

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN**

**FACULTAD DE MEDICINA**



***Variación en el Grosor Diafragmático  
como Predictor de Éxito en la  
Extubación en Pacientes Pediátricos  
Críticamente Enfermos***

**Por**

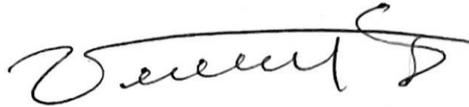
**DR. JUAN FRANCISCO RAMÍREZ GONZÁLEZ**

**COMO REQUISITO PARCIAL PARA OBTENER EL GRADO DE  
SUBESPECIALISTA EN MEDICINA CRITICA PEDIATRICA**

**FEBRERO 2025**

**“Variación en el grosor diafragmático  
como predictor de éxito en la  
extubación en pacientes pediátricos  
críticamente enfermos”**

**Aprobación de la tesis:**



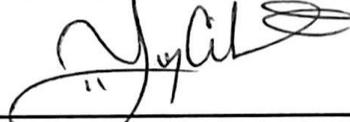
---

**Dra. Verónica Rodríguez Martínez  
Directora de la tesis**



---

**Dra. Verónica Rodríguez Martínez  
Coordinadora de Enseñanza**



---

**Dra. Yanyn Amayely Cabrera Antonio  
Coordinador de Investigación**



---

**Dr. med. Arturo Gerardo Garza Alatorre  
Jefe del Servicio de Medicina Crítica Pediátrica**



---

**Dr. med. Fernando Félix Montes Tapia  
Jefe del Servicio de Pediatría**



---

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

## DEDICATORIA Y/O AGRADECIMIENTOS

*Quiero agradecer en primer lugar a mis maestros, a cada uno de ellos que contribuyeron en mi formación como intensivista pediatra, por compartir sus conocimientos, tiempo y estar conmigo en cada paso de esta formación.*

*A mi novia Mariana, quien por 5 años me apoyo de manera incondicional a no desistir en este camino.*

*A mi familia, padres, hermanos y sobrinos, porque gracias a su cariño y apoyo hicieron más fácil y tolerable llegar a esta meta.*

*A mis compañeros de Residencia, Monti, Rebe y Vale, por apoyarme, tolerarme y levantarme en los momentos difíciles, para llegar juntos hasta el final.*

## TABLA DE CONTENIDO

Capítulo I	Página
1. RESÚMEN .....	8
Capítulo II	
2. INTRODUCCIÓN .....	10
Capítulo III	
3. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA .....	15
Capítulo IV	
4. JUSTIFICACIÓN .....	16
Capítulo V	
5. HIPOTESIS .....	17
Capítulo VI	
6. OBJETIVOS .....	18
Capítulo VII	
7. MATERIAL Y METODOS .....	19
Capítulo VIII	
8. RESULTADOS .....	26

Capítulo IX

9. DISCUSIÓN ..... 29

Capítulo X

10. CONCLUSIONES ..... 30

Capítulo XI

11. BIBLIOGRAFÍA ..... 31

## INDICE DE TABLAS

Tabla	Página
1- Cálculo de la muestra .....	21

## LISTA DE ABREVIATURAS

- 1- **US:** Ultrasonido
- 2- **UCI:** Unidad de cuidados intensivos
- 3- **UTIP:** Unidad de terapia intensiva pediátrica

## Capítulo I

### Resumen

**INTRODUCCIÓN:** El uso de la ventilación mecánica es una práctica común en los pacientes críticamente enfermos, siendo hasta del 30% en algunas terapias intensivas. El motivo por el cual se decide iniciar con el apoyo ventilatorio puede depender de diversas etiologías, siendo los problemas respiratorios, alteraciones hemodinámicas/neurológicas o procesos infecciosos, los más comunes en la población pediátrica. Se llama deshabitación al proceso en el cual inicia la preparación para que el paciente termine la ventilación mecánica y se determina como extubación al proceso de finalizarlo. Existen complicaciones que afectan de manera negativa la morbi-mortalidad de los pacientes que presentan falla a la extubación, siendo el aumento de la mortalidad y la estenosis subglótica las más importantes. Existen diversos parámetros para predecir de manera positiva la extubación, siendo la valoración del músculo diafragma por ultrasonido uno de los más útiles, ya que al tratarse de un proceso dinámico que se realiza en la cama del paciente de manera inocua.

**OBJETIVOS:** Valorar el grosor diafragmático y su impacto a la hora de una extubación programada.

**MATERIAL Y MÉTODOS:** Se incluyeron pacientes pediátricos de 1 mes de edad a 15 años de edad intubados que cursaron su internamiento en la Unidad de Cuidados Intensivos Pediátricos del Hospital Universitario “Dr. José Eleuterio González”. Al momento de su ingreso se realizó la medición del grosor del músculo diafragma de manera bilateral en 3 ocasiones y se calculará un promedio, esto realizado con el

US portátil Chison Ebit 50, con transductor lineal. Posteriormente se realizará medición del musculo cada 72 horas con la misma metodología para al momento de finalizar la extubación, tomar una última medición y observar el resultado de la extubación.

**RESULTADOS:** Se reclutaron un total de 35 pacientes con ventilación mecánica. Se obtuvo la medición del musculo diafragma al inicio y en caso de internamiento prologando cada 72 horas, hasta llegar al momento de la extubación. Se presentaron complicaciones posteriores a la extubación en el 48.6% de los pacientes, siendo la necesidad de alto flujo de oxígeno la más frecuente en el 22.9%, seguido por el requerimiento de traqueostomía en el 14.3%. Adicionalmente se encontró que el 28.6% de la población desarrolló alguna infección. El 5.7% de los pacientes requirieron traqueostomía para el retiro de la ventilación mecánica

**CONCLUSIONES:** Se encontró que, a mayor tiempo de ventilación mecánica, se presentaba una mayor probabilidad de presentar disminución del grosor del musculo diafragmático y con ello un mayor riesgo de presentar complicaciones al momento de la extubación.

## **Capítulo II**

### **Introducción**

La ventilación mecánica es un tratamiento invasivo cuya finalidad es la conservación del intercambio gaseoso necesario para el mantenimiento de las funciones vitales, otros beneficios potenciales de la ventilación mecánica incluyen la reversión de la fatiga de los músculos respiratorios, la prevención de lesiones de las fibras musculares durante la sepsis y la restauración del flujo sanguíneo a los órganos vitales en estados de shock. Para lograr el mayor beneficio se requiere terapia conjunta con fármacos que produzcan una buena sedoanalgesia en los pacientes ventilados, así como elegir de manera adecuada el tubo endotraqueal por el que será administrado el soporte ventilatorio.<sup>3</sup>

La terapia de ventilación mecánica, al igual que muchas terapias, no se encuentra libre de complicaciones, dentro de las principales son infecciones y daño pulmonar secundario a la necesidad de soporte ventilatorio (miotrauma, barotrauma, atelectrauma, biotrauma, volutrauma). Dicha necesidad será determinada por la patología propia del paciente que haya requerido el inicio de la ventilación mecánica, así como de la gravedad de la misma.<sup>2</sup>

Los pacientes críticamente enfermos se enfrentan a un estado de estrés que pueda repercutir en debilidad muscular generalizada. Una complicación muy común en los pacientes con ventilación mecánica, suele ser la debilidad de los músculos respiratorios, dentro de los cuales, el que mayor relevancia adquiere es el diafragma.

El diafragma es un musculo que se localiza en los limites anatómicos del tórax con el abdomen, este es un musculo de grosor ancho, siendo en adultos en promedio de 2.4 +/- 0.8 mm, estas fibras discurren en forma de domo. Debido a su alta relevancia en el patrón respiratorio, son fibras con alta capacidad de soportar la fatiga. En condiciones normales, el diafragma actúa como un pistón dentro de un barril, generando un flujo de aire al descender y desplazar el contenido abdominal, formando una presión entre la cavidad torácica y abdominal, la cual se conoce como: "Presión transdiafragmática".<sup>5</sup>

Mientras el paciente es asistido por el ventilador, el diafragma está relajado, lo que puede causar un trastorno específico denominado disfunción diafragmática inducida por la ventilación mecánica. Después de sólo seis horas de ventilación mecánica se presenta la disfunción diafragmática, con reducción de la síntesis de proteínas hasta en 30% y la síntesis de cadenas pesadas de miosina se reduce hasta 65%.<sup>3</sup>

Dentro de los factores de riesgo para desarrollar disfunción diafragmática inducida por la ventilación mecánica están la severidad de la enfermedad, las intervenciones en la UCI y el uso de ventilación mecánica prolongada. Se han propuesto cuatro diferentes mecanismos de lesión relacionados a la sobre asistencia ventilatoria, baja asistencia ventilatoria, ocurrencia de contracciones diafragmáticas excéntricas y efecto de la presión espiratoria al final de espiración.

Dichos mecanismos que provocan la lesión son los siguientes:

- a) **Sobre asistencia ventilatoria:** Mecanismo de trauma diafragmático más común, ocurre por un esfuerzo respiratorio ineficiente acompañado de aporte ventilatorio excesivo. Se produce una atrofia muscular por desuso. Hasta el

momento no se conoce el esfuerzo muscular exacto para evitar este tipo de lesión muscular.

- b) **Baja asistencia ventilatoria:** Dicha lesión ocurre con un soporte ventilatorio insuficiente, por lo que ocurre una fatiga muscular crónica con una posterior lesión muscular por sobreuso.
- c) **Miotrauma excéntrico:** Definida como una activación muscular durante su elongación o bien mientras los puntos de inserción se separan. En paciente con ventilación mecánica, este proceso ocurre en las asincronías ventilatorias.
- d) **Miotrauma espiratorio:** Relacionado directamente con los niveles altos de PEEP. La aplicación de PEEP favorece un desplazamiento caudal del diafragma, aplana el domo diafragmático, disminuye su curvatura y altera la relación longitud-tensión de las fibras musculares durante el ciclo ventilatorio.

Levine et al. demostraron que los pacientes en las primeras 18-69 horas con ventilación mecánica controlada presentaban reducción de más de 50% en la sección transversal, la zona de tipo I y II de las fibras diafragmáticas.<sup>9</sup>

La relevancia de dicha afección es que se relaciona de manera negativa con un peor pronóstico a largo plazo, mayor tiempo de ventilación mecánica, mayor tiempo de estancia intrahospitalaria y a largo plazo, se relaciona con un aumento en la mortalidad, así como también puede influir como un predictor negativo para una extubación exitosa. En general esta debilidad muscular, suele ser reportada en el 60% de los pacientes con ventilación mecánica.<sup>8</sup>

Otros factores de riesgo que existen para esta debilidad muscular, es el uso simultaneo de ciertos fármacos, dentro de los cuales destacan principalmente los esteroides, antibióticos como los aminoglucósidos, relajantes musculares y sedación, siendo directamente proporcional el riesgo a la dosis administrada, así como el tiempo que fueron utilizadas.<sup>6</sup>

Cuando se decide terminar la ventilación mecánica, se deben tener en cuenta ciertos criterios, que dependerán de la patología de base del paciente, así como sus comorbilidades.

Existen un gran número de pruebas que predicen que una extubación será exitosa o fallida. La gran relevancia de no provocar extubaciones programadas en pacientes con un bajo índice de éxito es no provocar deterioro ventilatorio y/o hemodinámico, así como evitar una nueva reintubación, el cual es el principal factor de riesgo para la formación de estenosis subglótica, la cual, se ha demostrado que con cada procedimiento de reintubación, repercute de manera directa en la morbimortalidad de los pacientes.<sup>3</sup>

Desde 1970 se ha utilizado el ultrasonido para la valoración del diafragma, siendo de utilidad tanto la modalidad B (que aporta información de cada hemidiafragma, así como seleccionar el lugar indicado para utilizar el modo M), así como la modalidad M. Para la valoración de cada diafragma, es posible valorarlo en varios sitios anatómicos, siendo la línea medioclavicular perpendicular con la región subcostal, la que mejor visualización nos aporta. Otras regiones anatómicas útiles son la línea axilar anterior y la línea medio axilar. Se debe valorar de manera independiente la movilidad de cada uno de ellos, siendo de utilidad la excursión diafragmática como predictor positivo para la extubación de los pacientes. Esta es

una prueba en la que se observa el movimiento de cada hemidiafragma en pacientes con respiración espontánea, posteriormente se mide en centímetros la movilidad y se grafica en base a su peso, siendo de gran utilidad para predecir de manera exitosa una extubación. <sup>4,7,10</sup>

A pesar de que teóricamente se conoce que la disminución del grosor del diafragma es una constante en los pacientes ventilados, inclusive se conocen factores de riesgo para esto (ventilación mecánica prolongada, uso de esteroides o relajantes musculares, desnutrición o retardo en el inicio de la rehabilitación), es poco lo que se conoce en su repercusión a la hora de la extubación programada.<sup>1, 11</sup>

Tanaka, A. et. al. realizaron un estudio en la ciudad de México donde se incluyeron un total de 65 pacientes en los cuales se daba seguimiento al grosor diafragmático durante su estancia en la UCI. En dicho estudio se reportó un total de 21.5% con falló a la extubación y un 24.6% de mortalidad. Entre los resultados que se encontraron fue que un 25.9% de los pacientes tenían disminución en la movilidad del diafragma derecho, mientras que un 23.1% tenían repercusión en la movilidad del diafragma contralateral.<sup>12</sup>

### **Capitulo III**

#### **Planteamiento del problema**

A pesar de que se reconoce al diafragma como el principal musculo respiratorio, así como es conocida la disminución de la fuerza muscular generalizada en los pacientes críticamente enfermos y se cuentan con diversas pruebas no invasivas por ultrasonido para predecir extubaciones exitosas y con ello disminuir una gran cantidad de complicaciones secundarias a la ventilación mecánica, no se tiene gran información respecto a si la disminución del grosor del diafragma repercute de manera directa en el proceso de deshabitación y extubación.

## **Capítulo IV**

### **Justificación**

En los pacientes críticamente enfermos bajo ventilación mecánica, se cuentan con pruebas para predecir el éxito de la extubación mediante ultrasonido. Dentro de las pruebas ultrasonográficas se realiza la valoración de la movilidad diafragmática, sin embargo, se tiene poca información sobre la repercusión de la disminución del grosor de este en el proceso de deshabitación y extubación. Este estudio busca identificar si la disminución del valor del grosor diafragmático tiene un impacto en el pronóstico y éxito del proceso de la finalización de la ventilación mecánica.

## **Capítulo V**

### **Hipótesis**

**Hipótesis alterna:** Existe una relación entre la disminución del grosor del diafragma con el porcentaje de éxito de la extubación.

**Hipótesis nula:** No existe una relación entre la disminución del grosor del diafragma con el porcentaje de éxito de la extubación.

## **Capítulo VI**

### **Objetivos**

#### **OBJETIVO PRINCIPAL**

Valorar la disminución del grosor diafragmático y su impacto al realizar una extubación programada.

#### **OBJETIVOS ESPECIFICOS**

- Definir la relación entre la disminución del grosor del diafragma y los días de ventilación mecánica.

## **Capítulo VII**

### **Materiales y Métodos**

#### ***Diseño del estudio:***

- Estudio observacional, ambispectivo, analítico y longitudinal.

#### ***Lugar del Estudio:***

- Unidad de Cuidados Intensivos Pediátricos, del Hospital Universitario “Dr. José Eleuterio González”.

#### ***Población del Estudio:***

- Pacientes pediátricos de 1 mes de edad a 15 años de edad intubados que cursen su internamiento en la Unidad de Cuidados Intensivos Pediátricos del Hospital Universitario “Dr. José Eleuterio González”.

#### ***Duración:***

- 6 meses

#### ***Criterios de Inclusión:***

- Pacientes pediátricos críticamente enfermos de 1 mes a 15 años hospitalizados en la unidad.
- Pacientes bajo ventilación mecánica.
- Expedientes clínicos que contengan toda la información.

#### ***Criterios de exclusión:***

- Pacientes con patología abdominal, malformaciones estructurales tanto torácicas como abdominales.

- Pacientes con enfermedades neurodegenerativas que puedan afectar la movilidad de la musculatura respiratoria.

***Criterios de eliminación:***

- Pacientes que no tengan una extubación programada.
- Expedientes clínicos incompletos o con falta de información en los tomos.

***Metodología:***

- 1- Debido a que es un estudio ambispectivo, se seleccionarán expedientes clínicos de pacientes que hayan estado hospitalizados en los meses de septiembre 2024 a Enero 2025 en la Unidad de Terapia Intensiva Pediátrica y que cumplan con los criterios de inclusión. Se recabarán los datos estrictamente necesarios para el estudio (variables descritas en el *Cuadro de variables*; siendo las más relevantes las mediciones del grosor diafragmático al ingreso, a las 72 horas y previo a la extubación); siempre protegiendo la integridad de paciente y manejando de manera confidencial los datos del paciente (códigos de identificación, manejo solo por el equipo de investigación).
- 2- Se incluirán también a los pacientes que estén hospitalizados en la UTIP del Hospital Universitario “Dr. José Eleuterio González” en el periodo de Febrero y Marzo 2025, los cuales cumplan con los criterios de inclusión del estudio.
- 3- Como parte de la valoración ultrasonográfica de rutina del paciente bajo intubación orotraqueal ingresado a nuestra unidad, se medirá el grosor de cada uno de los diafragmas del paciente por medio del ultrasonido portátil Chison Ebit 50, con transductor lineal. Esta medición se realizará en la línea

medioclavicular y será valorada en 3 ocasiones, tomando el grosor del diafragma como el promedio de estos 3. Dicha medición se realizará al ingreso del internamiento en la terapia intensiva, cada 72 horas mientras el paciente se encuentre bajo ventilación mecánica y se realizará una última medición del grosor diafragmático, 30 minutos previos a la extubación programada.

### CÁLCULO DE LA MUESTRA

ESTIMACIÓN DE LA MEDIA EN UNA POBLACIÓN		
$N = \frac{(Z\alpha)^2 (\sigma)^2}{\delta^2}$		
		al cuadrado
valor Z	1.96	3.8416
sigma	0.3	0.09
valor d	0.1	0.01
		n = 34.5744

Se utilizó una fórmula de estimación de la media en una población con el objetivo primario de: Valorar la disminución del grosor de los músculos respiratorios y su impacto a la hora de una extubación programada.

Esperando un grosor diafragmático medio de  $1.70 \pm 0.30$  mm, con significancia bilateral del 5%, y un poder del 97.5%, se necesitan al menos 35 sujetos de estudio.

### VARIABLES

Variable	Definición	Tipo de variable	Unidades de medida
----------	------------	------------------	--------------------

<b>Edad</b>	Tiempo que ha vivido una persona contando desde su nacimiento.	Numérica discreta	Años
<b>Sexo</b>	Condición orgánica que distingue a los machos de las hembras.	Categórica nominal	Masculino Femenino
<b>Peso</b>	Peso del paciente en kilogramos	Numérica continua	kg
<b>Talla</b>	Talla del paciente en metros	Numérica continua	cm
<b>Diagnóstico</b>	Enfermedad que padece al ingreso	Categórica nominal	Nombre de la enfermedad
<b>Medición del grosor del diafragma al ingreso</b>	Medición en centímetros del músculo al llegar a la terapia intensiva	Numérica continua	cm
<b>Medición del grosor del diafragma (cada 72 horas)</b>	Medición en centímetros del músculo al pasar 72 horas en la terapia intensiva	Numérica continua	cm

<b>Medición del diafragma previo a la extubación</b>	Medición en centímetros del músculo antes de finalizar la ventilación mecánica	Numérica continua	cm
<b>Tiempo total de ventilación mecánica invasiva</b>	Conteo de días totales que los pacientes cursaron con apoyo ventilatorio invasivo.	Numérica discreta	Días

## PLAN DE ANALISIS ESTADISTICO

En la estadística descriptiva se reportarán frecuencias y porcentajes para variables categóricas. Para las variables numéricas se reportarán medidas de tendencia central y dispersión (media/mediana; desviación estándar/rango intercuartil). En la estadística inferencial se evaluará la distribución de la muestra por medio de la prueba de Shapiro-Wilk.

Se compararán variables categóricas independientes por medio de la prueba de  $\chi^2$  de Pearson o prueba exacta de Fisher. Para comparar variables numéricas entre grupos independientes se utilizarán las pruebas de t-Student y/o U de Mann Whitney. Se utilizarán los coeficientes de correlación de Pearson y/o Spearman para determinar el grado de asociación entre variables numéricas.

Se considerará un valor de  $p \leq 0.05$  y un intervalo de confianza al 95% como estadísticamente significativo. Se utilizará el paquete estadístico IBM SPSS versión 25 para el procesamiento de los datos.

## **CONSIDERACIONES ÉTICAS**

De acuerdo con los principios establecidos en la declaración de Helsinki de la Asociación Médica Mundial adoptada por 52<sup>va</sup> Asamblea General en Edimburgo, Escocia en el año 2000 en su artículo 11, considerando también el artículo 13, el 15 y las últimas enmiendas de la declaración; que señalan que la investigación debe basarse en un conocimiento cuidadosos del campo científico, se revisó detalladamente la bibliografía para redactar los antecedentes y la metodología del proyecto.

Esta investigación de acuerdo con el “Reglamento de la Ley General de la Salud en Materia de Investigación para la Salud” en su Título 2<sup>do</sup>, Capítulo 1<sup>ro</sup>, Artículo 17, Fracción II, se considera como investigación con riesgo mínimo.

Este proyecto será evaluado y aprobado por el Comité de ética en Investigación del Hospital Universitario “Dr. José E. González”.

## **CONFIDENCIALIDAD**

La información de los pacientes será utilizada y revelada sólo para las actividades y operaciones que estén relacionadas con el protocolo de investigación, así como en circunstancias limitadas, como cuando sea requerido por ley. El uso y revelación de datos sobre los pacientes se limitará al estándar del "mínimo necesario" y será utilizada solo por los investigadores relacionados con el protocolo de investigación. No se incluirán datos personales del paciente en la base de datos y se utilizará un código identificador único para la identificación de cada paciente. Solo tendrán acceso a la base de datos los miembros del equipo de investigación.

## **Plan de Análisis**

En la estadística descriptiva se reportaron frecuencias y porcentajes para variables categóricas. Se reportaron medidas de tendencia central y dispersión (media/mediana; desviación estándar [DE]/rango intercuartil [RIC]) para variables numéricas.

En la estadística inferencial se evaluó la distribución de la muestra por medio de la prueba de Shapiro-Wilk. Se utilizaron las pruebas de  $\chi^2$  de Pearson y la prueba exacta de Fisher para comparar variables categóricas. Se utilizó la prueba de la U de Mann-Whitney para comparar variables numéricas entre dos grupos. Para comparar variables numéricas dependientes se utilizó la prueba de rangos con signo de Wilcoxon. Se utilizó regresión logística como modelos predictivo.

Se consideraron valores de  $p \leq 0.05$  y un intervalo de confianza al 95% como estadísticamente significativos. Se utilizó el paquete estadístico IBM SPSS 29 para la realización del análisis.

## Capítulo VIII

### Resultados

Se analizaron un total de 35 pacientes con una edad mediana de 5 años (RIC 4 – 9) de los cuales el 54.3% corresponden al sexo masculino. El peso mediano de la población era de 15 kg (RIC 11 – 35) con una talla media de 113.31 cm (DE 29.56).

En la evaluación nutricional se encontró que el 42.9% de los pacientes eran eutróficos, 42.9% tenían desnutrición, 8.6% sobrepeso y 5.7% obesidad.

Al realizar la evaluación del grosor diafragmático al ingreso se encontró un grosor mediano de 0.56 cm (RIC 0.42 – 0.97) en el diafragma derecho y una mediana de 0.54 cm (RIC 0.42 – 1.00). El tiempo mediano en el que los pacientes estuvieron en ventilación mecánica fue de 4 días (RIC 3 – 9) y el tiempo de estancia intrahospitalaria mediano fue de 6 días (RIC 4 – 14).

En la evaluación previo a la extubación se encontró un grosor mediano de 0.53 cm (RIC 0.41 – 0.92) del diafragma derecho y de 0.50 cm (RIC 0.39 – 0.96) del diafragma izquierdo.

En la comparación entre las mediciones obtenidas al ingreso y previo a la extubación se observó una mediana de cambio de -1.60% (RIC -6.20 – 1.50) en el diafragma derecho y de -1.80% (RIC -5.0 – 1.80) en el diafragma izquierdo. Se encontró que el 57.1% de los pacientes tuvieron disminución del grosor del

diafragma derecho y 57.1% tuvieron disminución del grosor del diafragma izquierdo. Al analizar solamente a los pacientes que presentaron disminución en el diafragma derecho se obtuvo una mediana de disminución de 5.45% (RIC -11.05 – -3.43); mientras que los pacientes que presentaron disminución del diafragma izquierdo tuvieron una mediana de reducción del 4.6% (RIC -10.10 – -2.13).

Se encontraron diferencias estadísticamente significativas entre las mediciones del grosor al ingreso y previo a la extubación del diafragma derecho ( $p=0.007$ ) y del diafragma izquierdo ( $p=0.001$ ).

Se presentaron complicaciones posteriores a la extubación en el 48.6% de los pacientes, siendo la necesidad de alto flujo de oxígeno la más frecuente en el 22.9%, seguido por el requerimiento de traqueostomía en el 14.3%. Adicionalmente se encontró que el 28.6% de la población desarrolló alguna infección.

Se encontraron diferencias estadísticamente significativas entre la disminución del grosor del diafragma derecho y el desarrollo de complicaciones ( $p=0.025$ ). El análisis por regresión logística mostró que estos pacientes tenían 5.1 veces más probabilidad de presentar complicaciones a la extubación (OR 5.107; 95% IC 1.777 – 22.159;  $p=0.029$ ).

Asimismo, se encontraron diferencias estadísticamente significativas entre la disminución del grosor del diafragma derecho y los días de ventilación mecánica ( $p=0.039$ ). El análisis por regresión logística encontró que por cada día adicional de

ventilación mecánica se aumentaba 1.18 veces la probabilidad de disminución del grosor del diafragma derecho, no obstante, el modelo no fue estadísticamente significativo (OR 1.189; 95% IC 0.965 – 1.465; p=1.04).

**Tabla 1.** Características de la población

	<b>Población total (n=35)</b>
<b>Masculinos</b> n,(%)	19 (54.3)
<b>Edad (años)</b> mediana,(RIC)	5.0 (4.0 – 9.0)
<b>Peso (kg)</b> mediana,(RIC)	15.0 (11.0 – 35.0)
<b>Talla (cm)</b> media,(DE)	113.31 (29.56)
<b>Estado nutricional</b> n,(%)	
<b>Desnutrición</b>	15 (42.9)
<b>Eutrófico</b>	15 (42.9)
<b>Sobrepeso</b>	3 (8.6)
<b>Obesidad</b>	2 (5.7)
<b>Tiempo de ventilación mecánica (días)</b> mediana,(RIC)	4.0 (3.0 – 9.0)
<b>Complicaciones</b> n,(%)	18 (51.4)
<b>Requerimiento alto flujo de oxígeno</b>	8 (22.9)
<b>Traqueostomía</b>	5 (14.3)
<b>Estenosis subglótica</b>	3 (8.6)
<b>Sangrado de vía aérea</b>	3 (8.6)
<b>Neumotórax</b>	2 (5.7)
<b>Síndrome de abstinencia</b>	2 (5.7)
<b>Sonda pleural</b>	2 (5.7)
<b>Infección</b> n,(%)	10 (28.6)
<b>Estancia hospitalaria (días)</b> mediana,(RIC)	6.0 (4.0 – 14.0)

**Tabla 2.** Evaluación del grosor diafragmático

	<b>Población total (n=35)</b>
<b>Diafragma derecho</b>	
<b>Grosor al ingreso (cm)</b> mediana,(RIC)	0.56 (0.42 – 0.97)
<b>Grosor previo a extubación (cm)</b> mediana,(RIC)	0.53 (0.41 – 0.92)
<b>Porcentaje de cambio (%)</b> mediana,(RIC)	-1.60 (-6.20 – 1.50)
<b>Disminución del grosor</b> n,(%)	20 (57.1)
<b>Porcentaje de disminución (%)</b> mediana,(RIC)	-5.45 (-11.05 – -3.43)
<b>Diafragma izquierdo</b>	
<b>Grosor al ingreso (cm)</b> mediana,(RIC)	0.54 (0.42 – 1.00)
<b>Grosor previo a extubación (cm)</b> mediana,(RIC)	0.50 (0.39 – 0.96)
<b>Porcentaje de cambio (%)</b> mediana,(RIC)	-1.80 (-5.0 – 1.80)
<b>Disminución del grosor</b> n,(%)	20 (57.1)
<b>Porcentaje de disminución (%)</b> mediana,(RIC)	-4.6% (-10.10 – -2.13)

## **Capítulo IX**

### **Discusión**

La relación entre la reducción del grosor del diafragma y el éxito de la extubación en pacientes pediátricos críticamente enfermos ha sido un tema de interés en la literatura médica. Se ha documentado que la ventilación mecánica usada de forma prolongada induce la atrofia del diafragma como resultado de un incremento en la proteólisis, estando implicados los sistemas de la calpaína, la caspasa-3, la autofagia y el sistema ubiquitina-proteasoma; así como de la disminución de la síntesis de proteínas (1).

De acuerdo con el estudio realizado por Lee et al., tanto la atrofia del diafragma y como la disminución en la fracción de engrosamiento diafragmático se pueden ser observadas dentro de las primeras 24 horas de ventilación mecánica en pacientes pediátricos. Además, se encontró que una fracción de engrosamiento diafragmático por debajo de 17% es un predictor de fallos en la extubación (2).

Johnson et al. también reportaron una disminución significativa en el grosor del diafragma en pacientes pediátricos bajo ventilados mecánica, con una reducción promedio del 11.1% del grosor del diafragma (3). Esto contrasta con lo encontrado en nuestro estudio en donde se encontró una reducción del 5.45% y 4.6% para el diafragma derecho e izquierdo respectivamente.

Otro hallazgo relevante es lo descrito por Glau *et al.* en donde encontraron que la atrofia diafragmática en población pediátrica con insuficiencia respiratoria aguda está relacionada con un uso prolongado de ventilación mecánica no invasiva después de la extubación; siendo necesaria en el 30% de la población estudiada (4). Un porcentaje similar fue observado en nuestra población en donde el 22.9% de los pacientes requirieron de aporte de alto flujo de oxígeno posterior a la extubación.

En nuestro estudio encontramos una asociación entre los días de ventilación mecánica y la disminución del grosor del diafragma derecho. Esto concuerda con los hallazgos realizados por Yao *et al.* en donde observaron que la disfunción diafragmática severa, definida por una fracción de engrosamiento diafragmático del 0%, estaba significativamente asociada con un aumento en la duración de la ventilación mecánica y la estancia en la unidad de cuidados intensivos pediátricos. Esta disfunción se manifestó en promedio los 2.9 días después del inicio de la ventilación mecánica y se correlacionó con un periodo de ventilación considerablemente más prolongado (5).

Nobile *et al.* (6) reportaron que la atrofia diafragmática que se presentaba era más frecuentemente en los pacientes con falla a la extubación que en aquellos con éxito a la extubación a los 7 días (83.3% vs. 33.3%,  $p= 0.038$ ). Adicionalmente, Ibraheem *et al.* en un estudio realizado en recién nacidos prematuros encontró que la disminución del grosor diafragmático está asociada con una mayor prevalencia de riesgo de fracaso en la extubación estando presente en el 72% de pacientes (7).

## **Capítulo X**

### **Conclusión**

Este estudio muestra la relación que existe entre la disminución del grosor diafragmático y el desarrollo de complicaciones en pacientes pediátricos críticamente enfermos bajo ventilación mecánica. Aunque la disminución del grosor diafragmático observada en este estudio es menor que la observada en investigaciones previas, los hallazgos refuerzan la importancia de un manejo temprano para minimizar el daño diafragmático.

Nuestros resultados remarcan la necesidad de implementar estrategias para monitorear y preservar la función diafragmática, como evaluaciones ecográficas regulares y protocolos de destete progresivo, para mejorar los desenlaces clínicos en esta población.

## **Capítulo XI**

### **Bibliografía**

1. En-Pei Lee, Shao-Hsuan Hsia, Hsiu-Feng Hsiao, Min-Chi Chen, Jainn-Jim Lin, Oi-Wa Chan, Chia-Ying Lin, Mei-Chin Yang, Sui-Ling Liao, Shen-Hao Lai. (2017). Evaluation of diaphragmatic function in mechanically ventilated children: An ultrasound study. PLoS ONE 12(8): e0183560. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0183560>.
2. Hanan El-Halaby, Hesham Abdel-Hady, Gehan Alsawah, Ashraf Abdelrahman, Hanem El-Tahan. (2016). Sonographic Evaluation of Diaphragmatic Excursion and Thickness in Healthy Infants and Children. J Ultrasound Med; 35:167–175 doi:10.7863/ultra.15.01082
3. Christopher J. L. Newth, Shekhar Venkataraman, Douglas F. Willson, Kathleen L. Meert, Rick Harrison, J. Michael Dean, Murray Pollack, Jerry Zimmerman, K. J. S. Anand, DPhil, Joseph A. Carcillo, Carol E. Nicholson, and National Institute of Child Health and Human Development Collaborative Pediatric Critical Care Research Network (2009). Weaning and Extubation Readiness in Pediatric Patients. Pediatr Crit Care Med; 10(1): 1–11. doi:10.1097/PCC.0b013e318193724d
4. Won Young Kim, Hee Jung Suh, Sang-Bum Hong, Younsuck Koh, Chae-Man Lim. (2011) Diaphragm dysfunction assessed by ultrasonography: Influence on weaning from mechanical ventilation. Crit Care Med Vol. 39, No. 12: 2627-2630. doi:10.1097/CCM.0b013e3182266408.

5. Yao Y, He L, Chen W, Zhou H, Lu G, Tao J and Wang S (2022) Predictive Value of Diaphragmatic Ultrasonography for the Weaning Outcome in Mechanically Ventilated Children Aged 1–3 Years. *Front. Pediatr.* 10:840444. doi: 10.3389/fped.2022.840444
6. Yang Xue, Chun-Feng Yang, Yu Ao, Ji Qi and Fei-Yong Jia. (2020) A prospective observational study on critically ill children with diaphragmatic dysfunction: clinical outcomes and risk factors. *BMC Pediatrics.* 20:422 <https://doi.org/10.1186/s12887-020-02310-7>
7. Epelman, M. Navarro, O. Daneman, A. Miller, S. (2005). M-mode sonography of diaphragmatic motion: description of technique and experience in 278 pediatric patients. *Pediatr Radiol.* 35: 661–667. doi:10.1007/s00247-005-1433-7
8. D. Valverde Montoro, P. García Soler, A. Hernández Yuste et al. (2021). Ultrasound assessment of ventilator-induced diaphragmatic dysfunction in mechanically ventilated pediatric patients, *Paediatric Respiratory Reviews*, <https://doi.org/10.1016/j.prrv.2020.12.002>
9. Vassilakopoulos, T. And J. Petro, B. (2004) Ventilator-induced Diaphragmatic Dysfunction. *Am J Respir Crit Care Med* Vol 169. pp 336–341, doi:10.1164/rccm.200304-489CP.
10. Boussuges A, Rives S, Finance J, Brégeon F. (2020). Assessment of diaphragmatic function by ultrasonography: Current approach and perspectives. *World J Clin Cases*; 8(12): 2408-2424. doi: <https://dx.doi.org/10.12998/wjcc.v8.i12.2408>

11. Tanaka Montoya, A, Martínez, A, Ana del Carmen, Delgado Mercado, L, Franco Granillo, J, Aguirre Sánchez, J, Camarena Alejo, G. (2017). Medición del grosor diafragmático como parámetro predictivo para retiro de ventilación mecánica invasiva en pacientes de terapia intensiva. *Medicina crítica (Colegio Mexicano de Medicina Crítica)*, 31(4), 190-197. [http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S2448-89092017000400190&lng=es&tlng=es](http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2448-89092017000400190&lng=es&tlng=es).
12. Duyndam, A. et. al. (2023) Reference values of diaphragmatic dimensions in healthy children aged 0-8 years. *European Journal of Pediatrics*. 182:2577-2589. <https://doi.org/10.1007/s00431-023-04920-6>.