

UNIVERSIDAD AUTONOMA DE NUEVO LEON

FACULTAD DE MEDICINA



**UTILIDAD DE LA ECOGRAFIA TORACICA PARA EL DESTETE
DEL VENTILARO EN UNIDAD DE CUIDADOS INTENSIVOS**

POR

DRA. CLAUDIA PAOLA RIVERA URIBE

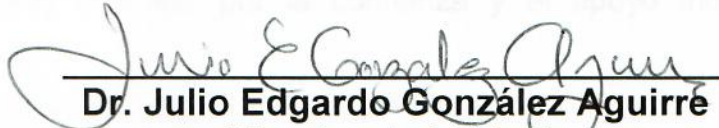
**COMO REQUISITO PARA OBTENER EL GRADO DE
ESPECIALISTA EN NEUMOLOGIA Y MEDICINA CRÍTICA**

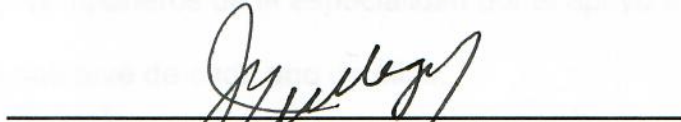
ENERO, 2018

AGRADECIMIENTOS


**“UTILIDAD DE LA ECOGRAFÍA TORÁCICA PARA EL DESTETE
DEL VENTILADOR EN UNIDAD DE CUIDADOS INTENSIVOS”**

Aprobación de la tesis:


Dr. Julio Edgardo González Aguirre
Director de la Tesis


Dr. José Felipe Villegas Elizondo
Coordinador de Enseñanza


Dr. Roberto Mercado Longoria
Jefe de Servicio o Departamento


Dr. Med. Felipe Arturo Morales Martínez
Subdirector de Estudios de Posgrado

CAPITULO I. RESUMEN

Objetivo General.- Evaluar si el análisis combinado de medición del índice de engrosamiento diafragmático en conjunto con las líneas B pulmonares medido por ecografía mejora la predicción de éxito en el destete de la ventilación mecánica en pacientes de la terapia intensiva adultos.

Material y Métodos.- Se realizó un estudio observacional, prospectivo en una población de 82 pacientes los cuales cumplieran con un ensayo de respiración superficial exitoso y fueran elegidos para el retiro de la ventilación mecánica, a los cuales se les realizó ultrasonido torácico, midiendo el espesor diafragmático al final de la inspiración - espesor diafragmático al final de la espiración / espesor diafragmático al final de la espiración x 100, y la presencia de líneas B en cinco regiones de la derecha y el pulmón izquierdo.

Resultados.- Se incluyeron ochenta y dos pacientes, de los cuales 24 (29.2%) fallaron a la extubación. En el análisis univariado, la fracción de acortamiento diafragmático con un punto de corte ≥ 30 obtuvo 62% de sensibilidad y 50% especificidad por método de Youden, así como ≥ 1 zona con presencia de líneas B pulmonares sensibilidad y especificidad de 66 y 92%, respectivamente. Ambos fueron significativos con la falla a la extubación con un área bajo la curva 0.66 (0.52-0.80) y 0.81 (0.70-0.93). en el análisis de regresión logística binomial, solo el número de regiones con líneas B permanece significativamente relacionada a la falla de extubación Odds ratio 5.91 (2.33-14.98) $p < 0.001$.

Conclusión.- En pacientes con un ensayo de respiración superficial exitoso, la ausencia de líneas B disminuye significativamente la probabilidad de falla a la extubación. El análisis de fracción de acortamiento diafragmático no agregó poder estadístico predictivo en el uso de ultrasonido pulmonar.

CAPITULO II. INTRODUCCIÓN

La falla a la extubación es un evento común en UCI, prolonga estancia hospitalaria, ventilación mecánica y aumenta mortalidad.(1–3) Las principales causas de ésta son la falla respiratoria, insuficiencia cardiaca congestiva, aspiración y neumonía o mal manejo de secreciones y traduciendo las probables causas de muerte; sepsis, falla orgánica múltiple y falla respiratoria.(4) Mientras que el éxito a la extubacion disminuye la morbi-mortalidad, y la utilización de recursos.(5)

Varios parámetros de destete han sido utilizados, proponiendo por los autores que sin bien distan de ser perfectos, es más apropiado y seguro utilizar un protocolo para el destete que no hacerlo. (6–8) Se han descrito el Índice de respiración superficial (IRS), Presión Inspiratoria máxima, Capacidad vital o volumen tidal espontaneo, presión transdiafragmática, ecografía torácica (pulmonar y diafragmática). (3,9–12) El 20% de los pacientes que se extuban pasando el test de respiración espontanea fallan a las 72 h. (13)

De éstos, uno de los protocolos de extubación más utilizados, es el uso de los criterios de Wesley ELY de destete del ventilador (PaFi > 200 mmHg, IRS <105, PEEP <5, no presor o < 5ug de vasopresor, no sedación y reflejo tusígeno intacto). (14)

De estos criterios uno de los componentes más importantes es el IRS, el cual tiene una sensibilidad del 97% y una especificidad del 64% VPP 0.78, VPN 0.95, por lo cual un gran porcentaje presentan falla a la extubación.(15,16)

Para tratar de solucionar este gran porcentaje de falla en la predicción de extubación exitosa, han sido utilizados otros métodos de destete del ventilador, dentro de los cuales se incluyen mediciones de: fuerza inspiratoria negativa, Capacidad vital, e Índice de destete; este último es un parámetro más fisiológico que depende de la elastancia y complianza pulmonar, con una S 97%, E 89% VPP95%, VPN94%, sin embargo requiere de ventiladores con software integrados para efectuar estas mediciones, aun así los protocolos de destete actuales distan en gran medida de la perfección.(15,17)

El ultrasonido es una herramienta utilizada cada vez más por los intensivistas para diversos procedimientos, recientemente se ha utilizado para evaluar la funcionalidad del musculo del diafragma durante los ensayos ventilatorios.(18–20) La disfunción diafragmática se observa con frecuencia en enfermedades como distrofia muscular, patologías torácica y abdominal; así como en enfermedades del sistema nervioso y lesión del nervio frénico, incluso el daño diafragmático asociado a volúmenes pulmonares por ventilación mecánica se han asociado con falla diafragmática. (18,21,22)

La ecografía tiene ventajas sobre la fluoroscopia para la evaluación de funcionalidad diafragmática, incluidas la ausencia de radiación ionizante y la posibilidad de su uso en la cabecera del paciente, (23) otros como la conducción del nervio frénico y medición de presión transdiafragmática representan algunas desventajas que van desde la capacidad de invasión al paciente, como la baja disponibilidad y la necesidad de transporte y operadores formados específicamente.(24)

Estudios recientes sobre la investigación del papel del diafragma en el éxito del retiro de la ventilación mecánica sugieren parámetros de medición y funcionamiento relacionados al mismo.(25,26) Han sido propuestos varios métodos para su valoración incluyendo cambios en el espesor del diafragma durante la contracción, movimiento en dos dimensiones o modo M y la variación en la posición en relación con el riñón, siendo este útil para predecir la extubación exitosa.(23,26) Sin embargo las imágenes de la cúpula no visualizan el músculo diafragma directamente, ni factores como el tamaño de la respiración, la impedancia de estructuras vecinas, el funcionamiento torácico y abdominal así como la actividad muscular. (25,27) Este error se puede evitar midiendo el diafragma en la zona de aposición ya que permite la visualización directa del musculo del diafragma, la evaluación de engrosamiento durante la inspiración, que refleja el acortamiento del mismo. (24)

La medición del engrosamiento diafragmático traduce un reflejo del acortamiento del musculo durante la inspiración dando un enfoque a la evaluación de la actividad del propio musculo y para ello se ha utilizado el ultrasonido en modo B.(25,28) El volumen de la masa muscular del diafragma es constante a medida de que se contrae, ya que se acorta y se espesa por lo que las mediciones de diafragma están inversamente relacionado con los cambios en la longitud del mismo. Estudios realizados han demostrado que la fracción de engrosamiento diafragmático (FAD) mayor 36%, al compararlo con el índice de respiración superficial se asociaba con un éxito de retiro de ventilación mecánica (S 82% E 88% VPP 92% y VPN 75% VS S 93%, E 88%, VPP 93% y VPN 88). (24) Otro

estudio similar sugiere nuevamente que el engrosamiento diafragmático mayor 30% sugería éxito en la extubación en porcentajes similares a los ya reportados con VPP 91% y VPN 63%.(25)

Si existiera una disfunción del diafragma, los músculos inspiratorios compensarán para preservar el volumen tidal sin embargo al ser más fatigables, no serán capaces de mantener una ventilación adecuada por lo cual se produciría un fracaso en la extubación a pesar de tener volumen tidal y el IRS inicialmente aceptables, lo cual hace este parámetro, prometedor para la utilización de un índice predictor de éxito o falla a la extubación.(29,30) Estudios previos han demostrado que la enfermedad crítica y la ventilación mecánica causan disfunción diafragmática inducida por ventilación, incluso en periodos cortos, causando debilidad y adelgazamiento incluyendo la polineuropatía de la enfermedad crítica, falla multiorganica y la desnutrición. (22,31)

Por otra parte, la ecografía torácica tiene gran utilidad para el diagnóstico de enfermedades pleuro-pulmonares (neumotórax, neumonía, derrame pleural, SIRA, EAP, atelectasia) mediante la identificación de 10 signos sonográficos, síndrome alveolo intersticial localizado o difuso; expresado mediante la aparición de > 3 líneas B entre dos costillas, lo cual en caso de ser difuso expresa un aumento del agua extravascular pulmonar secundaria a SIRA o sobrecarga volumétrica. Todos estos datos identificados y descritos por Daniel Lichtenstein et al, han sido incorporados en el protocolo de Insuficiencia respiratoria más utilizado de forma Internacional (Blue Protocol). (19,32–34)

Por lo que considerando que un gran porcentaje de las fallas a extubación son por el aumento del agua extravascular pulmonar secundario a Insuficiencia cardiaca sistólica o diastólica, mismos que pueden ser detectados mediante la aparición de líneas B, con un rendimiento diagnóstico similar a estudios más invasivos (Picco), el ultrasonido pulmonar es una herramienta fácil, portátil y económica de utilizar. (34,35)

Además otros datos que predicen falla a la extubación, es una pérdida de la aeración identificada durante el ensayo respiratorio con los siguientes signos ecográficos: ausencia de patrón A (pulmón normal), aparición de líneas B1 (Colas de cometa separadas bien definidas), B2 (Colas de cometa coalescentes) C (Consolidación, tissue-like con broncograma aéreo estático o dinámico) esto predice falla a la extubación con una S 71%, E 68%, Área bajo la curva ROC 0.70.(36,37)

Considerando los datos anteriores y la falla a la extubación hasta en el 20% de los pacientes con el uso de criterios clásicos y el aumento de morbilidad que conlleva; se requiere una evaluación más extensa y funcional del aparato respiratorio, rápida y fácil de efectuar en la cama del paciente. La ecografía pulmonar considerando los datos previamente mencionados, puede ser de utilidad e incrementar el éxito de la extubación comparado con el IRS, sin embargo los resultados de estudios previos (evaluación de agua extravascular pulmonar, pérdida de la aireación pulmonar y evaluación de la función diafragmática de forma aislada) muestran un impacto de rentabilidad.(19,38)

Por lo que el presente estudio pretende identificar si existe asociación entre el uso de ecografía torácica para la evaluación combinada: pulmonar y diafragmática y el aumento del éxito en el retiro de ventilación mecánica comparado con los protocolos más utilizados como el Índice de respiración superficial.

CAPITULO III. HIPÓTESIS

El engrosamiento diafragmático medido por ecografía es un método de evaluación de funcionalidad que puede predecir el éxito en el destete ventilatorio.

Hipótesis nula: la fracción de acortamiento diafragmático en combinación con la presencia/ ausencia de síndrome alveolo-intersticial evaluadas a través de ultrasonido torácico no pueden predecir el éxito de la extubación en pacientes adultos hospitalizados en la unidad de cuidados intensivos.

Hipótesis alterna: la fracción de acortamiento diafragmático en combinación con la presencia/ ausencia de síndrome alveolo-intersticial evaluadas a través de ultrasonido torácico pueden predecir el éxito de la extubación en pacientes adultos hospitalizados en la unidad de cuidados intensivos.

CAPITULO IV. OBJETIVOS

El objetivo primario es evaluar si el índice de engrosamiento diafragmático medido por ecografía puede correlacionar con el éxito del destete de la ventilación mecánica en pacientes de la terapia intensiva adultos.

Los objetivos secundarios son valorar si la presencia de líneas B y el sitio de aposición diafragmática se relacionan con falla a la extubacion.

CAPITULO V. MATERIAL Y MÉTODOS

Diseño

Estudio no experimental, prueba diagnóstica, prospectivo, transversal.

Criterios de inclusión

Pacientes de 18 años o mayores, hospitalizados en la unidad médica o quirúrgica del Hospital Universitario “Dr. José E. González” durante el periodo del 1º de enero del 2016 al 1º de enero del 2017 que hayan cumplido exitosamente la prueba de ventilación espontánea como parte del protocolo de extubación que rutinariamente se aplica a los pacientes críticos del Hospital.

Criterios de exclusión

- Pacientes reintubados después de una primera falla a la extubación
- Lesiones que impidan llevar a cabo el ultrasonido
- Embarazo
- Historia de enfermedad neuromuscular
- Lesión cerebral que impida la adecuada protección de la vía aérea (ECG < 8)
- Neumotórax unilateral o bilateral
- Presencia de sonda torácica en Hemotorax derecho
- Absceso subfrénico derecho
- Lesión conocida unilateral o bilateral del nervio frénico

- Parálisis diafragmática unilateral o bilateral
- Falta de disposición del paciente o tutor para participar en el estudio

Protocolo de Extubación

Se considera candidato a extubación a los pacientes con resolución o mejoría importante en la enfermedad que ocasiono la falla respiratoria y que cumplan con los siguientes requisitos: relación de $PaO_2/FiO_2 > 200$ mmHg, PEEP < 5 cmH₂O, requerimiento de vasopresores mínimo, no uso de sedación (excepto dexmedetomidina), presencia de reflejo tusígeno efectivo y adecuado manejo de secreciones. Al cumplir con las características mencionadas se llevó a cabo un ensayo de ventilación espontánea con PS y PEEP de 0 cmH₂O y FiO_2 del 40% por 30 minutos; para retirar el tubo endotraqueal el paciente no deberá presentar ninguno de los siguientes datos: índice de respiración superficial (FR/V_t) > 105 , depresión del estado de alerta, diaforesis, cianosis, disnea, incremento esfuerzo respiratorio, agitación o ansiedad, $PaO_2 < 60$ mmHg, $SpO_2 < 90\%$, $PaCO_2 > 50$ mmHg ó aumento de 8 mmHg respecto al valor previo al ensayo, $pH < 7.32$ ó disminución de 0.07 respecto al valor previo al ensayo, frecuencia respiratoria > 35 respiraciones por minuto ó aumento en $> 50\%$ respecto a la frecuencia respiratoria previa al ensayo, frecuencia cardiaca > 140 latidos por minuto ó incremento del 20% respecto al valor previo al ensayo, presión arterial sistólica > 180 mmHg ó incremento en el 20% respecto al valor previo al ensayo, presión arterial diastólica < 90 mmHg, ni arritmias cardiacas.

Tamaño De La Muestra

Se calculó una N de 82 pacientes con la siguiente fórmula.

$$\eta = \frac{4(Z\alpha)^2(pq)}{Z\alpha 1.96} IC^2$$
 El tamaño de muestra y análisis estadístico se calculó con la fórmula para la prueba diagnóstica.

Para el análisis de concordancia

$\eta = 2\sigma 2K/\epsilon^2$ Calculando con la fórmula para la comparación de medias

N= 80% de potencia esperada con diferencia de ± 1 mm fue observado en 16 mediciones.

Variables

Se incluyeron variables demográficas como sexo, edad, peso y talla; variables clínicas tales como días UCI, días Hospital, APACHE, SOFA, Índice de comorbilidad de Charlson, evaluación nutricional NUTRIC, comorbilidades, días de ventilación mecánica, ensayos de respiración superficial previos, presencia de traqueotomía, parámetros ventilatorios y mediciones de mecánica respiratoria, balance de líquidos, Fracción de acortamiento diafragmático a la inspiración y espiración, zonas con líneas B pulmonares, Falla ala extubación, causa y tiempo de falla y ala extubación y desenlace del paciente; Paraclínicas como albúmina.

Consideraciones Éticas

El ensayo fue sometido a la aprobación del comité de ética del Hospital Universitario “Dr. José E. González” de la Universidad Autónoma de Nuevo León a la cual una vez aprobada se asignó el folio NM16-0003.

Se realizó registro en ClinicalTrial.gov con número de identificación NTC02799056 en la fecha 9 de junio de 2016.

Conflictos De Interés

Ninguno de los autores tiene conflicto de intereses que declarar.

Análisis Estadístico

Análisis de sensibilidad, especificidad, VPP, VPN, AUC.

Ultrasonido Diafragmático

La ecografía se realizó utilizando un sistema de ultrasonido GE Logiq XP equipado con una sonda lineal de 10 MHz. La evaluación se realizó con el paciente en posición semi-recumbente visualizando el diafragma con el transductor lineal posicionado en la pared torácica, en el sitio de aposición diafragmática, a nivel del octavo o noveno espacio intercostal, entre la línea axilar anterior y línea axilar media, identificando el diafragma como dos líneas paralelas ecogénicas (la pleura diafragmática y la membrana peritoneal). Las imágenes diafragmáticas fueron capturadas a dos tiempos de la respiración espontánea, a la capacidad pulmonar total, evaluando el máximo engrosamiento al final de la inspiración, y al volumen residual el máximo engrosamiento al final de la espiración. Cada imagen fue congelada en modo B y se midió desde el centro de

la línea pleural a la mitad de la línea peritoneal, así calculando la fracción de engrosamiento diafragmático mediante la siguiente formula: $\frac{\text{Espesor al final de la inspiración} - \text{Espesor al final de la espiración}}{\text{Espesor al final de la espiración}}$.

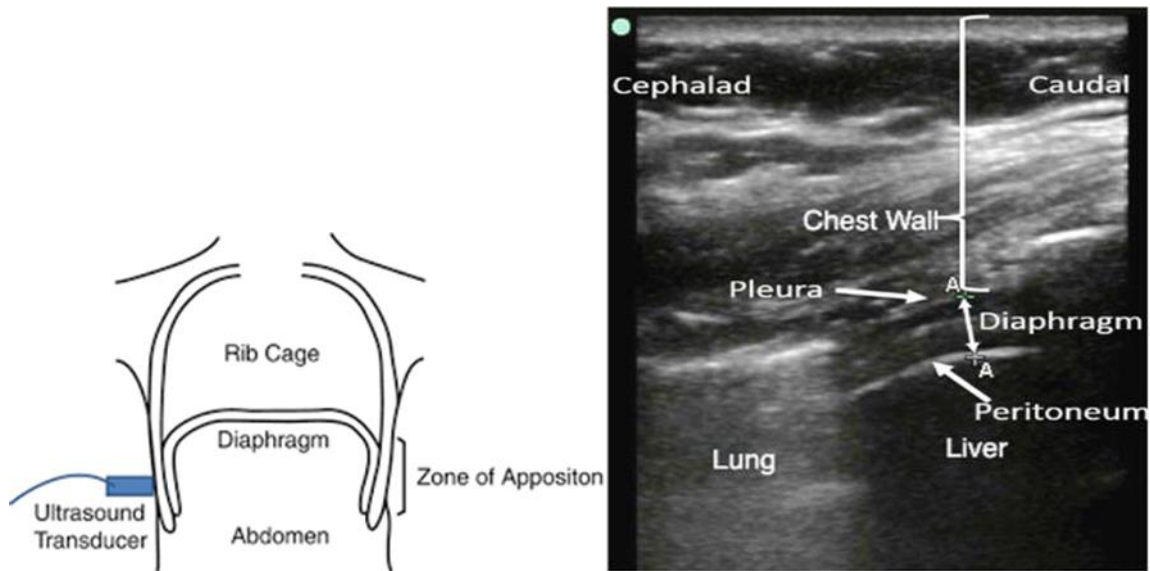


Figura 1. Ecografía Diafragmática: a) Colocación de transductor para la visualización de diafragma en sitio de aposición, b) Identificación de diafragma entre dos líneas ecogenicas dadas por el peritoneo y pleura.

Ultrasonido pulmonar

El ultrasonido pulmonar se realizó con el paciente en posición semi-recumbente, localizando 5 regiones o zonas para cada hemitorax, a la cual se analizó el tipo de patrón visualizado con el transductor microconvexo así como se muestra en la figura. Se contaron el número de zonas con presencia de más de 3 líneas B por región.

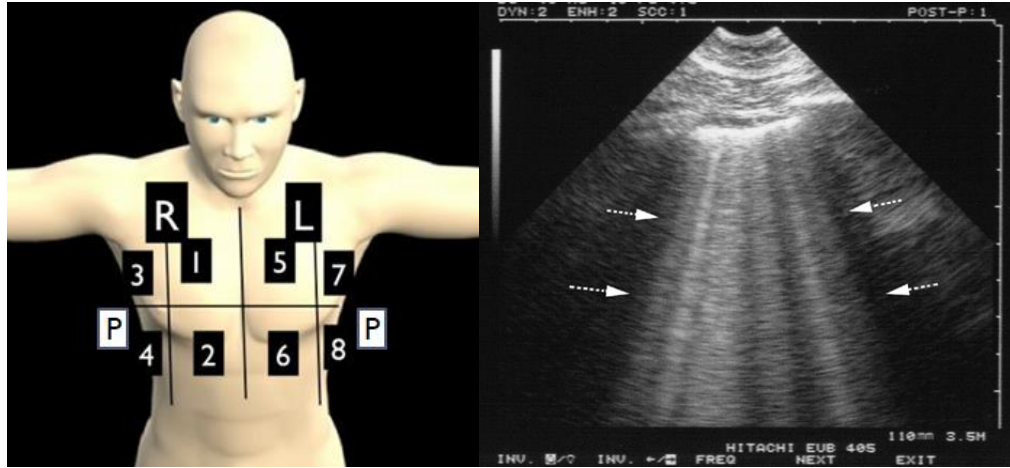


Figura 2. Ecografía Pulmonar: a) Identificación de los 10 cuadrantes examinados durante el ultrasonido pulmonar, b) presencia de líneas B desde la línea pleural, notándose como líneas verticales que siguen trayecto hasta la parte más profunda de la ventana pulmonar.

CAPITULO VI. RESULTADOS

Las características generales de la población se muestran en la tabla 1. 82 pacientes fueron incluidos en el estudio de los cuales 24 presentaron falla a la extubación y 58 tuvieron éxito a la extubación. No hubo diferencias significativas entre ambos grupos en edad, y diagnóstico de ingreso. Mayor estancia hospitalaria se encontró en el grupo de falla a la extubación de 11.5 días vs 5.0 días, mayor puntuación APACHE de 13.6 vs 11.9 ($p=0.093$), NUTRIC Score 3 vs 1.5 puntos mayor para el grupo de falla a la extubación ($p= 0.022$), así como mayor número de ensayos respiratorios 2 vs 1 ($p=0.01$).

El balance acumulado fue mayor en el grupo de falla a la extubación de 1095 ml vs 634 ml significativamente estadístico ($p=0.007$), fracción de acortamiento diafragmático menor de 23.9% vs 31.2% ($p=0.034$) y presencia de líneas B en 2 zonas para el grupo de falla y 0 zonas para el grupo de éxito a la extubación ($P=0.001$). No se encontró diferencia entre los grupos para la albúmina sérica.

Tabla 1. Información General	Falla a la Extubación (n = 24)	Éxito a la Extubación (n = 58)	p
Asma	0	1 (1.72)	
Quemados	1 (4.16)	2 (3.44)	
Cetoacidosis Diabética	0	2 (3.44)	
Eclampsia	0	2 (3.44)	
Empiema	0	1 (1.72)	
Lesión Cervical	0	1 (1.72)	
Choque Hipovolémico	5 (20.83)	6 (10.34)	
Hemorragia Intracerebral	3 (12.50)	10 (17.23)	
Meningitis	0	3 (5.17)	
Síndrome Hipoventilación Obesidad	1 (4.16)	0	

Tabla 1. Información General	Falla a la Extubación (n = 24)	Éxito a la Extubación (n = 58)	p
Edad (años)*	48.71 (17.4)	43.24 (18.5)	0.211
Género (Femenino)	5 (20.8)	16 (27.5)	0.590
IMC (Kg/m2)*	24.82 (4.40)	26.20 (4.82)	0.211
Estancia Hospitalaria (d)**			
Pre UCI	2.50 (32)	1.00 (92)	0.341
UCI	11.50 (24)	5.00 (30)	0.001
Post UCI	19.50 (56)	16.00 (95)	0.327
Diagnostico de ingreso a UCI			0.413
Falla Renal Aguda	0	3 (5.17)	
Infarto Agudo al Miocardio	1 (4.16)	1 (1.72)	

Tabla 1. Información General	Falla a la Extubación (n = 24)	Éxito a la Extubación (n = 58)	p
Neumonía	6 (25.00)	8 (13.79)	
PO Cirugía Abdominal	4 (16.66)	5 (5.17)	
PO Cirugía Cardíaca	0	4 (6.89)	
PO Cirugía Neurológica	1 (4.16)	6 (10.34)	
Choque Séptico	2 (8.33)	3 (5.17)	
APACHE II (Pts)*	13.63 (6.08)	11.19 (5.08)	0.093
SOFA (Pts)**	5 (13)	4 (11)	0.025
Índice de comorbilidad de Charlson (Pts)**	2 (5)	1 (9)	0.473
Puntaje NUTRIC **	3 (8)	1.5 (6)	0.022
TOTAL Ensayos R.**	2 (3)	1 (3)	0.016
Respiración Superficial	45.35 (19.31)	41.51 (15.09)	0.389

Tabla 1. Información General	Falla a la Extubación (n = 24)	Éxito a la Extubación (n = 58)	p
Índice (bpm/L)			
Balance Acumulado (ml) **	1095 (5545)	634 (7476)	0.007
Albumina (gr/dL)*	2.17 (0.84)	2.58 (0.78)	0.046
Fracción de Acortamiento Diafragmático (%) *	23.97 (13.44)	31.20 (13.92)	0.034
Zonas Líneas- B**	2 (4)	0 (3)	<0.001
Mortalidad	11 (45.8)	4 (6.8)	<0.001

Tabla 1. Características generales de los pacientes de acuerdo a la variable de extubación, Falla o Éxito. Los datos son representados en Medias y Desviación estándar/ Medianas y rangos o N y porcentajes

* Muestras independientes T Test/ ** Muestras independientes Mann-Whitney U

La mortalidad fue mayor en el grupo que falló a la extubación con 11% vs 4% para el grupo que no falló. En la figura 1 se representa la curva de supervivencia por métodos de Log Rank 0.007.

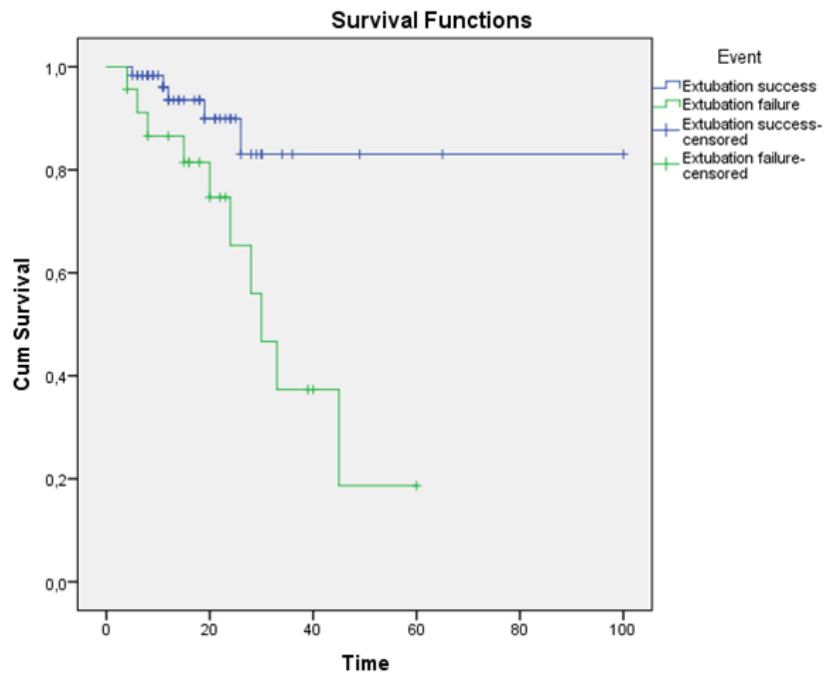


Figura 3. Curva de supervivencia de Kaplan-Meier.

Las principales causas de falla a la extubación en los 24 pacientes fueron la insuficiencia respiratoria con 9 pacientes (37.5%), pobre manejo de secreciones para 5 pacientes (20.8%), Laringoespasma 4 pacientes (16.7%) y broncoespasmo 2 pacientes (8.2%); con un tiempo de falla de 12.2 horas. (Tabla 2)

Tabla 2. Causas de Falla a la Extubación	n (%)
Alteración de la Conciencia	1 (4.2)
Aspiración de contenido Gástrico	1 (4.2)
Broncoespasmo	2 (8.2)
Delirio	1 (4.2)
Falla Cardíaca	1 (4.2)
Laringoespasmo	4 (16.7)
Pobre manejo de Secreciones	5 (20.8)
Insuficiencia Respiratoria	9 (37.5)
Total	24 (100)
Tiempo de Falla (h)	12.22 (15.2)

Tabla2. Causas de Falla a la Extubación

Las causas de muerte se describen en la tabla 3. Once pacientes murieron en el grupo de falla a la extubación y las causas más frecuentes entre los mismos fueron la insuficiencia respiratoria con un 25%, Infarto agudo al miocardio en el 12.5% así como aspiración de contenido gástrico y hemorragia del sistema nervioso central con 4.1% cada una.

Tabla 3. Causas de Muerte	Falla a la Extubación (n = 24)	Éxito a la Extubación (n = 58)	p
Infarto Agudo al Miocardio	3 (12.5)	0	
Aspiración de contenido Gástrico	1 (4.1)	1 (1.7)	
Hemorragia de SNC	1 (4.1)	0	
Insuficiencia Respiratoria	6 (25.0)	0	
Choque Séptico	0	3 (5.1)	
TOTAL	11 (45.8)	4 (6.8)	0.014

Tabla 3. Causas de Muerte de acuerdo a la Falla/Éxito a la extubación

En el análisis univariado mostrado en la tabla 4, la fracción de acortamiento diafragmático con un punto de corte de > 30% mostró una sensibilidad de 62% y especificidad de 50% por método de J de Youden y el número de zonas pulmonares con líneas B con punto de corte > 1 zona tenía una sensibilidad y especificidad 66 y 92%, respectivamente por método de J de Youden, ambos parámetros fueron significativos en relación a la predicción de falla de extubación con un área bajo la curva de 0.664 [0.526 a 0.801] y 0.819 [0.703 a 0.934], respectivamente. La albumina con un corte de >3 mg/dL mostró 87% de sensibilidad y 30% especificidad, el balance acumulado por su parte con >630 mililitros 70 y 40% de sensibilidad y especificidad; y el NUTRIC Score >2 puntos 54 y 73%.

Se realizó un análisis de regresión logística binomial para determinar los efectos de NUTRIC Score, Balance Acumulado, Albúmina, Líneas B y Fracción de acortamiento Diafragmático sobre la probabilidad de que los pacientes hayan

fallado en la extubación. El modelo de regresión logística fue estadísticamente significativo, $\chi^2(5) = 41.040$, $p < .0005$. El modelo explicó el 56% (Nagelkerke R2) de la varianza en la falla a la extubación y clasificó correctamente el 86,4% de los casos. La sensibilidad fue del 66,7%, la especificidad del 94,7%, el valor predictivo positivo del 84% y el valor predictivo negativo del 87,09%.

No se encontró significancia en la regresión logística binomial, siendo solo significativo el número de zonas de líneas B relacionado con la falla de extubación con un Odds ratio de 5.91 [2.33-14.98], y un valor de $p < 0.001$. (Tabla 5)

Tabla 4. Área bajo la curva para predicción de Falla a la Extubación	Área	95% IC Limite Inferior	95% IC Limite Superior	P	<u>J Youden</u>
Albúmina (mg/dL)	0.643	0.509	0.777	0.043	< 3 (87,30)
Fracción de acortamiento Diafragmático (%)	0.664	0.526	0.801	0.020	<30 (62,50)
Balance Acumulado (ml)	0.691	0.568	0.814	0.007	≥630 (70,40)
Zonas con líneas B	0.819	0.703	0.934	<0.001	≥1 (66,92)
NUTRIC (pts)	0.655	0.522	0.789	0.028	≥ 2 (54,73)
<u>IRS (bpm/L)</u>	0.570	0.431	0.790	0.323	≥ 65 (75,37)

Tabla 4. Área bajo la curva para la predicción de Falla a la Extubación

Tabla 5. Análisis multivariado Regresión Logística B	B	SE	Wald	df	p	Odds Ratio	95% IC Inferior	95% IC Superior
Balance Acumulado (ml)	0.000	0.000	0.221	1	0.638	1.000	0.999	1.000
Albumina (mg/dL)	0.639	0.500	1.629	1	0.202	1.894	0.710	5.052
Zonas Líneas B	1.778	0.474	14.061	1	<0.001	5.918	2.336	14.988
Fracción de Acortamiento Diafragmático	-0.037	0.026	2.035	1	0.154	0.963	0.915	1.014
NUTRIC (pts)	0.565	0.242	5.446	1	0.020	1.760	1.095	2.830
Constante	-4.332	1.950	4.935	1	0.026	0.013		

Tabla 5. Análisis Multivariado de Regresión Logística

En la table 6 se muestra la correlacion entre distintas variables en relación a la falla a la extubacion se las cuales podemos encontrar una correlacion entre el balance acumulado con la presencia de lineas B pulmonares.

Tabla 6. Correlación entre variables Falla a la Extubación	Balance Acumulado (ml)	Albúmina (mg/dL)	Zonas Líneas B	Acortamiento Diafragmático (%)	NUTRIC Score (pts)
Balance Acumulado (ml)	-	-0.169*	0.298**	-0.101	0.210*
Albúmina (mg/dL)	-0.169*	-	-0.326**	0.015	-0.210*
Zonas Líneas B	0.298**	-0.326**	-	-0.252*	0.210*
Acortamiento Diafragmático (%)	-0.101	0.015	-0.252*	-	-0.168*
NUTRIC Score (pts)	0.210*	-0.210*	-0.210	-0.168*	-

Tabla 6. Correlación de variables a Falla a la Extubación por método de Kendall's

Por último se realizó un análisis de concordancia con Kappa ponderada, para discriminar en el efecto de medición por ultrasonido de cada operador, en la cual encontramos por método cuadrático 0.843 (SE 0.09) (95% IC 0.661-1.000) y concordancia real de 88.89%.

CAPITULO VII. DISCUSIÓN

Determinar el momento óptimo para extubar un paciente crítico sigue siendo un problema actual, que conlleva un riesgo de falla en el destete, lo que provoca la reintubación frecuentemente asociada a estrés hemodinámico y respiratorio; por otra parte el aumento en la duración de la ventilación mecánica que tiene otros riesgos, como el desarrollo de neumonía asociada al ventilador, lesiones traqueal, barotrauma, etc., tanto así que ambos se asocian con un aumento en la mortalidad, permanencia en unidad de cuidados intensivos y costo económico. (39,40)

Los procesos de extubación representan el 40% del tiempo total de duración de la ventilación mecánica y más del 20% de ésta población se clasifican en pacientes que requieren destete prolongado por falla a la extubación o requerimiento de más de 7 días en ventilación mecánica. Se ha descrito que de éstos el 34.1% presentan disfunción diafragmática.(41)

Múltiples índices han sido evaluados en su utilidad para el proceso de destete y se incluyen la ventilación minuto, presión máxima inspiratoria, frecuencia respiratoria, índice de respiración superficial, presión de oclusión de vía aérea traqueal, CROP (compliance, rate, oxygen pressure index) y la presión esofágica y gástrica. (3) Las directrices actuales sugieren el ensayo de respiración superficial como una herramienta para predecir el resultado, sin embargo, entre el 13 y el 26% de los pacientes que son extubados, deben reintubarse dentro de las primeras 48 horas. Por lo que en los últimos años ha cobrado interés el uso

de parámetros ecográficos como predictores de destete ventilatorio al ser el ultrasonido un área de creciente interés por la portabilidad, seguridad, velocidad e información en tiempo real, de éstos se han realizado investigaciones de la rentabilidad de la ecografía diafragmática y pulmonar. (42)

En una revisión sistemática el diagnóstico de disfunción o parálisis del paciente crítico se encontró por ultrasonido en 29% de pacientes mecánicamente ventilados que no tenían enfermedad neuromuscular o antecedentes de disfunción. (39) Las evaluaciones de esfuerzo respiratorio, cuando han sido comparados con técnicas invasivas han demostrado correlación significativa, por lo cual se propone como un método nuevo para la evaluación de progresión de atrofia diafragmática mediante mediciones de grosor diafragmático, siendo el mejor método para su detección, sin que esto signifique o sea sinónimo de disfunción. (43) Por lo que su uso puede informar disfunción o parálisis diafragmática, predicción de falla o éxito en el destete de la ventilación mecánica, índice de esfuerzo respiratorio en pacientes mecánicamente ventilados y evaluar la progresión de atrofia en pacientes críticos. Es un estudio fácil de realizar y reproducible, algunos estudios han demostrado que la medición de desplazamiento y engrosamiento diafragmático tienen un coeficiente de correlación de 0.876 a 0.999 (intraobservador) y de 0.56 a 0.989 (interobservador) y con poco tiempo de realización que va desde 10 a 15 minutos.(39)

Tiene dos propuestos predictores, la excursión diafragmática (ED) que mide la distancia que el diafragma se mueve durante un ciclo respiratorio; y la fracción

de engrosamiento diafragmático que refleja la variación en el espesor durante el esfuerzo respiratorio y se calcula como (grosor al final de la inspiración – grosor al final de la espiración/ espesor al final de la espiración). (26)

En una revisión sistemática y metanálisis de 19 estudios se consideró que la fracción de acortamiento diafragmática es un buen indicador de esfuerzo diafragmático y los valores bajos se asocian con un aumento en la duración de la ventilación mecánica, la estancia en UCI y mortalidad. Y la excursión diafragmática está asociada al volumen inspiratorio sin embargo no se correlaciona con otros índices de esfuerzo, además de que al contrario a la Fracción de acortamiento diafragmático, la excursión diafragmática proviene de añadir el esfuerzo respiratorio de los pacientes proviene de añadir una presión generada por el ventilador, por lo que su uso solo tiene sentido en ausencia de apoyo ventilatorio. (42)

Ahmed M. Osman encontró en un estudio prospectivo que todos los valores de FAD por encima de 31% tenían un destete exitoso, mientras el 29% como punto de corte para falla. Un punto de corte de 28% mostro falla con 88.9% de sensibilidad, 100% especificidad, 96.2% VPN y 100% VPP. similar a lo encontrado en éste estudio con un punto de corte igual o menor a 30% predecía una falla la extubación con 62% de sensibilidad y 50% especificidad (AUC 0.664), sin embargo perdió significancia estadística en el análisis de regresión logística binomial. Dinino et al, encontró el mismo punto de corte con sensibilidad de 88%, especificidad de 71%, VPP 91%, VPN 63% AUC 0.79.(25,42) Umbrello por su parte es quien tiene un punto de corte más alto, >36% que comparó con el Índice

de respiración superficial obteniendo una sensibilidad de 82%, especificidad de 88%, VPP 92% y VPN 75%, vs IRS <105 con sensibilidad de 93%, especificidad de 88%, VPP 93% y VPN 88%. Sin embargo estos estudios son con poblaciones pequeñas, en las cuales el ultrasonido fue realizado con tiempos de 6 a 36 horas previas al ensayo de respiración superficial y extubación, por lo que los resultados pueden diferir a lo que en tiempo de falla sucede con el paciente. (44)

Sin embargo, no solo la disfunción diafragmática se asocia con falla en el destete ventilatorio sino, para que una liberación de la ventilación mecánica sea exitosa depende de varios factores como son la disminución de la aereación pulmonar relacionado fuertemente con insuficiencia cardiaca y balance de líquidos positivo en 19% con 1000 mililitros de agua o más, alteraciones en el cumplimiento pulmonar (neumonía, atelectasias etc.)(45,46)

En 2005, agrícola et al, describe en una serie de pacientes pos operados de cirugía cardiaca, la correlación existente entre el ultrasonido pulmonar y mediciones de agua extravascular pulmonar invasivas. Al mismo tiempo Anile et al, detecta que la presencia de más de cuatro cuadrantes positivos para líneas b difusas tuvieron la mayor especificidad 100% y sensibilidad 50% para predecir un índice de agua extravascular pulmonar mayor de 10 ml/Kg con un área bajo la curva de 0.8 (IC 95% 0.556-0.945, p 0.0048). (47,48) Dicho entonces que la presencia de líneas b resulta en 85.7% de sensibilidad y 97.7% de especificidad para el diagnóstico de síndrome alveolo intersticial.(49) En nuestro estudio nosotros encontramos una fuerte asociación en la presencia de líneas B en zonas pulmonares, describiendo así que la presencia de ≥ 1 zona predice la falla en la

extubación con una sensibilidad de 66% y una especificidad de 92% con una área bajo la curva de 0.819. Al igual que esto tiene una fuerte correlación con el balance acumulado mayor de 630 mililitros. Encontramos además que los pacientes que tuvieron un ensayo de respiración espontánea exitoso, un NUTRIC score alto al ingreso a UCI incrementa significativamente el riesgo de falla a la extubación, el cual previamente no se ha descrito en otros estudios.

CAPITULO VIII. CONCLUSIONES

Este estudio es de gran importancia ya que encontramos una fuerte asociación de tener una falla en la extubación o de alguna manera poder predecirla en los pacientes que son sometidos a un protocolo de extubación y que además tuvieron un ensayo de respiración espontánea exitoso, un NUTRIC score alto al ingreso a UCI o la presencia de líneas B al final el ensayo incrementa significativamente el riesgo de falla a la Extubación.

Aunque la fracción de acortamiento diafragmático predice falla a la extubación, pierde significado estadístico en el análisis multivariado.

En comparación con la dificultad con que se obtienen las imágenes en el ultrasonido diafragmático, la ecografía pulmonar para la identificación de líneas B es rentable, rápida y sin mayor entrenamiento requerido y el cual como se ha descrito anteriormente carece de riesgos para el paciente y puede realizarse en la cama del mismo.

CAPITULO IX. ANEXOS

Puntuación APACHE II									
APS	4	3	2	1	0	1	2	3	4
Tª rectal (°C)	> 40,9	39-40,9		38,5-38,9	36-38,4	34-35,9	32-33,9	30-31,9	< 30
Pres. arterial media	> 159	130-159	110-129		70-109		50-69		< 50
Frec. cardiaca	> 179	140-179	110-129		70-109		55-69	40-54	< 40
Frec. respiratoria	> 49	35-49		25-34	12-24	10-11	6-9		< 6
Oxigenación: Si FIO2 ≥ 0,5 (AaDO2) Si FIO2 ≤ 0,5 (paO2)	> 499	350-499	200-349		< 200				
pH arterial	> 7,69	7,60-7,69		7,50-7,59	7,33-7,49	61-70	7,25-7,32	7,15-7,24	< 7,15
Na plasmático (mmol/l)	> 179	160-179	155-159	150-154	130-149		120-129	111-119	< 111
K plasmático (mmol/l)	> 6,9	6,0-6,9		5,5-5,9	3,5-5,4	3,0-3,4	2,5-2,9		< 2,5
Creatinina * (mg/dl)	> 3,4	2-3,4	1,5-1,9		0,6-1,4		< 0,6		
Hematocrito (%)	> 59,9		50-59,9	46-49,9	30-45,9		20-29,9		< 20
Leucocitos (x 1000)	> 39,9		20-39,9	15-19,9	3-14,9		1-2,9		< 1
Suma de puntos APS									
Total APS									
15 - GCS									
EDAD									
≤ 44	0								
45 - 54	2								
55 - 64	3								
65 - 74	5								
≥ 75	6								
ENFERMEDAD CRÓNICA									
Postoperatorio programado	2								
Postoperatorio urgente o Médico	5								
Puntos APS (A)									
Puntos GCS (B)									
Puntos Edad (C)									
Puntos enfermedad previa (D)									
Total Puntos APACHE II (A+B+C+D)									
Enfermedad crónica: Hepática: cirrosis (biopsia) o hipertensión portal o episodio previo de fallo hepático Cardiovascular: Disnea o angina de reposo (clase IV de la NYHA) Respiratoria: EPOC grave, con hipercapnia, politemia o hipertensión pulmonar Renal: diálisis crónica Inmunocomprometido: tratamiento inmunosupresor inmunodeficiencia crónicas									

Anexo 1. Escala APACHE II.

Escala SOFA (Sepsis-related Organ Failure Assessment)

	0	1	2	3	4
Respiración^a PaO ₂ /FIO ₂ (mm Hg) o SaO ₂ /FIO ₂	>400	<400 221-301	<300 142-220	<200 67-141	<100 <67
Coagulación Plaquetas 10 ³ /mm ³	>150	<150	<100	<50	<20
Hígado Bilirubina (mg/dL)	<1,2	1,2-1,9	2,0-5,9	6,0-11,9	>12,0
Cardiovascular^b Tensión arterial	PAM ≥70 mmHg	PAM <70mm Hg	Dopamina a <5 o dobutamina a cualquier dosis	Dopamina a dosis de 5,1-15 o Epinefrina a ≤ 0,1 o Norepinefrina a ≤ 0,1	Dopamina a dosis de >15 o Epinefrina > 0,1 o Norepinefrina a > 0,1
Sistema Nervioso Central Escala de Glasgow	15	13-14	10-12	6-9	<6
Renal Creatinina (mg/dL) o flujo urinario (mL/d)	<1,2	1,2-1,9	2,0-3,4	3,5-4,9 <500	>5,0 <200

PaO₂: presión arterial de oxígeno; FIO₂: fracción de oxígeno inspirado; SaO₂: Saturación arterial de oxígeno periférico; PAM, presión arterial media; ^aPaO₂/FIO₂ es relación utilizada preferentemente, pero si no esta disponible usaremos la SaO₂/FIO₂; ^bMedicamentos vasoactivos administrados durante al menos 1 hora (dopamina y norepinefrina como ug/kg/min) para mantener la PAM por encima de 65 mmHg.

Anexo 2. Escala SOFA

Comorbilidad	Puntuación
Infarto de miocardio	1
Insuficiencia cardiaca congestiva	1
Enfermedad vascular periférica	1
Enfermedad cerebrovascular	1
Demencia	1
Enfermedad pulmonar crónica	1
Enfermedad del tejido conectivo	1
Úlcera péptica	1
Afección hepática benigna	1
Diabetes	1
Hemiplejía	2
Insuficiencia renal moderada o severa	2
Diabetes con afección orgánica	2
Cáncer	2
Leucemia	2
Linfoma	2
Enfermedad hepática moderada o severa	3
Metástasis	6
SIDA	6

Anexo 3. Índice de Comorbilidad de Charlson

NUTRIC Score

The NUTRIC Score is designed to quantify the risk of critically ill patients developing adverse events that may be modified by aggressive nutrition therapy. The score, of 1-10, is based on 6 variables that are explained below in Table 1. The scoring system is shown in Tables 2 and 3.

Table 1: NUTRIC Score variables

Variable	Range	Points
Age	<50	0
	50 - <75	1
	>75	2
APACHE II	<15	0
	15 - <20	1
	20-28	2
	>28	3
SOFA	<6	0
	6 - <10	1
	>10	2
Number of Co-morbidities	0-1	0
	≥2	1
Days from hospital to ICU admission	0 - <1	0
	≥1	1
IL-6	0 - <400	0
	≥ 400	1

Table 2: NUTRIC Score scoring system: if IL-6 available

Sum of points	Category	Explanation
6-10	High Score	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Associated with worse clinical outcomes (mortality, ventilation). ➤ These patients are the most likely to benefit from aggressive nutrition therapy.
0-5	Low Score	➤ These patients have a low malnutrition risk.

Table 3. NUTRIC Score scoring system: If no IL-6 available*

Sum of points	Category	Explanation
5-9	High Score	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Associated with worse clinical outcomes (mortality, ventilation). ➤ These patients are the most likely to benefit from aggressive nutrition therapy.
0-4	Low Score	➤ These patients have a low malnutrition risk.

*It is acceptable to not include IL-6 data when it is not routinely available; it was shown to contribute very little to the overall prediction of the NUTRIC score.³

Anexo 4. Escala de Evaluación Nutricional.

CAPITULO X. BIBLIOGRAFIA

1. Esteban A, Anzueto A, Frutos F, Brochard L, Stewart TE, Benito S, et al. Characteristics and Outcomes in Adult Patients Receiving Mechanical Ventilation: A 28-Day International Study. *Jama* [Internet]. 2002;287(3):345. Available from: <http://jama.jamanetwork.com/article.aspx?doi=10.1001/jama.287.3.345>
2. Coplin WM, Pierson DJ, Cooley KD, Newell DW RG. Implications of extubation delay in brain-injured patients meeting standard weaning criteria. AUCoplin WM, Pierson DJ, Cooley KD, Newell DW, Rubenfeld GD *Am J Respir Crit Care Med*. 2000;161(5):1530. *Am J Respir Crit Care Med*. 2000;161(5):1530.
3. Epstein SK, Ciubotaru RL, Wong JB. Effect of failed extubation on the outcome of mechanical ventilation. *Chest* [Internet]. 1997;112(1):186–92. Available from: <http://dx.doi.org/10.1378/chest.112.1.186>
4. Epstein SK, Ciubotaru RL. Independent effects of etiology of failure and time to reintubation on outcome for patients failing extubation. *Am J Respir Crit Care Med*. 1998;158(2):489–93.
5. Study a C. *Annals of Internal Medicine* Article One-Year Trajectories of Care and Resource Utilization for Recipients of Prolonged Mechanical Ventilation. 2010; Available from: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC2941154/>
6. Blacwood B, Burns K, Cardwell C, O'Halloran P. Protocolized versus non-protocolized weaning for reducing the duration of invasive mechanical ventilation in critically ill paediatric patients : Cochrane systematic review Review information. *Cochrane Libr*. 2014;(11):1–36.
7. Rose L, Schultz MJ, Cardwell CR, Jouvett P, McAuley DF, Blackwood B.

Automated versus non-automated weaning for reducing the duration of mechanical ventilation for critically ill adults and children. Cochrane database Syst Rev. 2014;6:CD009235.

8. Rose L, Presneill JJ, Johnston L, Cade JF. A randomised, controlled trial of conventional versus automated weaning from mechanical ventilation using SmartCare™/PS. *Intensive Care Med.* 2008;34(10):1788–95.
9. Girard TD, Ely EW. Protocol-Driven Ventilator Weaning: Reviewing the Evidence. *Clin Chest Med.* 2008;29(2):241–52.
10. Ely, E Wesley, Baker Albert M DDP. Patients Capable of Breathing Spontaneously. *N Engl J Med.* 1996;(335):1864–9.
11. Saura P, Blanch L, Mestre J, Vallés J, Artigas A, Fernández R. Clinical consequences of the implementation of a weaning protocol. *Intensive Care Med.* 1996;22(10):1052–6.
12. Blackwood B, Alderdice F, Burns K, Cardwell C, Lavery G, O'Halloran P. Use of weaning protocols for reducing duration of mechanical ventilation in critically ill adult patients:Cochrane systematic review and meta-analysis. *Bmj.* 2011;342(7790):214.
13. McConville JF, Kress JP. Weaning Patients from the Ventilator. *N Engl J Med* [Internet]. 2012 Dec 6;367(23):2233–9. Available from: <http://www.nejm.org/doi/abs/10.1056/NEJMra1203367>
14. Ely EW. Patients Capable of Breathing Spontaneously. *N Engl J Med.* 1996;335(25):1864-.
15. Yang KL, Tobin MJ. A prospective study of indexes predicting the outcome of trials of weaning from mechanical ventilation. *N Engl J Med* [Internet]. 1991 May

23;324(21):1445–50. Available from:

<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/2023603>

16. Hess D. Ventilator modes used in weaning. *Chest* [Internet]. 2001;120(6 SUPPL.):400S–424S. Available from:
http://dx.doi.org/10.1378/chest.120.6_suppl.400S
17. Huaranga AJ, Wang A, Haro MH, Leyva FJ. The Weaning Index as Predictor of Weaning Success. *J Intensive Care Med* [Internet]. 2013 Nov 1;28(6):369–74. Available from: <http://jic.sagepub.com/cgi/doi/10.1177/0885066612463681>
18. Jiang JR, Tsai TH, Jerng JS, Yu CJ, Wu HD, Yang PC. Ultrasonographic evaluation of liver/spleen movements and extubation outcome. *Chest*. 2004;126:179–85.
19. Access O, Lichtenstein D, Access O. Lung ultrasound in the critically ill. *Clin Intensive Care* [Internet]. 2014;20(3):1–12. Available from:
<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/24758984>
<http://informahealthcare.com/doi/abs/10.3109/09563070500131027>
20. Caltabeloti FP, Rouby JJ. Ultrassonografia pulmonar: Uma ferramenta útil no processo de desmame? *Rev Bras Ter Intensiva*. 2016;28(1):5–7.
21. Gerscovich EO, Cronan M, McGahan JP, Jain K, Jones CD, McDonald C. Ultrasonographic evaluation of diaphragmatic motion. *J Ultrasound Med*. 2001;20(6):597–604.
22. Vassilakopoulos T. Ventilator-induced diaphragm dysfunction: the clinical relevance of animal models. *Intensive Care Med* [Internet]. 2008 Jan;34(1):7–16. Available from: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/17928995>
23. Boussuges A. Diaphragmatic Motion Studied by M-Mode Ultrasonography.

- CHEST J [Internet]. 2009 Feb 1;135(2):391. Available from:
<http://journal.publications.chestnet.org/article.aspx?doi=10.1378/chest.08-1541>
24. Ferrari G, De Filippi G, Elia F, Panero F, Volpicelli G, Aprà F. Diaphragm ultrasound as a new index of discontinuation from mechanical ventilation. *Crit Ultrasound J* [Internet]. 2014;6(1):8. Available from:
<http://www.pubmedcentral.nih.gov/articlerender.fcgi?artid=4057909&tool=pmcentrez&rendertype=abstract>
25. DiNino E, Gartman EJ, Sethi JM, McCool FD. Diaphragm ultrasound as a predictor of successful extubation from mechanical ventilation. *Thorax* [Internet]. 2014;69(5):423–7. Available from:
<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/24365607>
26. Kim WY, Suh HJ, Hong S-B, Koh Y, Lim C-M. Diaphragm dysfunction assessed by ultrasonography: Influence on weaning from mechanical ventilation. *Crit Care Med* [Internet]. 2011 Jun;39(12):1. Available from:
<http://content.wkhealth.com/linkback/openurl?sid=WKPTLP:landingpage&an=00003246-9000000000-98344>
27. Criner GJ. Measuring diaphragm shortening using ultrasonography to predict extubation success. *Thorax* [Internet]. 2014;69(5):402–4. Available from:
<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/24727579>
28. Baria MR, Shahgholi L, Sorenson EJ, Harper CJ, Lim KG, Strommen J a, et al. B-mode ultrasound assessment of diaphragm structure and function in patients with COPD. *Chest* [Internet]. 2014;146(3):680–5. Available from:
<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/24700122>
29. Ortega ICM, Valdivieso AMH, Lopez JFA, Villanueva MÁM, Lopez LHA. Assessment of weaning indexes based on diaphragm activity in mechanically

- ventilated subjects after cardiovascular surgery. A pilot study. *Rev Bras Ter Intensiva*. 2017;29(2):213–21.
30. Elbouhy MS, AbdelHalim HA, Hashem AMA. Effect of respiratory muscles training in weaning of mechanically ventilated COPD patients. *Egypt J Chest Dis Tuberc* [Internet]. 2014;63(3):679–87. Available from: <http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0422763814000703>
 31. Grosu HB. Diaphragm Muscle Thinning in Patients Who Are Mechanically Ventilated. *CHEST J* [Internet]. 2012 Dec 1;142(6):1455. Available from: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/22722229>
 32. Lichtenstein DA. Relevance of Lung Ultrasound in the Diagnosis of Acute Respiratory Failure*. *CHEST J* [Internet]. 2008;134(1):117. Available from: <http://journal.publications.chestnet.org/article.aspx?doi=10.1378/chest.07-2800>
 33. Silva S, Biendel C, Ruiz J, Olivier M, Bataille B, Geeraerts T, et al. Usefulness of cardiothoracic chest ultrasound in the management of acute respiratory failure in critical care practice. *Chest*. 2013;144(3):859–65.
 34. Enghard P, Rademacher S, Nee J, Hasper D, Engert U, Jörres A, et al. Simplified lung ultrasound protocol shows excellent prediction of extravascular lung water in ventilated intensive care patients. *Crit Care* [Internet]. 2015;19(1):36. Available from: <http://ccforum.com/content/19/1/36>
 35. Picano E, Pellikka PA. Ultrasound of extravascular lung water: A new standard for pulmonary congestion. *Eur Heart J*. 2016;37(27):2097–104.
 36. Mongodi S, Via G, Bouhemad B, Storti E, Mojoli F, Braschi A. Usefulness of Combined Bedside Lung Ultrasound and Echocardiography to Assess Weaning Failure From Mechanical Ventilation. *Crit Care Med* [Internet]. 2013

Aug;41(8):e182–5. Available from:

<http://content.wkhealth.com/linkback/openurl?sid=WKPTLP:landingpage&an=00003246-201308000-00050>

37. Soummer A, Perbet S, Brisson H, Arbelot C, Constantin J-M, Lu Q, et al. Ultrasound assessment of lung aeration loss during a successful weaning trial predicts postextubation distress*. Crit Care Med [Internet]. 2012 Jul;40(7):2064–72. Available from:
<http://content.wkhealth.com/linkback/openurl?sid=WKPTLP:landingpage&an=00003246-201207000-00008>
38. Hew M, Heinze S. Chest ultrasound in practice: A review of utility in the clinical setting. Intern Med J. 2012;42(8):856–65.
39. Zambon M, Greco M, Bocchino S, Cabrini L, Beccaria PF, Zangrillo A. Assessment of diaphragmatic dysfunction in the critically ill patient with ultrasound: a systematic review. Intensive Care Med. 2017;43(1):29–38.
40. Elmer J, Lee S, Rittenberger JC, Dargin J, Winger D, Emler L. Reintubation in critically ill patients: Procedural complications and implications for care. Crit Care. 2015;19(1):1–7.
41. Osman AM, Hashim RM. Diaphragmatic and lung ultrasound application as new predictive indices for the weaning process in ICU patients. Egypt J Radiol Nucl Med [Internet]. 2017;48(1):61–6. Available from:
<http://dx.doi.org/10.1016/j.ejrn.2017.01.005>
42. Baess AI, Abdallah TH, Emara DM, Hassan M. Diaphragmatic ultrasound as a predictor of successful extubation from mechanical ventilation : thickness , displacement , or both ? 2016;162–6.

43. Llamas-Álvarez AM, Tenza-Lozano EM, Latour-Pérez J. Diaphragm and lung ultrasound to predict weaning outcome: systematic review and meta-analysis. *Chest* [Internet]. 2017; Available from: <http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0012369217314824>
44. Umbrello M, Formenti P, Longhi D, Galimberti A, Piva I, Pezzi A, et al. Diaphragm ultrasound as indicator of respiratory effort in critically ill patients undergoing assisted mechanical ventilation: a pilot clinical study. *Crit Care* [Internet]. 2015;19(1):161. Available from: <http://ccforum.com/content/19/1/161>
45. Thille AW, Boissier F, Ghezala H Ben, Razazi K, Mekontso-Dessap A, Brun-Buisson C. Risk factors for and prediction by caregivers of extubation failure in ICU patients: A prospective study. *Crit Care Med*. 2015;43(3):613–20.
46. Frutos-Vivar F, Ferguson ND, Esteban A, Epstein SK, Arabi Y, Apezteguía C, et al. Risk factors for extubation failure in patients following a successful spontaneous breathing trial. *Chest*. 2006;130(6):1664–71.
47. Volpicelli G, Elbarbary M, Blaivas M, Lichtenstein DA, Mathis G, Kirkpatrick AW, et al. International evidence-based recommendations for point-of-care lung ultrasound. *Intensive Care Med* [Internet]. 2012;38(4):577–91. Available from: <http://link.springer.com/10.1007/s00134-012-2513-4>
48. Anile A, Russo J, Castiglione G, Volpicelli G. A simplified lung ultrasound approach to detect increased extravascular lung water in critically ill patients. *Crit Ultrasound J*. 2017;9(1).
49. Davids JG, Turton EW, Raubenheimer JE. Comparison of lung ultrasound with transpulmonary thermodilution in assessing extra-vascular lung water. *South African J Anaesth Analg* [Internet]. 2016;22(6):12–6. Available from: <http://dx.doi.org/10.1080/22201181.2016.1216663>

