
 - Superior.
 - Inferior.

La **figura 4** muestra las regiones del tórax que explorar.

Se recomienda hacer clips de 6-10 segundos. En el equipo se recomienda etiquetar cada zona de acuerdo con el número asignado a las zonas pulmonares en la **figura 1**. Se puede además preceder el número con la letra D o I si es derecho o izquierdo.



Figura 4. Regiones del tórax que explorar. **A:** región anterior, se establece de la línea paraesternal a la línea axilar anterior derecha e izquierda; esta a su vez dividida por la línea intermamaria en superior e inferior. **B:** región lateral, de la línea axilar anterior a la posterior. **C:** región posterior de la línea paravertebral a la línea axilar posterior derecha e izquierda. De igual manera se divide por encima de la línea interescapular dividiendo en dos partes iguales en superior e inferior.

Se debe realizar primero el escaneo longitudinal con la escotadura del transductor hacia arriba (cabeza del paciente) con deslizamiento de medial a lateral tanto en la región anterior como posterior. Es muy importante que el transductor esté totalmente perpendicular al tórax. Un transductor con inclinación puede dar una falsa imagen de pulmón blanco (puntuación de 2) que se modifica al corregir la inclinación y obtener una imagen perpendicular donde se observa separación de las líneas-B (puntuación de 1). Para esto se recomienda que se tome el transductor con el dedo pulgar e índice y los tres dedos restantes toquen el tórax del neonato formando un trípode. Se debe ajustar el transductor hasta observar con la mayor definición y rectitud posible la LP y el signo del murciélago. En las regiones posteriores es muy importante valorar el fenómeno de reclutamiento durante la inspiración.

Posteriormente se debe girar el transductor 90 grados para escanear de arriba abajo por medio de los EIC. Esta vista complementaria evita la sombra acústica de las costillas y se puede utilizar para obtener información adicional sobre la extensión y/o profundidad de una lesión o área patológica. Se recomienda que en los cortes anteriores la escotadura se dirija hacia la derecha (hígado del paciente) y en las posteriores hacia la izquierda (corazón del paciente). De esa manera en los cortes longitudinales la derecha de la pantalla es superior y la izquierda es inferior. En los cortes transversales anteriores en los derechos el esternón está a la izquierda de la pantalla y en los izquierdos el esternón está a la derecha de la pantalla. De la misma manera en los posteriores derechos la columna está a

la izquierda de la pantalla, mientras que en los posteriores izquierdos la columna está a la derecha de la pantalla (anatómicamente correspondientes).

Dependiendo de los lineamientos de cada institución se debe hacer el primer UP (para definir necesidad de surfactante y clasificar los cuidados pulmonares necesarios) entre la primera y segunda hora de vida (o antes ante cualquier descompensación súbita)⁷¹. El tiempo de adquisición se reporta generalmente alrededor de 5 minutos³⁰.

Vistas adicionales recomendadas

INTUBACIÓN

Con el transductor lineal con la escotadura viendo hacia la derecha del paciente, colocar el transductor sobre el cuello del neonato con cuidado con la vía aérea (se recomienda una segunda persona cuidando la vía aérea). A nivel del cricoides se deben localizar los dos lóbulos tiroideos, cuando el paciente está correctamente intubado se puede observar el contorno del tubo (en doble riel) generando sombra posterior. El esófago se encuentra paratraqueal a la izquierda (en el 70% de los humanos) y generalmente está colapsado. En caso de verlo dilatado con sombra posterior puede corresponder a intubación esofágica o que tenga una sonda oro o nasogástrica.⁷² La figura 5 muestra las relaciones anatómicas una intubación esofágica y una correcta. La ecografía transtraqueal tiene una S del 98.7% y una E del 97.1%. Los análisis de subgrupos no demostraron una diferencia significativa según la ubicación, la especialidad del proveedor, la experiencia del

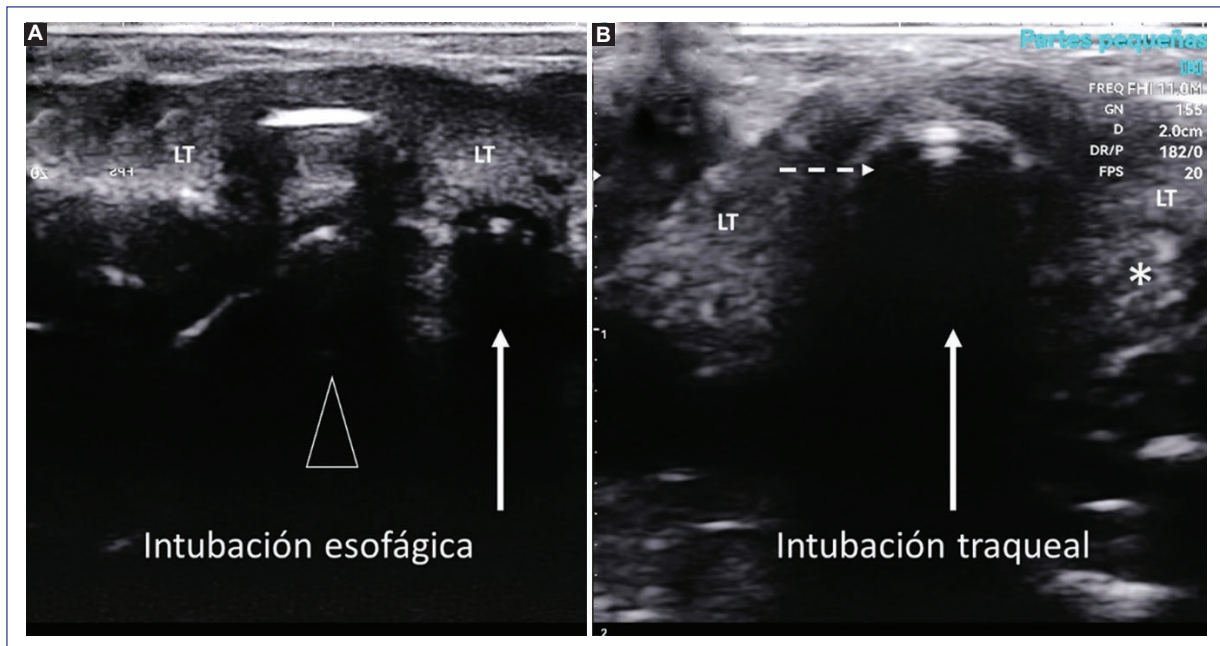


Figura 5. Comparación entre intubación esofágica e intubación traqueal. **A:** intubación esofágica. Note en medio de los LT artefacto-A (cabeza de flecha) y a la izquierda del paciente el esófago ocupado por el tubo endotraqueal (flecha) generando sombra posterior. **B:** intubación traqueal. Identifique el borde del tubo endotraqueal (flecha punteada) generando sombra posterior. A la izquierda del paciente se observa el esófago colapsado (asterisco). LT: lóbulos tiroideos.

proveedor, el tipo de transductor o la técnica. El tiempo medio hasta la confirmación fue de 13 segundos^{73,74}.

RECONOCIMIENTO DEL TIMO

En todo UP en la región anterior al desplazarse de la región derecha a la izquierda aparecerá el timo, que es muy importante no confundir con atelectasias. Está localizado en el mediastino anterior y superior, superponiéndose al pericardio, el arco aórtico, la arteria pulmonar, la vena innominada izquierda y la tráquea: puede extenderse superiormente al borde inferior de la tiroides o inferiormente al diafragma, rara vez al mediastino posterior. No debe desplazar estructuras. Tiene una ecogenicidad homogénea, con múltiples láminas. Su ecogenicidad es similar a la de la tiroides⁷⁵. Las mediciones que se realizan habitualmente son el diámetro anteroposterior y transversal, así como el índice tímico. Este último se obtiene al multiplicar el diámetro transversal por el área de la glándula que en el plano sagital o eje largo que habitualmente tiene forma triangular (Fig. 6A). En el eje corto el esternón y las estructuras mediastínicas (timo, vena cava superior, aorta y arteria y ramas pulmonares) se pueden observar en un recién nacido (RN) sano (Fig. 6B). Se han descrito como

valores normales un diámetro transversal de 2.16 ± 0.54 cm y un diámetro anteroposterior de 1.43 ± 0.3 cm. Tres estudios reportan el índice tímico normal: a) en neonatos de 24 a 36 semanas de 5.2^{76} ; b) en neonatos de 32.6 ± 2.3 semanas de 4.11 ± 2.1 en niños y 4.36 ± 2.05 en niñas⁷⁷, y c) en neonatos de término de 2.98 ± 0.64^{78} . Normalmente, una línea ecogénica muy delgada delinea el margen del timo y los grandes vasos. El aire mediastínico anormal se observa como un engrosamiento (puntiforme o lineal) ecogénico a lo largo del margen de las estructuras mediastínicas, algunas con sombra posterior. En casos de neumomediastino este aire anormal se observa en los márgenes laterales, anteriores y posteriores del timo y se ha descrito aire intratímico.

EJE LARGO PARAESTERNAL

Con el mismo transductor lineal se debe seleccionar partes pequeñas en el menú y ajustar la profundidad a 6-8 cm, así como ajustar los MHz (5-7.5) para obtener una adecuada penetración. Con la escotadura dirigida a la cadera izquierda se deben hacer movimientos hacia las manecillas del reloj hasta identificar: 1) el ventrículo derecho, 2) el tabique interventricular, 3) la

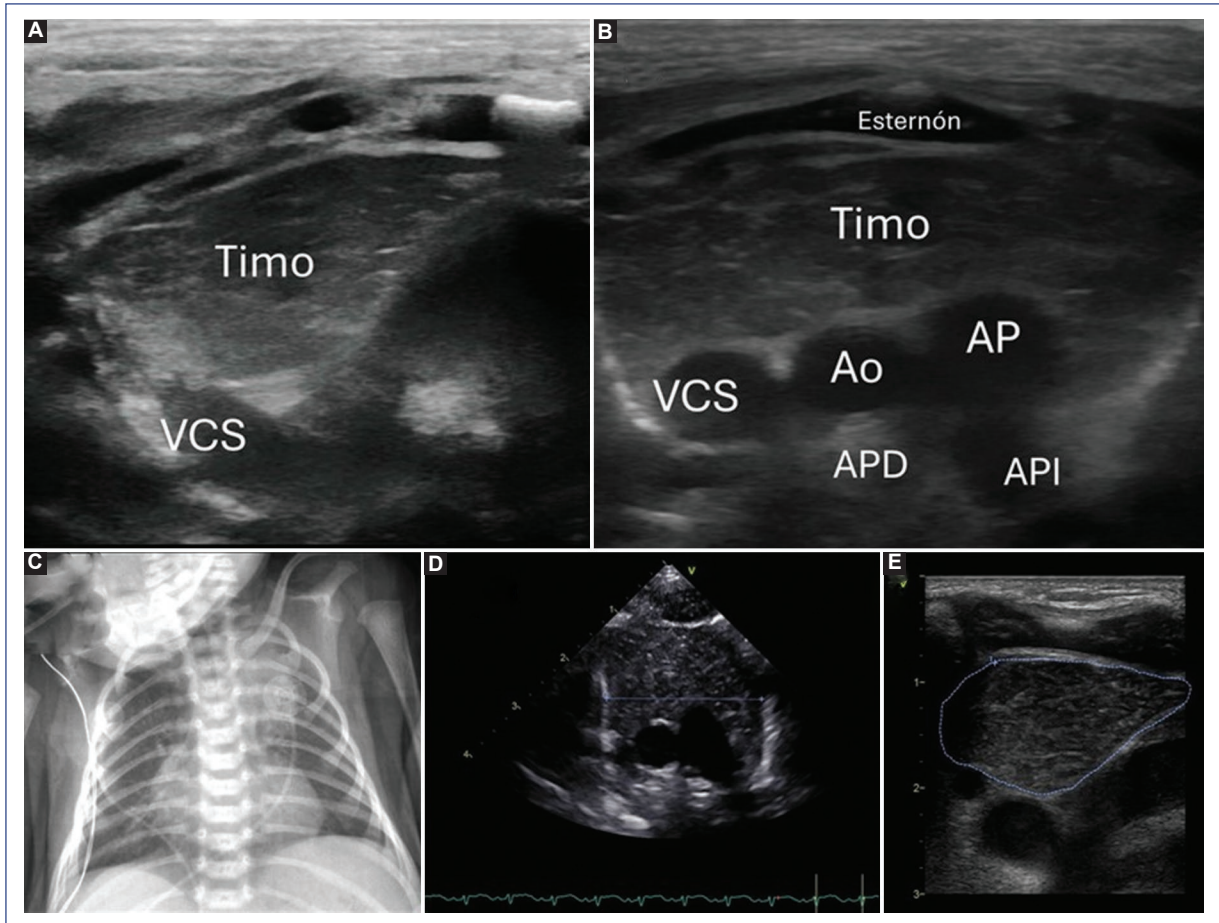


Figura 6. Vista del timo en eje largo y eje corto. **A:** eje largo. **B:** eje corto, que muestra el timo con sus relaciones anatómicas. **C:** RT de neonato de término referido a tercer nivel de atención por «masa mediastinal» en donde se documenta que es el timo. **D:** diámetro transversal de 2.6 cm. **E:** área de 6.05 cm². Esto da un índice tímico de 15.6, mayor a lo reportado en la literatura. Ao: aorta; AP: arteria pulmonar; APD: arteria pulmнар derecha; API: arteria pulmonar izquierda; RT: radiografía de tórax; VCS: vena cava superior.

válvula aórtica con las valvas coronaria derecha y no coronaria (posterior), así como la raíz aórtica, 4) la cavidad del ventrículo izquierdo con sus paredes anterior y posterior, 5) la válvula mitral junto con las cuerdas tendinosas que la unen al músculo papilar medial, 6) la aurícula izquierda y a nivel del surco atrio-ventricular también se puede apreciar el seno coronario, 7) el pericardio y 8) la aorta descendente (Fig. 7)⁷⁹. Esta imagen es útil para evaluar subjetivamente la contractilidad, el llenado cardíaco y la volemia. Objetivamente se puede evaluar la frecuencia cardíaca y la presencia de derrame pericárdico⁸⁰. Posterior al atrio izquierdo se puede distinguir una silueta circular hipoeoica que corresponde a la aorta descendente, este es un punto de referencia clave para distinguir un DP izquierdo de un derrame pericárdico en eje largo. El líquido anterior a la aorta descendente (hacia la

parte superior de la pantalla rodeando al corazón) es derrame pericárdico y el líquido posterior es probablemente DP⁸¹. Se puede encontrar desplazado en casos de atelectasias, hernia diafragmática congénita e hipoplasia/agenesia pulmonar.

DIAFRAGMA, VISTA TRANSDIAFRAGMÁTICA Y EXCURSIÓN DIAFRAGMÁTICA

Se recomienda reconocer el diafragma con el transductor lineal para asegurarse de que todo el pulmón ha sido escaneado. En caso de contar con un transductor convexo o sectorial se puede realizar la vista transdiafragmática y la excursión diafragmática. Para la vista transdiafragmática se localiza el transductor bajo la región xifoidea con la escotadura viendo hacia la izquierda (en modo cardíaco) y se realiza un barrido

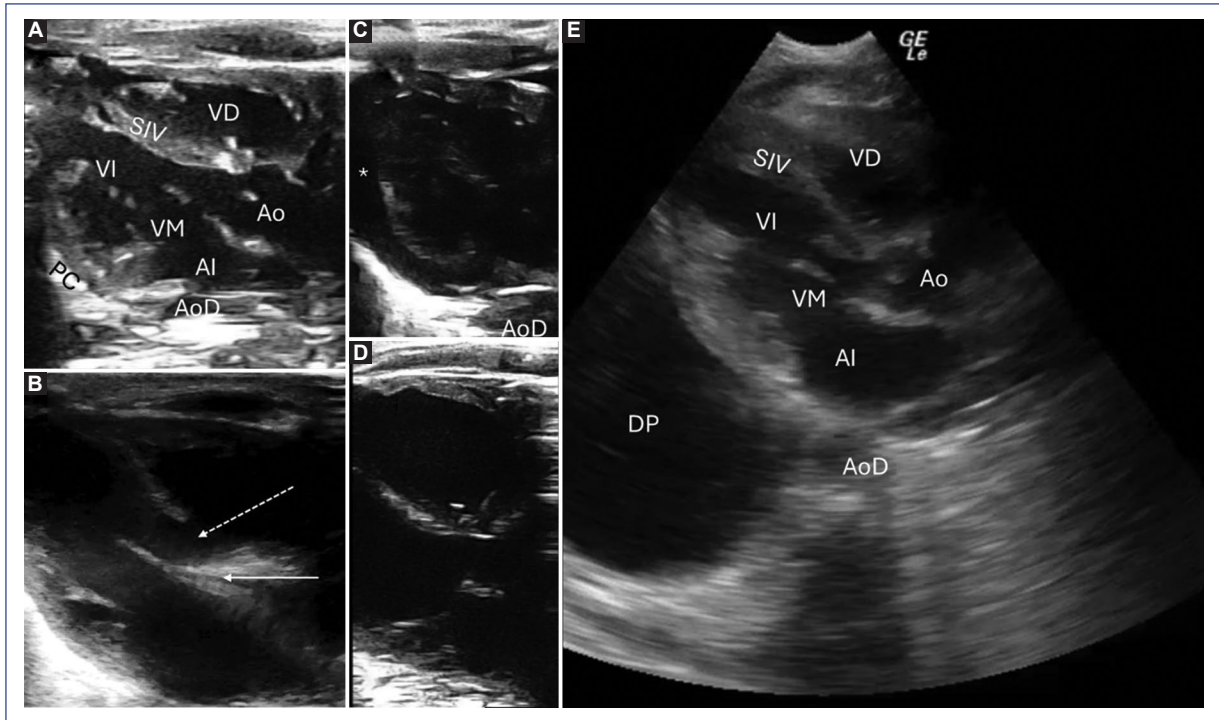


Figura 7. Eje paraesternal largo. **A:** eje paraesternal largo con sus referencias anatómicas. **B:** eje largo anormal al identificar comunicación interventricular (flecha punteada) y ausencia de válvula aórtica (flecha). **C:** derrame pericárdico, observe como rodea al corazón por encima de la aorta descendente. **D:** dilatación y alteración de la contractilidad importante en un paciente con coartación aórtica. **E:** eje paraesternal largo con transductor microconvexo que demuestra derrame pleural izquierdo, vea como se observa por debajo de la aorta descendente. AI: aurícula izquierda; Ao: aorta; AoD: aorta descendente; DP: derrame pleural; PC: pericardio; SIV: septo interventricular; VD: ventrículo derecho; VI: ventrículo izquierdo; VM: válvula mitral.

de arriba hacia abajo para ver los pulmones a través del hígado como ventana acústica. Para la excursión diafragmática se recomienda obtener una vista longitudinal con el transductor posicionado en la línea axilar posterior con la escotadura viendo hacia arriba. En el lado derecho se distingue la interfase entre hígado riñón y diafragma y del lado izquierdo entre bazo, riñón y diafragma. Se debe reconocer la línea hiperecogénica del diafragma, colocar el cursor y correr un modo-M. Se considera normal ≥ 4 mm con el movimiento durante la inspiración que se acerca al transductor y la diferencia entre ambos diafragmas es menor al 50%⁸². Se debe referir como parético cuando el desplazamiento es menor a 4 mm y la diferencia entre ambos diafragmas es mayor al 50%, acinético si no hay movimiento en el modo M, o paradójico si durante la inspiración el diafragma se aleja del transductor. Hay dos publicaciones que cuentan con nomogramas para el peso y edad posnatal^{83,84}. La **figura 8** muestra la vista transdiafragmática y ejemplos de excursión diafragmática.

Enfermedades

En febrero del 2020 se publicaron guías basadas en evidencia en el uso de ultrasonido en la cama del paciente (*Point of care ultrasound*) en neonatos y niños críticamente enfermos por la Sociedad Europea Pediátrica y Neonatal de Cuidados Intensivos (ESPNIC)⁸⁵. Posteriormente en el 2022 la Academia Americana de Pediatría publicó sus guías clínicas incentivando el uso del ultrasonido en UCIN⁸⁶. La **tabla 3** muestra las enfermedades y trastornos pulmonares neonatales en los cuales se ha demostrado el beneficio del UP con las recomendaciones diagnósticas y funcionales del grupo ⁸⁷⁻¹⁶⁷.

Cuidados inmediatos del recién nacido y ultrasonido pulmonar

Transición

Estudios fisiológicos demostraron que en neonatos ≥ 35 semanas, el establecimiento de la LP sucede en

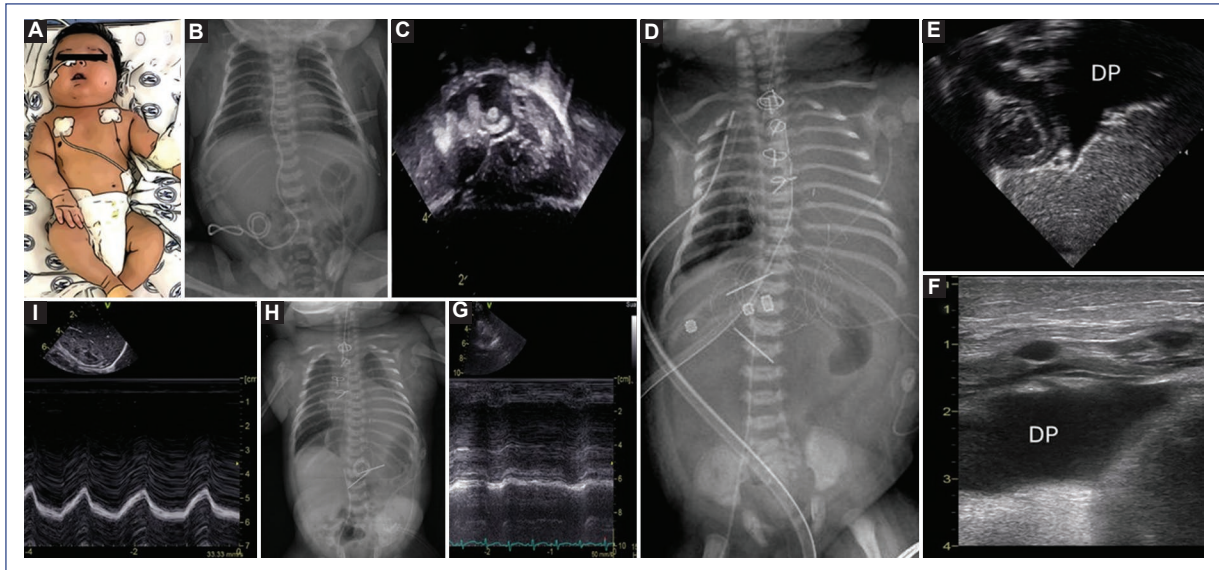


Figura 8. Vista transdiafragmática y excursión diafragmática. **A:** neonato con fetopatía diabética. **B:** catéter umbilical profundo que generó trombo biauricular demostrado en ecocardiograma (**C**). **D:** RT tras realizar trombectomía, encontrando como complicación inicial tórax blanco izquierdo. **E:** vista transdiafragmática izquierda por ultrasonido que demuestra DP. **F:** UP longitudinal que demuestra DP. **G:** tras recuperarse del posquirúrgico se mostró disminución de la movilidad del diafragma del lado izquierdo, que se comprueba con una excursión diafragmática izquierda de 2 mm, diagnosticándose paresia. **H:** RT correspondiente que demuestra elevación del hemitórax izquierdo. **I:** excursión diafragmática derecha normal. DP: derrame pleural; RT: radiografía de tórax; UP: ultrasonido pulmonar.

las primeras cuatro respiraciones (3-6)¹⁶⁸. La aireación pulmonar y la eliminación parcial de líquidos se logró en los primeros minutos después del nacimiento, con una eliminación completa dentro de las primeras 4 h después del nacimiento. En un 27% se observó un empeoramiento de la ESC en el seguimiento longitudinal¹⁶⁹. El mismo grupo estudió 52 prematuros de 27 semanas (RIC 26, 28.6), en los cuales se realizó UP a los 5-10 min, 11-20 min y 1-3 h. El UP de los 11-20 min tuvo una S del 59% y E del 95% para predecir la necesidad de surfactante. En los menores de 28 semanas, la especificidad y el valor predictivo positivo de un pulmón blanco (tipo 1) es del 100% para recibir surfactante. Veintiséis neonatos (50%) presentaron un empeoramiento de la ESC en el seguimiento longitudinal¹⁷⁰.

Estabilización inicial

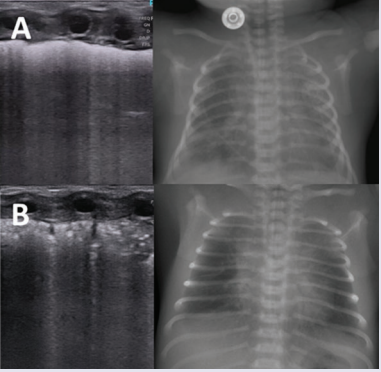
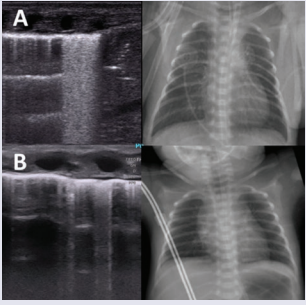
La estabilización inicial en sala de partos debe realizarse de acuerdo con las guías internacionales de reanimación neonatal, tratando de mantener siempre una adecuada ventilación, así como ofrecer soporte respiratorio durante la transición y evitar las maniobras que puedan causar daño pulmonar. El pinzamiento del cordón umbilical previo al inicio de la respiración puede

causar disminución súbita del llenado ventricular izquierdo y en consecuencia disminuir el gasto cardíaco y el flujo sanguíneo cerebral, por lo que se prefiere un pinzamiento tardío fisiológico que permita que los pulmones sean aireados y la circulación pulmonar se establezca¹⁷¹.

El manejo actual en RN prematuros con respiración espontánea es la utilización de ventilación no invasiva como soporte respiratorio inicial, prefiriendo la CPAP nasal como la primera opción desde la sala de partos, por su accesibilidad, así como seguridad y eficacia. Sin embargo, su utilización varía ampliamente en las diferentes UCIN, así como la disponibilidad de recursos en sala de partos¹⁷²⁻¹⁷⁴.

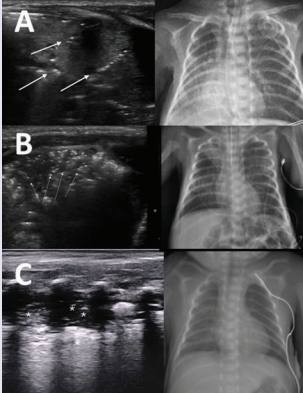
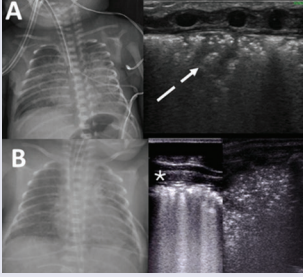
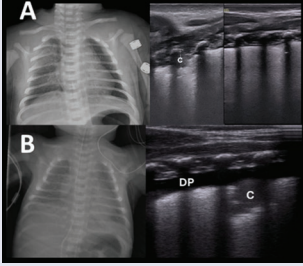
La aplicación de CPAP en los primeros minutos de vida promueve la reabsorción de líquido pulmonar fetal, facilita el llenado de aire y el establecimiento de la capacidad residual funcional después del nacimiento. Durante la reanimación el CPAP puede ser administrado por medio de una mascarilla que cubra nariz y boca del bebé, con una pieza en T o una bolsa inflada por flujo, ajustando con la válvula de control el flujo o utilizando una válvula de presión positiva al final de la espiración (PEEP) en la pieza en T; generalmente con una presión inicial de 6 cmH₂O.

Tabla 3. UP neonatal en diferentes enfermedades respiratorias, aplicaciones diagnósticas y funcionales

Ejemplos y aplicaciones funcionales	Ejemplos y aplicaciones funcionales
<p>SDR. Los hallazgos incluyen signos bilaterales de:</p> <ul style="list-style-type: none"> Anormalidades de la LP (engrosada, irregular) Ausencia de áreas ventiladas (líneas-A) en todo el pulmón Pulmón blanco por líneas-B coalescentes (signo del vidrio esmerilado) Broncograma de colapso (signo del copo de nieve) Pueden existir consolidaciones < 5 mm En algunos pacientes (15-20%) se han descrito diferentes grados de DP, uni- o bilateral⁸⁷ <p>Diagnóstico: un metaanálisis y revisión sistemática que incluyó 9 estudios con 703 neonatos mostró una S del 99% y una E del 95% (ABC 0.99)⁸⁸. De la misma manera, reconociendo los patrones: tipo 1 para el pulmón blanco, tipo 2 con líneas-B separadas y tipo 3 para el pulmón normal. La presencia del pulmón tipo 1 es precisa para predecir la primera dosis de surfactante con una S y E del 86% (ABC de 0.88)⁸⁹</p>	 <p>A: UP longitudinal y RT correspondiente de prematuro con SDR que muestra signo del vidrio esmerilado. B: UP longitudinal y RT de prematuro con SDR que muestra signo del copo de nieve. Observe que hay gran discordancia entre las RT, teniendo A un peor patrón radiológico que B, mientras que el UP y la clínica de los pacientes mostraban lo contrario.</p> <p>AF: en cuanto a la ESC para predecir la necesidad de la primera dosis de surfactante (predecir falla de CPAP), en un metaanálisis que incluyó 7 estudios y 697 prematuros, un corte ≥ 9 tuvo una S del 89% y una E del 86% (ABC 0.88). La identificación por patrones de un pulmón blanco universal (tipo 1) encontró una ABC de 0.88⁸⁹. En prematuros tardíos a término se ha demostrado la funcionalidad del mismo corte $\geq 9$⁹⁰. Para predecir la necesidad de la segunda dosis de surfactante la heterogeneidad entre estudios no permite hacer metaanálisis, por lo que se utiliza el corte $\geq 10$⁹¹. Se ha demostrado que la presencia de corioamnionitis clínica no influencia la ESC en prematuros⁹²</p>
<p>Taquipnea transitoria del RN⁹³. Inicialmente se reconoció la diferencia entre SDR que generaba un pulmón blanco bilateral contra el patrón de TTRN que mostraba áreas respetadas</p> <p>Se encuentran signos bilaterales de:</p> <ul style="list-style-type: none"> Líneas-B separadas. Áreas respetadas (líneas-A) Doble punto pulmonar (líneas-B muy compactas en los campos pulmonares inferiores y líneas-B no compactas en campos superiores) en el 50% de los casos^{47,48} LP regular sin broncograma de colapso Se ha descrito DP pequeño hasta en el 20%⁹⁴ <p>Diagnóstico: un metaanálisis y revisión sistemática que incluyó 7 estudios con 1,514 neonatos mostró S del 67% y E del 97% (ABC 0.9906)⁹⁵</p>	 <p>A: UP longitudinal y RT correspondiente de neonato de término con TTRN que muestra doble punto pulmonar. B: UP longitudinal y RT correspondiente de prematuro tardío con TTRN sin doble punto que muestra patrón de líneas-B y áreas respetadas. Note en ambos casos LP regular sin broncograma de colapso.</p> <p>AF: la ESC (generalmente ≤ 7) muestra buena correlación con el trabajo respiratorio y es útil para monitorizar el curso clínico. La presencia del fenómeno de reclutamiento durante la inspiración puede ayudar a hacer ajustes en el soporte respiratorio⁴⁸</p>
<p>Consolidaciones: un principio importante de aclarar es que una consolidación no es igual a una neumonía. Se observan consolidación en atelectasias, hemorragia pulmonar, SAM y neumonías. En la consolidación desaparecen los artefactos y se observa realmente el parénquima pulmonar como una región similar al tejido hepático (en escala de grises) con márgenes desiguales en forma de cuña. La LP se rompe y aparece el signo de la disrupción de esta (del inglés <i>shred sign</i>). En medicina de adultos y cuidados intensivos pediátricos la presencia de broncograma fluido (dinámico) vs. estático y la regularidad del margen del área gris (hipocogenicidad de la hepatización) ha sido útil para diferenciar de neumonía y atelectasias⁹⁶. En general es difícil distinguir entre broncogramas estáticos y dinámicos en el RN, posiblemente debido a los pequeños volúmenes corrientes durante la respiración. Se debe unir los hallazgos del UP más un constructo clínico indicativo de infección para diagnosticar neumonía. En niños un algoritmo que utiliza UP con procalcitonina tiene una S del 90% y una E del 85% para diagnosticar neumonía bacteriana⁹⁷. Recientemente se publicó que el uso del UP con procalcitonina tiene una S del 80% y E del 73% (ABC 0.86) para diagnosticar neumonía asociada a cuidados de la salud⁹⁸</p>	

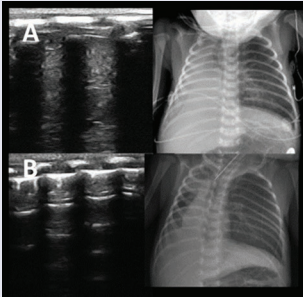
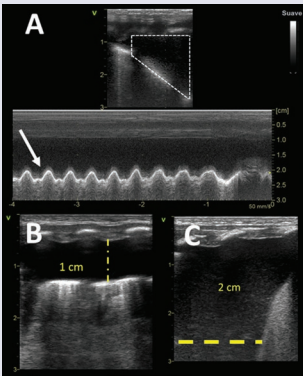
(Continúa)

Tabla 3. UP neonatal en diferentes patologías, aplicaciones diagnósticas y funcionales (*continuación*)

Enfermedad respiratoria	Ejemplos y aplicaciones funcionales
<p>Neumonía⁹⁹. Los hallazgos de neumonías bacterianas incluyen:</p> <ul style="list-style-type: none"> LP, gruesa y disrupción de la LP Consolidación pulmonar caracterizada por hepatización del pulmón, desaparición de líneas-A Líneas-B separadas o coalescentes Disminución del deslizamiento pleural Pulso de pulmón El broncograma fluido se encuentra de 20-50%¹⁰⁰⁻¹⁰¹ DP <p>Las neumonías virales, fúngicas y bacterianas pueden tener presentación similar, por lo que no es útil el UP para hacer diagnóstico diferencial¹⁰². Neumonías virales¹⁰³⁻¹⁰⁵ y fúngicas¹⁰⁶ se han descrito con:</p> <ul style="list-style-type: none"> Alteraciones de la LP engrosada, interrumpida Líneas-B separadas o coalescentes Consolidaciones (generalmente pero no exclusivamente pequeñas) con y sin broncograma DP <p>Diagnóstico: no hay metaanálisis neonatales. En un metaanálisis que incluyó 8 estudios y 765 neonatos y niños mostró una S del 96% y E del 93% (ABC 0.98)¹⁰⁷</p> <p>Es importante aclarar que cuando mejora una neumonía desaparece la consolidación y reaparecen los artefactos (líneas-B, líneas-A)</p>	 <p>A: UP transversal y RT correspondiente de una neumonía por <i>Klebsiella pneumoniae</i>. Note la presencia consolidación basal con broncograma fluido (flechas). B: UP transversal y RT correspondiente de una neumonía por <i>Escherichia coli</i>. Note la presencia de consolidación apical y abundante broncograma fluido (flechas). C: UP longitudinal y RT correspondiente de una neumonía por SARS-CoV-2. Note la consolidación posterior derecha que no es tan aparente en la RT con broncograma estático (asteriscos). AF: es útil el seguimiento longitudinal para documentar respuesta al tratamiento antibiótico, ventilatorio y complicaciones. La ESC es importante y correlaciona con la gravedad. Se debe tomar el índice de consolidación, siendo generalmente las mayores a 1 cm absoluto o > 0.5 cm/kg clínicamente importantes⁵³. También es de utilidad la cantidad de espacios intercostales que abarca, ya que se ha encontrado que si ocupa más de tres espacios intercostales predice neumonía grave con S del 83.3% y E del 85.2% (ABC 0.77)¹⁰⁸</p>
<p>Hemorragia pulmonar¹⁰⁹. Los hallazgos incluyen:</p> <ul style="list-style-type: none"> Disrupción y anomalías marcadas de la LP Consolidación Broncograma de colapso y fluido DP Líneas-B separadas y coalescentes Depósitos de fibrina entre la pleura parietal y visceral <p>Diagnóstico: recientemente en un estudio de casos y controles que incluyó 168 neonatos (42 en cada grupo) con neumonía, aspiración de meconio, hemorragia pulmonar y neonatos sanos, la coexistencia de consolidación pulmonar con broncogramas fluido y DP mostró una S del 81% y E del 98.4%. El depósito de fibrina fue poco común, con S del 28.6%, pero E del 100%. Uno de cada 5 pacientes fue diagnosticado por UP antes de la hemorragia oronasal¹¹⁰</p>	 <p>A: UP longitudinal y RT correspondiente de un prematuro con hemorragia pulmonar. Identifique la consolidación con broncograma estático y marcada disrupción de la LP (línea punteada). B: UP transversal de un prematuro con hemorragia pulmonar. Note la presencia de fibrina entre las pleuras (asterisco) y la presencia de edema intersticial y alveolar con broncograma de colapso. AF: es útil el seguimiento longitudinal para documentar respuesta al tratamiento ventilatorio y complicaciones</p>
<p>SAM: se ha descrito en casos tanto leves como críticos^{111,112}:</p> <ul style="list-style-type: none"> Anomalías de la LP Patrón intersticial de líneas-B Consolidaciones múltiples con y sin broncograma Se ha descrito DP en un 14%¹¹³ <p>La mezcla de áreas normales de pulmón alternadas con síndrome intersticial, pulmón blanco y áreas de consolidación y atelectasia son características</p>	 <p>RT y UP longitudinal posterior correspondiente de: A) SAM leve, observe edema intersticial y alveolar con consolidaciones pequeñas (C); B) SAM</p>

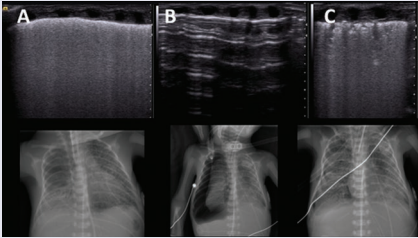
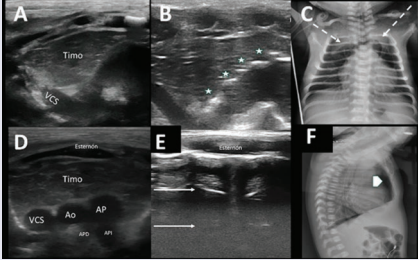
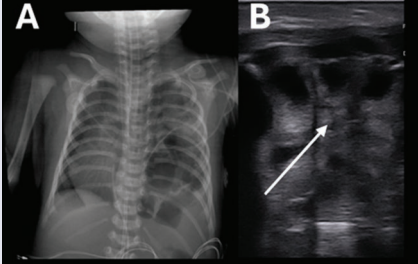
(Continúa)

Tabla 3. UP neonatal en diferentes patologías, aplicaciones diagnósticas y funcionales (*continuación*)

Enfermedad respiratoria	Ejemplos y aplicaciones funcionales
<p>Atelectasias: las características ecográficas de la atelectasia incluyen gran consolidación pulmonar con bordes bien definidos y anomalías de la LP. Los hallazgos incluyen:</p> <ul style="list-style-type: none"> Consolidación acompañada o no de broncogramas estático o dinámico Bordes del área de consolidación relativamente claros y regulares Desaparición de las líneas-A Pulso de pulmón en las etapas tempranas En caso de la detección de consolidaciones posteriores y si las condiciones del paciente lo permiten se recomienda pronar al paciente y establecer maniobras de fisioterapia. La desaparición de estas áreas ayuda a hacer el diagnóstico de atelectasias <p>Se necesitan 6 horas en la misma posición para modificar el intercambio gaseoso; la pronación mejora la aireación pulmonar, en neonatos con SDR en recuperación, DBP en evolución o SDRAN neonatal sin efectos hemodinámicos relevantes¹¹⁵</p>	<p>grave con asfisia perinatal. Observe edema intersticial y alveolar con consolidaciones (C) más extensas y DP.</p> <p>AF: el UP seriado permite información fundamental acerca de la respuesta al tratamiento ventilatorio, permitiendo guiar el manejo respiratorio (surfactante, antibióticos) y detectando de manera temprana complicaciones como NTX¹¹⁴</p>  <p>A: UP longitudinal lateral y RT correspondiente de un neonato con atelectasia total derecha por estenosis bronquial derecha secundaria a intubación prolongada. B: UP longitudinal lateral y RT correspondiente tras procedimiento broncoscópico, documentando éxito en el procedimiento y ausencia de NTX, ya que había deslizamiento pleural.</p> <p>AF: en neonatos quirúrgicos es una herramienta importante para detectar atelectasias postanestesia, con S del 88% y E del 89% comparado con resonancia magnética (k 0.75)¹¹⁶. Actualmente se desarrolla un ensayo clínico comparando la elección estándar de PEEP vs. guiado por UP en neonatos sometidos a anestesia¹¹⁷. Un estudio que correlacionó en 70 prematuros UP, RT y oxigenación en relación con el volumen pulmonar demostró que, si bien el UP no correspondió con la posición radiográfica del diafragma, predijo atelectasias regionales y correlacionó con la oxigenación¹¹⁸</p>
<p>Derrame pleural^{119,120}: en el DP ambas capas están separadas por líquido lo que da un patrón homogéneo que generalmente es anecoico o hipoeoico</p> <p>Los hallazgos incluyen:</p> <ul style="list-style-type: none"> Ausencia del signo del murciélago El signo de las 4 paredes y un área anecoica o hipoeoica dependiendo de la composición del derrame. Se ve como el espacio delimitado por cuatro bordes regulares que son líneas virtuales trazadas entre la LP (pleura parietal) y la línea pulmonar (pleura visceral) En el modo-M, con cada ciclo respiratorio la línea de la superficie pulmonar se moverá hacia la LP creando el signo del senoide. Es especialmente útil realizar la exploración en modo M antes de decidir si aspirar el derrame, ya que da una indicación del espacio entre las capas pleurales durante el ciclo respiratorio <p>A la fecha no hay revisiones sistemáticas ni metaanálisis del UP para DP en neonatos. La experiencia deriva de literatura de adultos (donde se considera el método de referencia¹²¹) y experiencia personal. También se considera el método de referencia para la realización de procedimientos¹²². La guía por UP mejora el desempeño de la toracocentesis y disminuye las tasas de NTX residual¹²³⁻¹²⁵</p> <p>Todo líquido extraído se debe someter a análisis citológico, citoquímico y cultivo</p>	 <p>A: imagen por UP longitudinal que demuestra DP. Note en modo-B el signo de las 4 paredes (líneas punteadas), y a la realización del modo-M el signo del senoide (flecha). B: medición de la distancia de la pleural parietal a la visceral. C: medición de la distancia de la base del diafragma a la pleura visceral.</p> <p>AF: se puede clasificar el DP por ultrasonido en la región posterolateral a nivel del receso costofrénico como pequeño (< 10 mm), moderado (10-30 mm) o grande (> 30 mm)¹²⁶. En la experiencia del grupo se obtienen aproximadamente 15-20 ml por cada <i>pool</i> de 1 cm de la pleura parietal a la visceral¹²⁷. Con un transductor sectorial se puede hacer una estimación más precisa sabiendo la altura del derrame y la distancia máxima de la base del pulmón al diafragma¹²⁸. DP con patrones complejos septados, complejos no septados o homogéneamente ecogénicos son sugestivas de exudados o hemotórax¹²⁹</p>

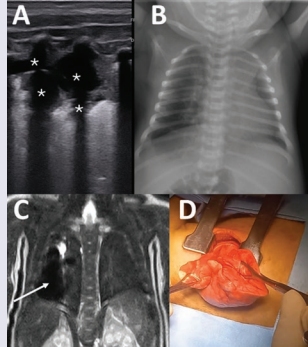
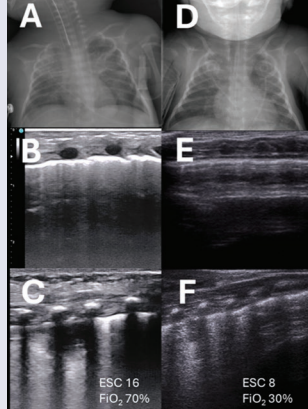
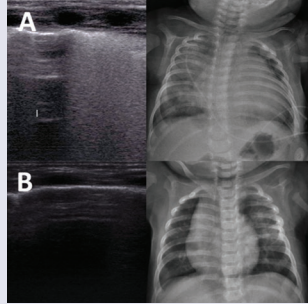
(Continúa)

Tabla 3. UP neonatal en diferentes patologías, aplicaciones diagnósticas y funcionales (*continuación*)

Enfermedad respiratoria	Ejemplos y aplicaciones funcionales
<p>NTX¹³⁰⁻¹³⁴: en el NTX se pierde la aposición entre la pleura parietal y visceral por la presencia de aire entre estas</p> <p>Los hallazgos incluyen:</p> <ul style="list-style-type: none"> Ausencia de deslizamiento pleural Presencia solo de líneas-A (una línea-B o consolidación descartan la posibilidad) Signo del código de barras en el modo-M Ausencia de pulso pulmonar <p>La presencia de un punto pulmonar es un signo específico (100%) de NTX (leve-moderado), pero su ausencia no lo excluye, como ocurre en el PTX a tensión grave</p> <p>Diagnóstico: un metaanálisis reciente presentó una S del 96.7% y una E del 100% para la población neonatal (255 neonatos estudiados); con un ABC de 0.99¹³⁵</p>	 <p><i>UP longitudinal y RT correspondiente. A:</i> prematuro extremo con SDR y hemorragia intraventricular. <i>B:</i> 12 horas después valorado por deterioro hemodinámico se realiza SAFE modificado (SAFE_m) encontrando NTX a tensión al no tener deslizamiento pleural y desaparición de líneas-B, encontrando únicamente líneas-A. <i>C:</i> tras la colocación de la sonda pleural reaparecen líneas-B coalescentes y broncograma de colapso. <i>AF:</i> la posición del punto pulmonar da una idea de la extensión del NTX, cuando es pequeño este se encuentra anterior a la línea axilar anterior, moderado cuando se encuentra entre la línea axilar anterior y la posterior y grave cuando se encuentra posterior a la línea axilar posterior o cuando no hay punto de pulmón. El UP es el método de referencia para el diagnóstico y tratamiento de NTX neonatal. Cualquier intervención debe ser guiada por la clínica del paciente (estable vs. en riesgo vital)</p>
<p>Timo, NTX y neumomediastino</p> <p>Neumomediastino: en el eje corto el diagnóstico se basa en el hallazgo de aire libre en el tejido blando rodeando el timo^{136,137}. En eje largo Küng <i>et al.</i> describieron estos puntos hiperecogénicos horizontales en forma de escalera (signo de la escalera) que indican la presencia de aire atrapado debajo del timo. Estos puntos o líneas hiperecogénicas pueden presentar reverberación posterior¹³⁸</p> <p>NTX: en el eje corto del timo, el hallazgo de líneas-A en el plano transversal anterior en vez del timo y los grandes vasos es un signo ecográfico sencillo, que presenta S del 99% y E del 100% para el diagnóstico de NTX anterior¹³⁹</p>	 <p><i>A:</i> eje largo del timo mostrando sus referencias anatómicas, note el borde suave no ecogénico. <i>B:</i> signo de la escalera por aire debajo del timo (líneas hiperecogénicas) por neumomediastino. <i>C:</i> RT que muestra el signo del velero <i>spinnaker</i> o alas de ángel (flechas punteadas), características de neumomediastino. <i>D:</i> eje corto del timo que muestra sus referencias anatómicas normales. <i>E:</i> NTX anterior que genera la pérdida del eje corto del timo y la presencia de líneas-A (flechas) sin deslizamiento pleural. <i>F:</i> RT lateral correspondiente que muestra el aire anterior (cabeza de flecha).</p>
<p>Hernia diafragmática</p> <p>Los hallazgos incluyen¹⁴⁰:</p> <ul style="list-style-type: none"> Ausencia parcial de la línea hiperecócica que representa el perfil diafragmático normal Ausencia parcial de la LP en el hemitórax afectado Ausencia de líneas-A en el área Presencia de un área multicapa con contenido hiperecócico en movimiento (intestino normal) Posible presencia de órganos parenquimatosos dentro del tórax (es decir, hígado o bazo) 	 <p><i>A:</i> RT y <i>B:</i> UP longitudinal correspondiente que muestra la ausencia de LP, ausencia de líneas-A y la presencia de imágenes multicapa correspondientes a intestino (flecha).</p> <p><i>AF:</i> monitorización de la reexpansión. Se ha demostrado disminución de una ESC modificada con la mejoría¹⁴¹. Detección de complicaciones: DP, NTX, consolidaciones (atelectasias, neumonía). Gregorio Hernández <i>et al.</i> encontraron que el pulmón contralateral al defecto puede tener valor pronóstico para la duración de la ventilación. Probable utilidad para guiar la extubación¹⁴². Un grupo reportó su utilidad para la planeación quirúrgica¹⁴³</p>

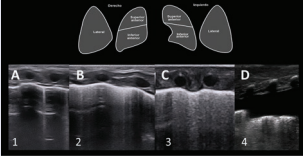
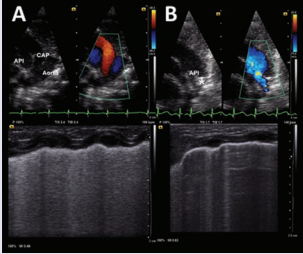
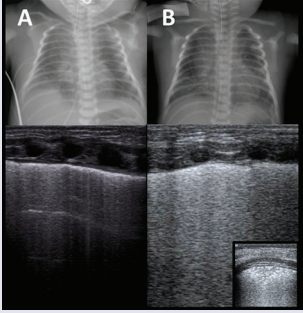
(Continúa)

Tabla 3. UP neonatal en diferentes patologías, aplicaciones diagnósticas y funcionales (*continuación*)

Enfermedad respiratoria	Ejemplos y aplicaciones funcionales
<p>MCPVA: en pacientes con diagnóstico prenatal es útil para confirmarlo. Es importante realizar el UP el primer día de vida, ya que las lesiones se pueden airear y se dejan de reconocer.</p> <p>Los hallazgos incluyen:</p> <ul style="list-style-type: none"> Consolidaciones o áreas similar a tejido (parenquimatosas) Lesiones quísticas hipoeoicas intercomunicadas, únicas o múltiples En casos de secuestro broncopulmonar se puede documentar la irrigación de la aorta <p>Estos signos pueden ser útiles para sospechar malformaciones congénitas pulmonares cuando no hay un diagnóstico prenatal, aunque es fundamental la TC para confirmar el diagnóstico¹⁴⁴</p>	 <p>A: UP longitudinal que muestra consolidaciones donde alternan lesiones quísticas hipoeoicas de diferentes tamaños (asteriscos). B: RT correspondiente, note que no es evidente en hemitórax derecho. C: RM que muestra lesión quística. D: espécimen quirúrgico. AF: se ha demostrado alta consistencia con la TC. Útil para el seguimiento</p>
<p>SDRAN¹⁴⁵: se define como SDRAN al evento con insuficiencia respiratoria hipoxémica de inicio agudo (dentro de una semana) a partir de una lesión clínica conocida o sospechada. Los criterios de exclusión son SDR (déficit de surfactante), TTRN o anomalías congénitas como afección respiratoria aguda primaria. Radiológicamente se caracteriza por opacidades o infiltrados difusos, bilaterales e irregulares, u opacificación completa de los pulmones (imagen en vidrio despolido), que no se explican completamente por SDR, TTN, DP, atelectasia o anomalías congénitas. El origen del edema no se explica por cardiopatía congénita de flujo pulmonar aumentado</p> <p>Los hallazgos por UP son¹⁴⁶:</p> <ul style="list-style-type: none"> Alteraciones de la LP Patrón intersticial de líneas-B Líneas-B coalescentes Consolidaciones DP 	 <p>A: RT de prematuro que presenta insuficiencia respiratoria hipoxémica, necesidad de ventilación y disfunción diastólica por una neumonía por SARS-CoV-2. La RT presenta imagen en vidrio despolido. B: UP longitudinal muestra alteración de la LP y edema intersticial y alveolar (pulmón blanco). C: UP longitudinal posterior que muestra edema intersticial y alveolar y consolidaciones. D: RT tras reclutamiento con VAFO. E: UP longitudinal con líneas-A y deslizamiento pleural. F: UP longitudinal posterior con disminución de las consolidaciones y número de líneas-B. AF: útil para el seguimiento</p>
<p>Edema pulmonar por flujo pulmonar aumentado: el UP es útil para evaluar el edema pulmonar en neonatos. Aunque es preciso en la detección de líquido pulmonar extravascular, no puede distinguir entre edema cardiogénico y no cardiogénico¹⁴⁷. Una vez que el paciente está en ventilación mecánica, el edema pulmonar se modifica, por lo que el UP sirve para valorar la aireación en general</p> <p>Aunque en neonatos es difícil, el edema cardiogénico se caracteriza por ser más homogéneo sin alteraciones en la LP¹⁴⁸</p> <p>Diagnóstico: con la ESC de 6 áreas se estudiaron 237 niños. La puntuación media total del UP fue de 12.88 ± 6.41, siendo mayor en los RN (16.77 ± 5.25) en comparación con los niños mayores (5.36 ± 5.57). Una mayor ESC resultó significativa tanto para la duración de</p>	 <p>A: UP y RT correspondiente de RN con edema grave por flujo pulmonar aumentado con escala LUCAS de 16 puntos secundario a conducto arterioso permeable grande, comunicación interauricular e interventricular. B: UP y RT tras ligar el conducto arterioso y colocar un</p>

(Continúa)

Tabla 3. UP neonatal en diferentes patologías, aplicaciones diagnósticas y funcionales (*continuación*)

Enfermedad respiratoria	Ejemplos y aplicaciones funcionales
<p>la estadía en la unidad de cuidados intensivos, como para el tiempo de extubación¹⁴⁹</p> <p>Girona-Alarcón <i>et al.</i> estudiaron 17 pacientes menores a 2 meses sometidos a cirugía cardíaca. El UP detectó mejor el edema pulmonar que la RT, con una S del 91.7 vs. 44% y un mayor valor predictivo negativo, de 88.2 vs. 53.3%¹⁵⁰. Incrementos en la ESC se correlacionaron con mayor tiempo de <i>bypass</i> cardiopulmonar, soporte inotrópico y necesidades de FiO₂</p>	<p>cercleaje de la pulmonar, presentando escala LUCAS de 6.</p> <p>AF: el grupo de trabajo recomienda la escala LUCAS para la valoración y seguimiento del edema pulmonar. Ver esquema abajo</p>
 <p>A: menos de 3 líneas B entre dos espacios intercostales, prevalencia de áreas respetadas (1 punto). B: 3-7 líneas B entre dos espacios intercostales con áreas separadas (2 puntos). C: líneas B coalescentes sin áreas respetadas o más de 7 líneas B entre dos espacios intercostales (3 puntos). D: DP (4 puntos). ESC: 6-9 puntos: edema leve, 10-14 puntos edema moderado, ≥ 15 puntos edema grave¹⁵⁰</p>	
<p>CAP relacionado con la prematuridad: se ha utilizado el UP para reflejar flujo pulmonar aumentado. Cualquier disminución en la ESC es sugestiva de resolución o disminución de la sobrecirculación pulmonar y el edema tras el cierre o estrechamiento del CAP. Se han publicado estudios heterogéneos que utilizan el UP como prueba diagnóstica de CAP hemodinámicamente significativo entre el tercer y cuarto día posnatal¹⁵¹⁻¹⁵⁴. En estos estudios, la ESC fue inversamente proporcional con la edad gestacional y el peso al nacer y directamente proporcional con el diámetro del CAP, el diámetro del CAP indizado por el peso y la relación aurícula izquierda/aorta. También se ha demostrado la posibilidad de predecir el CAP quirúrgico al día 14¹⁵⁵. Savoia <i>et al.</i> reportaron la disminución sostenida de la ESC que coincidió con la disminución del gasto ventricular izquierdo en prematuros que se sometieron a ligadura con CAP¹⁵⁶</p>	<div style="text-align: center;">  </div> <p><i>Ecocardiograma y UP correspondiente de paciente prematuro con CAP relacionado con la prematuridad hemodinámicamente significativo.</i></p> <p>A: ecocardiograma con CAP tras tres ciclos de cierre farmacológico fallidos. UP con líneas-B coalescentes. B: ecocardiograma tras ligadura de conducto arterioso (*) que muestra ausencia de flujo transductal. UP con líneas-B separadas.</p> <p>AF: aunque los estudios existentes tienen alto riesgo de sesgo, en general muestran un buen desempeño para diagnosticar CAP, con un ABC de 0.94, por lo que se recomienda agregar a la valoración multimodal mediante ecocardiografía¹⁵⁷</p>
<p>Neumonía por ácidos biliares: la neumonía neonatal por ácidos biliares se presenta en neonatos tras CIE. Se diagnostica CIE cuando las madres presenten prurito no relacionado con otras afecciones durante la segunda mitad de la gestación y ácidos biliares >10 µmol/l. Inicialmente se manifiesta como un trastorno leve en las primeras horas de vida, pero posteriormente puede empeorar y comportarse similar al SDR. El UP inicialmente (primeras 6 horas) se caracteriza por:</p> <ul style="list-style-type: none"> Patrón heterogéneo de líneas-B Líneas-B coalescentes <p>Posteriormente progresa el patrón difuso coalescente de líneas-B, con engrosamiento pleural con algunos puntos de interrupción y desaparición de líneas-A. Las consolidaciones son infrecuentes (10%)¹⁵⁸</p>	<div style="text-align: center;">  </div> <p><i>RT y B. UP longitudinal correspondiente. RN de 34.5 SDG, feto grande para edad gestacional. Madre con colestasis del embarazo y ácidos biliares de 79 µmol/l.</i></p> <p>A: ingreso a UCIN, ESC de 8/18, recibe una dosis de surfactante. B: a las 48 horas persiste ESC 9/18 y aparecen consolidaciones pequeñas pero extensas en campo posterior (recuadro inferior). Recibió 21 días de ventilación mecánica, incluyendo 8 días de VAFO.</p> <p>AF: se ha descrito el UP para seguimiento. Regioli <i>et al.</i> describieron una ESC al ingreso de 5.4 (4.5)/18, sin embargo el índice de oxigenación empeoró de 2.9 (1.1) al ingreso a 4.6 (2) en su peor momento, acercándose</p>

(Continúa)

Tabla 3. UP neonatal en diferentes patologías, aplicaciones diagnósticas y funcionales (*continuación*)

Enfermedad respiratoria	Ejemplos y aplicaciones funcionales
<p>DBP: los hallazgos incluyen¹⁵⁷:</p> <ul style="list-style-type: none"> LP engrosada (generalmente ≥ 1 mm) e irregular Patrón heterogéneo de líneas-B Líneas-B coalescentes Áreas respetadas (líneas-A) Consolidaciones de tamaño variable <p>Puede ayudar a definir diferentes fenotipos de DBP: se ha descrito que en cohortes de neonatos con DBP ayuda a identificar atelectasias, neumonías, flujo pulmonar aumentado y edema pulmonar, por lo que puede servir para hacer diagnóstico diferencial de la causa de necesidad de oxígeno prolongado en esta población¹⁵⁹⁻¹⁶¹</p>	<p>a los pacientes con SDR. Se describe la necesidad de surfactante en el 33% de los pacientes¹⁵⁸. Se debe realizar siempre valoración ecocardiográfica</p> <div data-bbox="911 374 1214 693" style="text-align: center;"> </div> <p>A: UP y RT correspondiente de exprematuro con DBP grave con hipertensión pulmonar crónica. Identifique engrosamiento e interrupción de la LP, así como líneas-B con patrón heterogéneo. B: progresión de la enfermedad con edema intersticial y alveolar, así como consolidaciones pequeñas.</p> <p>AF: un metaanálisis que incluyó 1,027 neonatos demostró que es posible predecir DBP del día 7 a 14 sin importar la definición utilizada. No hubo diferencia significativa entre usar 6 vs. 10 áreas¹⁶². En el grupo de 28 a 30 semanas Raimondi <i>et al.</i> encontraron que a la semana de vida una ESC con corte de 10 tiene una S del 78% y una E del 87% (ABC de 0.89) para predecir DBP¹⁶³. El UP es útil para monitorizar la respuesta a diuréticos^{161,164,165}</p>
<p>EPI de presentación temprana: la EPI es un grupo raro de enfermedades crónicas respiratorias (0.13-16.2 por 100,000 neonatos). Menos frecuente es la presentación en el RN, donde se manifiesta taquipnea prolongada¹⁶⁶. El agregar a la exploración física el UP para detectar un patrón intersticial de líneas-B progresivo puede ser útil para sospecharlas¹⁶⁷. Las EPI de presentación temprana son:</p> <p>Trastornos difusos del desarrollo:</p> <ul style="list-style-type: none"> Displasia alveolocapilar con desalineación de venas pulmonares Displasia alveolar congénita Displasia acinar <p>Condiciones específicas de causa no definida:</p> <ul style="list-style-type: none"> Hiperplasia neuroendócrina de la infancia Glucogenosis pulmonar intersticial <p>Desórdenes de disfunción del surfactante:</p> <ul style="list-style-type: none"> Deficiencia de proteína B Deficiencia de proteína C Mutación ABCA3 Histología compatible con déficit de surfactante sin causa genética <p>Alteraciones del desarrollo que reflejan alveolarización deficiente:</p> <ul style="list-style-type: none"> Hipoplasia pulmonar DPB Anomalías relacionadas con cardiopatías congénitas o alteraciones cromosómicas 	<div data-bbox="911 1029 1214 1251" style="text-align: center;"> </div> <p><i>RN de 34 semanas que se aborda por taquipnea prolongada y requerimiento de oxígeno. UP y RT correspondiente. A:</i> valoración inicial con patrón intersticial de Líneas-B, denotando edema intersticial. B: progresión de patrón intersticial a Líneas-B coalescentes y broncograma de colapso (edema intersticial y alveolar). Tras TAC de alta resolución compatible con EPI se realiza biopsia pulmonar. C: biopsia con pérdida parcial de la arquitectura debido a expansión del intersticio a expensas de células de tamaño mediano con citoplasma amplio, claro y núcleos centrales de redondos a ovales, que con la tinción especial de histoquímica (PAS), se evidencia que contienen en su citoplasma material granular que se digiere con la diastasa, correspondiente a glucógeno. Se diagnóstica Glucogenosis Pulmonar Intersticial. D: Ultra microfotografía que muestra glucógeno monoparticulado. (<i>patología cortesía del Dr. Stanislaw Sadowinski Pine y Carlos Alberto Serrano Bello, Patología HIMFG</i>).</p> <p>AF: se debe tener alto índice de sospecha en casos con taquipnea y requerimiento de oxígeno prolongado. Generalmente el estado pulmonar no se explica por la historia clínica. La TC pulmonar de alta resolución y la broncoscopia con lavado broncoalveolar, así como el análisis genético, ayudan a hacer el diagnóstico. En casos de incertidumbre diagnóstica se debe realizar una biopsia pulmonar</p>

ABC: área bajo la curva; AF: aplicaciones funcionales; Ao: aorta; AP: arteria pulmonar; APD: arteria pulmonar derecha; API: arteria pulmonar izquierda; CAP: conducto arterioso permeable; CIE: colestasis intrahepática del embarazo; CPAP: presión positiva continua en las vías aéreas; DP: derrame pleural; DPB: displasia broncopulmonar; E: especificidad; EPI: enfermedad pulmonar intersticial; ESC: escala semicuantitativa; FIO₂: fracción inspirada de oxígeno; LP: línea pleural; MCPVA: malformación congénita pulmonar y de la vía aérea; NTX: neumotórax; PEEP: presión al final de la espiración; RM: resonancia magnética; RN: recién nacido; RT: radiografía de tórax; S: sensibilidad; SAFEm: sonographic algorithm for liFe threatening emergencies modificado; SAM: síndrome de aspiración de meconio; SARS-CoV-2: coronavirus 2 del síndrome respiratorio agudo grave; SDG: semanas de gestación; SDR: síndrome de dificultad respiratoria; SDRAN: síndrome de dificultad respiratoria agudo neonatal; TC: tomografía computarizada; TTRN: taquipnea transitoria del recién nacido; UCIN: unidad de cuidados intensivos neonatales; UP: ultrasonido pulmonar; VAFO: ventilación de alta frecuencia oscilatoria; VCS: vena cava superior.

Múltiples ensayos clínicos aleatorizados demostraron que el tratamiento inicial del RN prematuro que presenta datos clínicos de dificultad respiratoria debe ser la utilización de CPAP idealmente con puntas cortas binasales, con aplicación de surfactante selectivo de forma temprana (técnica LISA [*less invasive surfactant administration*], ver más adelante) y si se intubó el paciente, la subsecuente extubación continuando con CPAP nasal; esto ha resultado en una menor necesidad de ventilación mecánica y menor uso oxígeno a los 28 días, aunque sin diferencias en DBP al compararlo con el uso de surfactante profiláctico¹⁷⁵⁻¹⁷⁸.

Al estudiar al grupo de pacientes que fueron manejados de forma sistemática con CPAP nasal previo a la administración de surfactante, se ha demostrado una disminución del riesgo de DBP o muerte, por lo que la estabilización inicial con CPAP nasal aunado al uso de surfactante selectivo es una de las terapias más recomendadas en la actualidad¹⁷⁹.

Perri et al. estudiaron 62 neonatos de 33 semanas o más y con la ESC de seis áreas. Demostraron que un UP realizado a las 3 h con un corte ≥ 6 predijo la necesidad de CPAP con una S del 84.8% y E del 86.2% (ABC 0.91). Igual que en estudios previos una ESC ≥ 9 predijo la necesidad de surfactante¹⁸⁰.

Técnica LISA

La administración de surfactante menos invasivo (LISA, *less invasive surfactant administration*) se puede realizar con sondas, catéteres vasculares y catéteres especiales para instilación de surfactante. Esta técnica ha demostrado disminuir el desenlace compuesto de muerte o DBP, necesidad de ventilación y la presencia de DBP entre los supervivientes¹⁸¹. Se ha comparado la decisión de la administración de surfactante guiada por UP vs. FiO_2 (fracción inspirada de oxígeno) denominada ESTHER (*Echography-guided Surfactant THERapy*) en París y el estudio ULTRSURF en España. Ambos demostraron que se incrementa la proporción de neonatos que reciben surfactante dentro de las primeras 3 h, se redujo la máxima FiO_2 alcanzada antes del tratamiento, se evidenció una presión parcial de dióxido de carbono (pCO_2) más baja, se disminuyó la duración de ventilación invasiva y se incrementaron los días libres de ventilador^{182,183}. También se ha demostrado que no hay un incremento en el uso de surfactante por la introducción de la técnica con UP¹⁸⁴.

Criterios para intubación tras la ministración de surfactante: $FiO_2 > 50\%$, múltiples episodios de apnea (> 4 episodios por hora o > 1 episodio que requiera rescate con

ventilación con presión positiva) o acidosis respiratoria ($pCO_2 > 65$ mmHg y $pH < 7.20$ en muestras capilares).

Un estudio de factores predictores de falla de LISA encontró que los mejores predictores fueron la edad gestacional, la restricción del crecimiento intrauterino, la temperatura al ingreso, la relación saturación/ FiO_2 y la ESC. El modelo mostró un ABC de 0.84 (IC 95%: 0.75-0.93; $p < 0.001$). Una ESC > 12 en un UP realizado de 60 a 120 min tras el procedimiento incrementa 6.4 veces la posibilidad de falla de CPAP y en el modelo fue el factor que más impactó¹⁸⁵.

Recomendación

Idealmente debe existir una valoración cercana a los 60 minutos de vida tomando en cuenta la hora dorada para dar tiempo al reclutamiento del pulmón y decidir la administración de surfactante¹⁸⁶. En caso de descompensación súbita se debe realizar un UP inmediato. Diferentes guías nacionales e internacionales consideran al UP para diagnosticar SDR, así como predecir falla de CPAP al calcular una ESC^{187,188}. El reconocimiento de patrones es muy importante, ya que el neonato con pulmón blanco (tipo 1) va a requerir soporte respiratorio e ingreso a unidad de cuidados intensivos o intermedios, mientras que el pulmón negro con deslizamiento (tipo 3) no^{189,190}. Por esto es muy importante que esté disponible la técnica en la sala de partos, aunque existan diferentes niveles de experiencia. En el INPER el UP en la sala de partos incluye el UP a la hora de vida para complementar la decisión de administrar surfactante. Se incluye tras la inserción del catéter de surfactante una vista de la vía aérea que permite localizarlo *in situ*, posteriormente se da seguimiento al procedimiento asegurando adecuado deslizamiento pleural; además de poder monitorizar la frecuencia cardiaca por ultrasonido (Fig. 9)⁸⁰.

Ultrasonido pulmonar y ventilación

Predicción de la necesidad de ventilación mecánica

En el 2014 Raimondi et al. estudiaron 54 neonatos (32.5 ± 2.6) y encontraron que el pulmón blanco (tipo 1) predecía falla a la ventilación nasal. Con un UP a las 2 h de vida. También se clasificaron las RT en cuatro grados de SDR¹⁹¹. Por UP el pulmón tipo 1 mostró una S del 88.9% y E del 100%. La RT (que se clasificó como grado 1 en el 72%) mostró una S del 38.9% y E del 77.8%¹⁹². Posteriormente Vc et al. demostraron que

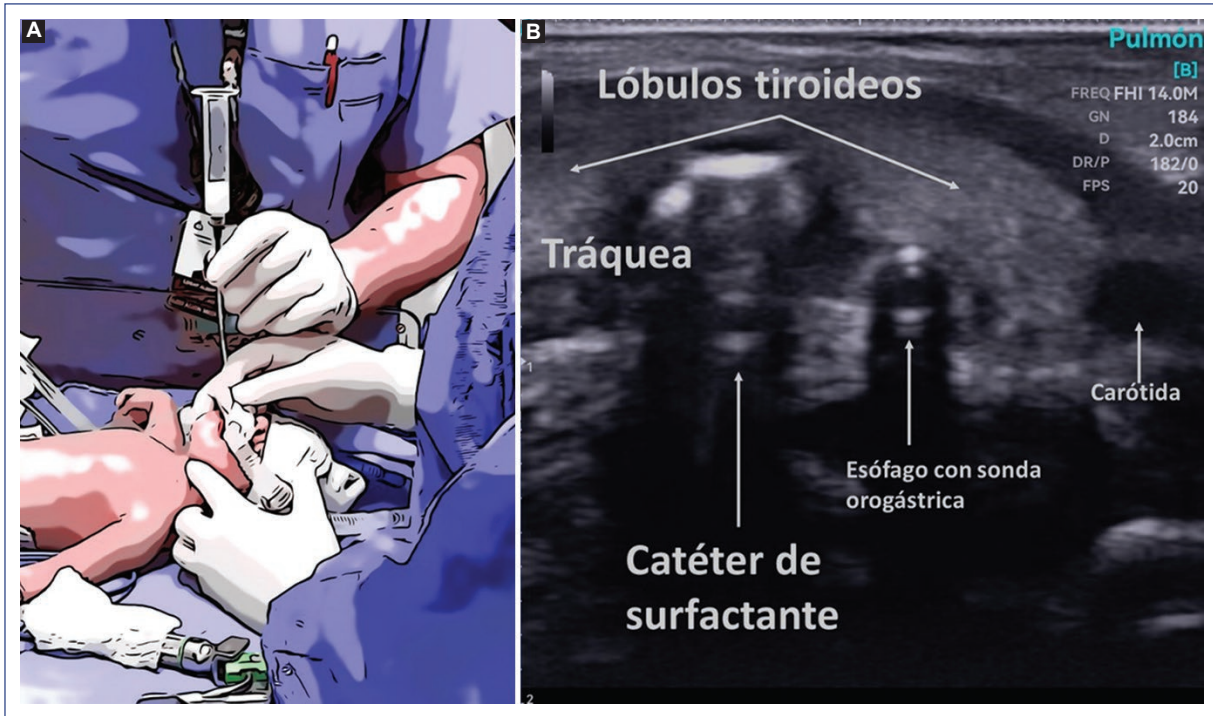


Figura 9. Utilidad del UP durante la técnica LISA. **A:** técnica LISA donde se muestra el catéter tras la inserción con el paciente en CPAP. **B:** en la vista transtraqueal se puede localizar el catéter de surfactante dentro de la vía aérea entre los dos lóbulos tiroideos. A la izquierda del paciente se observa el esófago con la sonda orogástrica. CPAP: presión positiva continua en las vías aéreas; LISA: administración de surfactante menos invasivo, *less invasive surfactant administration*; UP: ultrasonido pulmonar.

con la ESC de seis zonas una ESC > 7 predijo falla a la ventilación no invasiva en 192 neonatos de 35 ± 2.7 con una S del 77.4% y E del 75.1% (ABC 0.82). Una escala de Silverman Anderson > 5 tuvo peor desempeño que la ESC (ABC 0.67)¹⁹³. Rodríguez Fanjul et al. reclutaron 105 neonatos ingresados a la UCIN mayores de 32 semanas no intubados. Se clasificó el UP cegado a la condición clínica como bajo riesgo (normal o TTRN) o alto riesgo (SDR, aspiración de meconio, NTX o neumonía). Un segundo investigador realizó lo mismo con la RT. Se definió falla respiratoria como la necesidad de intubación el primer día de vida. El 35.2% fueron de alto riesgo. Como predictores de falla respiratoria el UP y la RT tuvieron un índice alto de concordancia k 0.91. El UP presentó una S del 95% y E del 82.5% como predictor de ventilación mecánica¹⁹⁴. Zhang et al. estudiaron 857 prematuros para estudiar el desempeño del UP realizado a las 2 h del ingreso a UCIN para predecir necesidad de ventilación mecánica. Se dividió en dos grupos: en el de menos de 32 semanas una ESC ≥ 8 dio una S del 74% y E del 68.3% (ABC 0.749). En el grupo mayor de 32 semanas una ESC ≥ 7 mostró una S del 75.3% y E del 83% (ABC 0.863)¹⁹⁵. Se ha

demostrado que mayores ESC se correlacionan con los requerimientos de ventilación y FiO_2 ^{104,196,197}. Eltomey et al. en Egipto estudiaron 40 neonatos ingresados a UCIN realizando un UP al ingreso, después de intubar y antes de extubar. Una ESC ≤ 14 tenía una S del 85% y una E del 100% (ABC 0.98) para poder cambiar de asisto control (AC) a sincronizado intermitente (SIMV) y una ESC ≤ 6 mostró una S del 97.5% y una E del 100% (ABC 0.96) para extubación exitosa¹⁹⁸.

Ultrasonido pulmonar y reclutamiento

La estrategia de «pulmón abierto» representa un abordaje conocido para distribuir de forma homogénea el volumen corriente en los pacientes con ventilación mecánica, mediante maniobras de reclutamiento pulmonar. El reclutamiento pulmonar se refiere al proceso dinámico de reapertura de alveolos inestables colapsados por medio del incremento deliberado y transitorio de la presión transpulmonar, mediante inflación sostenida de los pulmones a presiones de la vía aérea mayores. En algunos pacientes críticos con condiciones inestables estas maniobras podrían resultar en deterioro

clínico. Debido a esto, es de vital importancia seleccionar los casos que se beneficiarían más de este procedimiento, minimizando el riesgo de deterioro pulmonar y hemodinámico. El objetivo del UP es llevar de un pulmón consolidado a un pulmón blanco y/o de un pulmón blanco a un patrón intersticial de líneas-B. La presencia de un patrón S y el signo de los rayos del sol demostrado por UP muestra reclutabilidad (Tabla 2). Por el contrario, la apariencia de mayor broncograma estático (patrón D) implica no reclutabilidad. Existen tres series de casos que demuestran que el reclutamiento guiado por UP podría ser más efectivo que el procedimiento estándar basado en oxigenación, en términos de duración de la ventilación invasiva, presión media de la vía aérea (PMVA) requerida, concentración intraalveolar de interleucina 6 (menos inflamación), estancia intrahospitalaria y transición a ventilación no invasiva¹⁹⁹⁻²⁰¹.

Como se mencionó, el UP no puede demostrar sobredistensión, por lo que se deben utilizar métodos como la RT. En un estudio interesante en Holanda se analizaron maniobras de reclutamiento en ventilación de alta frecuencia oscilatoria (VAFO) en 69 neonatos antes y 39 neonatos después de manejo con surfactante. Dos pediatras radiólogos analizaron el grado de radiolucidez en la RT. Al utilizar maniobras de reclutamiento individualizadas, guiadas por el aporte de oxígeno, se observó sobredistensión leve a moderada en nueve pacientes (24%) y solamente cuatro (6%) desarrollaron fuga aérea^{202,203}. Esto demuestra que el riesgo de sobredistensión significativa es bajo individualizando cada paciente. Una estrategia interesante si se cuenta con ecocardiografía funcional es vigilar el gasto cardiaco derecho. En el 2009 Waal et al. estudiaron 34 neonatos prematuros con una media de 28 semanas durante reclutamiento con VAFO, demostrando que no existieron cambios relevantes en gasto cardiaco derecho, vena cava superior y conducto arterioso²⁰⁴. Zannin et al. estudiaron 13 neonatos en VAFO con una edad gestacional media de 26 semanas (RIC: 25.3-29.1) estudiando la relación del gasto cardiaco derecho durante reclutamiento. La presión media de la vía aérea (PMVA) se incrementó a partir de 8 cmH₂O de 2 en 2 cada 5 minutos hasta una PMVA máxima donde se logró estabilidad y disminución de FiO₂ con saturaciones objetivo del 88 al 94%, con un decremento hasta que se afectara la oxigenación o se regresara a los 8 cmH₂O. A la máxima PMVA alcanzada (19 cmH₂O) la oxigenación mejoró significativamente disminuyendo el gasto cardiaco derecho en un 30% sin ser clínicamente significativo, ya que en solo uno de los neonatos el gasto fue menor a 150 ml/kg/min²⁰⁵.

En cuanto a reclutamiento no invasivo, Rodríguez Fanjul et al. estudiaron 40 neonatos de 38 ± 4 semanas de gestación con dificultad respiratoria que requirieron soporte respiratorio con CPAP (6 cmH₂O) dentro de las primeras 6 h de vida. Se realizó un primer UP y aquellos con una ESC ≥ 8 se colocaron en doble presión positiva en la vía aérea (12/6 cmH₂O). Se realizó un UP inmediatamente después y otro a las 2 h. Se observó una correlación con una mejoría en parámetros clínicos y de laboratorio, así como descenso en la ESC. Ninguno de los pacientes requirió tratamiento con surfactante o ventilación mecánica²⁰⁶.

Predicción de extubación

Se han realizado distintos estudios analizando la capacidad del UP para predecir extubación. Un metaanálisis reciente incluyó ocho estudios observacionales con 564 neonatos (bajo riesgo de sesgos en siete estudios). Encontró globalmente una S del 82% y E del 83% (ABC 0.87) para predecir falla a la extubación. En general ≥ 8 en ESC de seis áreas o ≥ 11-15 en ESCe predicen falla a la extubación²⁰⁷.

Predicción de retiro exitoso de CPAP

Abdelmawla et al. estudiaron 39 RN < 33 semanas de gestación. Se realizó UP al día 3, la segunda semana de vida, y antes y después del intento de retiro de CPAP. Una ESC ≥ 8 antes del primer ensayo de retiro del CPAP mostró una S del 88% y una E del 90% (ABC 0.87) para predecir falla al retiro. Si se agrega el fenómeno de reclutamiento a la inspiración a la ESC ≥ 8 incrementa la S al 95% y la E al 90% (ABC de 0.95)²⁰⁸.

Recomendación

El UP ayuda a identificar aquellos que requerirán ventilación mecánica y UCIN (ESC ≥ 9). Se recomienda la vigilancia por UP de los pacientes intubados. Desde el reconocimiento de patrones hasta el cálculo de una ESC la herramienta es útil con diferentes niveles de experiencia. ESC menores y la ausencia de consolidaciones extensas ayudan a identificar el éxito en la extubación (< 8 en ESC de 6 áreas o < 11-15 en ESCe). Las maniobras de reclutamiento son más seguras bajo vigilancia del UP; es importante documentarlo en el expediente en una forma que indique PMVA/PEEP, ESCe por UP, FiO₂, saturación y en caso de contar con el recurso, el NIRS (espectroscopia cercana al infrarrojo, *near-infrared spectroscopy*) cerebral.

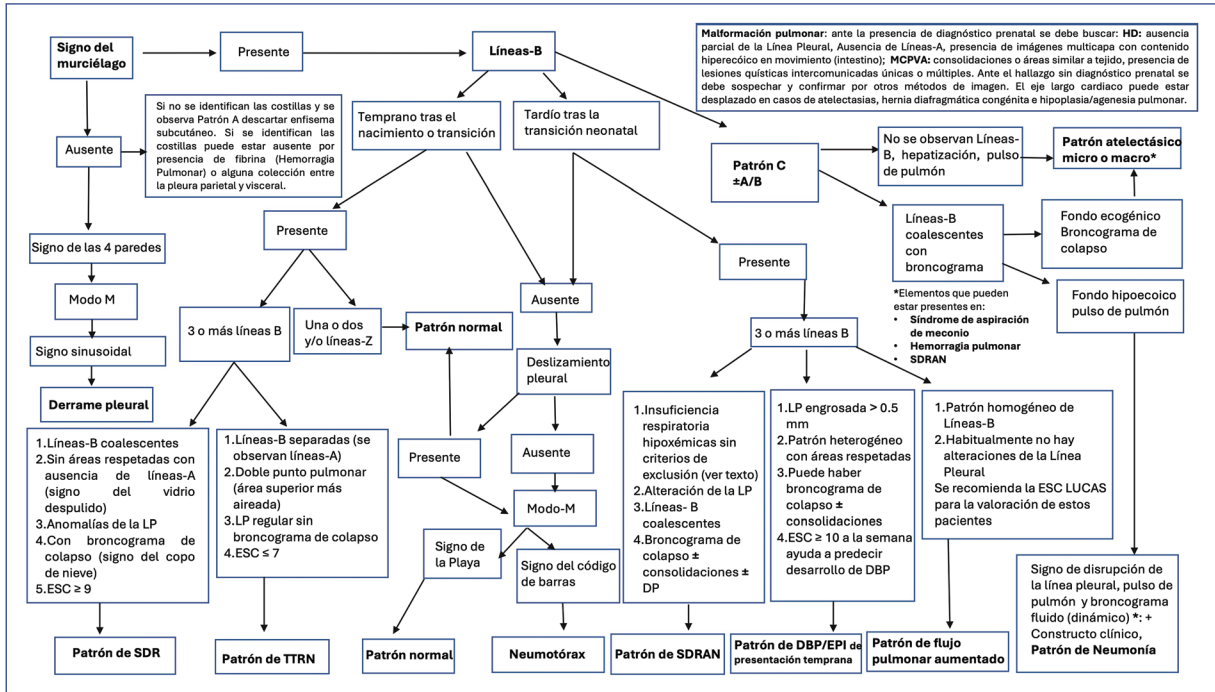


Figura 10. Abordaje diagnóstico en neonato estable. ESC: escala semicuantitativa; DBP: displasia broncopulmonar; DP: derrame pleural; EPI: enfermedad pulmonar intersticial; HD: hernia diafragmática; LP: línea pleural; MCPVA: malformación congénita pulmonar y de la vía aérea; SDR: síndrome de dificultad respiratoria; SDRAN: síndrome de dificultad respiratoria aguda neonatal; TTRN: taquipnea transitoria del recién nacido.

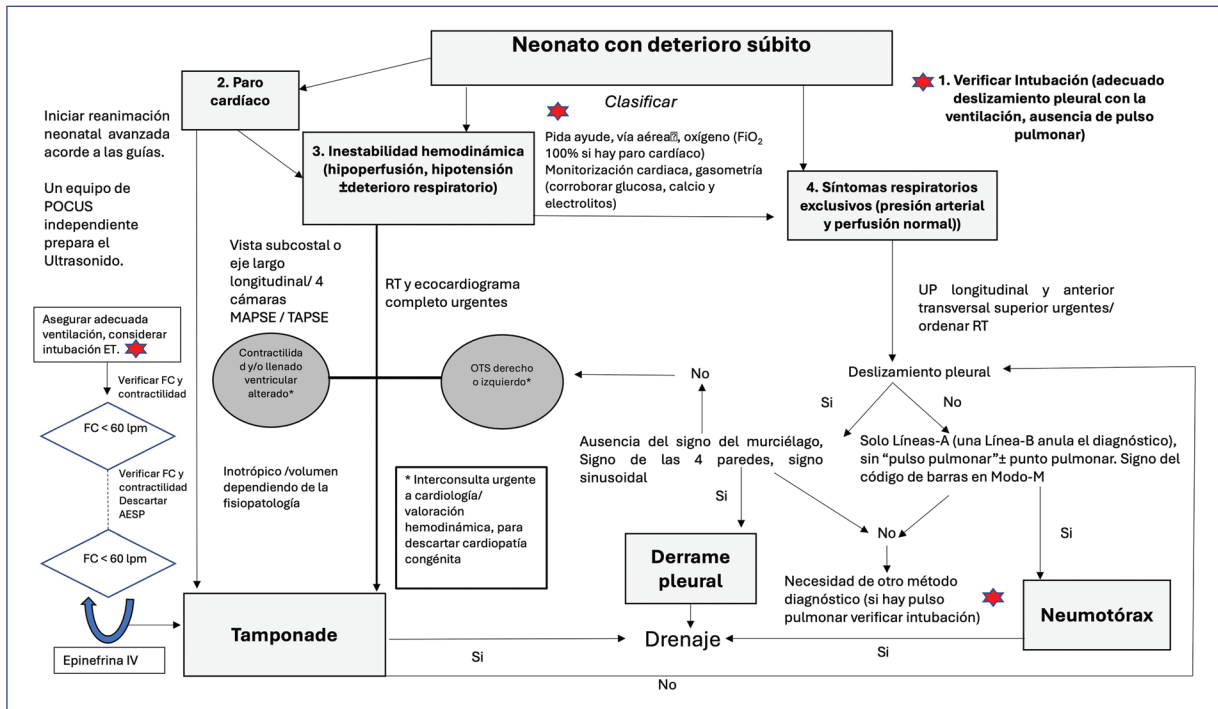


Figura 11. SAFE (Sonographic Algorithm for liFe threatening Emergencies) modificado (reproducido con permiso de Ibarra-Ríos et al.⁷⁰).

La **figura 12** muestra la secuencia para el reporte. En caso de abordar a un RN con deterioro súbito realizar protocolo SAFE. Verificar tubo *in situ* o en caso de intubación descartar intubación esofágica (Sa), realizar eje largo cardíaco (Sb) para diagnosticar: derrame pericárdico/taponade, contractilidad y/o llenado ventricular alterado, obstrucción al tracto de salida derecho o izquierdo. Posteriormente buscar deslizamiento pleural en busca de neumotórax (Sc) y la ausencia de signo del murciélago y colección hipoecoica en busca de DP (Sd).

Si nos encontramos ante un neonato inestable se puede considerar un enfoque simplificado en el abordaje del prematuro. Raimondi et al. estudiaron 175 neonatos prematuros y compararon el desempeño de la ESC tradicional (6 áreas, 0-18) vs. una escala de 0-3 regional (líneas medioclavicular [LMC], axilar anterior y posterior) para pronosticar la necesidad de surfactante. Con un corte de 2 puntos la precisión fue alta para la LMC izquierda, con S del 79% y E del 90% (ABC 0.86) y la LMC derecha con S del 74% y E del 93% (ABC 0.87). Combinando ambas LMC con un corte de 3 se encontró una S del 82% y una E del 89% (ABC 0.9). Comparando el enfoque simplificado contra el tradicional se encontró una diferencia de 36 ± 3 vs. 86 ± 4 s. Un modelo de predicción que incluía la edad gestacional, la saturación de oxígeno/FiO₂ y la puntuación de ambas LMC arrojó un ABC de 0.95²¹³.

En caso de abordar un RN estable buscar y describir:

- Deslizamiento pleural (presente, reducido o ausente). Se puede especificar en modo M signo de la playa.
- Alteración en el deslizamiento pleural: en caso de presentar «pulso de pulmón» reportarlo (ajuste de tubo endotraqueal y documentar si desaparece). En caso de ausencia del deslizamiento pleural, especificar si hay otros signos de NTX, punto pulmonar y la extensión.
- LP (normal, desaparición, engrosamiento, interrupción de la continuidad, disrupción).
- Patrón de líneas-B:
 - Intersticial (tres o más líneas-B).
 - Alveolo intersticial (pulmón blanco/signo del vidrio despulido).
 - Alveolo intersticial con broncograma de colapso (signo del copo de nieve).
- Consolidación: reportar el índice de la consolidación (ancho/profundidad) más grande, número de consolidaciones y extensión (EIC en longitudinal).
- DP.
- Calcular una ESC en seis y/o diez áreas²¹⁴. En caso de flujo pulmonar aumentado utilizar escala LUCAS. Se debe registrar la ESC de manera gráfica en el expediente si es posible o entre paréntesis de la siguiente manera:

- ESC estándar, seis números separados por comas (D1, D2, D3, I4, I5, I6).
- ESCe, diez números separados por comas (D1, D2, D3, D7, D8, I4, I5, I6, I9, I10).
- Timo (normal, incrementado en dimensiones, datos de NTX y neumomediastino).

Los resultados se revisaron con el médico en este momento (no se hicieron cambios/se hicieron cambios), se comunica a la enfermera de cabecera.

Es conveniente en el reporte especificar: los hallazgos en el UP deben interpretarse en el contexto del neonato y siempre correlacionarlos con cambios clínicos o de laboratorio.

Agradecimientos

Los autores agradecen a los doctores: Nadya Yousef, Daniele de Luca, Almudena Alonso-Ojembarrena, Jing Liu, Koert de Waal, Marilena Savoia, J. Lauren-Ruoss, Rebeca Gregorio-Hernández, Francesco Raimondi, Yasser Elsayed y el grupo NeoFOCUS-UK por su orientación acerca del marco de trabajo para la realización y reporte del UP en sus países. A la Dra. Irma A. Coronado-Zarco y el Dr. Jorge A. Cardona-Pérez por el apoyo al programa de ultrasonido a la cama del paciente en el Instituto Nacional de Perinatología Isidro Espinoza de los Reyes (2023-2024).

Financiamiento

Los autores declaran no haber recibido financiamiento para este estudio.

Conflicto de intereses

Los autores declaran no tener conflicto de intereses.

Consideraciones éticas

Protección de personas y animales. Los autores declaran que para esta investigación no se han realizado experimentos en seres humanos ni en animales.

Confidencialidad, consentimiento informado y aprobación ética. El estudio no involucra datos personales de pacientes ni requiere aprobación ética. No se aplican las guías SAGER.

Declaración sobre el uso de inteligencia artificial. Los autores declaran que no utilizaron ningún tipo de inteligencia artificial generativa para la redacción de este manuscrito.

Referencias

1. Rozycki GS, Shackford SR. Ultrasound, what every trauma surgeon should know. *J Trauma*. 1996;40(1):1-4.
2. Kameda T, Kimura A. Basic point-of-care ultrasound framework based on the airway, breathing, and circulation approach for the initial management of shock and dyspnea. *Acute Med Surg*. 2020;7(1):e481.
3. Song IK. Pediatric lung ultrasound: its role in the perioperative period. *Anesth Pain Med (Seoul)*. 2018;13(1):18-22.
4. Sen S, Acash G, Sarwar A, Lei Y, Dargin JM. Utility and diagnostic accuracy of bedside lung ultrasonography during medical emergency team (MET) activations for respiratory deterioration. *J Crit Care*. 2017;40:58-62.
5. de Sarasqueta P, Segura-Roldán MA, Valls M, Lozano-González CH. Estudio ecocardiográfico de la persistencia del conducto arterioso (PCA) en neonatos de pretérmino. *Bol Med Hosp Infant Mex*. 1984;41:324-8.
6. Udaeta-Mora E, Félix I, Segura-Roldán MA, Lozano-González CH. Diagnóstico por ultrasonido de hemorragia intracraneal en recién nacidos de pretérmino. *Bol Med Hosp Infant Mex*. 1982;39:812-9.
7. Joyner CR, Miller LD, Dudrick SJ, Eskin DJ, Bloom P. Reflected ultrasound in the study of diseases of the chest. *Trans Am Clin Climatol Assoc*. 1967;78:28-37.
8. Rantanen NW. Diseases of the thorax. *Vet Clin North Am Equine Pract*. 1986;2(1):49-66.
9. Targhetta R, Bourgeois JM, Balmes P. Ultrasound of a pneumothorax. *Rev Mal Respir*. 1990;7:575-9.
10. Targhetta R, Bourgeois JM, Chavagneux R, Balmes P. Diagnosis of pneumothorax by ultrasound immediately after ultrasonically guided aspiration biopsy. *Chest*. 1992;101(3):855-6.
11. Targhetta R, Bourgeois JM, Chavagneux R, Marty-Double C, Balmes P. Ultrasonographic approach to diagnosing hydropneumothorax. *Chest*. 1992;101(4):931-4.
12. Lichtenstein DA, Menu Y. A bedside ultrasound sign ruling out pneumothorax in the critically ill. *Chest*. 1995;108(5):1345-8.
13. Lichtenstein D, Mézière G, Biderman P, Gepner A, Barré O. The comet-tail artifact. *Am J Respir Crit Care Med*. 1997;156(5):1640-6.
14. Lichtenstein D, Mézière G. A lung ultrasound sign allowing bedside distinction between pulmonary edema and COPD: the comet-tail artifact. *Intensive Care Med*. 1998;24(12):1331-4.
15. 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.
16. Avni EF, Braude P, Pardou A, Matos C. Hyaline membrane disease in the newborn: diagnosis by ultrasound. *Pediatr Radiol*. 1990;20(3):143-6.
17. Yousef N. Lung ultrasound in the newborn. *Arch Pediatr*. 2016;23(3):317-21.
18. Raimondi F, Yousef N, Migliaro F, Capasso L, De Luca D. Point-of-care lung ultrasound in neonatology: classification into descriptive and functional applications. *Pediatr Res*. 2021;90(3):524-31.
19. Raimondi F, Cattarossi L, Copetti R. International perspectives: Point-of-care chest ultrasound in the neonatal intensive care unit: An Italian Perspective. *Neoreviews*. 2014;15(1):e2-6.
20. Liu J, Copetti R, Sorantin E, Lovrenski J, Rodríguez-Fanjul J, Kurepa D, et al. Protocol and guidelines for point-of-care lung ultrasound in diagnosing neonatal pulmonary diseases based on international expert consensus. *J Vis Exp*. 2019;(145):e1-20.
21. Ibarra Ríos D, Sánchez-Cruz A. Ultrasonido pulmonar en neonatología. Programa de actualización continua en neonatología-5/Libro 6, PAC@ México: Intersistemas; 2021.
22. Soldati G, Smargiassi A, Mariani AA, Inchingolo R. Novel aspects in diagnostic approach to respiratory patients: is it the time for a new semiotics? *Multidiscip Respir Med*. 2017;12(1):15.
23. Narula J, Chandrashekar Y, Braunwald E. Time to add a fifth pillar to bedside physical examination. *JAMA Cardiol*. 2018;3(4):346.
24. Alonso-Ojembarrera A, Ehrhardt H, Cetinkaya M, Lavizzari A, Szczapa T, Sartorius V, et al. Use of neonatal lung ultrasound in European neonatal units: a survey by the European Society of Paediatric Research. *Arch Dis Child Fetal Neonatal Ed*. 2024;109(6):660-4.
25. Cattarossi L, Copetti R, Poskurica B. Radiation exposure early in life can be reduced by lung ultrasound. *Chest*. 2011;139(3):730-1.
26. Escourrou G, De Luca D. Lung ultrasound decreased radiation exposure in preterm infants in a neonatal intensive care unit. *Acta Paediatr*. 2016;105(5):e237-9.
27. Rodríguez-Fanjul J, Benet N, Rodrigo Gonzalo de Liria C, Porta R, Guinovart G, Bobillo-Pérez S. Lung ultrasound protocol decreases radiation in newborn population without side effects: a quality improvement project. *Med Intensiva (Engl Ed)*. 2023;47(1):16-22.
28. Elsayed Y, Narvey M, Lashin A, Alammary D, Gigolyk S, Louis D. Point of care lung ultrasound service in neonatal intensive care: five years of experience in Manitoba, Canada. *J Perinatol*. 2022;42(9):1228-32.
29. Elsayed Y, Sheldon J, Gigolyk S. The impact of respiratory therapist performed point-of-care lung ultrasound on the respiratory care in neonates, Manitoba experience, Canada. *Am J Perinatol*. 2024;41(S 01):e1539-45.
30. Corsini I, Parri N, Gozzini E, Coviello C, Leonardi V, Poggi C, et al. Lung ultrasound for the differential diagnosis of respiratory distress in neonates. *Neonatology*. 2019;115(1):77-84.
31. Brusa G, Savoia M, Vergine M, Bon A, Copetti R, Cattarossi L. Neonatal lung sonography: interobserver agreement between physician interpreters with varying levels of experience. *J Ultrasound Med*. 2015;34(9):1549-54.
32. Elsayed Y, Abdelmawla M, Narvey M, Wrogemann J. A model of integrated lung and focused heart ultrasound as a new screening examination in infants at risk of respiratory or hemodynamic compromise. *Journal of Pediatric and Neonatal Individualized Medicine*. 2017;6(1):e060131.
33. Mazmany P, Kerobyan V, Shankar-Aguilera S, Yousef N, De Luca D. Introduction of point-of-care neonatal lung ultrasound in a developing country. *Eur J Pediatr*. 2020;179(7):1131-7.
34. Perri A, Riccardi R, Iannotta R, Di Molfetta DV, Arena R, Vento G, et al. Lung ultrasonography score versus chest X-ray score to predict surfactant administration in newborns with respiratory distress syndrome. *Pediatr Pulmonol*. 2018;53(9):1231-6.
35. Grasso F, Migliaro F, Veropalumbo C, Salomè S, Corsini I, Dani C, et al. Are lung ultrasound and chest radiograph equally reliable for neonatal imaging? A scoping review. *Eur J Pediatr*. 2025;184(7):460.
36. Edwards D, Higgins C, Gilpin E. The cardiothoracic ratio in newborn infants. *AJR Am J Roentgenol*. 1981;136(5):907-13.
37. Dassios T, Adu J, Greenough A. Brief research report: Chest radiographic thoracic area in term ventilated infants without respiratory disease. *Front Pediatr*. 2023;10:1042341.
38. Gomond-Le Goff C, Vivalda L, Foligno S, Loi B, Yousef N, De Luca D. Effect of different probes and expertise on the interpretation reliability of point-of-care lung ultrasound. *Chest*. 2020;157(4):924-31.
39. Sartorius V, Loi B, Vivalda L, Regiroli G, de la Rubia Ortega S, Centorino R, et al. Ultra-high frequency lung ultrasound in preterm neonates: a test validation study on interpretation agreement and reliability. *Arch Dis Child Fetal Neonatal Ed*. 2023;108(6):607-11.
40. Alerhand S, Graumann O, Nelson BP. Physics and basic principles. *ERS Monograph*. 2018;2018:1-13.
41. Alonso-Ojembarrera A, Lechuga-Sancho AM, Ruiz-González E, González-Haba-Martínez B, Lubián-López SP. Pleural line thickness reference values for preterm and term newborns. *Pediatr Pulmonol*. 2020;55(9):2296-301.
42. Lichtenstein DA. BLUE-Protocol and FALLS-Protocol. *Chest*. 2015;147(6):1659-70.
43. Piette E, Daoust R, Denault A. Basic concepts in the use of thoracic and lung ultrasound. *Curr Opin Anaesthesiol*. 2013;26(1):20-30.
44. Soldati G, Demi M, Smargiassi A, Inchingolo R, Demi L. The role of ultrasound lung artifacts in the diagnosis of respiratory diseases. *Expert Rev Respir Med*. 2019;13(2):163-72.
45. Gill R. *The Physics and Technology of Diagnostic Ultrasound: A Practitioner's Guide Second Edition*. High Frequency Publishing; 2013.
46. Soldati G, Demi M, Inchingolo R, Smargiassi A, Demi L. On the physical basis of pulmonary sonographic interstitial syndrome. *J Ultrasound Med*. 2016;35(10):2075-86.
47. Copetti R, Cattarossi L. The 'double lung point': an ultrasound sign diagnostic of transient tachypnea of the newborn. *Neonatology*. 2007;91(3):203-9.
48. Raimondi F, Yousef N, Rodríguez Fanjul J, De Luca D, Corsini I, Shankar-Aguilera S, et al. A multicenter lung ultrasound study on transient tachypnea of the neonate. *Neonatology*. 2019;115(3):263-8.
49. Liang HY, Liang XW, Chen ZY, Tan XH, Yang HH, Liao JY, et al. Ultrasound in neonatal lung disease. *Quant Imaging Med Surg*. 2018;8(5):535-46.
50. Guo BB, Pang L, Yang B, Zhang C, Chen XY, Ouyang JB, et al. Lung ultrasound for the diagnosis and management of neonatal respiratory distress syndrome: a minireview. *Front Pediatr*. 2022;10:864911.
51. Liu J. Ultrasound diagnosis and grading criteria of neonatal respiratory distress syndrome. *J Matern Fetal Neonatal Med*. 2023;36(1):2206943.
52. Lichtenstein DA. Ultrasound in the management of thoracic disease. *Crit Care Med*. 2007;35(Suppl):S250-S261.
53. De Luca D, Foti A, Alonso-Ojembarrera A, Condò V, Capasso L, Raschetti R, et al. Lung consolidation depth and gas exchange in different types of neonatal respiratory failure. *Chest*. 2024;165(6):1431-4.
54. Ciarmoli E, Storti E, Cangemi J, Leone A, Pierro M. Use of cardio-pulmonary ultrasound in the neonatal intensive care unit. *Children*. 2023;10(3):462.
55. Parri N, Allinovi M, Giacalone M, Corsini I. To B or not to B. The rationale for quantifying B-lines in pediatric lung diseases. *Pediatr Pulmonol*. 2023;58(1):9-15.
56. Corsini I, Lenzi MB, Ciarcia M, Matina F, Petoello E, Flore AI, et al. Comparison among three lung ultrasound scores used to predict the need for surfactant replacement therapy: a retrospective diagnostic accuracy study in a cohort of preterm infants. *Eur J Pediatr*. 2023;182(12):5375-83.
57. Silverman WA, Andersen DH. A controlled clinical trial of effects of water mist on obstructive respiratory signs, death rate and necropsy findings among premature infants. *Pediatrics*. 1956;17:1-10.
58. Brat R, Yousef N, Klifa R, Reynaud S, Shankar Aguilera S, De Luca D. Lung ultrasonography score to evaluate oxygenation and surfactant need in neonates treated with continuous positive airway pressure. *JAMA Pediatr*. 2015;169(8):e151797.

59. 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.* 2018;46(11):1761-8.
60. Yousef N, Vigo G, Shankar-Aguilera S, De Luca D. Semiquantitative ultrasound assessment of lung aeration correlates with lung tissue inflammation. *Ultrasound Med Biol.* 2020;46(5):1258-62.
61. Smith HL, Jones JG. Non-invasive assessment of shunt and ventilation/perfusion ratio in neonates with pulmonary failure. *Arch Dis Child Fetal Neonatal Ed.* 2001;85(2):127-132.
62. Via G, Storti E, Gulati G, Neri L, Mojoli F, Braschi A. Lung ultrasound in the ICU: From diagnostic instrument to respiratory monitoring tool. *Minerva Anestesiol.* 2012;78:1282.
63. Loi B, Vigo G, Baraldi E, Raimondi F, Carnielli VP, Mosca F, et al. Lung ultrasound to monitor extremely preterm infants and predict bronchopulmonary dysplasia. A multicenter longitudinal cohort study. *Am J Respir Crit Care Med.* 2021;203(11):1398-409.
64. Tusman G, Acosta cm, Nicola M, Esperatti M, Bohm SH, Suarez-Sipmann F. Real-time images of tidal recruitment using lung ultrasound. *Crit Ultrasound J.* 2015;7(1):19.
65. Prada G, Vieillard-Baron A, Martin AK, Hernandez A, Mookadam F, Ramakrishna H, et al. Tracheal, lung, and diaphragmatic applications of M-mode ultrasonography in anesthesiology and critical care. *J Cardiothorac Vasc Anesth.* 2021;35(1):310-22.
66. Rippey J, Gawthrop I. Creating thoracic phantoms for diagnostic and procedural ultrasound training. *Australas J Ultrasound Med.* 2012;15(2):43-54.
67. Liu J, Guo G, Kurepa D, Volpicelli G, Sorantin E, Lovrenski J, et al. Specification and guideline for technical aspects and scanning parameter settings of neonatal lung ultrasound examination. *J Matern Fetal Neonatal Med.* 2022;35(5):1003-16.
68. Louis D, Belen K, Farooqui M, Idiong N, Amer R, Hussain A, et al. Prone versus supine position for lung ultrasound in neonates with respiratory distress. *Am J Perinatol.* 2021;38(02):176-81.
69. Corsini I, Parri N, Ficial B, Dani C. Lung ultrasound in the neonatal intensive care unit: Review of the literature and future perspectives. *Pediatr Pulmonol.* 2020;55(7):1550-62.
70. Ibarra-Ríos D, Serpa-Maldonado EV, Mantilla-Uresti JG, Guillén-Torres R, Aguilar-Martínez N, Sánchez-Cruz A, et al. A modified sonographic algorithm for image acquisition in life-threatening emergencies in the critically ill newborn. *J Vis Exp.* 2023 Apr 7;(194):1-24.
71. Lin PC, Chen CH, Chang JH, Peng CC, Jim WT, Lin CY, et al. Monitoring of the healthy neonatal transition period with serial lung ultrasound. *Children.* 2023;10(8):1307.
72. Sharma D, Tabatabaai SA, Farahbakhsh N. Role of ultrasound in confirmation of endotracheal tube in neonates: a review. *J Matern Fetal Neonatal Med.* 2019;32(8):1359-67.
73. Gottlieb M, Holladay D, Peksa GD. Ultrasonography for the confirmation of endotracheal tube intubation: a systematic review and meta-analysis. *Ann Emerg Med.* 2018;72(6):627-36.
74. Das SK, Choupoo NS, Haldar R, Lahkar A. Transtracheal ultrasound for verification of endotracheal tube placement: a systematic review and meta-analysis. *Can J Anaesth.* 2015;62(4):413-23.
75. López Maure E. *Radiología neonatal.* Ediciones Journal; 2019.
76. Jeppesen DL, Hasselbalch H, Nielsen SD, Sørensen TU, Ersbøll AK, Valerius NH, et al. Thymic size in preterm neonates: a sonographic study. *Acta Paediatr.* 2003;92:817-22.
77. Magu S, Gathwala G, Agarwal S, Parihar A. Sonographic measurement of thymic size in preterm infants: prediction model for thymic size in the Indian subcontinent. *Indian J Pediatr.* 2012;79(6):764-8.
78. Mehta S. Assessment of thymus size in healthy term neonates using sonography - A study from tertiary care hospital of Central India. *J Neonatal Perinatal Med.* 2015;8(2):143-7.
79. Flores Flamand M, Martínez García AJ. *Ecocardiografía básica aplicada a fisiología cardiovascular.* En: García Díaz DE, García González SX, Guzmán Toledo D (editores). *Fisiología eLibro.* Primera edición. México: UNAM, Facultad de Medicina, Departamento de Fisiología; 2019.
80. Bobillo-Perez S, Balaguer M, Jordan I, Batista-Muñoz A, Ramon M, Otero O, et al. Delivery room ultrasound study to assess heart rate in newborns: DELIROUS study. *Eur J Pediatr.* 2021;180(3):783-90.
81. Lewandowski BJ, Jaffer NM, Winsberg F. Relationship between the pericardial and pleural spaces in cross-sectional imaging. *J Clin Ultrasound.* 1981;9(6):271-4.
82. Gil-Juanmiquel L, Gratacós M, Castilla-Fernández Y, Piqueras J, Baust T, Ragner N, et al. Bedside ultrasound for the diagnosis of abnormal diaphragmatic motion in children after heart surgery. *Pediatr Crit Care Med.* 2017;18(2):159-64.
83. Rehan VK, Laiprasert J, Wallach M, Rubin LP, McCool FD. Diaphragm dimensions of the healthy preterm infant. *Pediatrics.* 2001;108(5):e91-e91.
84. El-Halaby H, Abdel-Hady H, Alsawah G, Abdelrahman A, El-Tahan H. Sonographic evaluation of diaphragmatic excursion and thickness in healthy infants and children. *J Ultrasound Med.* 2016;35(1):167-75.
85. Singh Y, Tissot C, Fraga MV, Yousef N, Cortes RG, Lopez J, et al. International evidence-based guidelines on Point of Care Ultrasound (POCUS) for critically ill neonates and children issued by the POCUS Working Group of the European Society of Paediatric and Neonatal Intensive Care (ESPNIC). *Crit Care.* 2020;24(1):65.
86. Stewart DL, Elsayed Y, Fraga MV, Coley BD, Annam A, Milla SS, et al. Use of point-of-care ultrasonography in the NICU for diagnostic and procedural purposes. *Pediatrics.* 2022;150(6):e2022060053.
87. Kurepa D, Zaghoul N, Watkins L, Liu J. Neonatal lung ultrasound exam guidelines. *J Perinatol.* 2018;38(1):11-22.
88. Ma H, Yan W, Liu J. Diagnostic value of lung ultrasound for neonatal respiratory distress syndrome: a meta-analysis and systematic review. *Med Ultrason.* 2020;22(3):325.
89. Capasso L, Pacella D, Migliaro F, Salomè S, Grasso F, Corsini I, et al. Can lung ultrasound score accurately predict surfactant replacement? A systematic review and meta-analysis of diagnostic test studies. *Pediatr Pulmonol.* 2023;58(5):1427-37.
90. De Luca D, Bonadies L, Alonso-Ojembarrena A, Martino D, Gutierrez-Rosa I, Loi B, et al. Quantitative lung ultrasonography to guide surfactant therapy in neonates born late preterm and later. *JAMA Netw Open.* 2024;7(5):e2413446.
91. De Martino L, Yousef N, Ben-Ammar R, Raimondi F, Shankar-Aguilera S, De Luca D. Lung ultrasound score predicts surfactant need in extremely preterm neonates. *Pediatrics.* 2018;142(3):e20180463.
92. Vivalda L, Loi B, Bisceglie V, Ben-Ammar R, De Luca D. Effect of preterm chorioamnionitis on lung ultrasound score used to guide surfactant replacement. *Pediatr Pulmonol.* 2023;58(10):2761-8.
93. Vergine M, Copetti R, Brusa G, Cattarossi L. Lung ultrasound accuracy in respiratory distress syndrome and transient tachypnea of the newborn. *Neonatology.* 2014;106(2):87-93.
94. Liu J, Wang Y, Fu W, Yang CS, Huang JJ. Diagnosis of neonatal transient tachypnea and its differentiation from respiratory distress syndrome using lung ultrasound. *Medicine.* 2014;93(27):e197.
95. He L, Sun Y, Sheng W, Yao Q. Diagnostic performance of lung ultrasound for transient tachypnea of the newborn: A meta-analysis. *PLoS One.* 2021;16(3):e0248827.
96. Haaksma ME, Smit JM, Heldeweg MLA, Nooitgedacht JS, de Grooth HJ, Jonkman AH, et al. Extended lung ultrasound to differentiate between pneumonia and atelectasis in critically ill patients: a diagnostic accuracy study. *Crit Care Med.* 2022;50(5):750-9.
97. Guitart C, Rodríguez-Fanjul J, Bobillo-Perez S, Carrasco JL, Inarejos Clemente EJ, Cambra FJ, et al. An algorithm combining procalcitonin and lung ultrasound improves the diagnosis of bacterial pneumonia in critically ill children: The PROLUSP study, a randomized clinical trial. *Pediatr Pulmonol.* 2022;57(3):711-23.
98. Becerra-Hervás J, Guitart C, Covas A, Bobillo-Pérez S, Rodríguez-Fanjul J, Carrasco-Jordan JL, et al. The Clinical Pulmonary Infection Score Combined with Procalcitonin and Lung Ultrasound (CPIS-PLUS), a good tool for ventilator associated pneumonia early diagnosis in pediatrics. *Children.* 2024;11(5):592.
99. Liu J, Liu F, Liu Y, Wang HW, Feng ZC. Lung ultrasonography for the diagnosis of severe neonatal pneumonia. *Chest.* 2014;146(2):383-8.
100. Xiao TT, Jin M, Ju R, Yang S, Gao SQ, Jiang Y, et al. Value of bedside lung ultrasound in the diagnosis of neonatal pneumonia. *Chinese Journal of Contemporary Pediatrics.* 2018;20:444-8.
101. Woods PL. Utility of lung ultrasound scanning in neonatology. *Arch Dis Child.* 2019;104(9):909-15.
102. Buonsenso D, Musolino A, Ferro V, De Rose C, Morello R, Ventola C, et al. Role of lung ultrasound for the etiological diagnosis of acute lower respiratory tract infection (ALRTI) in children: a prospective study. *J Ultrasound.* 2022;25(2):185-97.
103. Yousef N, De Luca D. The role of lung ultrasound in viral lower respiratory tract infections. *Am J Perinatol.* 2018;35(06):527-9.
104. Ibarra-Ríos D, Enríquez-Estrada AC, Serpa-Maldonado EV, Miranda-Vega AL, Villanueva-García D, Vázquez-Solano EP, et al. Lung ultrasound characteristics in neonates with positive real time polymerase chain reaction for SARS-CoV-2 on a tertiary level referral hospital in Mexico City. *Front Pediatr.* 2022;10:859092.
105. Öktem A, Zenciroğlu A, Üner Ç, Aydoğan S, Dilli D, Okumuş N. Efficiency of lung ultrasonography in the diagnosis and follow-up of viral pneumonia in newborn. *Am J Perinatol.* 2023;40(04):432-7.
106. Liu J, Ma HR, Fu W. Lung ultrasound to diagnose pneumonia in neonates with fungal infection. *Diagnostics.* 2022;12(8):1776.
107. Pereda MA, Chavez MA, Hooper-Miele CC, Gilman RH, Steinhoff MC, Ellington LE, et al. Lung ultrasound for the diagnosis of pneumonia in children: a meta-analysis. *Pediatrics.* 2015;135(4):714-22.
108. Ma H, Deng B, Liu J, Jiang P, Xu Y, Song X, et al. Lung ultrasound to diagnose infectious pneumonia of newborns: A prospective multicenter study. *Pediatr Pulmonol.* 2023;58(1):122-9.
109. Ren XL, Fu W, Liu J, Liu Y, Xia RM. Lung ultrasonography to diagnose pulmonary hemorrhage of the newborn. *J Matern Fetal Neonatal Med.* 2017;30(21):2601-6.

110. Liu J, Chi JH, Lu ZL, Fu W. The specific signs of lung ultrasound to diagnose pulmonary hemorrhage of the newborns: evidence from a multicenter retrospective case-control study. *Front Pediatr.* 2023;11:1090332.
111. Perri A, Fattore S, Prontera G, Patti ML, Sbordone A, Tana M, et al. Lung ultrasound in the early diagnosis and management of the mild form of meconium aspiration syndrome: a case report. *Diagnostics.* 2023;13(4):719.
112. Piastra M, Yousef N, Brat R, Manzoni P, Mokhtari M, De Luca D. Lung ultrasound findings in meconium aspiration syndrome. *Early Hum Dev.* 2014;90:S41-S43.
113. Liu J, Cao HY, Fu W. Lung ultrasonography to diagnose meconium aspiration syndrome of the newborn. *J Int Med Res.* 2016;44(6):1534-42.
114. Dell'Orto V, Centorrino R, De Luca D. Ultrasound-guided lung lavage for life-threatening bronchial obstruction due to meconium plug. *J Clin Ultrasound.* 2021;49(4):405-7.
115. Loi B, Regiroli G, Foligno S, Centorrino R, Yousef N, Vedovelli L, et al. Respiratory and haemodynamic effects of 6h-pronation in neonates recovering from respiratory distress syndrome, or affected by acute respiratory distress syndrome or evolving bronchopulmonary dysplasia: a prospective, physiological, crossover, controlled cohort study. *EClinical-Medicine.* 2023;55:101791.
116. Acosta cm, Maidana GA, Jacovitti D, Belaunzarán A, Cereceda S, Rae E, et al. Accuracy of transthoracic lung ultrasound for diagnosing anesthesia-induced atelectasis in children. *Anesthesiology.* 2014;120(6):1370-9.
117. Camporesi A, Pierucci UM, Paladini G, Gentile A, Buonsenso D, Pelizzo G. Lung ultrasound-guided best positive end-expiratory pressure in neonatal anesthesia: a proposed randomized, controlled study. *Pediatr Res.* 2024;95(1):393-6.
118. Sett A, Rogerson SR, Foo GWC, Keene J, Thomas N, Kee PPL, et al. Estimating preterm lung volume: a comparison of lung ultrasound, chest radiography, and oxygenation. *J Pediatr.* 2023;259:113437.
119. Lichtenstein DA. Ultrasound examination of the lungs in the intensive care unit. *Pediatr Crit Care Med.* 2009;10(6):693-8.
120. Liu J, Ren XL, Li JJ. POC-LUS guiding pleural puncture drainage to treat neonatal pulmonary atelectasis caused by congenital massive effusion. *J Matern Fetal Neonatal Med.* 2020;33(1):174-6.
121. Grymiski J, Krakówka P, Lypaciewicz G. The diagnosis of pleural effusion by ultrasonic and radiologic techniques. *Chest.* 1976;70(1):33-7.
122. Thiboutot J, Bramley KT. Ultrasound-guided pleural investigations. *Clin Chest Med.* 2021;42(4):591-7.
123. Dancel R, Schnobrich D, Puri N, Franco-Sadur R, Cho J, Grikis L, et al. Recommendations on the use of ultrasound guidance for adult thoracentesis: a position statement of the Society of Hospital Medicine. *J Hosp Med.* 2018;13(2):126-35.
124. Cavanna L, Mordenti P, Bertè R, Palladino M, Biasini C, Anselmi E, et al. Ultrasound guidance reduces pneumothorax rate and improves safety of thoracentesis in malignant pleural effusion: report on 445 consecutive patients with advanced cancer. *World J Surg Oncol.* 2014;12(1):139.
125. Perazzo A, Gatto P, Barlascini C, Ferrari-Bravo M, Nicolini A. Can ultrasound guidance reduce the risk of pneumothorax following thoracentesis? *J Bras Pneumol.* 2014;40(1):6-12.
126. Rocha G, Arnet V, Soares P, Gomes AC, Costa S, Guerra P, et al. Chylothorax in the neonate-A stepwise approach algorithm. *Pediatr Pulmonol.* 2021;56(10):3093-105.
127. 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.
128. Hassan M, Rizk R, Essam H, Abouelnour A. Validation of equations for pleural effusion volume estimation by ultrasonography. *J Ultrasound.* 2017;20(4):267-71.
129. 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.
130. Liu J, Kurepa D, Feletti F, Alonso-Ojembarrena A, Lovrenski J, Copetti R, et al. International Expert Consensus and Recommendations for Neonatal Pneumothorax Ultrasound Diagnosis and Ultrasound-guided Thoracentesis Procedure. *J Vis Exp.* 2020;(157):1-10.
131. Cattarossi L. Lung ultrasound: its role in neonatology and pediatrics. *Early Hum Dev.* 2013;89:S17-S19.
132. Alrajab S, Youssef AM, Akkus NI, Caldito G. Pleural ultrasonography versus chest radiography for the diagnosis of pneumothorax: review of the literature and meta-analysis. *Crit Care.* 2013;17(5):R208.
133. Raimondi F, Rodríguez Fanjul J, Aversa S, Chirico G, Yousef N, De Luca D, et al. Lung Ultrasound in the Crashing Infant (LUCI) protocol study group. Lung ultrasound for diagnosing pneumothorax in the critically ill neonate. *J Pediatr.* 2016;175:74-8.
134. Liu J, Chi JH, Ren XL, Li J, Chen YJ, Lu ZL, et al. Lung ultrasonography to diagnose pneumothorax of the newborn. *Am J Emerg Med.* 2017;35(9):1298-302.
135. Dahmarde H, Paroof F, Salarzaei M. Accuracy of ultrasound in diagnosis of pneumothorax: a comparison between neonates and adults-A systematic review and meta-analysis. *Can Respir J.* 2019;2019:1-16.
136. Klavžar P, Plut D. Ultrasound as a problem solver to diagnose pneumomediastinum in an infant. *Acta Radiol Open.* 2021;10(8):20584601211030657.
137. Sagaser AE, Reeves A, Arnautovic T, Sanchez-Esteban J. Distinction between pneumothorax and pneumomediastinum using point of care ultrasound (POCUS): role of still lung point. *AJP Rep.* 2024;14(3):e239-e243.
138. Küng E, Habrina L, Berger A, Werther T, Aichhorn L. Diagnosing pneumomediastinum in a neonate using a lung ultrasound. *Lancet.* 2021;398(10303):e13.
139. Montero-Gato J, Rodeño-Fernández L, Serna-Guerediaga I, Aguirre-Unceta-Barrenechea A, Aguirre-Conde A, Perez-Legorburu A. Ultrasound of pneumothorax in neonates: Diagnostic value of the anterior transverse plane and of mirrored ribs. *Pediatr Pulmonol.* 2022;57(4):1008-14.
140. Corsini I, Parri N, Coviello C, Leonardi V, Dani C. Lung ultrasound findings in congenital diaphragmatic hernia. *Eur J Pediatr.* 2019;178(4):491-5.
141. Maddaloni C, De Rose DU, Ronci S, Bersani I, Martini L, Caoci S, et al. Lung Ultrasound Score in Neonates with Congenital Diaphragmatic Hernia (CDH-LUS): a cross-sectional study. *Diagnostics.* 2023;13(5):898.
142. Gregorio-Hernández R, Ramos-Navarro C, Vigil-Vázquez S, Rodríguez-Corrales E, Pérez-Pérez A, Arriaga-Redondo M, et al. Lung ultrasound and postoperative follow-up of congenital diaphragmatic hernia. *Eur J Pediatr.* 2023;182(9):3973-81.
143. Hosokawa T, Yamada Y, Takahashi H, Tanami Y, Sato Y, Ishimaru T, et al. Postnatal ultrasound to determine the surgical strategy for congenital diaphragmatic hernia. *J Ultrasound Med.* 2019;38(9):2347-58.
144. Yousef N, Mokhtari M, Durand P, Raimondi F, Migliaro F, Letourneau A, et al. Lung ultrasound findings in congenital pulmonary airway malformation. *Am J Perinatol.* 2018;35(12):1222-7.
145. De Luca D, van Kaam AH, Tingay DG, Courtney SE, Danhaive O, Carnielli VP, et al. The Montreux definition of neonatal ARDS: biological and clinical background behind the description of a new entity. *Lancet Respir Med.* 2017;5(8):657-66.
146. Smit MR, Mayo PH, Mongodi S. Lung ultrasound for diagnosis and management of ARDS. *Intensive Care Med.* 2024;50(7):1143-5.
147. Volpicelli G, Skurzak S, Boero E, Carpinteri G, Tengattini M, Stefanone V, et al. Lung ultrasound predicts well extravascular lung water but is of limited usefulness in the prediction of wedge pressure. *Anesthesiology.* 2014;121(2):320-7.
148. Copetti R, Soldati G, Copetti P. Chest sonography: a useful tool to differentiate acute cardiogenic pulmonary edema from acute respiratory distress syndrome. *Cardiovasc Ultrasound.* 2008;6(1):16.
149. Cantinotti M, Giordano R, Scalese M, Marchese P, Franchi E, Viacava C, et al. Prognostic value of a new lung ultrasound score to predict intensive care unit stay in pediatric cardiac surgery. *Ann Thorac Surg.* 2020;109(1):178-84.
150. Girona-Alarcón M, Cuaresma-González A, Rodríguez-Fanjul J, Bobillo-Perez S, Inarejos E, Sánchez-de-Toledo J, et al. LUCAS (lung ultrasonography in cardiac surgery) score to monitor pulmonary edema after congenital cardiac surgery in children. *J Matern Fetal Neonatal Med.* 2022;35(6):1213-8.
151. Zhao M, Huang XM, Niu L, Ni WX, Zhang ZQ. Lung ultrasound score predicts the extravascular lung water content in low-birth-weight neonates with patent ductus arteriosus. *Med Sci Monit.* 2020;26:e921671.
152. Yu LF, Xu CK, Zhao M, Niu L, Huang XM, Zhang ZQ. Bedside cardiopulmonary ultrasonography evaluates lung water content in very low-weight preterm neonates with patent ductus arteriosus. *World J Clin Cases.* 2021;9:1827-34.
153. Zong H, Huang Z, Lin B, Zhao J, Fu Y, Yu Y, et al. The predictive value of lung ultrasound score on hemodynamically significant patent ductus arteriosus among neonates ≤ 25 weeks. *Diagnostics.* 2023;13(13):2263.
154. Ozdemir M, Tepe T, Ozlu F, Yapioglu H, Atmis A, Demir F, et al. Lung ultrasound score in the decision of patent ductus arteriosus closure in neonates. *J Clin Ultrasound.* 2024;52(4):415-25.
155. Zong H, Huang Y, Huang Z, Zhao J, Lin B, Fu Y, et al. Lung ultrasound score predicts patent ductus arteriosus ligation among neonates ≤ 25 weeks. *Pediatr Pulmonol.* 2023;58(9):2487-94.
156. Savoia M, McNamara PJ, Titolo A, Cattarossi L. Lung ultrasound score parallels trends in systemic haemodynamics after PDA ligation: a case series. *Eur J Pediatr.* 2022;181(6):2541-6.
157. Savoia M, Busolini E, Ibarra Ríos D, Thomas B, Ruoss JL, McNamara PJ. Integrated lung ultrasound and targeted neonatal echocardiography evaluation in infants born preterm. *J Pediatr.* 2024;275:114200.
158. Regiroli G, La Malfa G, Loi B, Vivanti A, Centorrino R, De Luca D. Ultrasound-assessed lung aeration, oxygenation and respiratory care in neonatal bile acid pneumonia: a nested case-control study. *Acta Paediatr.* 2023;112(9):1898-904.
159. Liu J, Chen SW, Liu F, Wang Y, Kong XY, Li QP, et al. BPD, not BPD, or iatrogenic BPD. *Medicine.* 2014;93(23):e133.
160. Alonso-Ojembarrena A, Aldecoa-Bilbao V, De Luca D. Imaging of bronchopulmonary dysplasia. *Semin Perinatol.* 2023;47(6):151812.
161. Sánchez-Becerra JC, Guillén-Torres R, Becerra-Becerra R, Márquez-González H, Ibarra-Ríos D. Targeted neonatal echocardiography and lung ultrasound in preterm infants with chronic lung disease with and without pulmonary hypertension, screened using a standardized algorithm. *Front Pediatr.* 2023;11:1104940.
162. Pezza L, Alonso-Ojembarrena A, Elsayed Y, Yousef N, Vedovelli L, Raimondi F, et al. Meta-analysis of lung ultrasound scores for early prediction of bronchopulmonary dysplasia. *Ann Am Thorac Soc.* 2022;19(4):659-67.

163. Raimondi F, Migliaro F, Corsini I, Meneghin F, Dolce P, Pierri L, et al. Lung ultrasound score progress in neonatal respiratory distress syndrome. *Pediatrics*. 2021;147(4):e2020030528.
164. Alonso-Ojembarrera A, Lechuga-Sancho AM, Morales-Arandojo P, Acuña-Soto S, López-de-Francisco R, Lubián-López SP. Lung ultrasound score and diuretics in preterm infants born before 32 weeks: a pilot study. *Pediatr Pulmonol*. 2020;55(12):3312-8.
165. Kasniya G, Weinberger B, Cerise J, Pulju M, Boyar V, Frunza F, et al. Lung ultrasound assessment of pulmonary edema in neonates with chronic lung disease before and after diuretic therapy. *Pediatr Pulmonol*. 2022;57(12):3145-50.
166. Spagnolo P, Bush A. Interstitial lung disease in children younger than 2 years. *Pediatrics*. 2016;137(6):e20152725.
167. Urbankowska E, Urbankowski T, Drobczyński Ł, Griese M, Lange J, Brzewski M, et al. Lung ultrasound-a new diagnostic modality in persistent tachypnea of infancy. *Pediatr Pulmonol*. 2020;55(4):1028-36.
168. Blank DA, Rogerson SR, Kamlin COF, Fox LM, Lorenz L, Kane SC, et al. Lung ultrasound during the initiation of breathing in healthy term and late preterm infants immediately after birth, a prospective, observational study. *Resuscitation*. 2017;114:59-65.
169. Blank DA, Kamlin COF, Rogerson SR, Fox LM, Lorenz L, Kane SC, et al. Lung ultrasound immediately after birth to describe normal neonatal transition: an observational study. *Arch Dis Child Fetal Neonatal Ed*. 2018;103(2):F157-62.
170. Badurdeen S, Kamlin COF, Rogerson SR, Kane SC, Polglase GR, Hooper SB, et al. Lung ultrasound during newborn resuscitation predicts the need for surfactant therapy in very- and extremely preterm infants. *Resuscitation*. 2021;162:227-35.
171. Katheria A, Hosono S, El-Naggar W. A new wrinkle: umbilical cord management (how, when, who). *Semin Fetal Neonatal Med*. 2018;23(5):321-6.
172. Papile LA, Baley JE, Benitz W, Cummings J, Eichenwald E, Kumar P, et al. Respiratory support in preterm infants at birth. *Pediatrics*. 2014;133(1):171-4.
173. Moya FR, Mazela J, Shore PM, Simonson SG, Segal R, Simmons PD, et al. Prospective observational study of early respiratory management in preterm neonates less than 35 weeks of gestation. *BMC Pediatr*. 2019;19(1):147.
174. van Wyk L, Tooke L, Dippenaar R, Rhoda N, Lloyd L, Holgate S, et al. Optimal ventilation and surfactant therapy in very-low-birth-weight infants in resource-restricted regions. *Neonatology*. 2020;117(2):217-24.
175. Morley CJ, Davis PG, Doyle LW, Brion LP, Hascoet JM, Carlin JB. Nasal CPAP or intubation at birth for very preterm infants. *N Engl J Med*. 2008;358(7):700-8.
176. SUPPORT Study Group of the Eunice Kennedy Shriver, NICHD Neonatal Research Network, Finer NN, Carlo WA. Early CPAP versus Surfactant in Extremely Preterm Infants. *N Engl J Med*. 2010;362(21):1970-9.
177. Rojas MA, Lozano JM, Rojas MX, Laughon M, Bose CL, Rondon MA, et al. Very early surfactant without mandatory ventilation in premature infants treated with early continuous positive airway pressure: a randomized, controlled trial. *Pediatrics*. 2009;123(1):137-42.
178. Sandri F, Plavka R, Ancora G, Simeoni U, Stranak Z, Martinelli S, et al. Prophylactic or early selective surfactant combined with nCPAP in very preterm infants. *Pediatrics*. 2010;125(6):e1402-9.
179. Rojas-Reyes MX, Morley CJ, Soll R. Prophylactic versus selective use of surfactant in preventing morbidity and mortality in preterm infants. *Cochrane Database Syst Rev*. 2012;2012(3):CD000510.
180. Perri A, Sbordone A, Patti ML, Nobile S, Tirone C, Giordano L, et al. Early lung ultrasound score to predict noninvasive ventilation needing in neonates from 33 weeks of gestational age: a multicentric study. *Pediatr Pulmonol*. 2022;57(9):2227-36.
181. Aldana-Aguirre JC, Pinto M, Featherstone RM, Kumar M. Less invasive surfactant administration versus intubation for surfactant delivery in preterm infants with respiratory distress syndrome: a systematic review and meta-analysis. *Arch Dis Child Fetal Neonatal Ed*. 2017;102(1):F17-F23.
182. Raschetti R, Yousef N, Vigo G, Marseglia G, Centorrino R, Ben-Ammar R, et al. Echography-guided surfactant therapy to improve timeliness of surfactant replacement: a quality improvement project. *J Pediatr*. 2019;212:137-143.e1.
183. Rodríguez-Fanjul J, Jordan I, Balaguer M, Batista-Muñoz A, Ramon M, Bobillo-Perez S. Early surfactant replacement guided by lung ultrasound in preterm newborns with RDS: the ULTRASURF randomised controlled trial. *Eur J Pediatr*. 2020;179(12):1913-20.
184. De Luca D, Yousef N. Pharmaceutical expenditure is unchanged with ultrasound-guided surfactant administration. *Am J Perinatol*. 2022;39(05):562-6.
185. Alsina-Casanova M, Brito N, Balcells-Esponera C, Herranz-Barbero A, Teresa-Palacio M, Soler-García A, et al. Predictors of CPAP failure after less-invasive surfactant administration in preterm infants. *Front Pediatr*. 2024;12:1444906.
186. De Luca D. Respiratory distress syndrome in preterm neonates in the era of precision medicine: A modern critical care-based approach. *Pediatr Neonatol*. 2021;62:S3-S9.
187. Cortés Casimiro VR, Sánchez Cruz A, de la Garza López AB, Pozos Soto HJ, García Urquidez FF, Corzo Pineda JAD, et al. Diagnóstico y tratamiento del síndrome de dificultad respiratoria en el recién nacido prematuro [Internet]. México: CENETEC, Instituto Mexicano del Seguro Social; 2021. Disponible en: <http://www.cenetec-difusion.com/CMGPC/GPC-IMSS-137-21/ER.pdf>
188. Sweet DG, Carnielli VP, Greisen G, Hallman M, Klebermass-Schrehof K, Ozek E, et al. European Consensus Guidelines on the Management of Respiratory Distress Syndrome: 2022 Update. *Neonatology*. 2023;120(1):3-23.
189. Raimondi F, Migliaro F, Sodano A, Umbaldo A, Romano A, Vallone G, et al. Can neonatal lung ultrasound monitor fluid clearance and predict the need of respiratory support? *Crit Care*. 2012;16(6):R220.
190. Poirio A, Galletti S, Baldazzi M, Martini S, Rollo A, Spinedi S, et al. Lung ultrasound features predict admission to the neonatal intensive care unit in infants with transient neonatal tachypnoea or respiratory distress syndrome born by caesarean section. *Eur J Pediatr*. 2021;180(3):869-76.
191. Arthur R. The neonatal chest X-ray. *Paediatr Respir Rev*. 2001;2(4):311-23.
192. Raimondi F, Migliaro F, Sodano A, Ferrara T, Lama S, Vallone G, et al. Use of neonatal chest ultrasound to predict noninvasive ventilation failure. *Pediatrics*. 2014;134(4):e1089-94.
193. VC LK, Patla VKR, Vadije PR, Murki S, Subramanian S, Injeti G, et al. Assessing the diagnostic accuracy of lung ultrasound in determining invasive ventilation needs in neonates on non-invasive ventilation: An observational study from a tertiary NICU in India. *Eur J Pediatr*. 2023;183(2):939-46.
194. Rodríguez-Fanjul J, Balcells C, Aldecoa-Bilbao V, Moreno J, Iriando M. Lung ultrasound as a predictor of mechanical ventilation in neonates older than 32 weeks. *Neonatology*. 2016;110(3):198-203.
195. Zhang L, Feng J, Jin D, Yu Z, Qu Y, Zheng M, et al. Lung ultrasound score as a predictor of ventilator use in preterm infants with dyspnea within 24 h after hospitalization. *Pediatr Neonatol*. 2023;64(4):420-7.
196. Szymański P, Kruczek P, Hojowski R, Wais P. Modified lung ultrasound score predicts ventilation requirements in neonatal respiratory distress syndrome. *BMC Pediatr*. 2021;21(1):17.
197. Szymański P, Puskarczyk-Gąsowska J, Hojowski R, Stefańska M, Błaż W, Sadowska-Krawczyńska I, et al. Prognostic relevance of the lung ultrasound score: a multioutcome study in infants with respiratory distress syndrome. *Am J Perinatol*. 2024;41(S 01):e2862-9.
198. Eltomey MA, Shehata AH, Nassar MAE, Elmashad AEM. Can lung ultrasound assist in the decision of weaning mechanically ventilated neonates? *Egyptian Journal of Radiology and Nuclear Medicine*. 2019;50(1):47.
199. Chioma R, Amabili L, Ciarmoli E, Copetti R, Villani PG, Natlie M, et al. Lung UltraSound Targeted Recruitment (LUSTR): a novel protocol to optimize open lung ventilation in critically ill neonates. *Children*. 2022;9(7):1035.
200. Abushady NM, Awad HAS, Kamel DR, Fouda EM, Ahmed NT, Dawoud MO. Role of lung ultrasound in the assessment of recruitment maneuvers in ventilated preterm neonates with respiratory distress syndrome and its correlation with tracheal IL-6 levels: A randomized controlled trial. *J Neonatal Perinatal Med*. 2021;14(3):369-74.
201. Pierro M, Chioma R, Ciarmoli E, Villani P, Storti E, Copetti R. Lung ultrasound guided pulmonary recruitment during mechanical ventilation in neonates: a case series. *J Neonatal Perinatal Med*. 2022;15(2):357-65.
202. De Jaegere A, van Veenendaal MB, Michiels A, van Kaam AH. Lung recruitment using oxygenation during open lung high-frequency ventilation in preterm infants. *Am J Respir Crit Care Med*. 2006;174(6):639-45.
203. De Jaegere AP, Deurloo EE, van Rijn RR, Offringa M, van Kaam AH. Individualized lung recruitment during high-frequency ventilation in preterm infants is not associated with lung hyperinflation and air leaks. *Eur J Pediatr*. 2016;175(8):1085-90.
204. de Waal K, Evans N, van der Lee J, van Kaam A. Effect of lung recruitment on pulmonary, systemic, and ductal blood flow in preterm infants. *J Pediatr*. 2009;154(5):651-5.
205. Zannin E, Doni D, Ventura ML, Fedeli T, Rigotti C, Dellacá RL, et al. Relationship between mean airways pressure, lung mechanics, and right ventricular output during high-frequency oscillatory ventilation in infants. *J Pediatr*. 2017;180:110-5.
206. Rodríguez-Fanjul J, Corsini I, Ortí CS, Bobillo-Perez S, Raimondi F. Lung ultrasound to evaluate lung recruitment in neonates with respiratory distress (RELUS study). *Pediatr Pulmonol*. 2022;57(10):2502-10.
207. Mohsen N, Solis-García G, Jasani B, Nasef N, Mohamed A. Accuracy of lung ultrasound in predicting extubation failure in neonates: A systematic review and meta-analysis. *Pediatr Pulmonol*. 2023;58(10):2846-56.
208. Abdelmawla M, Selem W, Farooqui M, Eltayeb A, Elsayed Y. Prediction of weaning readiness off nasal CPAP in preterm infants using point-of-care lung ultrasound. *Pediatr Pulmonol*. 2022;57(9):2128-35.
209. Singh Y, Dauengauer-Kirliene S, Yousef N. Setting the standards: neonatal lung ultrasound in clinical practice. *Diagnostics*. 2024;14(13):1413.
210. Firszt O, Grabowska A, Saran A, Kluczewska E. Implementation of a standardized lung ultrasound protocol for respiratory distress in a neonatal intensive care unit: an observational study. *J Perinatol*. 2024;44(9):1264-8.
211. Meau-Petit V, Montasser M, Milan A. Neonatal lung ultrasound in the UK: a framework for practice. *Glob Pediatr*. 2023;3:100040.
212. Mongodi S, Cortegiani A, Alonso-Ojembarrera A, Biasucci DG, Bos LDJ, Bouhemad B, et al. ESICM-ESPNIC international expert consensus on quantitative lung ultrasound in intensive care. *Intensive Care Med*. 2025;51(6):1022-49.
213. Raimondi F, Dolce P, Veropalumbo C, Sierchio E, Corsini I, Meneghin F, et al. A simplified, regional lung ultrasound score for surfactant administration in neonatal RDS: a prospective observational study. *Pediatr Pulmonol*. 2025;60(7):e71206.
214. Sartorius V, Brunet S, De Luca D. Characteristics of scores used for quantitative lung ultrasound in neonates: a systematic review. *Eur Respir Rev*. 2025;34(176):240232.