

**UNIVERSIDAD AUTONOMA DE NUEVO LEON
FACULTAD DE MEDICINA**



**“UTILIDAD DE LA ESCALA DE ULTRASONIDO PULMONAR Y
EXCURSIÓN DIAFRAGMÁTICA COMO PREDICTOR DE
EXTUBACIÓN EXITOSA EN RECIÉN NACIDOS”**

POR

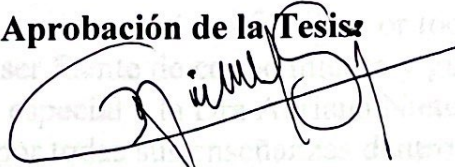
DR. OSCAR ULISES GALINDO AGUILAR

**COMO REQUISITO PARA OBTENER EL GRADO DE
ESPECIALISTA EN NEONATOLOGÍA**

ENERO 2023

**UTILIDAD DE LA ESCALA DE ULTRASONIDO PULMONAR Y
EXCURSIÓN DIAFRAGMÁTICA COMO PREDICTOR DE
EXTUBACIÓN EXITOSA EN RECIÉN NACIDOS**

Aprobación de la Tesis

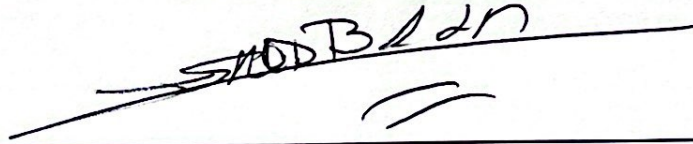


Dra. med. Adriana Nieto Sanjuanero
Director de Tesis

Profesor adscrito al Departamento de Pediatría y Servicio de Neonatología



Dra. med. Adriana Nieto Sanjuanero
Coordinador de Enseñanza



Dra. med. Isaiás Rodríguez Balderrama
Profesor Titular del Programa



Dr. Manuel Enrique de la O Cavazos
Jefe del Departamento de Pediatría



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

AGRADECIMIENTOS

A mi familia por todo el apoyo recibido.

A mis maestros, por ser fuente de conocimiento y guías en mi formación académica con mención especial a la Dra Adriana Nieto, directora de tesis a quien admiro y aprecio por todas sus enseñanzas dentro y fuera del hospital.

Y a los pacientes, por permitirme aprender y recordarme por qué escogí neonatología como subespecialidad.

DEDICATORIA

A Perla, por el camino recorrido.
A Caro, por lo que está por venir.

TABLA DE CONTENIDO

Capítulo I. Resumen.....	8
Capítulo II. Marco teórico.....	10
1. 1. Antecedentes.....	10
2. 2. Planteamiento del problema.....	14
3. Pregunta de investigación.....	16
4. Justificación.....	16
5. Hipótesis.....	16
Capítulo III. Objetivos.....	18
Capítulo IV. Material y métodos.....	19
1. 1. Diseño del estudio.....	19
2. Criterios de la población y muestra.....	19
3. Procedimientos.....	20
4. Tamaño de muestra.....	22
5. Análisis estadístico: herramientas estadísticas y programas estadísticos.	23
Capítulo V. Resultados.....	25
Tabla 1. Características basales demográficas de la población estudiada.....	26
Tabla 2: Características específicas demográficas de la población estudiada.....	27
Tabla 3: Resultados de ultrasonido pulmonar previo a la extubación.....	29

Tabla 4 Resultados de ultrasonido pulmonar posterior a la extubación.....	30
Capítulo VI. Discusión.....	31
Capítulo VII. Limitaciones.....	34
Capítulo VIII. Conclusión.....	35
Capítulo IX Referencias.....	36
Capítulo X. Anexo.....	40

LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Características basales demográficas de la población estudiada.....	26
Tabla 2: Características específicas demográficas de la población estudiada.....	27
Tabla 3: Resultados de ultrasonido pulmonar previo a la extubación.....	29
Tabla 4 Resultados de ultrasonido pulmonar posterior a la extubación.....	30

Capítulo I.

Resumen

Introducción: La ventilación mecánica en el neonato crítico es necesaria entre el 30 al 65% de las veces que se ingresa a una unidad de cuidados intensivos, convirtiéndose en una herramienta fundamental para la atención del paciente grave, sin embargo, a pesar de ser una terapia que mejora la sobrevida, no está exenta de complicaciones. Desafortunadamente, la frecuencia de fallo en la extubación en el neonato se presenta desde un 20% hasta 50% condicionando al paciente a sufrir complicaciones en la vía aérea superior, en el sistema respiratorio y en el neurodesarrollo.

Objetivo: Identificar el puntaje de la escala de ultrasonido pulmonar así como la medida de excursión diafragmática que más se asocia a una extubación exitosa en recién nacidos ingresados en la Unidad de Cuidados Intensivos Neonatales (UCIN).

Material y método: Estudio observacional, descriptivo, prospectivo y longitudinal en donde se realizará un ultrasonido pulmonar previo a la extubación, así como 24, 48 y 72 horas posteriores evaluando la escala de ultrasonido pulmonar (LUS) y midiendo la excursión diafragmática así como recabar datos demográficos y clínicos del paciente.

Resultados: Treinta y dos pacientes se incluyeron, 18 en el grupo de éxito en la extubación y 14 con falla. No hubo diferencia estadísticamente significativa en los datos demográficos ni clínicos de ambos grupos. No se encontró diferencia en el ultrasonido pulmonar previo a la extubación, 48 horas posteriores a la extubación, un puntaje de <1 en LUS así como una medida de

8.4 mm derecha y 7 mm izquierda tienen una sensibilidad del 88% para ambos y una especificidad del 50 y 40% y un AUC de 0.78 y 71 respectivamente.

Conclusiones: Un resultado de LUS menor a 1 así como una medida de excursión diafragmática de > 8.4mm derecha y > 7mm izquierda a las 48 horas de extubación predice el éxito en la extubación de más del 70% con una sensibilidad de 88% y una especificidad del 50%.

Palabras claves: *ultrasonido pulmonar, fallo a la extubación, ventilación mecánica, excursión diafragmática, LUS.*

Capítulo II. Marco teórico.

1. Antecedentes

La ventilación mecánica invasiva es el procedimiento que sustituye o ayuda de manera temporal a mantener la función respiratoria del recién nacido realizada por los músculos respiratorios y que por algún padecimiento no es posible que el paciente mantenga por el mismo. ¹

La ventilación mecánica se administra mediante un tubo endotraqueal conectado a un ventilador externo que estará programado por presión o por volumen para así administrar la cantidad de aire y oxígeno necesario para preservar las constantes vitales del paciente.

Anteriormente, por la década de los 60's, los recién nacidos con dificultad respiratoria severa tenían una alta tasa de mortalidad debido a que no existía un tratamiento efectivo para ayudarlos a mantener su respiración empleando solamente medidas de sostén motivo por el cual se empezó a introducir de manera paulatina la ventilación mecánica en este grupo de edad. ²

Actualmente varias décadas después, la ventilación mecánica en el recién nacido críticamente enfermo es necesaria entre el 30 al 65% de las veces que se ingresa a una unidad de cuidados intensivos, convirtiéndose en una herramienta fundamental para la atención incluyendo todas las formas de fallo respiratorio y así pudiendo mejorar la alta tasa de mortalidad que se tenía en épocas pasadas. ^{3,4}

Sin embargo, la ventilación mecánica a pesar de ser una terapia que ha mejorado la sobrevivencia de los pacientes, no está exenta de complicaciones las cuales se presentan entre un 25 hasta un 150% ya que pueden presentarse más de una complicación en los pacientes. ⁵

En el último reporte de complicaciones relacionadas a la ventilación mecánica de nuestro país menciono que las complicaciones pulmonares más frecuentes fueron atelectasias (35%) neumonía (27.5%) neumotórax (15%) displasia broncopulmonar (15%), neumomediastino (15%) y hemorragia pulmonar en un menor porcentaje. Otras complicaciones extrapulmonares como trauma de la vía aérea, mayor riesgo de sepsis o un riesgo incrementado de sufrir hemorragia interventricular también son frecuentes.

La ventilación mecánica se clasifica como de corta duración cuando se mantiene durante menos de 72 horas y de larga duración cuando se extiende por más de una semana. ⁴

Existe además una relación directamente proporcional entre el tiempo de la ventilación mecánica y las complicaciones teniendo que entre mayor tiempo se mantenga la ventilación, se incrementa más el riesgo de sufrir algún efecto adverso de esta terapia.^{5, 6}

Debido al aumento de morbilidad del paciente que se encuentra bajo ventilación mecánica, una de las metas en el tratamiento es buscar retirar el apoyo ventilatorio lo más rápido posible según sea su evolución clínica y habiendo revertido la causa por la que se llevó al soporte ventilatorio.

Factores como la madurez cerebral y la adecuada función pulmonar son necesarias para una transición exitosa del ventilador a una respiración espontánea. Para realizar la extubación, se emplean diversos protocolos de destete aplicados en cada unidad de cuidados intensivos neonatales basados en el control o resolución de la causa por la que se llevó a intubar al paciente, intercambio gaseoso adecuado confirmado por una gasometría en equilibrio acido-base, suspensión de la sedación y relajantes musculares, reflejos neurológicos protectores de la vía aérea adecuados y parámetros ventilatorios mínimos que demuestren que el paciente puede mantener un esfuerzo ventilatorio espontáneo.⁴

Sin embargo, la frecuencia de fallo en la extubación en el neonato (definida como la necesidad de re-intubación dentro de las primeras 72 horas posteriores a una extubación programada) se presenta desde un 20% hasta un 50% dependiendo de varios factores de riesgo entre los cuales destacan la edad gestacional, el peso, complicaciones asociadas, así como el modo de ventilación al que se trasladó el paciente.^{3, 4, 7}

Además, de manera independiente a las complicaciones que se presentan por la ventilación mecánica, el fallo a la extubación se asocia con un incremento en la mortalidad, mayor estancia intrahospitalaria y mayor días bajo requerimientos de oxígeno y ventilación, aumentando la morbilidad y mortalidad del paciente.⁸

Dentro de la unidad de cuidados intensivos, el uso de ultrasonido a la cama del paciente ha ganado popularidad en los últimos años debido a la rapidez con la que se realiza, la portabilidad del equipo, así como la poca radiación que emite en comparación con otros estudios de imagen son algunas de las ventajas que se destacan y que hoy en día ayudan a la toma de decisiones en menor tiempo y con mejores resultados.⁹

Durante la última década, se ha puesto especial atención en el ultrasonido pulmonar como método diagnóstico gracias a que con él se puede diferenciar entre la aireación normal pulmonar y diversos patrones que nos indican si hay algún daño

asociado en el órgano, así como poder evaluar otras estructuras de la caja torácica como el corazón y diafragma. ¹⁰

Gracias a estos estudios, se han realizado diversas clasificaciones o puntajes como el Score de Ultrasonido Pulmonar (LUS) o la excursión diafragmática para evaluar la función pulmonar y que hoy en día son utilizados como herramientas complementarias para la toma de decisiones dentro de la terapia intensiva. ^{11, 12}

2. Planteamiento del problema

La ventilación mecánica prolongada se asocia a una alta tasa de morbilidad y mortalidad en los recién nacidos y reducir la duración de este soporte debe de ser un objetivo en la terapia ya que puede mejorar potencialmente el pronóstico de estos pacientes.

Para lograr este objetivo, se trata de retirar el apoyo ventilatorio lo antes posible basándose en diversas variables clínicas así como parámetros gasométricos y manteniendo el ventilador con parámetros mínimos sin embargo, actualmente la tasa de fallo a la extubación es alta, alcanzando incluso hasta el 50% en los pacientes prematuros de bajo peso.

Se habla de extubación fallida cuando es necesaria una reintubación dentro de las primeras 72 horas posteriores a realizar una extubación planeada. Este fallo en la terapia condiciona de manera independiente a complicaciones en la vía aérea superior, en el sistema respiratorio y en el neurodesarrollo del bebé además de prolongar los días de ventilación mecánica, estancia intrahospitalaria y tener mayor riesgo de mortalidad.

La identificación de herramientas adicionales que ayuden a la toma de decisión para realizar una extubación exitosa podría mejorar la tasa de fallo en la extubación y así disminuir complicaciones y mejorar el pronóstico de los recién nacidos que requirieron apoyo ventilatorio en la unidad de cuidados intensivos neonatales.

En este estudio, nuestro objetivo es identificar el puntaje de la escala pulmonar modificada (LUSm) y la medida de excursión diafragmática medido mediante ultrasonido pulmonar realizado al pie de la cuna que se asocian a menor fallo en la extubación de nuestros pacientes internados en la unidad de cuidados intensivos neonatales.

3. Pregunta de investigación

¿Cuál es el puntaje del LUSm y la excursión diafragmática mínima asociado a una extubación exitosa en los recién nacidos con soporte ventilatorio invasivo internados en la UCIN de nuestro hospital utilizando ultrasonido pulmonar?

4. Justificación

En nuestra unidad no se cuenta con un estudio previo que evalúe al ultrasonido pulmonar como herramienta adicional para mejorar la toma de decisiones para extubar a nuestros pacientes y disminuir la tasa de extubación fallida de este grupo de edad. Con los resultados obtenidos de esta investigación, podremos diseñar nuevos protocolos o ensayos clínicos para validar al ultrasonido pulmonar como herramienta adyuvante para la toma de decisión del retiro del apoyo ventilatorio.

5. Hipótesis

Hipótesis alterna

Un puntaje de ≤ 4 en la escala pulmonar modificada (LUSm) y una medida de excursión diafragmática de $\leq 2.5\text{mm}$ son predictores de extubación exitosa en el 90% de los recién nacidos intubados. ^{11, 12}

Hipótesis nula

Un puntaje de ≤ 4 en la escala pulmonar modificada y una medida de excursión diafragmática de $\leq 2.5\text{mm}$ no son predictores de extubación exitosa en el 90% de los recién nacidos intubados

Capítulo III. Objetivos

Objetivo general

Identificar el valor en la escala pulmonar modificada y la medida de excursión diafragmática que se asocie a una extubación exitosa en el recién nacido.

Objetivos específicos

- Estimar la prevalencia de éxito de extubación exitosa en la población estudiada.
- Identificar el valor mínimo en la escala pulmonar modificada (LUSm) que se asocie a una extubación exitosa en el recién nacido
- Identificar la medida mínima de excursión diafragmática (mm) que se asocie a una extubación exitosa en el recién nacido.
- Valorar en la escala pulmonar modificada y excursión diafragmática en los días posteriores a la extubación e identificar si existen modificaciones en el puntaje que se asocie a fallo en la extubación tardía.

Capítulo IV. Material y métodos

1. Diseño del estudio

Estudio observacional, descriptivo, prospectivo, longitudinal.

2. Criterios de la población y muestra

Criterios de inclusión

1. Recién nacidos ingresados en la unidad de cuidados intensivos neonatales
2. Recién nacidos que se encuentren bajo ventilación mecánica invasiva.
3. Recién nacidos que se planee una extubación programada por el especialista en neonatología.
4. Primera extubación programa.
5. Padre/tutor acepte la realización del ultrasonido pulmonar.

Criterios de exclusión

1. Presencia de anomalías congénitas mayores.
2. Extubaciones accidentales.
3. Pacientes con intervenciones en caja torácica .
4. Pacientes que no cuenten con los datos completos en el expediente.
5. Padre/tutor no acepte la realización del ultrasonido pulmonar.

Criterios de eliminación

1. Recién nacidos que fallecieron previo a la extubación o en las primeras 72 horas posteriores a la extubación.
2. Recién nacidos trasladados a otra unidad de cuidados intensivos dentro de las primeras 72 horas posteriores a la extubación.

3. Procedimientos

Previa obtención de consentimiento informado de manera verbal por ambos padres, el cual se obtendrá desde el ingreso del paciente explicando los riesgos y beneficios del estudio así como explicar la recopilación de información sensible del expediente tanto de la madre como del recién nacido, se analizará de manera prospectiva los expedientes de los pacientes que ameriten intubación orotraqueal y que ingresen a la unidad de cuidados intensivos neonatales del 1 abril 2022 al 31 de octubre del 2022 para recolectar las variables demográficas prenatales, perinatales y morbilidades.

Se recabaron los parámetros ventilatorios, gasométricos y el resultado de la evaluación con ultrasonido pulmonar incluyendo la escala de ultrasonido pulmonar (LUSm) y excursión diafragmática utilizando un equipo Butterfly iQ+ realizado por el

residente de neonatología y se recabará en la hoja de recolección diseñada para el estudio (ver Anexo).

El estudio de ultrasonido pulmonar realizado a todos los pacientes de la UCIN se compone de revisar cuatro áreas pulmonares (cara anterior-superior izquierda, cara lateral - inferior izquierdo, cara anterior-superior derecho y cara lateral- inferior derecho) usando el transductor de manera transversal y longitudinal al menos dos horas antes del procedimiento de extubación.

Cada campo pulmonar se clasifica de acuerdo al puntaje de la escala pulmonar (LUSm) donde 0 corresponde a un pulmón normal y 4 corresponde a consolidación pulmonar. La suma de todas las áreas evaluadas podrá variar en un rango de 0 a 16 (figura 1).¹¹

Posteriormente para evaluar la excursión diafragmática se coloca el transductor en el área subcostal derecha e izquierda entre la línea axilar anterior y medio clavicular para la identificación de la línea diafragmática. Una vez localizada se selecciona el modo M para visualizar el movimiento del diafragma y se realiza una medición en milímetros de la amplitud de la onda generada desde la línea basal hasta el pico máximo de la onda correspondiendo al desplazamiento del diafragma entre la inspiración y espiración.

Posterior a la extubación, se recabará la modalidad de ventilación a la que paso el paciente, así como la primer gasometría y se evaluará a las 24, 48 y 72 horas los mismos parámetros ultrasonográficos previamente descritos. 13, 14

Las imágenes y mediciones serán almacenadas en una base de datos junto con las demás variables recabadas para ser reevaluadas por un experto para validar la puntuación otorgada por el operador inicial y posteriormente realizar el análisis estadístico

4. Tamaño de la muestra

$n = \frac{(p_1q_1 + p_2q_2)(K)}{(p_1 - p_2)^2}$					
CONFIANZA DEL 95% Y PODER DEL 80%					
22 MEDICIONES EN CADA GRUPO					
valor P1	0.5	0.25		n =	22.3125
valor Q1	0.5		0.16		
valor P2	0.9	0.09			
valor Q2	0.1				
valor K	10.5				
BIBLIOGRAFÍA:					
Prediction of extubation readiness using lung ultrasound in preterm infants Reem M. Soliam MD, Yasser Elsayed MD, Reem N. Said MD Neonatal Lung Disease 2021: 1-8					

Se utilizó una fórmula de diferencia de dos proporciones para el cálculo de tamaño de muestra entre el grupo control con una proporción del 50% y el grupo experimental con una proporción esperada del 90% en la prevalencia de falla a la extubación. Se tomó un valor de significancia de 0.05 y un poder del 80%, por lo que se utilizó un valor de K de 10.5. Se requiere un tamaño de muestra de 22 pacientes por grupo de estudio. Los parámetros fueron establecidos con base en literatura y a criterio del investigador.

5. Análisis estadístico: herramientas estadísticas y programas estadísticos

En la estadística descriptiva se reportarán frecuencias y porcentajes para variables categóricas. Para las variables cuantitativas se reportarán medidas de tendencia central y dispersión (media/mediana; desviación estándar/rango intercuartil), previa valoración de la distribución de las variables por medio de la prueba de Kolmogórov-Smirnov.

Se compararán variables categóricas por medio de la prueba de Chi cuadrado de Pearson o test exacto de Fisher. Para las variables cuantitativas se compararán grupos por medio de la prueba de T-student y/o U de Mann Whitney para grupos independientes. De ser posible se ejecutará una regresión logística binaria para determinar factores predictores incluyendo variables independientes que salgan significativas en el análisis bivariado. También se realizarán correlaciones de

Pearson o Spearman en base a si las variables independientes numéricas tienen distribución paramétrica o no paramétrica. Un valor de p mayor o igual a .05 se tomará como punto de corte para la significancia estadística.

Se ejecutará una regresión logística binaria para determinar factores predictores incluyendo variables independientes que salgan significativas en el análisis bivariado utilizando curvas de ROC.

Se identificará el Índice de Youden para evaluar el rendimiento de la prueba diagnóstica en forma dicotómica combinando sensibilidad y especificidad de cada parámetro.

Todos los análisis estadísticos se realizarán en el paquete estadístico SPSS versión 26 (IBM, Armonk, NY, USA).

Capítulo V.

Resultados

Se incluyeron un total de 32 sujetos de estudio que cumplieron los criterios de inclusión, de los cuales 18 (56.3%) se incluyeron en el primer grupo de éxito a la extubación, Grupo1, y 14 (43.8%) en el grupo de fracaso a la extubación, Grupo 2.

En la tabla 1 se describen las características basales demográficas de los pacientes que se incluyeron:

La mayoría de los pacientes incluidos (68.6%) contó con control prenatal adecuado durante el embarazo, a pesar de esto el porcentaje de madres con alguna patología fue mayor (71.9%)

De las patologías que se reportaron se encontró 8 pacientes con preeclampsia, 7 con diabetes mellitus gestacional/ pregestacional, 4 corioamnionitis y 1 con placenta previa, ruptura prematura de membranas de >72 horas y condilomatosis respectivamente.

Tabla 1. Características demográficas de la población estudiada

	Grupo 1 Éxito n= 18	Grupo 2 Fallo n= 14	Total n= 32	IC	Valor de p
Genero					
Femenino	10 (55.6%)	7 (50%)	17 (53%)	1.25 (0.308-5.072)	0.75
Masculino	8 (44.4%)	7 (50%)	15 (47%)		
CPN					
No	6 (33.3%)	4 (28.6%)	10 (31.3%)	1.25 (0.27-5.70)	0.77
Si	12 (66.7%)	10 (71.4%)	22 (68.6%)		
Patología Materna					
No	5 (27.8%)	4 (28.6%)	9 (28.1%)	0.96 (0.2-4.53)	0.96
Si	13 (72.5%)	10 (71.4%)	23 (71.9%)		
Inductores					
No	11 (61.6%)	6 (42.9%)	17 (53.1%)	2.095 (0.506-8.67)	0.3
Si	7 (38.9%)	8 (57.1%)	15 (46.9%)		
Vía Nacimiento					
Parto	10 (55.6%)	5 (35.7%)	15 (46.9%)	2.25 (0.53-9.45)	0.2
Cesárea	8 (44.4%)	9 (64.3%)	17 (53.1%)		
<p><i>n= totales, (%) porcentaje del total de la muestra</i> <i>IC: Intervalo de confianza</i> <i>Valor de p: <0.5</i></p>					

La edad gestacional del total de los pacientes incluidos se encontró desde las 29 SDG hasta las 38 SDG con una media de 32.5 SDG y el peso fue de 925 gramos hasta 3730 gramos con una media de 1820 en donde no se encontró ninguna diferencia estadísticamente significativa entre las dos poblaciones.

Presentaron mejor puntuación de Apgar los pacientes con fallo a la extubación en comparación con los pacientes que tuvieron éxito en ella. Así mismo se reportó un mayor número de días de ventilación mecánica en el grupo 1 vs el grupo 2 sin existir una diferencia estadísticamente significativa en ambos parámetros evaluados.

Tabla 2. Características específicas demográficas de la población estudiada

	Grupo 1 n= 18	Grupo 2 n= 14	Total n= 32	p
SDG				
	29- 38 (32.6 SDG)	29-37 (32.3 SDG)	29-38 (32.5)	0.7
Peso				
	0.925- 3.73 (1.869.44)	0.97- 2760 (1758.28)	0.925-3.73 (1.820)	0.66
Apgar				
1	1-9 (5.2)	3-8 (5.7)	1-9 (5.4)	0.49
5	3-9 (7.6)	6-9 (8)	3-9 (7.8)	0.38
Días ventilación				
	3-23 (9.7)	2-18 (7.5)	(8.7)	0.28

Tres de los pacientes requirieron ventilación de alta frecuencia, uno del grupo 1 y dos del segundo grupo, con un *valor de p* sin significancia estadística.

Del grupo con éxito en la extubación, 10 de los pacientes pasaron a CPAP ciclado mientras que los 8 restantes paso a CPAP burbuja. De igual manera, en el grupo de fallo a la extubación 10 de los pacientes pasaron a CPAP ciclado y 4 a CPAP burbuja sin encontrar diferencia significativa entre ambos grupos.

Existió una diferencia no significativa en los parámetros de ventilador previo a la extubación entre el grupo 1 y el grupo 2 incluyendo la presión pico (10.5 mmH₂O vs 11.5 mmH₂O), frecuencia respiratoria (22.2 rpm vs 27.5 rpm) y FiO₂ (24.8% vs 27.5%) sin observarse diferencia en la presión al final de la espiración en los dos grupos (4.9 mmH₂O) vs 4.9 mmH₂O).

Los resultados gasométricos entre los dos grupos no tuvieron ninguna diferencia estadísticamente significativa, sin embargo, el pH del grupo 2 se encontró ligeramente disminuido respecto al grupo control (7.35 vs 7.32), con una *p* de 0.7

Posterior a la extubación, no hubo diferencia entre los parámetros ventilatorios ni de requerimiento de oxígeno entre ambos grupos, sin embargo los pacientes de falla a la extubación presentaron pH menor (7.32 vs 7.26) que los pacientes que tuvieron éxito en la extubación, aunque, sin diferencia estadísticamente significativa, con una *p* 0.8

En las 24 horas previas a la extubación, en todos los campos pulmonares se reportó una LUS de 1 presentando una especificidad de entre el 61 y 89% con una especificidad entre el 14 y 38% (AUC 0.4-0.6).

Al evaluar la excursión diafragmática de este día se reportó que una medida de 76 mm y de 65 mm derecha e izquierda llevan una sensibilidad de 66 % y 72 %, con una especificidad de 28 y 42 respectivamente. (AUC 40 y 59) Tabla 3

Tabla 3. Resultados de ultrasonido pulmonar previo a la extubación

	Punto corte	Sensibilidad %	Especificidad %	Auc
LSD	1	89	28	0.60
LID	1	78	38	0.48
LSI	1	77	21	0.46
LII	1	61	14	0.40
EXC DER	76 mm	66	28	0.40
EXC IZQ	65 mm	72	42	0.59
<i>AUC: área bajo la curva</i>				

Posterior a realizar la extubación programada, en las primeras 24 horas, 48 y 72 horas un resultado <1 en el LUS de los 4 campos pulmonares presentaba una sensibilidad entre el 74 a 89%, 55 a 72 y 25 a 50% con una especificidad entre el 15 y 30%, 77 a 89% y 15 a 30% de especificidad respectivamente.

En cuanto a la excursión diafragmática, un resultado de 7.6 mm derecha y 6.5mm izquierda en las primeras 24 horas reporto una sensibilidad de 72 y 83% respectivamente con una especificidad de 30% en ambos (AUC: 0.54 y 0.6).

A las 48 horas, se obtuvo un puntaje de 8.4mm derecha con una sensibilidad de 88% y especificidad de 50% así como 7mm izquierdo con una sensibilidad de 88% y especificidad de 40% (AUC 0.78 y 0.71) siendo esta la mayor sensibilidad y especificidad obtenida en el estudio.

A las 72 horas, se obtuvo una medición de 9.3mm derecha y 7.4mm izquierda, obteniendo sensibilidad de 72% y 83% respectivamente sin embargo una baja especificidad de 10% en ambos casos (AUC: 0.77 y 0.36) Tabla 4.

Tabla 4. Resultados de ultrasonido pulmonar posterior a la extubación

	Punto corte	Sensibilidad %	Especificidad %	AUC
24 horas postextubacion				
LSD	1	83	30	0.53
LID	1	89	20	0.48
LSI	1	73	30	0.48
LII	1	77	15	0.43
EXC DER	7.6 mm	72	30	0.54
EXC IZQ	6.5 mm	83	30	0.60
48 horas postextubacion				
LSD	1	55	40	0.46
LID	1	72	20	0.42
LSI	1	55	20	0.36
LII	1	72	15	0.36
EXC DER	8.4 mm	88	50	0.78 ***
EXC IZQ	7.0mm	88	40	0.71 ***
72 horas postextubacion				
LSD	1	27	10	0.63
LID	1	50	10	0.75
LSI	1	25	10	0.61
LII	1	50	10	0.25
EXC DER	9.3 mm	72	10	0.77
EXC IZQ	7.4 mm	83	10	0.36
AUC: área bajo la curva.				

Capítulo VI.

Discusión

El proceso de destete de la ventilación mecánica y la extubación programada sigue siendo un reto de la unidad de cuidados intensivos neonatales ya que no es una ciencia exacta y es necesario utilizar diferentes parametros como guía para tomar la decisión del retiro de ventilación.

Tapia-Rombo et al, mencionan que una gasometría en equilibrio acido base, Hb >13 y una radiografía de tórax sin datos patológicos son parámetros que se deben de buscar en todos los pacientes para tener éxito en la extubación.

La tasa de falla a la extubación general se presenta hasta en el 30% de los pacientes a termino sin embargo, este porcentaje incrementa hasta el 50% en pacientes prematuros o aquellos que tienen más de 7 días de ventialción mecánica y/o más de 5 días de sedación.⁴

Diferentes estudios han utilizado la escala de ultrasonido pulmonar para predecir el fallo a la extubación de los recién nacidos sin embargo, ninguno tiene un método validado para comparar la utilidad de la escala.

Soliman, R, evaluó dos áreas pulmonares (apical y basal) de manera bilateral y en su estudio menciona que un valor <4 en la suma de la escla de ultrasonido pulmonar a las 24 horas de vida predice el éxito en la extubación en prematuros

Nuestro estudio evaluó de manera independiente cada área pulmonar (buscando lóbulos superiores e inferiores) obervada en el ultrasonido reportando que un valor <1 independeinte tiene mayor probabilidad numérica de éxito en la extubación sin embargo, no pudimos determinar una diferencia estadísticamente significativa a un número mayor.

Dentro de nuestra búsqueda, solo dos estudios evaluan características diafragmáticas medidas en ultrasonido para predecir fallo en la extubación en recién nacidos a termino y en recién nacidos prematuros.

Mohesen et al, mencionan que no hay diferencia estadísticamente significativa entre la excursión diafragmática evaluada en la primer semana post extubación de los pacientes que sufrieron fallo vs los pacientes con éxito. ¹⁶

Bahgat et al, mencionan que el acortamiento diafragmático así como la excursión diafragmática se ven afectados de manera significativa en pacientes que presentan fallo a la extubación sin embargo, no evaluaron el punto de corte de estas variables. ¹²

La evaluación realizada con la curva de ROC y utilizando el índice de Youden a las 48 horas posterior a la extubación interpeta un punto de corte de 8.4 mm y 7 mm de excursión diafragmática derecha e izquierda respectivamente con una sensibilidad de 88% y especificidad de >50%, (AUC: 79 y 71) siendo esta medida la que mayor sensibilidad y especificidad demostro al realizar el análisis estadístico.

En adultos, se ha descrito que el punto de corte de excursión diafragmática sugerida para lograr una mayor tasa de extubación exitosa es de 1.14 cm con una sensibilidad de 90% y especificidad de 75% (AUC 0.84). No obstante, aunque se cuente con una buena sensibilidad y especificidad de este parámetro en recién nacidos a término o preteémimo no se podría utilizar de manera homóloga ya que existe una diferencia en la superficie corporal importante motivando a que continuemos en búsqueda del punto de corte ideal para este grupo de pacientes. ¹⁵

Capítulo VII.

Limitaciones

Debido al tiempo que utilizamos para recolectar a los pacientes, la n total de pacientes incluidos en nuestro estudio fue menor a la sugerida por el análisis estadístico de tamaño de muestra realizado previo al inicio del protocolo.

Un aumento del tamaño de muestra podría mejorar la sensibilidad y especificidad de la excursión diafragmática a las 24, 48 y 72 horas pudiendo sugerir con mayor seguridad un punto de corte mínimo para la escala de ultrasonido pulmonar así como para la excursión diafragmática en pacientes a término y pretermino.

Utilizar otro método de medición ya experimentada previamente por alguno de los autores antes mencionados como por ejemplo evaluar la LUS y sumar cada área pulmonar así como aumentar el número de áreas evaluadas podría mejorar la sensibilidad y especificidad para encontrar un punto de corte mínimo en el LUS que sugiera un aumento del éxito en la extubación

Capítulo VIII.

Conclusión

Observamos que mantener un resultado de LUS menor a 1 así como una medida de excursión diafragmática de $>8.4\text{mm}$ derecha y $>7\text{mm}$ izquierda a las 48 horas de extubación predice el éxito en la extubación de más del 70% con una sensibilidad de 88% y una especificidad del 50%.

Sin embargo, esta sensibilidad y especificidad no mejora las estadísticas actuales de éxito a la extubación utilizando los parámetros clínicos y gasométricos que se han utilizado en las unidades de cuidados intensivos neonatales desde tiempo atrás por lo que se requiere de nuevos estudios con mayor cantidad de pacientes para evaluar la utilidad del ultrasonido pulmonar en la predicción de falla o éxito en la extubación en el recién nacido.

Capítulo IX.

Referencias

1. Elorza, D., Sánchez, A. M., & Pérez, J. (2009). Ventilación Mecánica neonatal. *Anales De Pediatría Continuada*, 7(1), 8–15. [https://doi.org/10.1016/s1696-2818\(09\)70445-7](https://doi.org/10.1016/s1696-2818(09)70445-7)
2. Soto Páez, N., Sarmiento Portal, Y., & Crespo Campos, A. (2013). Morbilidad y mortalidad en neonatos sometidos a ventilación mecánica. *Rev. Ciencias Médicas*, 17(6), 96–109.
3. Ferguson, K. N., Roberts, C. T., Manley, B. J., & Davis, P. G. (2017). Interventions to improve rates of successful extubation in preterm infants. *JAMA Pediatrics*, 171(2), 165. <https://doi.org/10.1001/jamapediatrics.2016.3015>
4. Silva-Cruz, A. L., Velarde-Jacay, K., Carreazo, N. Y., & Escalante-Kanashiro, R. (2018). Risk factors for extubation failure in the Intensive Care Unit. *Revista Brasileira De Terapia Intensiva*, 30(3). <https://doi.org/10.5935/0103-507x.20180046>
5. Torres-Castro, C., Valle-Leal, J., Martínez-Limón, A. J., Lastra-Jiménez, Z., & Delgado-Bojórquez, L. C. (2016). Pulmonary complications associated with mechanical ventilation in neonates. *Boletín Médico Del Hospital Infantil De México (English Edition)*, 73(5), 318–324. <https://doi.org/10.1016/j.bmhime.2016.08.001>

6. Tapia-Rombo, C. A., Cortéz Ortiz, R. E., Uscanga Carrasco, H., & Tena Reyes, D. (2011). Factores asociados para falla en la extubación de recién nacidos de término de una unidad de cuidados intensivos neonatales. *Revista De Investigación Clínica*, 63(5), 484–493.
7. Hermeto, F., Martins, B. M., Ramos, J. R., Bhering, C. A., & Sant'Anna, G. M. (2009). Incidence and main risk factors associated with extubation failure in newborns with birth weight < 1,250 grams. *Journal de Pediatria*. <https://doi.org/10.2223/jped.1922>
8. Chawla, S., Natarajan, G., Shankaran, S., Carper, B., Brion, L. P., Keszler, M., Carlo, W. A., Ambalavanan, N., Gantz, M. G., Das, A., Finer, N., Goldberg, R. N., Cotten, C. M., Higgins, R. D., Jobe, A. H., Caplan, M. S., Polin, R. A., Laptook, A. R., Oh, W., ... Taft, J. (2017). Markers of successful extubation in extremely preterm infants, and morbidity after failed extubation. *The Journal of Pediatrics*, 189. <https://doi.org/10.1016/j.jpeds.2017.04.050>
9. Eltomey, M. A., Shehata, A. H., Nassar, M. A., & Elmashad, A. E. (2019). Can lung ultrasound assist in the decision of weaning mechanically ventilated neonates? *Egyptian Journal of Radiology and Nuclear Medicine*, 50(1). <https://doi.org/10.1186/s43055-019-0055-2>
10. Soliman, R. M., Elsayed, Y., Said, R. N., Abdulbaqi, A. M., Hashem, R. H., & Aly, H. (2021). Prediction of extubation readiness using lung ultrasound in preterm infants. *Pediatric Pulmonology*, 56(7), 2073–2080. <https://doi.org/10.1002/ppul.25383>

11. Szymański, P., Kruczek, P., Hożejowski, R., & Wais, P. (2021). Modified lung ultrasound score predicts ventilation requirements in neonatal respiratory distress syndrome. *BMC Pediatrics*, 21(1). <https://doi.org/10.1186/s12887-020-02485-z>
12. Bahgat, E., Abdel-Hady, H., Nasef, N., & El-Halaby, H. (2020, September 28). *Sonographic evaluation of diaphragmatic thickness and excursion as a predictor for successful extubation in mechanically ventilated preterm infants*. *European journal of pediatrics*. Retrieved January 29, 2022, from <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/32986125/>
13. Carrillo Esper, Raúl, Pérez Calatayud, Ángel Augusto, & Peña Pérez, Carlos Alberto.(2016). Evaluación ultrasonográfica de la función diafragmática mediante doble abordaje en el paciente grave. *Revista de la Asociación Mexicana de Medicina Crítica y Terapia Intensiva*, 30(4), 242-245. Recuperado en 29 de enero de 2022, de http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0187-84332016000400242&lng=es&tlng=es
14. Kim, K., Jang, D.-M., Park, J.-Y., Yoo, H., Kim, H. S., & Choi, W.-J. (2018). Changes of diaphragmatic excursion and lung compliance during major laparoscopic pelvic surgery: A prospective observational study. *PLOS ONE*, 13(11). <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0207841>

15. Liu LX, Su D, Hu ZJ (2017) The value of the excursion of diaphragm tested by ultrasonography to predict weaning from mechanical ventilation in ICU patients. *Zhonghua Nei Ke Za Zhi* 56: 495–499
16. Mohsen N, Nasef N, Ghanem M, Yeung T, Deekonda V, Ma C, Kajal D, Baczynski M, Jain A, Mohamed A. Accuracy of lung and diaphragm ultrasound in predicting successful extubation in extremely preterm infants: A prospective observational study. *Pediatr Pulmonol.* 2022 Nov 2. doi: 10.1002/ppul.26223. Epub ahead of print. PMID: 36324211.
17. Yadav, M. K., Pal, A., Pant, C., & Shrestha, B. K. (2019). Lung ultrasound score before and after extubation for predicting weaning outcome. *Journal of Chitwan Medical College*, 9(4), 15–17. <https://doi.org/10.3126/jcmc.v9i4.26893>
18. Liang, Z., Meng, Q., You, C., Wu, B., Li, X., & Wu, Q. (2021). Roles of lung ultrasound score in the extubation failure from mechanical ventilation among premature infants with neonatal respiratory distress syndrome. *Frontiers in Pediatrics*, 9. <https://doi.org/10.3389/fped.2021.709160>
19. Kurepa, D., Zaghloul, N., Watkins, L., & Liu, J. (2017). Neonatal lung ultrasound exam guidelines. *Journal of Perinatology*, 38(1), 11–22. <https://doi.org/10.1038/jp.2017.140>
20. El Amrousy, D., Elgendy, M., Eltomey, M., & Elmashad, A. E. (2020). Value of lung ultrasonography to predict weaning success in ventilated neonates. *Pediatric Pulmonology*, 55(9), 2452–2456. <https://doi.org/10.1002/ppul.24934>

Capítulo X. Anexo



Fecha:	Registro del paciente:
--------	------------------------

INSTRUMENTO DE RECOLECCIÓN DE DATOS

Fecha de nacimiento		Semanas de gestación		Terminación	
Hora de nacimiento		Peso al nacer		Parto eutócico	Partodistócico/instrumentado
Sexo		Apgar 1 y 5 minutos		Cesarea	Motivo:

ANTECEDENTES MATERNOS

Control prenatal	NO	SI: #	
Inductores pulmonares	NO	SI	
Patología materna	NO	SI	Especifique:

PARÁMETROS VENTILATORIOS, GASOMÉTRICOS Y DE FUNCIÓN PULMONAR

Fecha de intubación		Fecha de extubación		Días de ventilación mecánica	
DVEU intubación		DVEU extubación		Ameritó uso de VAFO	
Modo ventilación	CPAP C	CPAP B	Casco	Puntas	Aire ambiente
Surfactante:	SI	NO	#DOSIS:		

Previo extubación	
PIP	
PEEP	
Fio2	
FR	
ph	
CO2	
O2	
Lac	
HCO3	
Ex. Base	
SAT	

Posterior extubación	
PIP	
PEEP	
Fio2	
FR	
ph	
CO2	
O2	
Lac	
HCO3	
Ex. Base	
SAT	

Reintubación	SI	NO
Fecha de reintubación		
DVEU		
SDVC		
CAUSA DE REINTUBACIÓN		
Apnea		
Hemorragia pulmonar		
Neumotórax		
Acidosis		
Atelectasia		
Dificultad respiratoria		

PARÁMETROS BIOQUÍMICOS Y NUTRICIONALES PREVIO A EXTUBACIÓN

Proteínas totales		BUN		Fosfatasa alcalina	
Albumina		Fosforo			
Ayuno	NO	SI			
Vía oral	NO	SI	Volumen:	ml/kg/día	kcal/kg/día
NPT	NO	SI	Volumen:	ml/kg/día	kcal/kg/día

PARÁMETROS ULTRASONOGRÁFICOS PREVIO EXTUBACIÓN

US Previo extubación	
LSD	
LID	
LSI	
LII	
Ex Diaf D	
Ex Diaf I	

PARÁMETROS ULTRASONOGRÁFICOS PREVIO EXTUBACIÓN

US Post extubación 24 horas	
LSD	
LID	
LSI	
LII	
Ex Diaf D	
Ex Diaf I	

US Post extubación 48 horas	
LSD	
LID	
LSI	
LII	
Ex Diaf D	
Ex Diaf I	

US Post extubación 72 horas	
LSD	
LID	
LSI	
LII	
Ex Diaf D	
Ex Diaf I	