



Protocolo LUS ultrasonográfico como predictor para retiro de la ventilación mecánica asistida en la Unidad de Cuidados Intensivos de una Unidad de Especialidades Médicas de un hospital público

Ultrasonographic LUS protocol as a predictor for withdrawal of assisted mechanical ventilation in the Intensive Care Unit of a Medical Specialties Unit of a public hospital

Protocolo LUS ultrassonográfico como preditor para retirada da ventilação mecânica assistida na Unidade de Terapia Intensiva de uma Unidade de Especialidades Médicas de um hospital público

Edgardo Gutiérrez Ceballos,* Hugo Benjamín Gurrola García,* José Salvador Guzmán Casas,* Iran Arce Chavez,* Elida Moran Guel,* Javier Adrián Reyes Rodríguez*

RESUMEN

Introducción: el fracaso a la extubación es una de las entidades presentes en la unidad de cuidados intensivos, con la existencia de pruebas diagnósticas, la incidencia de fracaso va de 3 a 30% con pruebas para extubación que no logran una sensibilidad y especificidad ideal.

Objetivo: se evaluó la utilidad del protocolo LUS como predictor de retiro de la ventilación mecánica en pacientes de UCIA de la UMAE 71.

Material y métodos: en este estudio de prueba diagnóstica, retrospectivo, transversal, se tomaron pacientes ingresados a la UCI adultos durante el 01 de abril del 2023 al 01 de julio de 2024 dentro de la que hayan requerido de ventilación mecánica mayor 48 horas y menor 7 días. Se recolectaron variables demográficas y el puntaje LUS obtenido previo a la extubación.

Resultados: se incluyeron 198 pacientes, 99 sexo masculino y 99 sexo femenino, la media de edad de 44 años, 49 tuvieron fracaso a la extubación con un puntaje de 16 ± 2 puntos. Un total de 148 con extubación exitosa con el puntaje de LUS de 10 ± 1.5 .

Conclusiones: presentando una sensibilidad de 98%, especificidad del 99%, Valor predictivo positivo de 98% y valor predictivo negativo del 99%, lo cual nos infiere que el uso del protocolo LUS nos ayuda elegir el momento ideal para la extubación.

Palabras clave: ultrasonido pulmonar, Unidad de Cuidados Intensivos, puntaje LUS, fracaso a la extubación, extubación exitosa.

ABSTRACT

Introduction: extubation failure is a common condition in intensive care units. Despite the availability of diagnostic tests, the incidence of failure ranges from 3% to 30%, with extubation tests that do not achieve ideal sensitivity and specificity.

Objective: the usefulness of the LUS protocol as a predictor of weaning from mechanical ventilation in ICU patients at UMAE 71 was evaluated.

Material and methods: in this retrospective, cross-sectional diagnostic test study, patients admitted to the adult ICU from April 1, 2023, to July 1, 2024, who required mechanical ventilation for at least 48 hours and at least 7 days, were included. Demographic variables and the LUS score obtained prior to extubation were collected.

Results: a total of 198 patients were included: 99 males and 99 females. The mean age was 44 years. 49 had extubation failure, with a score of 16 ± 2 points. A total of 148 had successful extubation, with a LUS score of 10 ± 1.5 .

Conclusions: the sensitivity was 98%, the specificity was 99%, the positive predictive value was 98%, and the negative predictive value was 99%. This suggests that using the LUS protocol helps us choose the optimal time for extubation.

Keywords: lung ultrasound, Intensive Care Unit, LUS score, extubation failure, extubation success.

RESUMO

Introdução: a falha de extubação é uma das entidades presentes na unidade de terapia intensiva, com a existência de testes diagnósticos, a incidência de falha varia de 3 a 30% com testes de extubação que não atingem sensibilidade e especificidade ideais.

Objetivo: foi avaliada a utilidade do protocolo LUS como preditor de retirada da ventilação mecânica em pacientes da UTI da UMAE 71.

Material e métodos: neste estudo de teste diagnóstico, retrospectivo, transversal, foram incluídos pacientes internados na UTI de adultos no período de 1º de abril de 2023 a 1º de julho de 2024, que necessitaram de ventilação mecânica por mais de 48 horas e menos de 7 dias. Foram coletados as variáveis demográficas e o escore LUS obtido antes da extubação.

Resultados: foram incluídos 198 pacientes, 99 do sexo masculino e 99 do sexo feminino, com média de idade de 44 anos, 49 apresentaram falha de extubação com escore de 16 ± 2 pontos. Um total de 148 com extubação bem-sucedida com pontuação de LUS de 10 ± 1.5 .

Conclusões: apresentando sensibilidade de 98%, especificidade de 99%, valor predictivo positivo de 98% e valor predictivo negativo de 99%, infere-se que a utilização do protocolo LUS auxilia na escolha do momento ideal para extubação.

Palavras-chave: ultrassom pulmonar, Unidade de Terapia Intensiva, pontuação LUS, falha de extubação, extubação bem-sucedida.

INTRODUCCIÓN

Retiro de la ventilación mecánica en UCI

Se ha demostrado que los protocolos de destete del respirador reducen la duración de la ventilación mecánica, la duración de la estancia en unidad de cuidados intensivos y, por consiguiente, el uso de recursos.¹⁻³ Aun así, los protocolos de destete no han afectado significativamente las tasas de mortalidad o reintubación.⁴⁻⁶

La insuficiencia respiratoria postextubación es un evento común asociado con una mortalidad y morbilidad significativa causada por múltiples causas como la obstrucción de las vías aéreas superiores o la incapacidad de proteger las vías respiratorias y eliminar secreciones, por lo tanto, la decisión de extubar requiere de una evaluación adicional de la capacidad del paciente para evitar la insuficiencia respiratoria postextubación.⁷⁻⁹

El protocolo integral para la retirada gradual de la ventilación mecánica y, en su caso, extubación regularmente consta de cuatro listas de verificación evaluando riesgos:¹⁰⁻¹²

* Unidad Médica de Alta Especialidad 71. Torreón, Coahuila, México.

Recibido: 20/09/2024. Aceptado: 26/09/2024.

Citar como: Gutiérrez CE, Gurrola GHB, Guzmán CJS, Arce CI, Moran GE, Reyes RJA. Protocolo LUS ultrasonográfico como predictor para retiro de la ventilación mecánica asistida en la Unidad de Cuidados Intensivos de una Unidad de Especialidades Médicas de un hospital público. Med Crit. 2024;38(8):674-679. <https://dx.doi.org/10.35366/120015>

www.medigraphic.com/medicinacritica

1. Tolerancia a la prueba de ventilación espontánea.
2. Elegibilidad para la extubación.
3. Elegibilidad para el uso de ventilación mecánica no invasiva después de la extubación.
4. Evaluación 48 horas después de la extubación.

Para poder definir el retiro de la ventilación mecánica de manera inicial, es la transferencia gradual del trabajo respiratorio del paciente al ventilador, es en este momento en el que el paciente toma por si solo de nueva cuenta la respiración espontánea, donde se constará de dos procesos subyacentes por así decirlo que es el destete del soporte ventilatorio mecánico evaluado de manera directa al realizar una prueba de ventilación espontánea y el retiro de la liberación de la vía aérea artificial, evaluando la capacidad del paciente para mantener protegida su vía aérea. Este destete se lleva a cabo sólo en pacientes que hayan estado por más de 48 horas con soporte ventilatorio.¹³⁻¹⁵

Existen diversas pruebas e índices para evaluar la función respiratoria del paciente muy bien descritos en la literatura, los cuales nos pueden dar una orientación y grado de seguridad para evaluar el esfuerzo y la capacidad del sistema respiratorio del paciente.¹⁶⁻¹⁸

Fuerza inspiratoria negativa (NIF): se utiliza la presión máxima generada en un esfuerzo inspiratorio realizado desde la capacidad funcional residual funcional para evaluar la fuerza de los músculos de la respiración para predecir un destete satisfactorio, se usa un umbral de presión entre -20 y -30 cmH₂O y requiere del esfuerzo y participación del paciente; esta maniobra se realiza con una oclusión de 20 segundos con una válvula unidireccional que permite al paciente exhalar pero no inhalar, obligándolo a realizar un gran esfuerzo inspiratorio.^{19,20}

Presión de oclusión de la vía aérea (p = 0.1): durante 100 milisegundos de iniciarse un esfuerzo inspiratorio frente a una vía ocluida, se realiza el registro de la presión en tiempo a pesar de ser una presión negativa, este parámetro se mide en valores positivos, su valor suele ser menor a 2 cmH₂O, un desequilibrio de un estímulo elevado durante la respiración espontánea podría dar lugar a un desequilibrio entre la carga mecánica y la función muscular con una sensibilidad de 76%, especificidad de 70%, valor predictivo positivo de 93% y valor predictivo negativo de 35%.²¹

Índice de respiración superficial o índice de Yang y Tobin: este es el más preciso de los índices predictivos, estima la probabilidad de fracaso del destete, considerada como valor predictivo positivo para fracaso con una especificidad menor de 73%, sensibilidad de 81%, valor predictivo positivo de 94% y valor predictivo negativo de 41%. Es fácil de calcular, es el cociente entre la frecuencia respiratoria por minuto y el volumen corriente en litros, pacientes con un índice mayor de 106 tie-

nen alto riesgo de fracaso al destete, una zona gris de 60 a 106 y bajo riesgo de fracaso menor de 60 rpm/L, por lo que es el más preciso de los índices predictivos.²²

Prueba de ventilación espontánea: una vez obtenidas las características mencionadas, esto nos hace asumir que el paciente se encuentra en condiciones para realizar esta prueba, se describe que 80% de los pacientes va a tolerarla y podrá ser extubado, y 20% no la tolerará; los criterios para realizar esta prueba es una PaO₂/FiO₂ mayor de 200 o saturación mayor de 90% con un FiO₂ menor de 40% y PEEP menor de 5 cmH₂O y una presión soporte menor de 5 a 8, estabilidad hemodinámica, ausencia de hipotensión clínica o con requerimientos bajos de fármacos vasoactivos, temperatura menor de 38 grados, nivel de conciencia adecuado y que la causa que lo llevó a la intubación está resuelta. Si el paciente tolera de manera adecuada de 30 minutos a 1 hora, está listo para liberarse de la ventilación mecánica.²³

Criterios de fracaso a la extubación y de prueba de ventilación espontánea fallida:

1. Frecuencia respiratoria mayor de 35 rpm más de cinco minutos.
2. Saturación de oxígeno menor de 90%.
3. Frecuencia cardíaca mayor de 120 lpm o un aumento de 20 lpm de la frecuencia basal por más de cinco minutos.
4. Presión sistólica menor de 90 mmHg o disminución de 30 mmHg de la sistólica basal por más de cinco minutos.
5. Dolor precordial, anomalías electrocardiográficas cambios isquémicos o arritmias.
6. Disnea, ansiedad y diaforesis.^{24,25}

Sin embargo, a pesar de todas estas maniobras aún siguen presentando fracasos a la extubación en 3 a 30%, por lo que la evaluación estructural pulmonar nos podría ayudar a disminuir la incidencia de fracaso.

LUS en retiro de la ventilación mecánica

La ecografía pulmonar es una herramienta útil para la evaluación de la aireación pulmonar en pacientes en estado crítico, este sistema de puntuación, basado en la cuantificación de aireación pulmonar no permite cambios en las zonas aireadas a nivel de las 12 regiones pulmonares monitorizadas por ultrasonido.²⁶⁻²⁸

La realización del puntaje se evalúa insonando 12 áreas con un puntaje de 36 como máximo y de 0 como mínimo, LUS asigna 0 puntos a las líneas A o < 2 líneas B separadas más deslizamiento regular; 1 punto con líneas B ≥ 3 o puntos focales espaciados más deslizamiento regular; 2 puntos con coalescencia de líneas B y 3 puntos con consolidaciones pulmonares

con una puntuación que va de 0 (pulmones normales) a 36 (escenario más desfavorable) (*Figura 1*). La evaluación LUS se ha integrado posteriormente con los siguientes cuatro parámetros.²⁹⁻³¹

El LUS se debe realizar utilizando una sonda de 2 a 4 MHz, examinando todos los espacios intercostales de las partes superior e inferior de las regiones anterior, lateral y posterior de la pared torácica izquierda y derecha; regularmente se tarda un aproximado de 10 minutos en realizar el protocolo completo de LUS.³²⁻³⁴

Soummers y colaboradores es el único estudio realizado con LUS que se recomienda en la última actualización de *weaning* de ventilación mecánica de 2022, el cual documentó en un estudio prospectivo y observacional mediante protocolo LUS la presencia del desreclutamiento pulmonar, el cual se produjo en los primeros 60 minutos de la prueba de ventilación espontánea, además encontraron que los pacientes que completaron con éxito sus prueba de ventilación espontánea tenían una puntuación menor de 13 en comparación con los pacientes que fracasaron que tenían puntuaciones de 17 o más, con una $R = 0.86$; $p < 0.001$.³⁵⁻³⁷

Durante este estudio se observó que los pacientes con un puntaje mayor a 17 evolucionaron hacia el fracaso postextubación y los pacientes con puntaje menor de 13 presentaron una extubación de manera satisfactoria. Se calculó una base de datos total de 100 pacientes, 86 pacientes pasaron la prueba de ventilación espontánea, los 14 pacientes que no pasaron la prueba de ventilación espontánea presentaron un puntaje de LUS mayor de 13 al final de la prueba, lo cual demuestra adecuada eficacia para predecir fracaso y éxito del retiro de la ventilación mecánica.³⁸

MATERIAL Y MÉTODOS

Diseño y tipo de estudio. Tipo de investigación: clínica, estudio de prueba diagnóstica. Búsqueda de causalidad: analítico. Diseño: descriptivo. Captación de la

información: retrolectivo. Medición del fenómeno: transversal. Direccionalidad: retrospectivo.

Universo de estudio. Expedientes de pacientes hospitalizados en la UCI de la UMAE 71 durante abril de 2023 a julio de 2024.

Población de estudio. Expedientes de pacientes adultos que requirieron de ventilación mecánica asistida que se extubaron 48 h después de ser intubados y previo a siete días de ventilación mecánica asistida a los que se les realizó protocolo LUS posterior a la aprobación de la prueba de respiración espontánea, ingresados a la UCI durante el 01 de abril de 2023 al 01 de julio de 2024 dentro de la UCI en la UMAE 71.

Tamaño de muestra. Para probar nuestra hipótesis alterna, el protocolo LUS como predictor de retiro de la ventilación mecánica tendrá una sensibilidad de 85%. Para esta prueba diagnóstica se busca una sensibilidad de 85%, por lo que empleamos la fórmula para prueba diagnóstica, con una significancia $1 - \alpha = 0.95$ y poder $d1 - \beta = 0.80$, donde se obtiene un tamaño de muestra de 220 pacientes.

$$\text{Desviación normal estandarizada} = 1.96$$

$$p = \text{proporción esperada} = 85\% = 0.85$$

$$q = 1 - p = 1 - 0.85 = 0.15$$

$$IC^2 = \text{amplitud máxima permitida del intervalo de confianza } 5\% = 0.05$$

$$n = 4 [(1.96)^2 (0.85) (0.15)] \\ 0.01^2$$

$$4(3.84) (0.1275) / 0.1$$

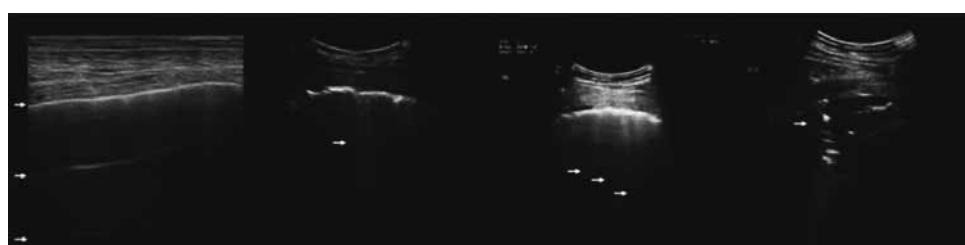
$$(15.3664) (0.1275) / 0.01$$

$$1.95 / 0.01$$

$$n = 195$$

Muestreo. Se realizará muestreo no probabilístico por casos consecutivos hasta completar el tamaño de muestra mínimo.

Criterios de inclusión: ambos sexos, edad igual o mayor de 18 años menor de 75 años, ingresados a la



Marcador

Marcador

Marcador 2

Marcador 3

DETERIORO

Figura 1:

Puntaje de LUS.

Marcador 0: patrón normal

Marcador 1: al menos 3 líneas B solas o juntas cubriendo menos de 50% de la pantalla sin alteraciones subpleurales claras.

Marcador 2: líneas B cubriendo más de 50% de la pantalla sin alteraciones subpleurales claras.

Marcador 3: consolidación (Patrón parecido a un tejido), con broncogramas de aire arborescentes poco dinámicos.

UCI durante el 01 de abril de 2023 al 01 de julio de 2024, pacientes oro intubados y sometidos a apoyo ventilatorio mayor de 48 hrs y menor de siete días, pacientes con prueba de respiración espontánea aprobada de una hora, paciente al que se le haya realizado protocolo LUS previo a la extubación.

Criterios de exclusión: pacientes con falla cardiaca, pacientes con EPOC, paciente con más de siete días con ventilación mecánica asistida, pacientes con bulas y fistulas pulmonares, pacientes con traqueostomía, pacientes con lesión medular superior, paciente con neuro miopatía grave, pacientes con un fracaso previo de la prueba de ventilación espontánea.

Análisis estadístico. Todos los cálculos estadísticos serán ejecutados mediante el software IBM SPSS versión 25 para Windows.

Se utilizará estadística descriptiva con determinación de proporciones para las variables cualitativas, así como medidas de tendencia central cuando se agrupen y resuman variables cuantitativas continuas; la distribución normal de los datos será evaluada mediante la prueba de Kolmogorov-Smirnov (K-S).

Se integrarán dos grupos para su análisis un grupo conformado por los pacientes que tuvieron éxito a la extubación y el otro grupo por los pacientes en los que se observe tuvieron fracaso a la extubación, las variables cualitativas se compararán mediante la prueba de χ^2 o exacta de Fisher y las cuantitativas mediante la prueba de t de Student para inferencia de medias o la prueba de U de Mann-Whitney dependiente de la normalidad de la distribución.

Se evaluarán las características analíticas del protocolo LUS ultrasonográfico como predictor para retiro de la ventilación mecánica, así como su sensibilidad, especificidad, valor predictivo positivo, valor predictivo negativo y área bajo la curva.

El nivel de significación estadística mínimo a considerar en todas las pruebas será del $p < 0.05$.

RESULTADOS

Se incluyeron 198 pacientes que cumplieron con los criterios para el estudio, se obtuvieron un total de 50 pacientes con presencia de fracaso a la extubación y 148 pacientes con extubación exitosa donde podemos observar que 25% de los pacientes presentaron fracaso a la extubación y 75% presentaron una extubación exitosa, 74% de los pacientes tuvieron un puntaje de

Tabla 1: Extubación exitosa.

	n (%)
Sí	149 (75.3)
No	49 (24.7)
Total	198 (100.0)

Tabla 2: Puntaje LUS.

Fracaso extubación	N	Media ± desviación estándar
Sí	50	16.68 ± 2.142
No	148	10.33 ± 1.571
Total	198	11.93 ± 3.260

Tabla 3: Comparación de puntaje menor a 13 con presencia de extubación exitosa y mayor de 13 con fracaso a la extubación.

Puntaje	χ^2	RR	IC95%	p
< 13	192.738		0.001-0.047	0.000
> 13	187.546	145.04	20.5-1,023.2	0.000

LUS menor de 13 puntos y 25% mayor de 13 puntos (*Tabla 1*).

En el caso de las causas de intubación se observó que los pacientes neurocríticos fueron 41% de la muestra seguido de los pacientes con neumonía. La media de puntaje para los pacientes con fracaso a la extubación fue de 16 puntos de LUS con una desviación estándar de 2.1 y para los pacientes con extubación exitosa fue de 10 puntos con una desviación estándar de 1.571 puntos (*Tabla 2*).

En el caso de los pacientes con un puntaje menor de 13 puntos se obtuvo una p de 0.000 con una significancia alta rechazando nuestra hipótesis nula, con una χ^2 de 192.73 el cual nos habla de una alta significancia en el caso de los pacientes con un puntaje menor de 13, un total de 148 pacientes tuvieron una extubación exitosa estos mismos con un puntaje menor de 13 puntos.

En el caso de los pacientes con puntaje de LUS mayor de 13 puntos presentaron una $p = 0.000$ con una χ^2 de 187.5 con alta significancia estadística con un total de 49 pacientes con fracaso a la extubación con una RR (145.04) para riesgo de fracaso a la extubación con puntajes por arriba de 13 puntos en protocolo LUS (*Tabla 3*).

DISCUSIÓN

La interpretación de la ultrasonografía pulmonar es operador dependiente, sin embargo, el tener un protocolo esquematizado de patrones pulmonares nos ayuda a optimizar el momento exacto para la extubación del paciente, Por lo tanto, es razonable plantear la hipótesis de que un cambio en la aireación pulmonar resultante de un esfuerzo ineficiente del paciente durante la prueba de ventilación espontánea o de presencia de sobrecarga hídrica, alguna atelectasia agregada o proceso neumónico el cual puede ser. Sin embargo, la experiencia de uso de LUS como prueba para retiro de la ventilación mecánica asistida, se limita a algunos re-

portes de caso y estudios prospectivos a baja escala el más reciente de Soummers y colaboradores, ninguno efectuado en México o Latinoamérica.

CONCLUSIONES

Una vez obtenida nuestra significancia estadística con una $p = 0.000$ con un total de población de estudio de 198 pacientes se obtiene para el presente estudio de prueba diagnóstica una sensibilidad de 98%, especificidad de 99%, Valor predictivo positivo de 98% y valor predictivo negativo de 99%, lo cual no infiere que en el caso de nuestra población de estudio el uso del protocolo LUS nos ayuda a orientar de manera adecuada el momento idóneo para realizar la extubación del paciente una vez aprobada la prueba de ventilación espontánea con una puntuación de LUS en el presente estudio para fracaso a la extubación de 16 ± 2 y para una extubación exitosa de 10 ± 1.5 .

REFERENCIAS

- Asenjo CA, Pinto RA. Características anatómo-funcional del aparato respiratorio durante la infancia. *Rev Médica Clín Las Condes*. 2017;28(1):7-19.
- Chaudhry R, Bordoni B. Anatomy, thorax, lungs. StatPearls. Treasure Island (FL): StatPearls Publishing; 2021.
- Kenhub. 2022. Lung: Anatomy, blood supply, innervation, functions. Available from: <https://www.kenhub.com/en/library/anatomy/the-lung>
- Leslie KO, Wick MR. Lung anatomy. Practical pulmonary pathology: a diagnostic approach a volume in the pattern recognition series. 2018: 1-14.e2. p.
- Patwa A, Shah A. Anatomy and physiology of respiratory system relevant to anaesthesia. *Indian J Anaesth*. 2015;59(9):533.
- Powers KA, Dhamoon AS. Physiology, pulmonary ventilation and perfusion. StatPearls; 2021.
- DeCato TW, Hegewald MJ. Breathing red: physiology of an elevated single-breath diffusing capacity of carbon monoxide. *Ann Am Thorac Soc*. 2016;13(11):2087-2092.
- Metersky ML, Kalil AC. Management of ventilator-associated pneumonia. *Clin Chest Med*. 2018;39(4):797-808.
- Hyzy RC, McSparron JI. UpToDate. 2023. Overview of initiating invasive mechanical ventilation in adults in the intensive care unit. Available from: <https://www.uptodate.com/contents/overview-of-initiating-invasive-mechanical-ventilation-in-adults-in-the-intensive-care-unit>
- Mora-Carpio A, Mora JI. Ventilator Management. Treasure Island (FL): StatPearls Publishing; 2023. Available from: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK448186/>
- Alviar CL, Miller PE, McAreavey D, Katz JN, Lee B, Moriyama B, et al. Positive pressure ventilation in the Cardiac Intensive Care Unit. *J Am Coll Cardiol*. 2018;72(13):1532-1553.
- Marini JJ, Rocco PRM, Gattinoni L. Static and dynamic contributors to ventilator-induced lung injury in clinical practice. Pressure, energy, and power. *Am J Respir Crit Care Med*. 2020;201(7):767-774.
- Navalesi P, Frigerio P, Moretti MP, Sommariva M, Vesconi S, Baiardi P, et al. Rate of reintubation in mechanically ventilated neurosurgical and neurologic patients: evaluation of a systematic approach to weaning and extubation. *Crit Care Med*. 2008;36(11):2986-2992.
- Namen AM, Ely EW, Tatter SB, Case LD, Lucia MA, Smith A, et al. Predictors of successful extubation in neurosurgical patients. *Am J Respir Crit Care Med*. 2001;163(3 Pt 1):658-664.
- Tobin MJ, Laghi F. Extubation. In: Tobin MJ, editor. *Principles and practice of mechanical ventilation*. 2nd ed. New York: McGraw-Hill; 2004. p. 1221-1237.
- MacIntyre NR, Cook DJ, Ely EW Jr, Epstein SK, Fink JB, Heffner JE, et al. Evidence-based guidelines for weaning and discontinuing ventilatory support: a collective task force facilitated by the American College of Chest Physicians; the American Association for Respiratory Care; and the American College of Critical Care Medicine. *Chest*. 2001;120(6 Suppl):375S-95S.
- Godet T, Chabanne R, Marin J, Kauffmann S, Futier E, Pereira B, et al. Extubation failure in brain-injured patients: risk factors and development of a prediction score in a preliminary prospective cohort study. *Anesthesiology*. 2017;126(1):104-114.
- Chockalingam T. Weaning and extubation. *J Lung Pulm Respir Res*. 2015;2(3):59-60.
- McConville FJ, Kress PJ. Weaning patients from the ventilator. *N Engl J Med*. 2012;367(23):2233-2239.
- Guillermo D, Raul C. Retiro de la ventilación mecánica. *Med Crit*. 2017;31(4):238-245.
- Nemer SN, Barbas CS, Caldeira JB, Cárias TC, Santos RG, Almeida LC, et al. A new integrative weaning index of discontinuation from mechanical ventilation. *Critical Care*. 2009;13(5):R152.
- Girard TD, Alhazzani W, Kress JP, Ouellette DR, Schmidt GA, Truwit JD, et al. An official American Thoracic Society/American College of Chest Physicians clinical practice guideline: liberation from mechanical ventilation in critically ill adults: rehabilitation protocols, ventilator liberation protocols, and cuff leak tests. *Am J Respir Crit Care Med*. 2017;195(1):120-133.
- Zhang B, Qin YZ. Comparison of pressure support ventilation and T-piece in determining rapid shallow breathing index in spontaneous breathing trials. *Am J Med Sci*. 2014;348(4):300-305.
- Connors M, Bion J. Weaning from mechanical ventilation. *Euro Resp J*. 2007;29(5):1033-1056.
- Wells M, Goldstein L, Beringer C, Farham B. Emergency Medicine Society of South Africa guidelines for the training and credentialing in emergency point-of-care ultrasound. *S Afr Med J*. 2021;111(5b):13296.
- Khoche S, Hashmi N, Bronshteyn YS, Choi C, Poorsattar S, Maus TM. The year in perioperative echocardiography: selected highlights from 2020. *J Cardiothorac Vasc Anesth*. 2021;S1053(21):280-289.
- Marini TJ, Rubens DJ, Zhao YT, Weis J, O'Connor TP, Novak WH, et al. Lung ultrasound: the essentials. *Radiol Cardiothorac Imaging*. 2021;3(2):e200564.
- Cho S, Oh HW, Choi MH, Lee HJ, Woo JH. Effects of intraoperative ventilation strategy on perioperative atelectasis assessed by lung ultrasonography in patients undergoing open abdominal surgery: a prospective randomized controlled study. *J Korean Med Sci*. 2020;35(39):e327.
- Tusman G, Acosta CM, Bohm SH, Waldmann AD, Ferrando C, Marquez MP, et al. Postural lung recruitment assessed by lung ultrasound in mechanically ventilated children. *Crit Ultrasound J*. 2017;9(1):22.
- Yu X, Zhai Z, Zhao Y, Zhu Z, Tong J, Yan J, et al. Performance of lung ultrasound in detecting peri-operative atelectasis after general anesthesia. *Ultrasound Med Biol*. 2016;42(12):2775-2784.
- Amaya-Gómez A, Rojas-Velasco G, Velasco-Salas N de M, Carrillo-Rodríguez AE, Álvarez-Alvarez RJ, Ramos-Enríquez Á. Ultrasonido pulmonar en Medicina, su utilidad en la práctica clínica. *Rev Fac Med (Méx)*. 2020;63(2):36-45.
- Radzina M, Biederer J. Ultrasonography of the lung. *Rofo*. 2019;191(10):909-923.
- Yang J-X, Zhang M, Liu Z-H, Ba L, Gan J-X, Xu S-W. Detection of lung atelectasis/consolidation by ultrasound in multiple trauma patients with mechanical ventilation. *Crit Ultrasound J*. 2009;1(1):13-16.
- Bouhemad B, Liu ZH, Arbelot C, Zhang M, Ferarri F, Le-Guen M, et al. Ultrasound assessment of antibiotic-induced pulmonary reaeration in ventilator-associated pneumonia*. *Crit Care Med*. 2010;38(1):84-92.

35. Kajimoto K, Madeen K, Nakayama T, Tsudo H, Kuroda T, Abe T. Evaluación rápida mediante ecografía integrada pulmón-cardio-vena cava inferior (LCI) para diferenciar la insuficiencia cardíaca de la enfermedad pulmonar como causa de disnea aguda en el contexto de emergencia. *Cardiovasc Ultrasound*. 2012;10(1):49. doi: 10.1186/1476-7120-10-49.
36. Paola D, Pasquale R. Integrated lung ultrasound score for early clinical decision-making in patients with COVID-19: results and implications. *Ultrasound J*. 2022;14(1):21.
37. Alexis S, Sébastien P. Ultrasound assessment of lung aeration loss during a successful weaning trial predicts postextubation distress. *Crit Care Med*. 2012;40(7):2064-2072.
38. Erminio S, Silvia M. The weaning from mechanical ventilation: a comprehensive ultrasound approach. *Curr Opin Crit Care*. 2022;28(3):322-330.

Patrocinios: no se recibió ningún apoyo de patrocinadores para la realización del estudio.

Relación de conflicto de intereses: los autores se declaran sin conflicto de intereses.

Correspondencia:

Edgardo Gutiérrez Ceballos

E-mail: edgardo.gc_@hotmail.com