

Utilidad de la ecografía en la patología respiratoria

L. Renter Valdovinos

UCI Pediátrica Hospital Parc Taulí. Sabadell.

INTRODUCCIÓN

En las Unidades de Cuidados Intensivos Pediátricos una de las principales tareas es el mantenimiento de la función respiratoria de los pacientes. Para ello es imprescindible una correcta valoración de su situación ayudados por la exploración física, pulsioximetría, gasometrías, gráficas del respirador y aún a día de hoy de frecuentes radiografías torácicas⁽¹⁾. Pero en la última década la ecografía torácica (ET) se ha mostrado capaz de diagnosticar, monitorizar, en definitiva ayudar al manejo no solo de la patología pulmonar sino también de la mencionada función respiratoria ofreciendo una mayor sensibilidad y especificidad para ciertas patologías^(2,3). Presenta una serie de ventajas que la caracterizan como el ser realizable a pie de cama, ser de fácil aprendizaje permitiendo que sea el propio médico tratante quién pueda hacerla y al no ser ionizante, algo especialmente importante en la edad pediátrica, poderse realizar tantas veces como sea necesario pudiendo así observar la respuesta a diferentes medidas terapéuticas; es además una prueba dinámica a diferencia de otras estáticas como la radiografía o el TC y cambiará a tiempo real con la respiración del paciente. No se debe olvidar que la ET es una herramienta más por lo que se usará después de explorar y valorar al paciente en su contexto. Pero el uso de la ecografía torácica, a diferencia de otras como la ecocaridografía, a pesar de resultar muy útil, no está muy extendido en las UCIs e incluso menos en las pediátricas. Datos pendientes de publicación muestran como su uso, salvo en el derrame pleural, está por debajo del 50% de las UCIs pediátricas españolas.

FUNDAMENTOS

Aunque el niño no es un adulto pequeño, sí que desde el punto de vista ecográfico su pulmón, incluso de recién nacido, es un pulmón de adulto en miniatura y es que la ecografía torácica en los niños cumple los mismos principios que en el adulto donde ha sido ampliamente estudiada (4). Solo debemos tener presente algunas diferencias anatómicas y funcionales que posteriormente detallaremos y la existencia de patologías exclusivas como la bronquiolitis.

No siendo objetivo de esta presentación el explicar con detalle la sistemática de estudio ecográfico del pulmón sí que expondrán unos mínimos detalles. El aire no deja atravesar el ultrasonido (US) a diferencia del agua que permite un paso extraordinario, ello determinado por sus impedancias acústicas tan diferentes. Esta gran diferencia provoca además que el área de contacto de estas dos estructuras tan distintas genere siempre en ecografía una imagen muy hiperrefringente (blanco intenso). La imagen ecográfica de un pulmón sano mostrará una primera línea hiperecogénica correspondiente a la línea pleural que en caso de normalidad se desplazará en un movimiento de ida y vuelta coincidente con el ciclo respiratorio del paciente (deslizamiento pleural). En el pulmón normalmente aireado, el US será incapaz de penetrar más allá de

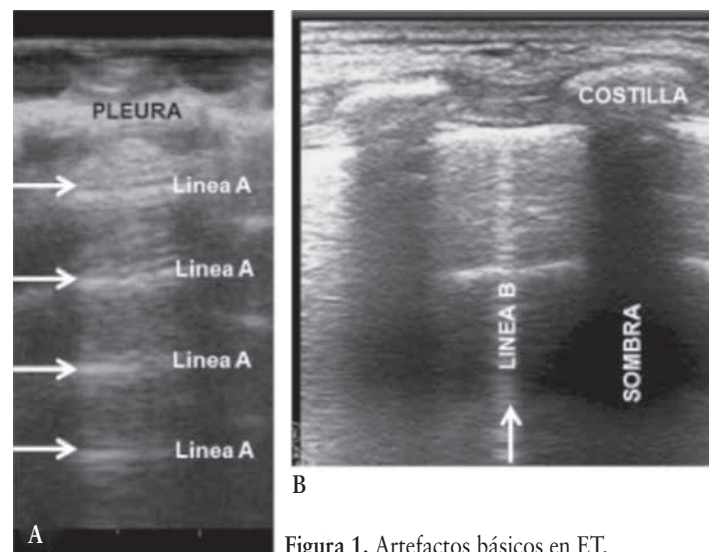


Figura 1. Artefactos básicos en ET.

la pleura, por lo que nada real se podrá ver más allá de esta, debido a su reflexión prácticamente total por la gran diferencia de impedancia acústica entre las partes blandas en contacto con la pleura (músculos intercostales) y el aire; así se generarán unos artefactos en la pantalla del ecógrafo consistentes en unas líneas hiperecogénicas subyacentes, paralelas y equidistantes a la línea pleural denominadas líneas A producidas por un fenómeno de reverberación (Fig. 1A). El otro artefacto que debemos conocer es el denominado línea B, visible como una línea también hiperecogénica pero perpendicular a la línea pleural desde donde nace, llegando hasta la parte inferior de la pantalla. Lo que debemos saber de este es que se produce al incidir el US sobre gotas de agua entre burbujas de (Fig. 1B).

Fundamental es entender que las imágenes ecográficas generadas por el parénquima pulmonar dependen de la relación “aire/fluido” en su interior. En el pulmón normal donde predomina el aire se verán líneas A por debajo de una línea pleural con un movimiento más o menos claro. Conforme va disminuyendo dicho cociente bien por la disminución de aire o bien por el aumento de fluido aparecerán progresivamente un mayor número de líneas. En el momento en que el cociente tiende a 0, el US ya no encuentra aire y sí fluido, lo que permite fácilmente su paso generando así en el ecógrafo una imagen “tejido aparente” (Fig. 2)⁽⁵⁾.

Para estudiar el tórax podemos dividir la caja torácica en cara anterior, limitada por esternón y línea axilar anterior, cara lateral a continuación llegando hasta línea axilar posterior y cara posterior hasta columna vertebral; a su vez podemos dividir estas en superior e inferior. El líquido se deberá empezar a buscar en campos declives y el aire en los más anteriores.

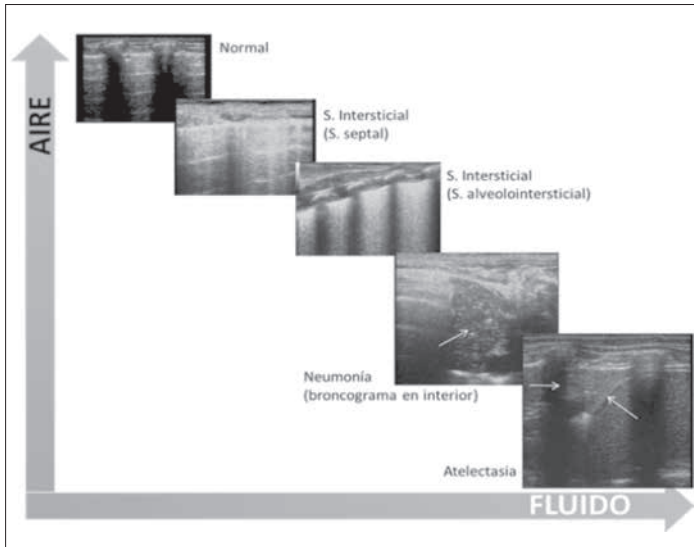


Figura 2. Relación aire/fluido y su correlación ecográfica.

El estudio del tórax en el niño debe seguir la misma sistemática que en el adulto pero algunos aspectos diferenciales debemos tener en cuenta. En la cara anterior de los lactantes encontraremos muy frecuentemente el timo, que puede confundirse fácilmente con una imagen de atelectasia (Fig. 3). Como se recomienda en el adulto, al estudiar la base pulmonar izquierda debe de identificarse siempre el diafragma y especialmente en el niño pequeño, pues la gran cantidad de aire que puede acumularse en el estómago, puede hacer confundir este con pulmón y bazo con una consolidación pulmonar (Fig. 4). Otra de las características en la ET pediátrica viene derivada de la frecuencia respiratoria más elevada y de lo frecuente que resulta el tiraje a ciertas edades por la laxitud de la caja torácica provocando a veces cierta dificultad para visualizar el comportamiento dinámico de la línea pleural, teniendo que hacer un uso más frecuente del modo M algo denostado por algunos grupos. Derivada del tamaño del paciente es la necesidad de uso de mayores frecuencias de US lo que puede condicionar el tipo de sonda o incluso hacer apropiado el uso de sondas diferentes según el tamaño del paciente y el objetivo de estudio. En pediatría el uso de sondas lineales de frecuencias elevadas no solo sirve para el estudio de la patología pleural sino que también puede servir para patologías parenquimatosas más profundas; las sondas lineales producen menor cantidad de los artefactos denominados líneas B que sondas de huella curva como las cóncav o microcóncav.

APLICACIONES EN LA UCIP

1. Diagnóstico diferencial del distrés respiratorio

La patología respiratoria es la más prevalente en la mayoría de las UCIP pediátricas. Es cierto que en un gran número de ocasiones por la historia clínica del paciente y por la exploración física podemos orientar la probable etiología pero igualmente cierto es que a pesar de ello una radiografía de tórax es también solicitada para tranquilidad del clínico a pesar de la baja sensibilidad y especificidad de esta para algunas patologías⁽³⁾. Como en toda ecografía realizada por el clínico, la torácica debe pretender dar respuesta a preguntas dicotómicas planteadas ante el paciente: “¿Tiene un derrame o una atelectasia?”, “¿este paciente en alta frecuencia y que desatura, tiene un neumotórax?”, “¿tiene una bronquiolitis simplemente o es un edema agudo de pulmón?”, “¿se está desreclutando tras la extubación?”,... Estas preguntas frecuentemente requieren una rápida respuesta que condicionará un manejo u otro. La ecografía nos permitirá ser más autónomos sin requerir la intervención de otras personas que puedan demorar y no comprender el problema del paciente; nos ofrecerá la posibilidad de controlar tantas veces como queramos la respuesta a nuestras medidas terapéuticas y minimizará la dosis de irradiación total recibida por el paciente.

La ET es capaz, basándose en un algoritmo denominado BLUE Protocol, de describir ciertos patrones característicos que ayudarán en la orientación

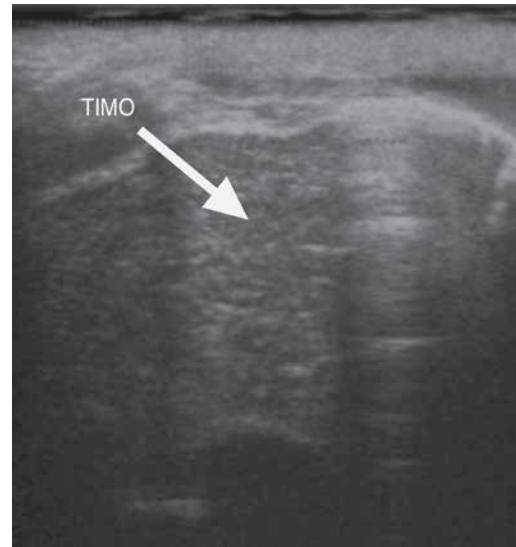


Figura 3. Timo.

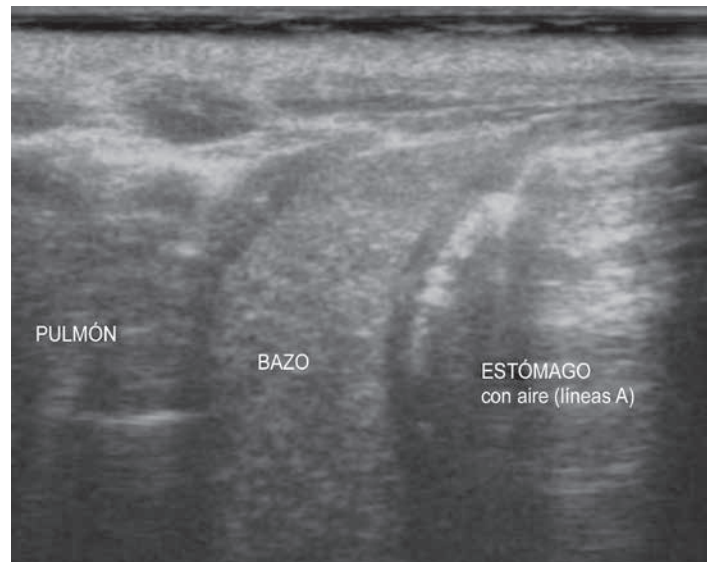


Figura 4. Posible confusión del estómago con pulmón al contener aire y entonces del bazo con atelectasia.

diagnóstica de pacientes adultos con disnea⁽⁶⁾. Considerando algunas diferencias derivadas de patologías características de la edad pediátrica pero sabiendo que los fundamentos son similares podremos ayudarnos de dicho algoritmo para el diagnóstico diferencial de la dificultad respiratoria en los niños⁽⁷⁾. Con nuestra experiencia personal pero sin datos objetivos podemos decir que todos los patrones resultan similares a los descritos en el BLUE Protocol. La bronquiolitis, patología exclusiva de la edad pediátrica, podría incluirse también teniendo presente la aparición constante de líneas B bilaterales pero heterogéneamente repartidas, de condensaciones subpleurales y a veces de consolidaciones más grandes en cualquier área pero más frecuentemente en ápex derecho y áreas paravertebrales (no olvidar en estos pacientes de muy corta edad la existencia de un timo aún grande). La bronquitis suele presentar un patrón de líneas A bilaterales y marcadas con a veces algunas líneas B y condensaciones subpleurales, siendo más parecido al patrón descrito para el asma, como puede resultar lógico, cuando resulta una patología con tendencia al atrapamiento de aire intratorácico.

2. Neumotórax

Posiblemente una de las aplicaciones más estudiadas dentro de la ET por los intensivistas por su gran utilidad e inmediatez. Un sencillo algoritmo,

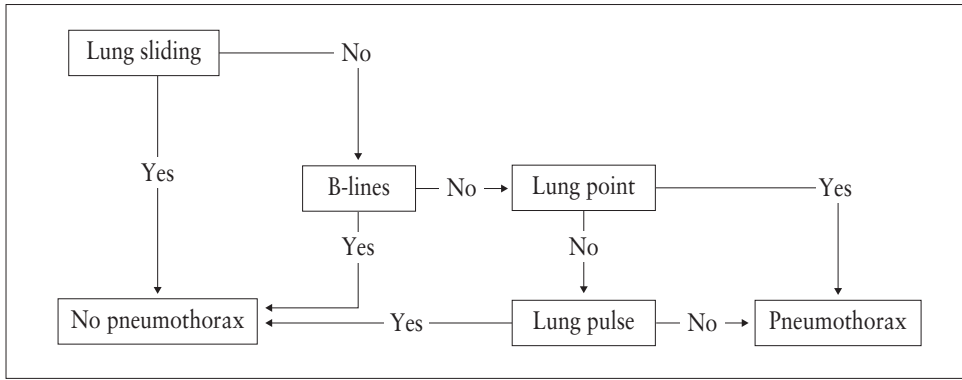


Figura 5. Algoritmo diagnóstico de neumotórax. (Extraído de: Volpicelli G, et al. International evidence-based recommendations for point-of-care lung ultrasound. *Intensive Care Med.* 2012; 38: 577-91).

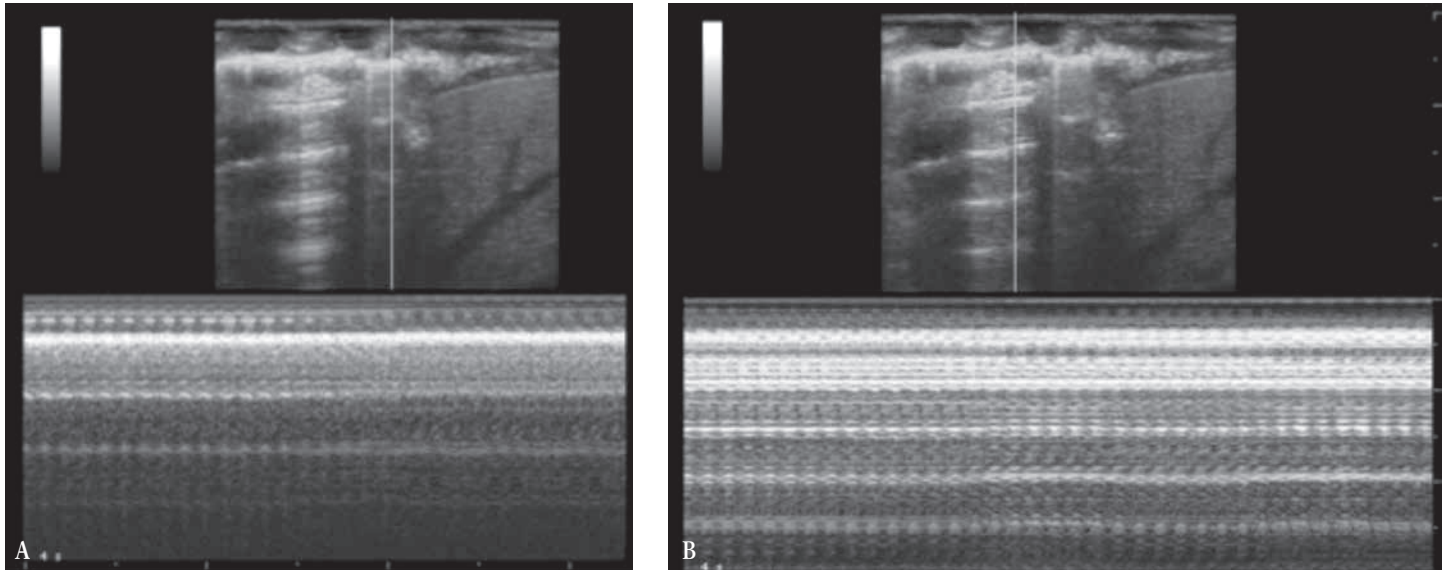


Figura 6. Paciente en VAFO. Dos imágenes de misma área explorada. A) Cursor de modo M puesto en una zona con deslizamiento pulmonar (y alguna línea B). Patrón característico de signo del “borde del mar agitado”. B) Cursor puesto en zona con neumotórax sin deslizamiento pleural y líneas A muy evidentes, generando signo del “código de barras agitado”.

publicado en un documento de consenso internacional (Fig. 5), contempla la presencia de “punto de pulmón” (punto de un área estudiada donde el parénquima pulmonar, en inspiración, contacta con la pleura parietal produciendo una imagen de deslizamiento pleural que desaparece en espiración ante el colapso del pulmón y pérdida de contacto entre las dos pleuras ante la presencia de aire libre extraparenquimatoso) y la ausencia de deslizamiento pleural, de líneas B y de “pulso de pulmón” (imagen de movimiento de la línea pleural a la velocidad del latido cardiaco y que implica obligatoriamente contacto de las pleuras parietal y visceral) conduciendo a su diagnóstico o exclusión con una alta probabilidad en muy poco tiempo. En situaciones urgentes con compromiso del paciente no es necesario llegar a encontrar el “punto de pulmón” para realizar una toracocentesis si presenta los otros hallazgos ecográficos⁽⁸⁾.

Alguno de estos signos es específico 100% de neumotórax como el “punto de pulmón”⁽⁹⁾. En un metaanálisis realizado sobre población adulta con sospecha de neumotórax determinaron para la ecografía torácica (ausencia de deslizamiento pulmonar y de líneas B) una sensibilidad del 90,9%, especificidad del 98,2%, VPP del 94,4% y VPN del 97% y siendo incluso superiores en pacientes traumáticos, con un tiempo de examen entre 2 y 7 minutos según los estudios analizados. Superior resulta la ecografía respecto a la radiografía para descartar la presencia de neumotórax^(9,10).

Merece la pena mencionar en este apartado la utilidad que tiene la ecografía en el manejo de pacientes en ventilación por alta frecuencia (VAFO). Las frecuentes incidencias en la oxigenación de forma más o menos brusca generan realización de múltiples radiografías para descartar la presencia de

neumotórax. No hay bibliografía al respecto pero experiencias personales muestran como el patrón de pacientes en VAFO es similar a pacientes en ventilación convencional. En el caso frecuente de no identificar correctamente el deslizamiento pleural, el uso del Modo M mostrará, en caso de no haber neumotórax, un patrón típico de “borde de mar” pero con “mar agitada” debido a las oscilaciones, tanto más cuanto menos frecuencia se esté aplicando (Fig. 6). Además, en un pulmón patológico, será habitual encontrar líneas B que también lo descartarán⁽¹¹⁾.

3. Derrame pleural

Es la aplicación ecográfica en el paciente crítico a nivel torácico desde hace más tiempo utilizada y posiblemente la más conocida por ser de uso habitual entre los radiólogos. Resulta superior a la exploración física y a la radiografía en el diagnóstico de este⁽³⁾. El derrame pleural está caracterizado por una imagen más o menos anecoica dependiendo de su contenido y que estará delimitado en un corte longitudinal por la pleura parietal-músculos intercostales, la visceral pegada al parénquima pulmonar y las sombras acústicas de las costillas aparentando un cuadrilátero (signo del cuadrilátero). Veremos además como, salvo en caso de derrame muy denso que genere adherencias entre ambas pleuras, el parénquima realizará un movimiento de arriba abajo en la pantalla coincidiendo con los ciclos respiratorios y generando una imagen sinusoidal (signo del senoide) al realizar un modo M (Fig. 7). La ET es capaz de detectar volúmenes de 20 ml y con una sensibilidad del 100% si este es mayor de 100. La sensibilidad comparada con el TC según estudios oscila entre el 92 y 100% y la especificidad entre el 88 y el 100%. Puede ayudar

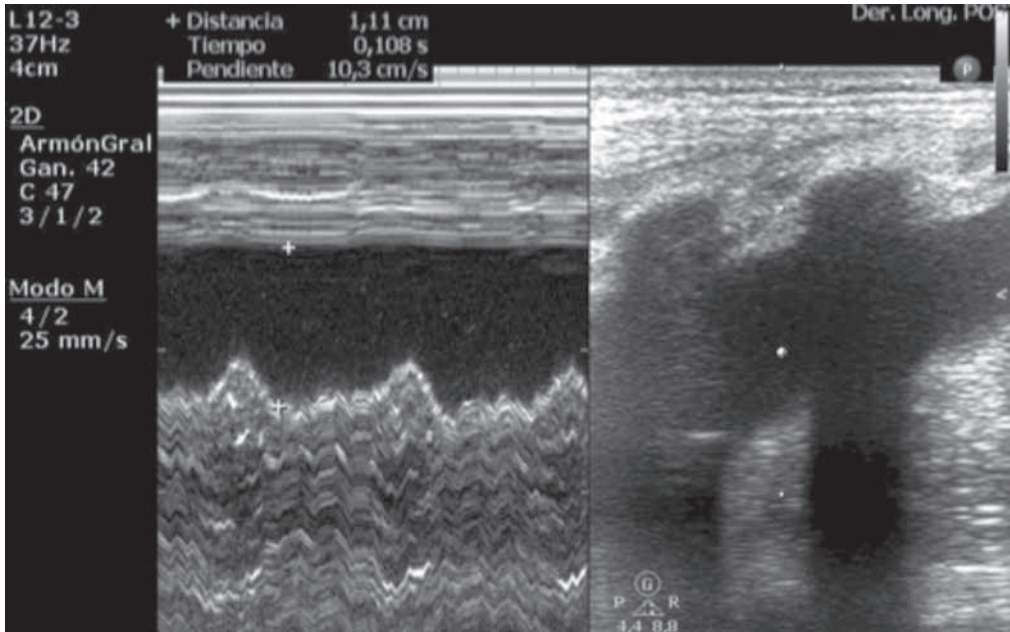


Figura 7. Derrame pleural con el signo del sinusoide a la izquierda de la imagen en modo M y el del cuadrilátero a la derecha (puntos blancos).

además a la diferenciación entre trasudado y exudado y permite constatar la presencia de septos dentro del derrame. Resulta también útil para el control de su evolución y respuesta a tratamientos bien médicos bien invasivos^(12,13). La ecografía debe ser la primera opción diagnóstica del derrame pleural y no una prueba de segunda línea para diferenciar una hiperdensidad en la radiografía de tórax.

Complementando su utilidad diagnóstica permite además realizar toracocentesis con una menor tasa de complicaciones⁽¹⁴⁾. Para ello siempre debemos buscar la localización del diafragma y posteriormente, en la zona donde queramos realizar el procedimiento, observar durante algunos ciclos respiratorios y sin movilizar al paciente que en ningún momento se interponga ni el diafragma ni el parénquima pulmonar subyacente.

4. Consolidaciones

El uso de la ecografía para la visualización de consolidaciones también es muy anterior a su introducción en las UCIs. Las consolidaciones pulmonares son visibles debido a que los alveolos pierden el aire (bien por falta de aireación, bien por aparición de líquido o fluidos) que habitualmente tienen en su interior permitiendo entonces el paso del ultrasonido dando una imagen real en la pantalla del ecógrafo. Las consolidaciones pueden ser producidas por diversas causas como infección, atelectasias obstructivas y compresivas, embolismo pulmonar, neoplasias y contusiones, así que la ecografía podrá ayudar en la orientación diagnóstica de todas ellas. En función de si esa consolidación mantiene aún cierta cantidad de aire en su interior se podrán ver artefactos hiperecoicos puntiformes o lineales, estáticos o con movimiento coincidente con el ciclo respiratorio; estas imágenes corresponden a broncogramas aéreos estáticos o dinámicos. Una vez localizada una condensación al explorar el pulmón con cortes longitudinales, deberemos rotar la sonda para estudiarla desde los espacios intercostales evitando así las sombras acústicas. Casi siempre las consolidaciones en pacientes críticos estarán en contacto con la pleura permitiéndonos visualizarlas mediante ecografía⁽¹⁵⁾. En el análisis de subgrupos de un metaanálisis determinaron una sensibilidad del 95% y especificidad del 91% en el diagnóstico de neumonía comunitaria mediante ecografía realizada por no radiólogos⁽¹⁶⁾ bajando a 86% y 89% respectivamente en otro estudio realizado exclusivamente por pediatras de urgencias con una mínima formación⁽¹⁷⁾. En el contexto de paciente adulto ingresado en UCI con patologías diversas, para el diagnóstico de consolidaciones (imagen de tejido) ha mostrado una sensibilidad del 100%, especificidad del 78%, VPP del 94% y VPN del 100%, mientras que fueron del 38, 89, 93 y 28% respectivamente para la radiografía anteroposterior de tórax⁽¹⁸⁾. En otro estudio de las mismas características la sensibilidad fue del

90% y la especificidad del 98% pudiendo atribuir esa más baja sensibilidad a la dificultad que tuvieron para explorar las áreas más posteriores ante la imposibilidad de movilizar al paciente lo cual no será tan habitual en los pacientes pediátricos⁽¹⁵⁾.

Para el intensivista, la diferenciación entre consolidación por pérdida de aireación (atelectasia) o por aparición de fluidos en su interior (neumonía, SDRA...) es muy importante. Y aunque son la clínica y contexto del paciente los que deberán ayudar a determinar su etiología debemos de conocer algunos signos ecográficos que a veces podrán ayudarnos a hacer el diagnóstico diferencial. La presencia de pulso de pulmón, de ausencia de deslizamiento pleural y de mínimo desplazamiento del diafragma, todo ello derivado de la falta de correcta ventilación, pueden ser signos precoces de atelectasia. La disposición del broncograma aéreo también puede orientar, siendo más paralelo y lineal en la atelectasia y más arboriforme en la neumonía⁽¹⁹⁾. La presencia de broncograma aéreo dinámico prácticamente descarta la posibilidad de que sea una atelectasia, con una especificidad del 94% y un VPP del 97% para el diagnóstico de neumonía vs atelectasia⁽²⁰⁾. En pacientes adultos en ventilación mecánica por causas diferentes a neumonía en los que se realizaba ecografía diaria y que iniciaban síntomas y signos de neumonía, un patrón de consolidación con broncograma aéreo estático o dinámico tenía una sensibilidad del 100% y especificidad del 60% para neumonía asociada a ventilación mecánica confirmada microbiológicamente, por lo que en caso de ausencia de dicho patrón es muy improbable la existencia de neumonía asociada a ventilación mecánica⁽²¹⁾. El uso de la ecografía, detectando condensaciones y broncograma aéreo, como prueba complementaria en el diagnóstico de neumonía asociada a la VMC se ha visto reforzado por trabajos similares en el último año⁽²²⁾.

5. Síndrome intersticial ecográfico

El concepto de Síndrome Intersticial Ecográfico ha de desligarse de la idea de enfermedades intersticiales exclusivamente. Este, de ahora en adelante Síndrome Intersticial (SI), viene definido por la presencia de múltiples líneas B. Un área explorada es positiva si aparecen 3 o más líneas B en un plano longitudinal entre dos costillas. La aparición de este patrón está relacionado con el agua pulmonar extravascular (intersticial o alveolar). Dentro del SI algunos grupos diferencian el síndrome septal, en el que las líneas B están separadas por una distancia de 5-7 mm lo que implica la afectación de los tabiques interlobulares, el síndrome alveolo-intersticial donde la separación es menor por la también afectación de los alveolos y el pulmón blanco, donde el líquido, aun en mayor cantidad, genera esa imagen ecográfica⁽²³⁾. Se produce por un exceso de líquido extravascular en patologías muy variadas

pero también en aquellas que generan un engrosamiento de los tabiques interlobulares (enfermedades del intersticio también variadas). Este patrón resulta difuso y bilateral en el edema pulmonar de diferentes causas, en las neumonías intersticiales y en la fibrosis pulmonar (donde además resulta no totalmente homogéneo y suele asociar anomalías pleurales) mientras que será predominantemente focal en neumonías, atelectasias, contusión, infarto pulmonar y neoplasia. La ecografía es superior a la radiografía torácica tanto para determinar como para descartar el SI⁽⁸⁾.

Algunas de las patologías que pueden producir imágenes de SI son sumamente diferentes y conviene ser capaces de diferenciarlas y conocer algunas de sus características ecográficas.

5.1. Edema agudo pulmonar cardiogénico

Muestra un patrón bilateral, difuso y homogéneo donde predomina principalmente o un síndrome septal al inicio del cuadro (líquido por aumento de la presión hidrostática limitado a los tabiques interlobulares) o un síndrome alveolointersticial (en tabiques y en alveolos) en estadios más avanzados y que es más habitual encontrar, destacando además una línea pleural con morfología y deslizamiento generalmente conservados^(23,24). La exploración ante la sospecha de este se limita a los campos anteriores y laterales incluso excluyendo los laterobasales. En un trabajo realizado en pacientes adultos con insuficiencia respiratoria donde se excluyeron los diagnosticados de patología pulmonar primaria, teniendo en cuenta la suma del nº de áreas escaneadas alteradas (> 3 líneas B con separación \leq 7 mm) se obtenía un score que se correlacionaba de forma significativa con un score clínico y radiológico de insuficiencia cardiaca además de con los valores de BNP⁽²⁵⁾. Explorando 28 puntos determinados anterolaterales en menos de 3 minutos, la suma de todas las líneas B se correlacionaron en pacientes adultos ingresados con la fracción de eyección, la presión pulmonar sistólica calculada a través de insuficiencia tricuspídea y con los diámetros telediastólicos obtenidos mediante ecocardiografía y con un score radiológico de agua extravascular⁽²⁶⁾. En pacientes adultos sometidos a cirugía cardiaca valvular con circulación extracorpórea y sin patología pulmonar, la presencia de 8 áreas anterolaterales o 4 laterales afectas se correlacionó también con el score radiológico además de con el agua extravascular pulmonar calculada mediante PICCO, con la presión de enclavamiento pulmonar y la presión pulmonar sistólica calculadas por catéter en arteria pulmonar. La sensibilidad y especificidad para la detección de agua extravascular > 500 ml fue del 90 y del 86% respectivamente⁽²⁷⁾. La misma correlación con el agua pulmonar ofrece otro estudio reciente en pacientes ventilados mecánicamente por diversas causas incluidas neumonías, donde además se simplifica el estudio a 4 áreas anteriores⁽²⁸⁾.

La reducción de líneas B se ha relacionado también con la pérdida de peso de pacientes tras hemodiálisis, pudiendo detectar la disminución de agua pulmonar tras dicha técnica⁽²⁹⁾.

Viendo que la ecografía es capaz de controlar la cantidad de agua pulmonar, podemos entender como su uso resulta útil en la reanimación de pacientes inestables hemodinámicamente para predecir qué paciente se puede beneficiar de fluidoterapia y cuándo debe pararse como queda recogido en el denominado protocolo FALLS⁽³⁰⁾.

Igualmente podremos comprender por qué la ecografía pulmonar ya es considerada una herramienta en el manejo del fallo cardíaco agudo por la Sociedad Europea de Cardiología⁽³¹⁾.

5.2. SDRA

En primer lugar conviene recordar que para el estudio del pulmón con sospecha de patología tipo SDRA se debe explorar el pulmón en su totalidad incluyendo las incómodas caras posteriores y posicionar la sonda oblicua al tórax para usar los espacios intercostales como ventanas libres de obstáculos. Será fundamental siempre localizar el diafragma para no confundir vísceras abdominales con consolidaciones intrapulmonares o viceversa.

La aparición de fluido derivado de la inflamación afecta desde el principio al intersticio y al alveolo. Por esto, tanto el síndrome alveolo-intersticial como áreas de pulmón blanco son constantes⁽²³⁾. Hallazgos que ayudan a diferenciarlo del edema agudo de pulmón es la presencia de anomalías pleurales, de reducción o ausencia en algunas áreas del deslizamiento pleural,

el pulso de pulmón y la existencia constante de áreas normales entre zonas muy alteradas. Es también muy frecuente el hallazgo de condensaciones incluso con broncograma aéreo en su interior principalmente en áreas posteriores⁽²⁴⁾. La presencia además de derrame pleural izquierdo mayor de 20 mm, de una depresión ecocardiográfica moderada-severa de la fracción de eyección y un diámetro de la VCI > 23 mm serían más consistentes con la presencia de edema agudo de pulmón cardiogénico⁽³²⁾. Su uso conjunto con otras medidas igual de poco invasivas como la relación SpO₂/FiO₂ pueden ayudar en el diagnóstico de SDRA ofreciendo sensibilidades entre el 83 y el 64% y especificidades entre el 62 y el 86% con VPN entre el 87 y el 83%⁽³³⁾.

El hecho de conocer el patrón característico no solo nos puede ayudar al diagnóstico del SDRA sino que también nos permite tomar decisiones terapéuticas y controlar su evolución. El encontrar un aspecto ecográfico normal de áreas anterobasales predice con casi un 100% de seguridad la mejoría de la oxigenación al pronar al paciente. Algo más estudiado son las maniobras de reclutamiento quedando demostrada la utilidad de la ecografía en el control de cambios del estado de aireación del pulmón. Tras incremento de la PEEP en pacientes afectos de SDRA se evidencia ecográficamente un aumento de la aireación de diferentes áreas relacionándose con un aumento de la oxigenación⁽³⁴⁾ y con un aumento del reclutamiento pulmonar medido por curvas de presión-volumen y por TC^(35,36). Todo lo anterior refuerza la utilidad que tiene la ecografía en el SDRA pediátrico pudiendo ayudar a minimizar la realización de técnicas invasivas y radiantes.

5.3. Bronquiolitis

Introducimos esta patología exclusiva pediátrica dentro de los síndromes intersticiales pues es uno de los hallazgos habituales. Además suele asociar consolidaciones subpleurales, áreas de pulmón blanco, irregularidades en la pleura y consolidaciones que pueden ser múltiples en las bronquiolitis más graves⁽³⁷⁾. Es característico un patrón muy heterogéneo muy parecido al descrito en el SDRA. Hallazgos concretos como consolidaciones subpleurales posteriores y la extensión de la afectación del parénquima por SI se relaciona con la gravedad y con las necesidades de oxígeno⁽³⁸⁾.

5.4. Otras patologías con SI

El SI por sí solo es muy inespecífico y puede aparecer en múltiples patologías siempre como reflejo de un aumento del líquido intersticial o alveolointersticial o por un engrosamiento de los tabiques interlobulares. Es un patrón característico por ejemplo de las neumonitis intersticiales víricas. En 2009, en plena epidemia de gripe H1N1 el patrón intersticial demostró una sensibilidad del 94,1% y un VPN del 93,3%⁽³⁹⁾ para el diagnóstico de neumonía por este patógeno. También puede ayudar en el diagnóstico de reacciones transfusionales (TRALI)⁽⁴⁰⁾, contusiones pulmonares postraumáticas...

6. Diafragma

Otra utilidad muy importante para UCIs es la de poder estudiar los diafragmas de forma dinámica y sin desplazar ni irradiar al paciente. El estudio de su excursión permite diagnosticar desde parálisis con movimiento paradójico hasta leves paresias pudiendo controlar la evolución de su disfunción y detectar la sincronización de respiraciones espontáneas con el respirador⁽⁴¹⁾. Se ha relacionado con las presiones transdiafragmáticas realizadas en respiraciones forzadas⁽⁴²⁾ y con los resultados de la fluoroscopia de forma absoluta (sensibilidad, especificidad, VPP y VPN 100%)⁽⁴³⁾. Su utilidad no solo radica en el paciente sin presión positiva sino también en pacientes en VMC pudiendo diagnosticar el problema previamente a la extubación y pudiendo así anticiparse a las posibles consecuencias.

7. Aireación pulmonar

Es posiblemente una de las principales aplicaciones para pacientes de UCI y a su vez la más apasionante pero desconocida. Ya se ha explicado como las imágenes producidas por el ultrasonido a nivel pulmonar dependen de la relación aire/fluido. De esta manera una progresiva disminución del aire producirá un progresivo cambio en los artefactos ecográficos producidos pudiendo objetivar de una forma semicuantitativa dicha alteración. Esto tiene un gran número de implicaciones en diferentes patologías ya mencionadas

previamente (neumonía, SDRA, bronquiolitis, edema agudo de pulmón...) y en pacientes con soporte respiratorio, pues permite ver tanto el empeoramiento como la mejora en su aireación pudiendo aplicar, si es necesario por problemas de oxigenación o ventilación, medidas habituales (prono, aumento de PEEP, maniobras de reclutamiento, inicio de soporte ventilatorio no invasivo...) o no avanzar en su retirada (pruebas de extubación).

Se pueden resumir en cuatro los estados de aireación: 1) patrón normal donde predominan las líneas A y no hay más de 3 líneas B (denominado N); 2) patrón moderado de pérdida de ventilación, con aparición de más de 3 líneas B pero separadas entre 5 y 7 mm, dejando ver perfectamente las líneas A entre ellas (denominado B1); 3) patrón severo de pérdida de ventilación, con abundantes líneas B que pueden llegar a coalescer dando imagen de pulmón blanco y donde casi no se perciben líneas A (denominado B2); y 4) patrón de consolidación donde se observa una imagen real de tejido aparente con artefactos hiperecoicos o no en su interior (denominado C)⁽⁴⁴⁾.

Para poder cuantificar de forma objetiva el estado de aireación se puede calcular un **score de aireación** basándose en la clasificación anterior y puntuando el peor patrón observado al explorar las diferentes áreas de interés (12 en total: superior e inferior de las caras anterior, lateral y posterior de cada hemitórax; N= 0, B1=1, B2=2, C=3), pudiendo ir de 0 a 36. Dicho score de aireación se diseñó en un trabajo que mostró como los pacientes que durante una prueba de extubación con tubo en "T" presentaban un importante aumento del score tenían distres postextubación llegando a determinar que un valor > 17 al final era altamente específico para este. Un valor ≤ 12 resultó altamente sensible para excluirlo⁽⁴⁵⁾. También se ha relacionado con el % de parénquima no aireado calculado por TC⁽³⁶⁾.

Existe también un **score de reaireación** que en función de los cambios en el estado de aireación de cada una de las 12 áreas definidas anteriormente otorga una puntuación pudiendo calcularse a la inversa como **score de pérdida de aireación** (Tabla 1). Un aumento de este score se ha correlacionado significativamente, como ya se mencionó antes, con la mejoría de la oxigenación derivada de un aumento de PEEP⁽³⁵⁾ y sirve para controlar la respuesta a antibióticos de neumonías asociadas a ventilación mecánica⁽⁴⁴⁾.

En caso de evidenciar un defecto de aireación homogénea y bilateral (SDRA difuso) una prueba de aumento de PEEP superior a 10 puede probarse mientras que en caso de ser focal (patrón normal de aireación en campos anteriores) el riesgo de generar hiperinsuflación en áreas normalmente aireadas es mayor por lo que no debería de sobrepasarse una PEEP de 10. Con cada subida de PEEP puede observarse principalmente en caras anteriores la desaparición de líneas B. Debe de quedar claro que una de las limitaciones de la ecografía es su incapacidad de detectar la hiperinsuflación (esta ofrecerá una imagen de líneas A muy evidentes, pero sin otras características que lo diferencien de un pulmón normalmente aireado)⁽³⁵⁾. Ya se ha mencionado previamente al hablar del SDRA y el edema agudo de pulmón la utilidad de la ecografía relacionando algunos patrones con la oxigenación, agua pulmonar...

OTROS ASPECTOS

Con todas las utilidades que tiene la ecografía y la superioridad respecto a la radiografía en diversas patologías afirmaremos que su uso hace disminuir el nº de radiografías y TCs necesarios para el óptimo manejo de los pacientes. Esto, demostrado en pacientes críticos adultos sin posterior repercusión en su evolución⁽⁴⁶⁾ aún resulta de mayor interés en pacientes pediátricos.

Respecto a la formación, periodos muy breves de formación teórica (30 min) seguidos de periodos breves de práctica (1 h) pueden ser suficientes para que médicos sin formación previa sean capaces de detectar con una alta sensibilidad y especificidad signos ecográficos patológicos muy determinados de neumotórax, derrame pleural y neumonía tanto en modelo animal⁽⁴⁷⁾ como en humano⁽⁴⁸⁾. Otros diagnósticos más complejos requieren una mayor formación y visualización de imágenes como entrenamiento.

CONCLUSIÓN

La ET en el paciente crítico tiene multitud de aplicaciones. Sabiendo que los artefactos generados son similares en la edad pediátrica, podemos aprovecharnos de una técnica que no irradia y que es realizable a pie de cama

TABLA 1. Scores de reaireación y de pérdida de reaireación (valores de este entre paréntesis y con flecha en sentido opuesto).

Cuantificación de reaireación (cuantificación de pérdida de aireación)		
1 punto (-1)	3 puntos (-3)	5 puntos (-5)
B1 → N	B2 → N	C → N
B2 → B1	C → B1	
C → B2		

por nosotros mismos permitiéndonos integrar todo el resto de datos con las imágenes obtenidas para optimizar el manejo y controlar a tiempo real la respuesta a diferentes medidas instauradas. Aunque quedan muchas aplicaciones en el niño crítico por validar, la ET empieza a formar parte de nuestro quehacer diario y esta cambiando la forma de valorar a nuestros pacientes.

BIBLIOGRAFÍA

1. Strawbridge H, et al. Radiation exposure from diagnostic imaging in the Pediatric Intensive Care Unit. *Pediatr Crit Care Med.* 2012; 13: E245-8.
2. Via G, et al. Lung ultrasound in the ICU: from diagnostic instrument to respiratory monitoring tool. *Minerva Anesthesiol.* 2012; 78: 1282-96.
3. Lichtenstein, et al. Comparative diagnostic performances of auscultation, chest radiography, and lung ultrasonography in acute respiratory distress syndrome. *Anesthesiology.* 2004; 100: 9-15.
4. Lichtenstein DA. Ultrasound examination of the lungs in the intensive care unit. *Pediatr Crit Care Med.* 2009; 10: 693-8.
5. Lichtenstein DA. Whole body ultrasonography in the critically ill. Berlin-Heidelberg: Springer-Verlag; 2010.
6. Lichtenstein DA. Relevance of lung ultrasound in the diagnosis of acute respiratory failure. The BLUE Protocol. *Chest.* 2008; 134: 117-25.
7. Lichtenstein DA: Lung Ultrasound in the Critically Ill Neonate. *Curr Pediatr Rev.* 2012; 8: 217-23.
8. Volpicelli G, et al. International evidence-based recommendations for point-of-care lung ultrasound. *Intensive Care Med.* 2012; 38: 577-91.
9. Lichtenstein DA, et al. The "lung point": an ultrasound sign specific to pneumothorax. *Intensive Care Med.* 2000; 26: 1434-40.
10. Alrajhi K, et al. Test characteristics of ultrasonography for the detection of pneumothorax: a systematic review and meta-analysis. *Chest.* 2012; 141: 703-8.
11. Gillman LM, et al. Lung sonography as a bedside tool for the diagnosis of a pneumothorax in a patient receiving high-frequency oscillatory ventilation. *J Ultrasound Med.* 2010; 29: 997-1000.
12. Soni NJ. Ultrasound in the diagnosis and management of pleural effusions. *J Hosp Med.* 2015; 10: 811-6.
13. Yang PC, et al. Value of sonography in determining the nature of pleural effusion: analysis of 320 cases. *AJR Am J Roentgenol.* 1992; 159: 29-33.
14. Lichtenstein DA. Feasibility and safety of ultrasound-aided thoracentesis in mechanically ventilated patients. *Intensive Care Med.* 1999; 25: 955-8.
15. Lichtenstein DA, et al. Ultrasound diagnosis of alveolar consolidation in the critically ill. *Intensive Care Med.* 2004; 30: 276-81.
16. Pereda MA, et al. Lung Ultrasound for the diagnosis of pneumonia in children: a meta-analysis. *Pediatric.* 2015; 135: 714-22.
17. Shah VP, et al. Prospective evaluation of point-of-care ultrasonography for the diagnosis of pneumonia in children and young adults. *JAMA Pediatr.* 2013; 167: 119-25.
18. Xirouchaki N, et al. Lung ultrasound in critically ill patients: comparison with bedside chest radiography. *Intensive Care Med.* 2011; 37: 1488-93.
19. Kim OH, et al. US in the diagnosis of pediatric chest diseases. *Radiographics.* 2000; 20: 653-71.
20. Lichtenstein DA, et al. The dynamic air bronchogram: a lung ultrasound sign of alveolar consolidation ruling out atelectasis. *Chest.* 2009; 135: 1421-5.
21. Berlet T, et al. Sonographic patterns of lung consolidation in mechanically ventilated patients with and without ventilator-associated pneumonia: A prospective cohort study. *J Crit Care.* 2015; 30: 327-33.

22. Mongodi S, et al. Lung ultrasound for early diagnosis of ventilator-associated pneumonia. *Chest*. 2015 Dec 22. pii: S0012-3692(15)00340-2. [En prensa]
23. Soldati G, et al. Sonographic interstitial syndrome: The sound of lung water. *J Ultrasound Med*. 2009; 28: 163-74.
24. Copetti R, et al. Chest sonography: a useful tool to differentiate acute cardiogenic pulmonary edema from acute respiratory distress syndrome. *Cardiovascular Ultrasound*. 2008; 6: 16.
25. Volpicelli G, et al. Bedside ultrasound of the lung for the monitoring of acute decompensated heart failure. *Am J Emerg Med*. 2008; 26: 585-91.
26. Jambrik Z, et al. Usefulness of ultrasound lung comets as a nonradiologic sign of extravascular lung water. *Am J Cardiol*. 2004; 93: 1265-70.
27. Agricola E, et al. "Ultrasound comet-tail images": A marker of pulmonary edema: A comparative study with edge pressure and extravascular lung water. *Chest*. 2005; 127: 1690-5.
28. Enghard P, et al. Simplified lung ultrasound protocol shows excellent prediction of extravascular lung water in ventilated intensive care patients. *Crit Care*. 2015; 19: 36.
29. Trezzi M, et al. Lung ultrasonography for the assessment of rapid extravascular water variation: evidence from hemodialysis patients. *Intern Emerg Med*. 2013; 8: 409-15.
30. Lichtenstein DA. FALLS-protocol: lung ultrasound in hemodynamic assessment of shock. *Heart Lung Vessel*. 2013; 5: 142-7.
31. Gheorghide M, et al. Assessing and grading congestion in acute heart failure: a scientific statement from the acute heart failure committee of the heart failure association of the European Society of Cardiology and endorsed by the European Society of Intensive Care Medicine. *Eur J Heart Fail*. 2010; 12: 423-33.
32. Sekiguchi H, et al. Critical care ultrasonography differentiates ARDS, pulmonary edema, and other causes in the early course of acute hypoxemic respiratory failure. *Chest*. 2015; 148: 912-8.
33. Bass CM, et al. Pulmonary ultrasound and pulse oximetry versus chest radiography and arterial blood gas analysis for the diagnosis of acute respiratory distress syndrome: a pilot study. *Crit Care*. 2015; 19: 282.
34. Stefanidis K, et al. Lung sonography and recruitment in patients with early acute respiratory distress syndrome: a pilot study. *Crit Care*. 2011; 15: R185.
35. Bouhemad B, et al. Bedside Ultrasound Assessment of Positive End-Expiratory Pressure-induced Lung Recruitment. *Am J Respir Crit Care Med*. 2011; 183: 341-7.
36. Algieri I, et al. CT scan and ultrasound comparative assessment of PEEP-induced lung aeration changes in ARDS. *Crit Care*. 2014; 18(Suppl 1): P285.
37. Caiulo VA, et al. Lung ultrasound in bronchiolitis: comparison with chest X-ray. *Eur J Pediatr*. 2011; 170: 1427-33.
38. Basile V, et al. Lung ultrasound: a useful tool in diagnosis and management of bronchiolitis. *BMC Pediatr*. 2015; 15: 63.
39. Testa A, et al. Early recognition of the 2009 pandemic influenza A (H1N1) pneumonia by chest ultrasound. *Crit Care*. 2012; 16: R30.
40. Wallace DJ, et al. Ultrasonographic lung appearance of transfusion-related acute lung injury. *Resuscitation*. 2010; 81: 632-3.
41. Matamis D, et al. Sonographic evaluation of the diaphragm in critically ill patients. Technique and clinical applications. *Intensive Care Med*. 2013; 39: 801-10.
42. Lerolle N, et al. Ultrasonographic diagnostic criterion for severe diaphragmatic dysfunction after cardiac surgery. *Chest*. 2009; 135: 401-7.
43. Sanchez-de-Toledo J, et al. Diagnosis of abnormal diaphragm motion after cardiothoracic surgery: ultrasound performed by a cardiac intensivist vs. fluoroscopy. *Congenit Heart Dis*. 2010; 5: 565-72.
44. Bouhemad B, et al. Ultrasound assessment of antibiotic-induced pulmonary reaeration in ventilator-associated pneumonia. *Crit Care Med*. 2010; 38: 84-92.
45. Soummer A et al. Ultrasound assessment of lung aeration loss during a successful weaning trial predicts postextubation distress. *Crit Care Med*. 2012; 40: 2064-72.
46. Peris A, et al. The use of point-of-care bedside lung ultrasound significantly reduces the number of radiographs and computed tomography scans in critically ill patients. *Anesth Analg*. 2010; 111: 687-92.
47. Sanchez-de-Toledo J, et al. Teaching chest ultrasound in an experimental porcine model. *Pediatr Emerg Care*. 2015 Apr 14. [En prensa].
48. Beaulieu Y, et al. Bedside ultrasound training using web-based e-learning and simulation early in the curriculum of residents. *Crit Ultrasound J*. 2015; 7: 1.