

# El ultrasonido pulmonar como herramienta para predecir éxito a la extubación en pacientes con ventilación mecánica invasiva

Lucia Yunuen Delgado Ayala,\* Oscar Torres Aguilar,\* Armando Sánchez Calzada,\* José Luis Navarro Adame,\* Enrique Monares Zepeda,\* Armando Torres Gómez,\* Gilberto Camarena Alejo,\* Janet Silvia Aguirre Sánchez,\* Juvenal Franco Granillo\*

## RESUMEN

La progresión ventilatoria presenta fracaso a la extubación en 10 a 20% de todos los casos, a pesar de la realización de índices y pruebas espontáneas adecuadas, lo que aumenta la morbilidad y la mortalidad.

**Objetivos:** Evaluar la utilidad del ultrasonido pulmonar (UP) para predecir fracaso a la extubación.

**Material y métodos:** Estudio prospectivo observacional, de 2013-2015. **Inclusión:** pacientes  $\geq 18$  años, bajo ventilación mecánica invasiva (VMI)  $\geq 24$  horas que cumplieron con los criterios de extubación del Consenso Internacional de Medicina Crítica (CEIMI).

**Exclusión:**  $\leq 18$  años o aquellos con el fin de limitar el esfuerzo terapéutico. La interrupción de la VMI fue a juicio clínico del equipo médico, de acuerdo a CEIMI. Se realizó en ventilación con presión soporte (VPS), presión soporte (PS) 7 cmH<sub>2</sub>O, presión positiva continua de la vía aérea (CPAP) 0, Fracción inspirada de Oxígeno (FiO<sub>2</sub>) 35% durante 30 minutos y UP para evaluar la presencia de líneas pulmonares. Se clasificó en patrones A, B o AB al primer minuto y a los 30 minutos. El destete se consideró exitoso si la respiración espontánea se mantuvo durante  $\geq 48$  horas después de la extubación. Grupo A: extubación exitosa y Grupo B: fracaso de la extubación.

**Análisis estadístico:** Recopilación de datos en Excel y análisis estadístico con SPSS versión 16.0. Un valor de  $p \leq 0.05$  se consideró significativo.

**Resultados:** Se analizaron 80 pacientes. El UP al primer minuto con sensibilidad 81%, especificidad 60%, ABC 0.703, (IC 95%, 0.549-0.857),  $p = 0.031$ ; UP a los 30 minutos con sensibilidad 81%, especificidad 50%, ABC 0.688 (IC 95%, 0.523-0.852),  $p = 0.046$ .

**Conclusiones:** El UP al primer minuto es un índice prometedor para predecir el éxito de la extubación. Este nuevo índice formado por las variables cualitativas y cuantitativas necesita ser validado en nuevos estudios.

**Palabras clave:** Ultrasonido pulmonar, ventilación con presión soporte, presión positiva continua de la vía aérea, ventilación mecánica invasiva, ventilación rápida superficial, capacidad vital, patrón pulmonar A, patrón pulmonar B, patrón pulmonar AB.

## SUMMARY

Despite conducting appropriate spontaneous testing, 10-20% of patients under IMV fail weaning, increasing morbidity and mortality.

**Objectives:** Evaluation of lung ultrasound (LUS) to predict extubation failure.

**Methods:** Prospective observational study from April 2013 to 2015. **Inclusion:** patients  $\geq 18$  years,  $\geq 24$  hours under invasive mechanical ventilation (IMV) that met extubation international consensus criteria (EICI).

**Exclusion:**  $\leq 18$  years or those in order to limit the therapeutic effort. Discontinuation of IMV was decided under clinical judgment of medical team, according to EICI. The setting of the ventilator was in SPV, (PS) 7 cmH<sub>2</sub>O CPAP 0, FiO<sub>2</sub> 35% for 30 minutes to assess the presence of lung lines. It was classified

into patterns A, B or AB in the first minute and at 30 minutes. Weaning was considered successful if spontaneous breathing was maintained for  $\geq 48$  hrs. Successful extubation (Group A), Group B: weaning failure.

**Statistical analysis:** Excel data collection and statistical analysis with SPSS version 16.0. A  $p$  value  $\leq 0.05$  was considered significant.

**Results:** 80 patients were analyzed. The LUS in the first minute with a sensitivity 81%, specificity 60%, AUC 0.703 (CI 95%, 0.549-0.857),  $p = 0.031$ ; LUS 30 minutes with a sensitivity 81%, specificity 50%, AUC 0.688 (CI 95%, 0.523-0.852),  $p = 0.046$ .

**Conclusions:** LUS at the first minute is a promising index for predicting successful extubation. This new index, consisting of qualitative and quantitative variables, needs to be further validation.

**Key words:** Lung ultrasound, pressure support ventilation, continuous positive pressure airway, invasive mechanical ventilation, rapid shallow breathing index, vital capacity, pulmonary pattern A, pattern B lung, pulmonary pattern AB.

## RESUMO

A progressão ventilatória apresenta um fracasso na extubação de um 10 a 20% de todos os casos apesar do uso de índices espontâneos e ensaios adequados, aumentando a morbilidade e mortalidade.

**Objetivos:** Avaliar a utilidade do ultrassom pulmonar (UP) para prever a falha da extubação.

**Material e métodos:** Estudo prospectivo observacional de abril 2013-2015.

**Inclusão:** Pacientes  $\geq 18$  anos, com VMI  $\geq 24$  horas que completaram os critérios de extubação do Consenso Internacional de Medicina Crítica (CEIMI).

**Exclusão:**  $\leq 18$  anos ou aqueles com limitação do esforço terapêutico. A suspensão da VMI foi uma decisão clínica da equipe médica, de acordo com CEIMI. Se realizou com VPS, PS 7 cmH<sub>2</sub>O, CPAP 0, FiO<sub>2</sub> de 35% durante 30 minutos e UP para avaliar a presença de linhas pulmonares. Se classificou em padrões A, B ou AB no primeiro minuto e 30 minutos. O desmame foi considerado bem sucedido se a respiração espontânea foi mantida durante  $\geq 48$  horas, após a extubação. Grupo A: extubação bem sucedida, e Grupo B: fracasso na extubação.

**Análise estatística:** Para a recopilación dos dados se usou Excel, para a análise estatística se utilizou o SPSS, versão 16.0. O valor de  $p \leq 0.05$  foi considerado significativo.

**Resultados:** Foram analisados 80 pacientes. O UP ao primeiro minuto, com sensibilidade de 81%, especificidade de 60%, ABC 0.703 (IC 95%, 0.549-0.857),  $p = 0.031$ ; UP aos 30 minutos, com sensibilidade de 81%, especificidade de 50%, ABC 0.688 (IC 95%, 0.523-0.852),  $p = 0.046$ .

**Conclusões:** O UP no primeiro minuto é um índice promissor para prever o sucesso da extubação. Este novo índice é composto por variáveis qualitativas e quantitativas que precisarão ser validados em estudos futuros.

**Palavras-chave:** Ultra-som pulmonar (UP), ventilação com pressão suporte (VPS), CPAP (pressão positiva contínua nas vias aéreas), ventilação mecânica invasiva (VMI), VRS (ventilação rápida superficial), CV (capacidade vital), padrão pulmonar A, padrão de pulmonar B, padrão pulmonar AB.

\* Centro Médico ABC.

## Abreviaturas:

CPAP = Presión positiva continua de la vía aérea; CV = Capacidad vital; EI = Elastancia; IDV = Índice de demanda ventilatoria; NAVM = Neumonía asociada con ventilación mecánica; NIF = Presión inspiratoria máxima; pH<sub>i</sub> = pH intraluminal gástrico; PV = Progresión ventilatoria; SBT = Prueba de respiración espontánea; SDRA = Síndrome de dificultad respiratoria aguda; SvO<sub>2</sub> = Saturación venosa de oxígeno; TAC = Tomografía axial computarizada; TC = Compensación de tubo; UCI = Unidades de Cuidados Intensivos; UP = Ultrasonido pulmonar; VAP = Ventilación asisto-proporcional; Vm = Ventilación minuto; VMI = Ventilación mecánica invasiva; VPS = Ventilación con presión soporte; VRS = Ventilación rápida superficial; VT = Volumen tidal; VVM = Ventilación voluntaria máxima (VVM); WI = Índice de destete; IWI = Integrative Weaning Index; VPP = Valor predictivo positivo; VPN = Valor predictivo negativo; ABC ROC = Área bajo la curva ROC; VI = Ventrículo izquierdo; PS = Presión soporte; FiO<sub>2</sub> = Fracción inspirada de Oxígeno; pO<sub>1</sub> = Presión de oclusión de la vía aérea al 0.1 segundo; SaO<sub>2</sub> = Saturación de oxígeno; PEEP = Presión positiva al final de la espiración; PaO<sub>2</sub> = Presión arterial de oxígeno.

Recepción: 28/09/2015. Aceptación: 20/10/2015

Este artículo puede ser consultado en versión completa en <http://www.medigraphic.com/medicinacritica>

## INTRODUCCIÓN

La ventilación mecánica es ampliamente utilizada en unidades de cuidados intensivos y, en los pacientes que son sometidos a ventilación mecánica invasiva (VMI), hasta 40% del tiempo de la duración total de la ventilación se invierte en el proceso de destete, o mejor conocido como progresión ventilatoria.<sup>1,2</sup> El proceso de progresión ventilatoria comprende dos etapas: la retirada progresiva del soporte ventilatorio invasivo y la eliminación del tubo endotraqueal. El tiempo en la primera etapa representa 40-50% del periodo total de la VMI.<sup>2-4</sup>

A pesar de cumplir con todos los criterios de progresión ventilatoria (PV), el fracaso al destete es de

10-20%, principalmente en la segunda etapa. Estos pacientes tienen alta mortalidad (oscila de 25-50%), aunque esto puede atribuirse *per se* a la gravedad de la patología de base al momento de la extubación. Hay evidencia de que el fracaso de la extubación y/o reintubación puede empeorar directamente el pronóstico de los pacientes, independientemente de la gravedad subyacente.<sup>1,5,6</sup>

El fracaso a la extubación incrementa la estancia en Unidades de Cuidados Intensivos (UCI), así como la estancia hospitalaria, requiere más días de VMI e incrementa la morbilidad y mortalidad.<sup>1,7</sup>

Los efectos adversos de la VMI prolongada son ampliamente conocidos, tales como alteraciones hemodinámicas, barotrauma, necesidad de sedación, lesión traqueal, neumonía asociada con ventilación mecánica (NAVMI), mayor incidencia de úlceras por estrés, sangrado, lesión de la piel y úlceras por decúbito, así como pérdida de masa muscular y debilidad, por lo que el destete temprano es prioritario en estos pacientes.<sup>6-8</sup>

**Fisiopatología de la insuficiencia respiratoria durante el destete y el fracaso de la extubación.** Alrededor de 70 a 80% de los pacientes que requieren de VMI por insuficiencia respiratoria serán extubados después de un ensayo de prueba de respiración espontánea. Sin embargo, 20 a 30% de estos pacientes no toleran los intentos iniciales para respirar sin la ayuda del ventilador, especialmente aquellos que requirieron VMI durante más de 24 horas.<sup>1,6,7</sup>

La transición inmediata de la ventilación mecánica con presión positiva a la ventilación espontánea puede generar relevantes alteraciones cardiopulmonares, basado en el modo seleccionado de destete, particularmente en individuos con disfunción cardíaca preexistente.<sup>5,8-12</sup>

**Criterios de progresión e índices fisiológicos.** La dificultad en la integración de todos los parámetros fisiológicos que intervienen en el destete de la VMI ha impulsado una serie de investigaciones para encontrar los parámetros de progresión para determinar la preparación para extubar. Los criterios convencionales para la progresión ventilatoria son relativamente fáciles de usar, pero su sensibilidad y especificidad son relativamente pobres. Estos criterios incluyen el volumen tidal (VT), la ventilación minuto (Vm), capacidad vital (CV), la ventilación voluntaria máxima (VVM), la frecuencia respiratoria, la presión inspiratoria máxima (NIF), así como los índices de integración.<sup>1,13,14</sup>

La capacidad vital (CV) se define como el mayor volumen de gas que un paciente es capaz de exhalar en la toma de una inspiración máxima de volumen residual. El volumen tidal (VT) es el volumen de gas que se mueve durante un ciclo respiratorio normal. Los valores de umbral para estos dos parámetros predictivos de destete siguen siendo controvertidos, pero están en

el orden de 5 a 8 mL/kg para VT y de 10 a 15 mL/kg para CV. La medición de la CV es relativamente difícil, porque depende de la cooperación del paciente. Dada la gran variabilidad en la CV, algunos estudios han demostrado que no suele predecir resultados con alto grado de precisión.<sup>1,2</sup> Utilizando un punto de corte de VT de 4 mL/kg, el valor predictivo positivo fue de 0.67, y el valor predictivo negativo fue de 0.85.<sup>1,15,16</sup>

La ventilación voluntaria máxima (VVM) es el volumen de aire que puede ser exhalado con el máximo esfuerzo durante un minuto. En reposo, en un adulto sano, el valor normal de la VVM es de 50 a 200 L/min.<sup>1,17</sup>

La ventilación minuto (Vm) es de aproximadamente 6 L/min, la relación entre el reposo y Vm con VVM indica la proporción de la capacidad ventilatoria requerida del paciente para mantener cierto nivel de  $\text{pCO}_2$  y también indica la reserva disponible para nuevas demandas respiratorias.<sup>1,2</sup>

La combinación de un  $V_m < 10$  L/min y la capacidad de duplicar este valor durante una maniobra de VVM se asoció con la capacidad de éxito en la progresión ventilatoria. Ambas pruebas, sin embargo, están asociadas con tasas de falsos positivos y negativos significativos. Además, el VVM puede ser difícil de obtener en los pacientes críticamente enfermos, ya que pueden ser incapaces de cooperar.<sup>1,17</sup>

La medición de la fuerza muscular es una evaluación de la función de los músculos respiratorios. Ésta puede ser medida a la cabecera del paciente mediante el registro de la presión inspiratoria máxima (NIF) por medio de un manómetro aneroide. La presión inspiratoria estática máxima para jóvenes y sanos (hombres y mujeres) es de aproximadamente -120 y -90  $\text{cmH}_2\text{O}$ , respectivamente. Los esfuerzos inspiratorios máximos pueden realizarse fácilmente en pacientes intubados que no cooperan mediante el uso de una válvula de una vía conectada al manómetro, que permite al paciente exhalar libremente, pero obliga al paciente a inhalar contra el manómetro. Una NIF menor de -30  $\text{cmH}_2\text{O}$  se asocia con éxito a la extubación, pero un NIF mayor a -20  $\text{cmH}_2\text{O}$  se asocia con la incapacidad para mantener la respiración espontánea.<sup>1,3</sup>

Otros criterios predictivos de progresión ventilatoria que se han descrito incluyen la medición de la presión transdiafragmática, la presión de oclusión de las vías respiratorias, el pH intraluminal gástrico (pHi), y varios índices de integración.

Un índice descrito en 1991 por Yang y Tobin, conocido como ventilación rápida superficial (VRS), es un indicador preciso para la progresión ventilatoria, éste se realiza utilizando el VT y la frecuencia respiratoria del paciente. Utilizando un umbral menor a 105, la frecuencia (f)/VT tienen un valor predictivo positivo de 0.78 y un valor predictivo negativo de 0.95. El valor predictivo de este índice puede ser menor si se mide mientras el pa-

ciente está en el ventilador, ya sea con presión positiva continua de aire (CPAP) o presión soporte.<sup>2,3</sup>

**El índice de Integrative Weaning Index (IWI):** utiliza tres parámetros esenciales, de medición fácil que son independientes de la cooperación del paciente. El IWI evaluó, en una sola ecuación, la mecánica respiratoria, la oxigenación y el patrón respiratorio, a través de la distensibilidad, saturación de oxígeno (SaO<sub>2</sub>) y la relación f/VT, respectivamente.

$$\text{IWI} = \text{Cst,rs} \times \text{SaO}_2 / (\text{f}/\text{VT})$$

La distensibilidad está asociada con tiempo más corto de progresión ventilatoria cuando es mayor de 20 mL/cmH<sub>2</sub>O; y la SaO<sub>2</sub> ha demostrado ser útil para evaluar la disposición para el destete o para indicar el fracaso de la progresión en varios estudios y revisiones. Multiplicando la distensibilidad respiratoria por la SaO<sub>2</sub>, podemos detectar aquellos pacientes que pueden o no mantener adecuada oxigenación, a pesar de la buena o mala mecánica respiratoria. Dividiendo este producto por la relación f/VT, podemos detectar a los pacientes que pueden o no mantener la respiración sin ayuda. La distensibilidad y la SaO<sub>2</sub> son directamente proporcionales e inversamente proporcional a la relación f/VT.<sup>14</sup>

Nemer y colaboradores, evaluaron los diferentes índices en 331 pacientes, aplicando curva ROC (Receiver Operating Characteristic) para cada índice y teorema de Bayes para predecir la probabilidad de progresión de cada índice, siendo el índice de IWI el más preciso, con valor predictivo positivo.<sup>14</sup>

Recientemente, el índice de destete (IWI), publicado por Huaranga y cols., formado por el producto de tres índices (VRS x EI [elastansa] x IDV [índice de demanda ventilatoria]), evaluado sólo en 59 pacientes, mostró sensibilidad 98%, especificidad de 89%, valor predictivo positivo (VPP) de 95%, valor predictivo negativo (VPN) de 94%, y Área bajo la curva ROC de 95.9.<sup>18</sup>

**Modos de progresión ventilatoria.** Una prueba de respiración espontánea (SBT) es la prueba de diagnóstico para determinar si los pacientes pueden ser extubados con éxito. La prueba inicial debe durar 30 minutos y una de las formas es con el tubo traqueal (pieza T) o con bajos niveles de presión soporte.<sup>15,18,19</sup>

El procedimiento de retiro de ventilación o destete se inicia sólo después que el proceso de la enfermedad subyacente que requirió ventilación mecánica ha mejorado significativamente o está resuelta. El paciente también debe tener intercambio gaseoso adecuado (la mayoría de los estudios definen esta condición como una relación de la presión arterial de oxígeno/fracción inspirada de oxígeno superior a 150), estado neurológico y muscular adecuado, y función cardiovascular estable.<sup>16,20</sup>

Existen muchos métodos de progresión ventilatoria, para ir retirando gradualmente el apoyo del ventilador

del paciente, este tema sigue siendo controversial, ya que también la población a progresar es muchas veces heterogénea.<sup>21</sup>

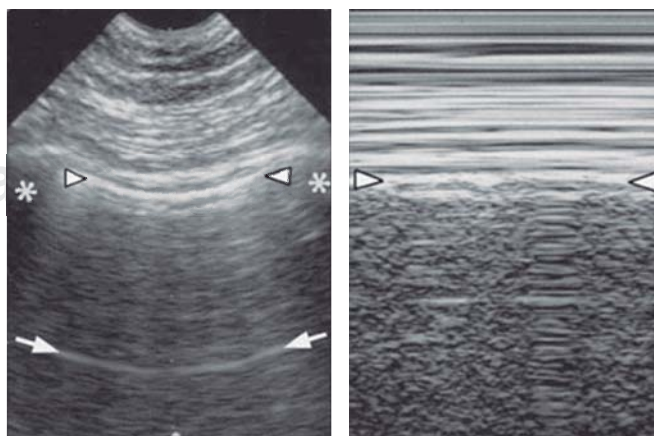
Las técnicas comúnmente utilizadas son la pieza T, VPS (ventilación con presión soporte), otros ventiladores nos proporcionan VAP (ventilación asisto-proporcional), TC (compensación de tubo); por desgracia, el modo óptimo de VMI utilizada durante la progresión sigue siendo controversial; en general se acepta que SIMV prolonga la duración de la VM. Ensayos diarios con pieza T han sido superiores al modo SIMV en la progresión, y por lo menos equivalente a VPS. Más de una prueba al día con pieza T no ha demostrado ser superior a una sola prueba diaria. No existen estudios que comparen TC con pieza T.<sup>16,20,22</sup>

Pocos estudios aleatorios<sup>16,20</sup> han evaluado la mejor técnica para la realización de ensayos de respiración espontánea antes de la extubación.

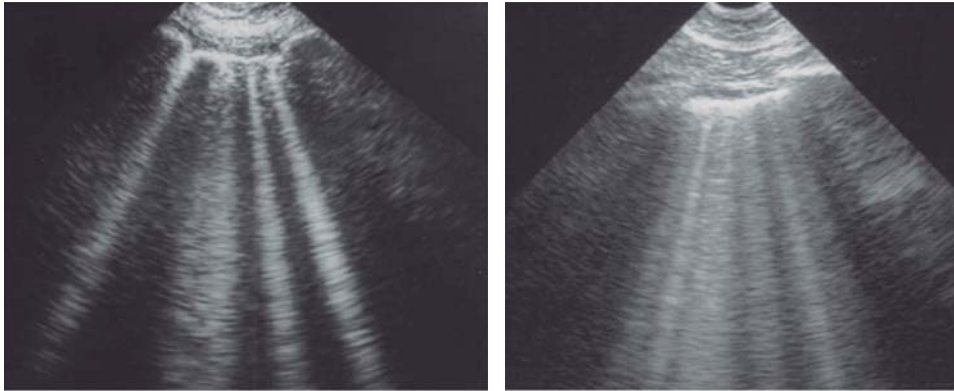
**Ultrasonido pulmonar y patrones pulmonares.** El ultrasonido pulmonar ayuda a evaluar diversos órganos, entre ellos el pulmón, que es un órgano vital. Actualmente los intensivistas toman en consideración las grandes ventajas del ultrasonido pulmonar (tiempo real, no invasivo, método a la cabecera del paciente, bajo costo, etcétera), ya que es una herramienta óptima para responder a la mayoría de las preguntas relacionadas con el pulmón lesionado.<sup>23</sup>

Permite diagnosticar y cuantificar no sólo derrames pleurales, sino también el síndrome alveolar, síndrome intersticial, neumotórax, con una precisión cercana a la conseguida con tomografía axial computarizada (TAC).<sup>23</sup>

Para la localización de la superficie del pulmón, el enfoque longitudinal tiene las ventajas de la localización de la línea pleural en todas las circunstancias (pacientes agitados, bariátricos, con enfisema subcutáneo, etcétera). El posicionamiento del paciente debe ser especifi-



**Figura 1.** Superficie pulmonar normal que muestra líneas A (derecha) y en modo M (a la izquierda).



**Figura 2.**

*Líneas B. Los cohetes de pulmón (síndrome intersticial). Izquierda: cohetes pulmonares septales con correlación con septos interlobulillares subpleurales edematosos. Derecha. Líneas de cohetes esmeriladas que correlacionan con áreas de vidrio deslustrado. Los cohetes pulmonares asociados con deslizamiento pulmonar anterior generan un patrón llamado patrón B, lo que indica por lo general edema pulmonar agudo hemodinámico.*

cado porque la gravedad localiza líquidos en las zonas dependientes y gas en áreas no dependientes.<sup>23-25</sup>

La línea pleural, que se encuentra entre dos costillas y dando el signo de murciélago, indica la pleura parietal (y por lo general visceral). El pulmón deslizante es una reluciente línea pleural, produciendo en el modo M el signo de la orilla del mar. Las líneas A son repeticiones de artefactos horizontales de la línea pleural que aparece a intervalos regulares. El segundo artefacto principal, son las líneas B, que se puede observar en individuos normales en algunas áreas estandarizadas (Figura 1).

La línea B es un artefacto con siete criterios (los tres primeros constante y los cuatro últimos bastante constante): cola de cometa, que surgen de la línea pleural, que se mueven con deslizamiento pulmonar, bien definido, de largo, hiperecoico y con borrado de una líneas (Figura 2).

Las líneas B o patrón pulmonar B indican la presencia de parénquima pulmonar patológico. Un trastorno común caracterizado por líneas B difusas en todos los campos pulmonares es edema pulmonar, que también se asocia con la presencia de derrame. Las líneas B con una distancia menor a 7 mm se ha asociado con presión de enclavamiento y agua pulmonar extravascular (EVLW por sus siglas en inglés), utilizando sistema PICCO. Una correlación positiva entre el número de líneas B (cola de cometa) y la presión de enclavamiento, así como con agua pulmonar extravascular. El patrón difuso de líneas B en parénquima pulmonar con una distancia de < 3 mm se corresponde con un patrón en vidrio esmerilado en la tomografía computarizada de tórax. En estos casos, el diagnóstico diferencial debe incluir todas las condiciones patológicas compatibles con este patrón, por ejemplo, edema pulmonar, síndrome de dificultad respiratoria aguda (SDRA). La presencia de dos o más líneas B  $\geq 7$  mm en un campo pulmonar corresponde a engrosamiento del tejido interlobular. Por último, cabe recordar que la presencia de líneas B descarta un neumotórax de gran tamaño.<sup>24,25</sup>

La acumulación de líquidos en el pulmón es una consecuencia relativa de la sobrecarga hídrica y congestión pulmonar; el riesgo de congestión pulmonar

debido a sobrecarga hídrica es alto, en presencia de función ventricular izquierda comprometida, por los mecanismos previamente mencionados. En estos casos, incluso un menor grado de exceso de líquidos puede traducirse en síntomas clínicos de congestión pulmonar y consiguientemente falla a la extubación. El efecto conjunto de los líquidos en exceso y la presencia de disfunción ventricular izquierda en el agua pulmonar es de suma importancia en pacientes que serán sometidos a prueba de progresión ventilatoria y extubación, ya que una de las principales causas de falla a la extubación, es la falla cardíaca. La presión capilar pulmonar, refleja la presión de llenado del ventrículo izquierdo (VI), que es la fuerza impulsora que determina la extravasación de líquido en los pulmones, fenómeno que sólo ocurre después de la acumulación sustancial de líquidos en pacientes sin patología cardíaca, pero incluso en ausencia de la retención de líquidos en pacientes con insuficiencia ventricular izquierda.<sup>26</sup>

**Justificación.** Ningún índice ha demostrado ser ideal y altamente predictivo de progresión ventilatoria.

El ultrasonido pulmonar como método complementario de diagnóstico no invasivo nos permite valorar el incremento de patrón pulmonar de líneas B, lo que traduce mayor líquido pulmonar, permitiéndonos identificar grupo de pacientes en riesgo de presentar falla a la extubación.

La posibilidad de explorar el pulmón mediante ultrasonido, en la cabecera del paciente y de manera no invasiva, está ganando popularidad en las unidades de cuidados intensivos.

Como herramienta, el ultrasonido pulmonar permite evaluar de manera directa y en tiempo real el parénquima pulmonar mediante la detección de artefactos o patrones pulmonares.

**Objetivo.** Evaluar la utilidad del ultrasonido pulmonar como método de evaluación en la progresión ventilatoria.

## MATERIAL Y MÉTODOS

**Población:** pacientes que ingresaron a la Unidad de Cuidados Intensivos del Centro Médico ABC, campus

Observatorio, bajo ventilación mecánica invasiva, de cualquier etiología, médica o quirúrgica, en el periodo comprendido abril 2013-2015.

Se estudiaron 80 pacientes. **Criterios de inclusión:** edad mayor o igual a 18 años, ventilación mecánica invasiva igual o mayor a 24 horas. **Criterios de exclusión:** ventilación mecánica menor de 24 horas, indicación de no reanimar. **Criterios de no inclusión:** denegación del consentimiento informado para participar en el estudio, defunción del paciente durante el desarrollo del estudio. **Tipo de estudio:** prospectivo, longitudinal y observacional.

**Descripción de técnicas y procedimientos.** Se procedió a colocar al paciente en pieza T simulada con el ventilador, con PS: 7 cmH<sub>2</sub>O, CPAP: 0, con FiO<sub>2</sub> 35% por 30 minutos.

Se realizaron las siguientes mediciones al primer minuto y a los 30 minutos: NIF, presión de oclusión de la vía aérea al 0.1 segundo (p01), VRS, CV, SaO<sub>2</sub>, FR, VT, distensibilidad estática, índice de IWI.

Se realizó UP dividiendo al paciente en cuatro cuadrantes anteriores y dos cuadrantes posteriores, en cada hemitórax. El ultrasonido fue realizado por dos residentes de terapia intensiva, quienes cuentan con aval de curso WINFOCUS.

Se valoró patrón pulmonar al primer y al minuto 30 y se catalogó como patrón con líneas A, líneas B y patrón AB, respectivamente.

Se llenó la hoja de datos y los resultados se registraron en la misma hoja de datos.

Se registró el diagnóstico, escala de Charlson y SOFA de ingreso, así como SOFA al momento de la extubación, días de ventilación mecánica, balance acumulado de líquidos y saturación venosa de oxígeno (SvO<sub>2</sub>).

El ultrasonido se realizó con quipo de ultrasonido SonoSite MicroMaxx con transductor lineal 5-10 MHz, a una profundidad de 4-4.9 cm.

**Protocolo de destete.** Previamente se retira sedación del paciente para asegurar un estado neurológico adecuado, se corrobora que la causa por la que se decidió intubar esté resuelta, que obedezca órdenes sencillas, que tenga adecuado reflejo tusígeno, los candidatos a dicho protocolo son los pacientes que tienen adecuada oxigenación (presión arterial de oxígeno (PaO<sub>2</sub>) > 60 mmHg con FiO<sub>2</sub> % ≥ 0.5% y presión positiva al final de la espiración (PEEP) ≤ 8 cmH<sub>2</sub>O), se mantienen sin presores, o con mínimo apoyo presor, sin desequilibrio ácido base, ni alteraciones electrolíticas.

**Análisis estadístico.** Las variables continuas se sometieron a pruebas de normalidad (Shapiro-Wilk). Las variables no paramétricas se describen como media (desviación estándar); las no paramétricas como mediana (rango intercuartil, mínimo-máximo). Las variables categóricas se describieron como frecuencias

absolutas (porcentajes). La asociación entre variables categóricas se realizó con razón de momios y la prueba de hipótesis con una prueba de  $\chi^2$  o exacta de Fisher, dependiendo del número de casos esperados por celda. La comparación entre variables continuas se realizó con una prueba t Student para variables paramétricas y U de Mann Whitney para variables no paramétricas. Se dibujó una curva ROC. Se reportan intervalos de confianza 95%, la recopilación de datos se realizó en Excel y el análisis estadístico se realizó con SPSS versión 16.0. Un valor de  $p \leq 0.05$  se consideró significativo.

## RESULTADOS

Se analizaron 80 pacientes. Se distribuyeron en dos grupos: sujetos con extubación exitosa (n = 69) y pacientes con falla a la extubación (n = 11). Las características de los pacientes se enlistan en el *cuadro I*.

No hubo diferencia en los grupos de acuerdo con la edad y escala de SOFA y Charlson.

Se realizó validación del ultrasonido pulmonar al primer minuto y al minuto 30, con los diferentes patrones pulmonares A, B y AB, como se muestra en el *cuadro II*.

El ultrasonido pulmonar, con los diferentes patrones pulmonares (A, AB y B), al primer minuto y a los 30 minutos se muestra en las *figuras 3 y 4*.

**Cuadro I. Características de los sujetos.**

Característica	Extubación exitosa (n = 69)	Falla a la extubación (n = 11)	p*
Edad	65 (22, 19-88)	73 (18, 56-83)	0.890
Sexo femenino	32 (47.1)	5 (45.5)	0.921
SOFA ingreso	6 (6, 0-16)	10 (6, 6-19)	0.230
SOFA extubación	2 (2, 0-6)	2 (2, 2-8)	0.300
Días de ventilación	1 (1, 1-3)	2 (3, 3-5)	0.060
Charlson	5.2 (4.8, 0.0-17.3)	6.2 (3.9, 3.2-10.6)	0.304

Valores expresados en: media (DE), mediana (RIC, mín.-máx.), frecuencias absolutas (%).

\*Prueba de U de Mann-Whitney, t de Student,  $\chi^2$ .

**Cuadro II. Validez diagnóstica de los instrumentos.**

Instrumento	Sensibilidad	Especificidad	RV (+)	ABC ROC (IC <sub>95%</sub> )	p
US 1 min	0.8180	0.594	2.014	0.703 (0.549-0.857)	0.031
US 30 min	0.8180	0.5070	1.61	0.688 (0.523-0.852)	0.046
US 1 min (A VS AB + B)	0.8180	0.594	2.014	0.706 (0.552-0.861)	0.029
US 30 min (A VS AB + B)	0.8180	0.594	2.014	0.706 (0.552-0.861)	0.029

ABC ROC e IC.

La diferencia entre el patrón A y el patrón B pulmonar fue de  $p = 0.03$  y la diferencia entre el patrón B y el patrón AB de  $p = 0.03$  (Figura 5).

El cuadro III muestra los valores de cada uno de los índices aplicados.

El VRS mostró un punto de corte de 87.5 para valorar éxito a la extubación (Figura 6).

El valor de p01 tuvo una p significativa al primer minuto, no así al minuto 30, con un punto de corte de -1.35 (Figura 7).

El índice de IWI fue  $> 25$ . El índice p01 x VRS se muestra en la figura 8; mientras que el delta de VRS se observa en la figura 9.

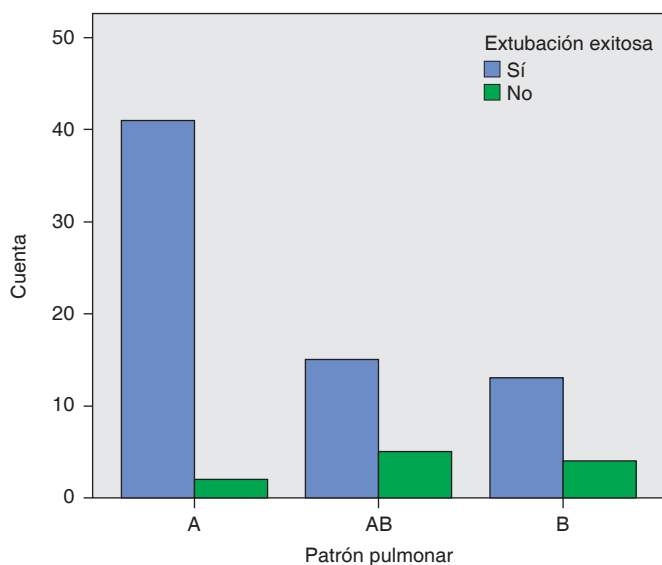


Figura 3. Ultrasonido pulmonar al primer minuto.

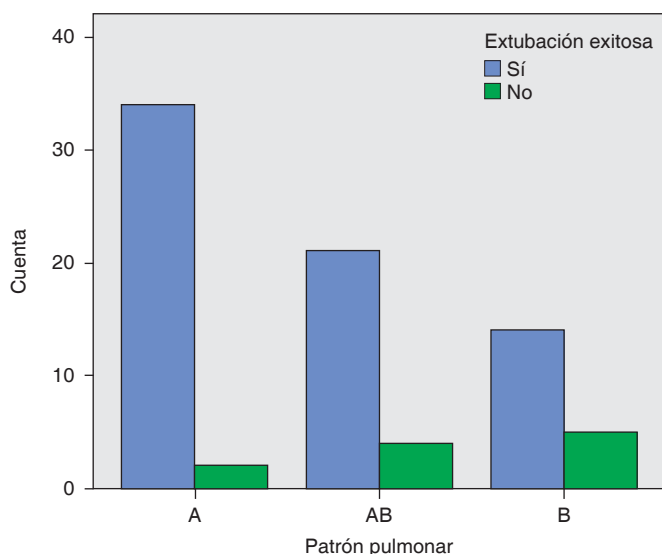


Figura 4. Ultrasonido pulmonar a los 30 minutos.

## DISCUSIÓN

En el presente estudio los valores de IWI  $> 25$  fueron predictivos de éxito del destete de MV, con alta es-

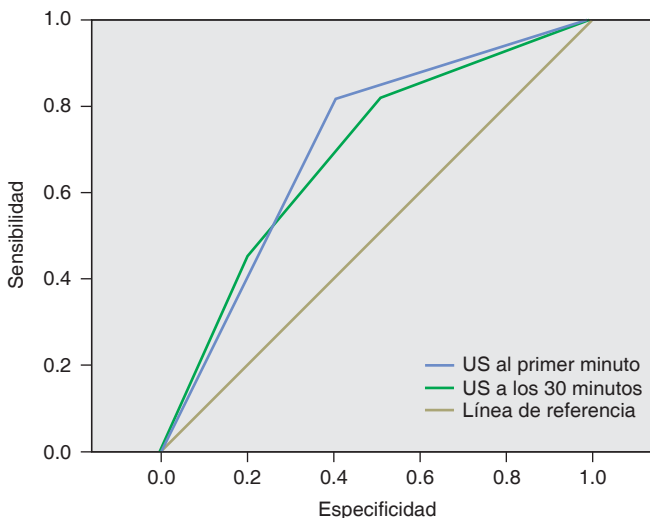


Figura 5. Curva ROC para patrón pulmonar.

Cuadro III.

Instrumento	Sensibilidad	Especificidad	RV (+)	ABC ROC (IC <sub>95%</sub> )	p
VRS	0.18	0.99	18	0.661 (0.466-0.857)	0.087
p01 1er minuto	0.39	0.91	4.30	0.711 (0.550-0.870)	0.025
p01 30 minutos	0.33	0.91	3.66	0.615 (0.440-0.790)	0.222
IWI	0.364	0.971	12.55	0.667 (0.467-0.6868)	0.076
p01 x VRS	0.364	1.00	36.4	0.682 (0.479-0.884)	0.054

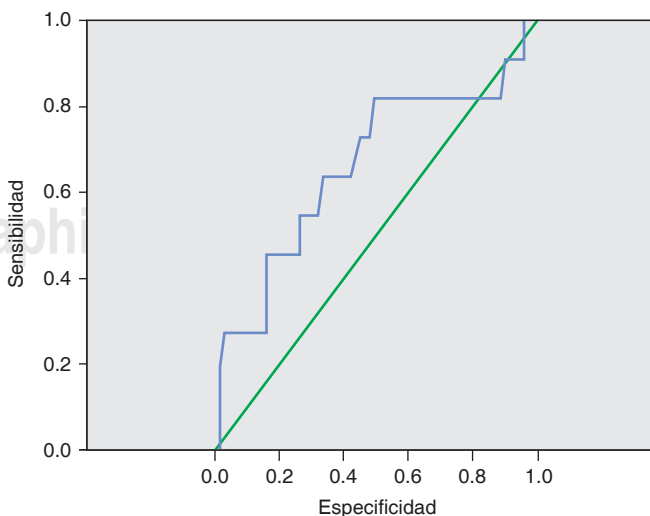


Figura 6. Curva ROC para ventilación rápida superficial (VRS).

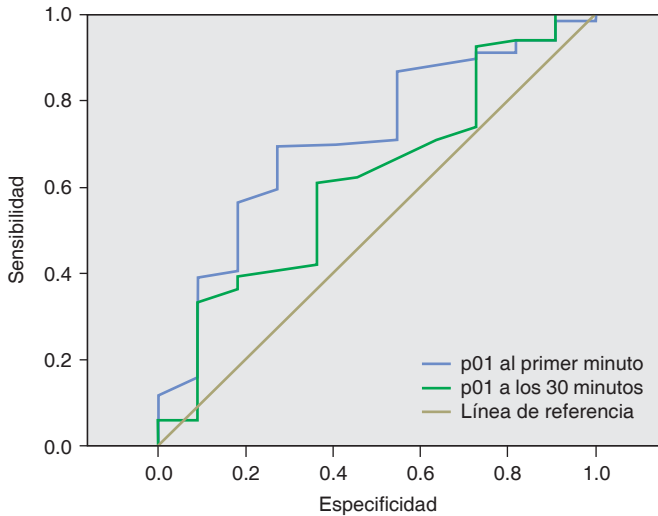


Figura 7. Curva ROC para p01.

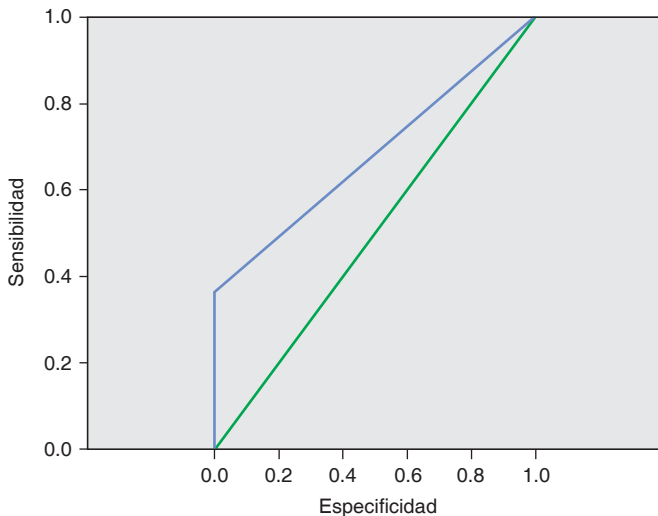


Figura 8. Índice p01 x VRS.

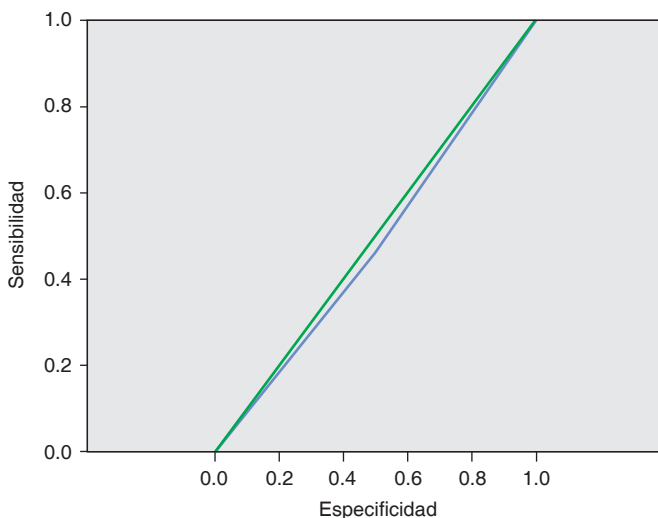


Figura 9. Delta de ventilación rápida superficial (VRS).

pecificidad, aunque con baja sensibilidad, similar a lo reportado en estudios previos por Swets y Nemer; sin embargo, en nuestro estudio salió con un ABC similar al VRS, a diferencia de los estudios realizados por Nemer en donde el índice de IWI fue superior al VRS.<sup>14,27</sup>

Las colas de cometas o patrón pulmonar B tienen alta sensibilidad y especificidad para pulmón expandido y valoración del agua pulmonar extravascular en pacientes bajo ventilación mecánica con una especificidad similar a la reportada por el estudio de Bojan Rode y colaboradores, quienes reportan especificidad de 77.3-78.8%.<sup>28</sup> En nuestro estudio, se registró sensibilidad de 81% y especificidad de 60% para patrón pulmonar B al primer minuto.

Soummer, posteriormente también reportó el uso de ultrasonido pulmonar como herramienta para la extubación, encontrando disminución del volumen pulmonar y de reclutamiento al ser sometidos a pruebas de respiración espontánea, con incremento en las líneas B, identificó pacientes susceptibles de fallar la extubación. Al final de la prueba de respiración espontánea, pacientes con puntaje < 13 tenían un riesgo de 9% de fracaso posterior a la extubación; mientras que aquellos con puntaje > 17, tenían riesgo de 85% de fracaso posterior a la extubación. Los pacientes entre 13 y 17 puntos, presentaron 25% de falla a la extubación, lo que no permitió una predicción precisa de los resultados.<sup>29,30</sup>

**Consideraciones:** Las debilidades del estudio incluyen que, al no contar con un parámetro estándar de oro para valorar falla a la extubación, no se pudo comparar específicamente con una sola prueba, además del escaso número de pacientes en el subgrupo de falla a la extubación.

## CONCLUSIONES

Los índices para la progresión ventilatoria tienen limitaciones, que están principalmente relacionadas con la población de estudio, o los subgrupos que tenemos dentro del paciente críticamente enfermo, los valores de corte utilizados, y los medios de medición. Aunque estos índices se pueden utilizar en poblaciones homogéneas, la exactitud de los índices puede ser menor en esas poblaciones, que en poblaciones heterogéneas.

Dado que la exactitud de la prueba de ventilación espontánea o pieza T en la evaluación del pronóstico de progresión ventilatoria es 85% aproximadamente y la evaluación clínica por sí sola no es, se requiere de índices precisos, como el índice de Tobin, el índice de IWI que son altamente específicos y agregar el ultrasonido pulmonar al primer minuto, adicionado al valor de p01, con el fin de hacer más seguro el proceso de extubación.

Los índices de progresión ventilatoria son útiles en la identificación de pacientes que probablemente no serán capaces de tolerar la extubación, también son útiles en la identificación de causas reversibles de fracaso a la ex-

tubación, lo cual sirve como referencia para los intentos posteriores y para casos de situaciones problemáticas.

Con estos resultados, podemos concluir que ningún índice es útil por sí solo para valorar falla a la extubación; sin embargo, proponemos adicionar a éstos, la valoración clínica del paciente, la escala de SOFA, así como los días de ventilación al momento de la extubación, para predecir falla a ésta. Solo realizar ultrasonido pulmonar al primer minuto, ya que las curvas ROC no mostraron diferencia significativa para predecir éxito a la extubación, al minuto 1 y a los 30 minutos, pudiéndose ahorrar tiempo para la realización de la medición.

Finalmente, es necesario comprender la respuesta cardiovascular a la progresión ventilatoria y poder utilizar las herramientas disponibles, como el ultrasonido pulmonar, para ayudar al paciente y predecir éxito a la hora de extubación.

Se requiere validación del ultrasonido pulmonar en otros estudios para confirmar su exactitud y utilidad.

#### BIBLIOGRAFÍA

- Eskandar N, Apostolakis MJ. Weaning from mechanical ventilation. *Crit Care Clin*. 2007;23(2):263-274, x.
- Yang KL. Reproducibility of weaning parameters. A need for standardization. *Chest*. 1992;102:1829-1832.
- Yang KL, Tobin MJ. A prospective study of indexes predicting the outcome of trials of weaning from mechanical ventilation. *N Engl J Med*. 1991;324:1445-1450.
- Savi A, Teixeira C, Silva JM, Borges LG, Pereira PA, Pinto KB, et al. Weaning predictors do not predict extubation failure in simple-to-wean patients. *J Crit Care*. 2012;27(2):221.e1-8.
- Lemaire F, Teboul JL, Cinotti L, Giotto G, Abrouk F, Steg G, et al. Acute left ventricular dysfunction during unsuccessful weaning from mechanical ventilation. *Anesthesiology*. 1988;69(2):171-179.
- Thille AW, Richard JC, Brochard L. The decision to extubate in the intensive care unit. *Am J Respir Crit Care Med*. 2013;187(12):1294-1302.
- Thille AW, Cortés-Puch I, Esteban A. Weaning from the ventilator and extubation in ICU. *Curr Opin Crit Care*. 2013;19(1):57-64.
- Conway CM. Haemodynamic effects of pulmonary ventilation. *Br J Anaesth*. 1975;47(7):761-766.
- Pinsky MR. Instantaneous venous return curves in an intact canine preparation. *J Appl Physiol Respir Environ Exerc Physiol*. 1984;56(3):765-771.
- Pinsky MR. Cardiovascular issues in respiratory care. *Chest*. 2005;128(5 Suppl 2):592S-597S.
- Buda AJ, Pinsky MR, Ingels NB Jr, Daughters GT 2nd, Stinson EB, Alderman EL. Effect of intrathoracic pressure on left ventricular performance. *N Engl J Med*. 1979;301(9):453-459.
- Lamia B, Maizel J, Ochagavia A, Chemla D, Osman D, Richard C, et al. Echocardiographic diagnosis of pulmonary artery occlusion pressure elevation during weaning from mechanical ventilation. *Crit Care Med*. 2009;37(5):1696-1701.
- Pinsky MR. Determinants of pulmonary arterial flow variation during respiration. *J Appl Physiol Respir Environ Exerc Physiol*. 1984;56(5):1237-1245.
- Nemer SN, Barbas CS, Caldeira JB, Cárias TC, Santos RG, Almeida LC, et al. A new integrative weaning index of discontinuation from mechanical ventilation. *Crit Care*. 2009;13(5):R152.
- Boles JM, Bion J, Connors A, Herridge M, Marsh B, Melot C, et al. Weaning from mechanical ventilation. *Eur Respir J*. 2007;29(5):1033-1056.
- Heunks LM, van der Hoeven JG. Clinical review: the ABC of weaning failure--a structured approach. *Crit Care*. 2010;14(6):245.
- Oswald CE, Gates GA, Holmstrom MG. Pulmonary edema as a complication of acute airway obstruction. *JAMA*. 1977;238(17):1833-1835.
- Huaranga AJ, Wang A, Haro MH, Leyva FJ. The weaning index as predictor of weaning success. *J Intensive Care Med*. 2013;28(6):369-374.
- Figueras J, Weil MH. Increases in plasma oncotic pressure during acute cardiogenic pulmonary edema. *Circulation*. 1977;55:195-199.
- Jones DP, Byrne P, Morgan C, Fraser I, Hyland R. Positive end-expiratory pressure vs T-piece. Extubation after mechanical ventilation. *Chest*. 1991;100:1655-1659.
- Zapata L, Vera P, Roglan A, Gich I, Ordonez-Llanos J, Betbesé AJ. B-type natriuretic peptides for prediction and diagnosis of weaning failure from cardiac origin. *Intensive Care Med*. 2011;37(3):477-485.
- Esteban A, Alía I, Gordo F, Fernández R, Solsona JF, Vallverdú I, et al. Extubation outcome after spontaneous breathing trials with T-tube or pressure support ventilation. The Spanish Lung Failure Collaborative Group. *Am J Respir Crit Care Med*. 1997;156(2 Pt 1):459-465.
- Lichtenstein DA. Lung ultrasound in the critically ill. *Ann Intensive Care*. 2014;4(1):1.
- Nektaria X, Dimitrios G. The use of lung ultrasound: a brief review for critical care physicians and pneumonologists. *Pneumon*. 2007;2(20):134-141.
- Agricola E, Bove T, Oppizzi M, Marino G, Zangrillo A, Margonato A, et al. "Ultrasound comet-tail images": a marker of pulmonary edema: a comparative study with wedge pressure and extravascular lung water. *Chest*. 2005;127(5):1690-1695.
- Mallamaci F, Benedetto FA, Tripepi R, Rastelli S, Castellino P, Tripepi G, et al. Detection of pulmonary congestion by chest ultrasound in dialysis patients. *JACC Cardiovasc Imaging*. 2010;3(6):586-594.
- Nemer SN, Barbas CS. Predictive parameters for weaning from mechanical ventilation. *J Bras Pneumol*. 2011;37(5):669-679.
- Rode B, Vučić M, Siranović M, Kovač N, Kelečić M, Gopčević A. Ultrasonographic finding of lung sliding in patients on mechanical ventilation with alveolar-interstitial syndrome. *Eur J Anaesthesiol*. 2011;28(4):303-305.
- Soummer A, Perbet S, Brisson H, Arbelot C, Constantin JM, Lu Q, et al. Ultrasound assessment of lung aeration loss during a successful weaning trial predicts postextubation distress. *Crit Care Med*. 2012;40(7):2064-2072.
- Oropello J, Rahmanian M. Can chest sonography predict and facilitate successful ventilator weaning?. *Crit Care Med*. 2013;41(8):2065-2067.

#### Correspondencia:

Lucia Yunuen Delgado Ayala  
C. Sur 136 Núm. 116,  
Col. Las Américas, 01120, Ciudad de México.  
Cel. 5528993579  
E-mail: yunuen2001@hotmail.com