



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

FACULTAD DE MEDICINA

INSTITUTO MEXICANO DEL SEGURO SOCIAL

Unidad Médica de Alta Especialidad

Hospital de Pediatría

Centro Médico Nacional de Occidente



**DISFUNCIÓN DIASTÓLICA Y ENGROSAMIENTO
DIAFRAGMÁTICO COMO FACTORES
PREDICTORES DE FALLA A LA EXTUBACIÓN**

Tesis que para obtener el grado de especialidad en:

MEDICINA CRÍTICA PEDIÁTRICA

PRESENTA

Dra. Rebeca Andrea Moreno Vicencio

DIRECTOR DE TESIS

Dr. Marco Emmanuel Jiménez Texcalpa

CO-DIRECTOR DE TESIS

Dra. Rosa Ortega Cortés

CO-DIRECTOR DE TESIS

Dr. Oscar Armando González Hernández

UMAE Hospital de Pediatría. Guadalajara, Jalisco 2023



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.



INSTITUTO MEXICANO DEL SEGURO SOCIAL
DIRECCIÓN DE PRESTACIONES MÉDICAS



Dictamen de Aprobado

Comité Local de Investigación en Salud **1302**.

HOSPITAL DE PEDIATRIA, CENTRO MEDICO NACIONAL DE OCCIDENTE LIC IGNACIO GARCIA TELLEZ, GUADALAJARA JALISCO

Registro COFEPRIS **17 CI 14 039 045**

Registro CONBIOÉTICA **CONBIOETICA 14 CEI 001 2018022**

FECHA **Lunes, 30 de enero de 2023**

Dr. MARCO EMMANUEL JIMENEZ TEXCALPA

P R E S E N T E

Tengo el agrado de notificarle, que el protocolo de investigación con título **DISFUNCIÓN DIASTÓLICA Y ENGROSAMIENTO DIAFRAGMÁTICO COMO FACTORES PREDICTORES DE FALLA A LA EXTUBACIÓN** que sometió a consideración para evaluación de este Comité, de acuerdo con las recomendaciones de sus integrantes y de los revisores, cumple con la calidad metodológica y los requerimientos de ética y de investigación, por lo que el dictamen es **A P R O B A D O**:

Número de Registro Institucional
R-2023-1302-005

De acuerdo a la normativa vigente, deberá presentar en junio de cada año un informe de seguimiento técnico acerca del desarrollo del protocolo a su cargo. Este dictamen tiene vigencia de un año, por lo que en caso de ser necesario, requerirá solicitar la reaprobación del Comité de Ética en Investigación, al término de la vigencia del mismo.

ATENTAMENTE

M.E. Ruth Alejandrina Castillo Sánchez
Presidente del Comité Local de Investigación en Salud No. 1302





**GOBIERNO DE
MÉXICO**



DIRECCIÓN DE OPERACIÓN Y EVALUACIÓN
Unidad de Comunicación Social

DIRECCIÓN DE EDUCACIÓN E INVESTIGACIÓN EN SALUD

AUTORIZACIÓN

COMITÉ LOCAL DE INVESTIGACIÓN EN SALUD

R-2023-1302-005

En virtud de haber terminado de manera satisfactoria su tesis y contar con el aval de su director de tesis para obtener el grado de especialista en:

MEDICINA DEL ENFERMO PEDIÁTRICO EN ESTADO CRÍTICO

SE AUTORIZA LA IMPRESIÓN DE TESIS DEL ALUMNO.

DRA. REBECA ANDREA MORENO VICENCIO

**"DISFUNCIÓN DIASTÓLICA Y ENGROSAMIENTO DIAFRAGMÁTICO COMO
FACTORES PREDICTORES DE FALLA A LA EXTUBACIÓN."**

DIRECTOR DE TESIS

DR. MARCO EMMANUEL JIMENEZ TEXCALPA

JEFA DE EDUCACIÓN EN SALUD

DRA. ROSA ORTEGA CORTÉS



DEDICATORIA

A mi Dios, quién me ha traído a través de todo este proceso desde la misma decisión de profesión, quién me ha conocido y ha probado mi carácter para que cada día me haga más a Su imagen. A Él sea toda la gloria y la honra.

A mis padres que me han acompañado en todo el camino hasta hoy, sólo ellos saben el esfuerzo, tiempo y sacrificios que nos ha tomado llegar a este punto. Les agradezco su guía, instrucción, amor y tiempo. Los amo.

A mi hermana que ha contribuido como mi compañía, confidente y amiga. Te deseo el mayor de los éxitos en tu vida personal y profesional. Te quiero mucho.

IDENTIFICACIÓN DE AUTORES

ALUMNA:

Nombre: Rebeca Andrea Moreno Vicencio

Matrícula: 97161765

Adscripción: U.M.A.E Hospital Pediatría Centro Médico Nacional Occidente

Cargo Institucional: Residente del segundo año de Medicina del Enfermo
Pediátrico en Estado Crítico.

Dirección: Av. Belisario Domínguez No. 735 Col. Independencia. CP 44340,
Guadalajara, Jalisco.

Teléfono: 722 1590987

Email: rebecamovi@gmail.com

DIRECTOR DE TESIS:

Nombre: Marco Emmanuel Jiménez Texcalpa

Matrícula: 991425792

Adscripción: U.M.A.E Hospital Pediatría Centro Médico Nacional Occidente.

Cargo Institucional: MNF Adscrito a Terapia Intensiva Pediátrica

Dirección: Av. Belisario Domínguez No. 735 Col. Independencia. CP 44340,
Guadalajara, Jalisco.

Teléfono: 33 3106 3521

Email: marco.texcalpa@gmail.com

CO-DIRECTOR DE TESIS:

Nombre: Rosa Ortega Cortés

Matrícula: 9951873

Adscripción: U.M.A.E Hospital Pediatría Centro Médico Nacional Occidente.

Cargo Institucional: MNF Pediatra. Doctora en Ciencias Médicas. Jefe de la División de Investigación en Salud

Dirección: Av. Belisario Domínguez No. 735 Col. Independencia. CP 44340, Guadalajara, Jalisco.

Teléfono: 33 3399 1658

Email: drarosyortegac@gmail.com

CO-DIRECTOR DE TESIS:

Nombre: Oscar Armando González Hernández

Matrícula: 991431821

Adscripción: U.M.A.E Hospital Pediatría Centro Médico Nacional Occidente.

Cargo Institucional: MNF Adscrito a Terapia Intensiva Pediátrica

Dirección: Av. Belisario Domínguez No. 735 Col. Independencia. CP 44340, Guadalajara, Jalisco.

Teléfono: 656 133 2794

Email: dr.gonzalez.oscar@gmail.com

ÍNDICE

I.	Resumen	10
II.	Marco teórico	14
III.	Justificación	39
IV.	Planteamiento del problema	41
V.	Objetivo	42
VI.	Hipótesis	43
VII.	Materiales y métodos	44
	a. Tipo y diseño	44
	b. Universo y lugar de trabajo	44
	c. Población de estudio	44
	d. Cálculo muestral	44
	e. Criterios de selección	44
	f. Definición y Operacionalización de Variables.....	45
	g. Desarrollo de estudio	49
	h. Análisis estadístico	49
VIII.	Consideraciones éticas	51
IX.	Recursos humanos, financiamiento y factibilidad	53
X.	Resultados.....	55
XI.	Discusión.....	64
XII.	Conclusiones.....	67
XIII.	Bibliografía	69
XIV.	Anexos	74
	a. Hoja de recolección de datos	74
	b. Carta de dispensa del consentimiento.....	75
	c. Carta de confidencialidad	76

ABREVIATURAS

VM- ventilación mecánica.

WiPO- edema agudo de pulmón inducido por ventilación mecánica.

VPP- ventilación con presión positiva.

PIT- presión intratorácica.

RV- retorno venoso.

VI – ventrículo izquierdo.

DDIV- disfunción diafragmática inducida por ventilador.

UCI- unidad de cuidados intensivos.

UCIP- unidad de cuidados intensivos pediátricos.

ETT- ecocardiograma transtorácico.

ICP- interacciones cardiopulmonares.

VD- ventrículo derecho.

AD- aurícula derecha.

TAM- presión/tensión arterial media.

Patm- presión atmosférica.

GC- gasto cardíaco.

VT- volumen tidal/corriente.

PEEP- presión positiva al final de la espiración.

PAOP- presión de oclusión arterial pulmonar.

FEVI- fracción de eyección del ventrículo izquierdo.

Pdi- presión transdiafragmática.

VMC- ventilación mecánica controlada.

VMA- ventilación mecánica asistida.

TF- engrosamiento diafragmático.

E- excursión diafragmática.

CAF- cambio de área fraccional del ventrículo derecho.

FA- fracción de acortamiento del ventrículo izquierdo.

TAPSE- excursión sistólica del plano del anillo tricuspídeo.

VTD- volúmen ventricular telediastólico.

VTS- volúmen ventricular telesistólico.

Cm/s- centímetros por segundo.

BNP- péptido natriurético tipo B.

PVE/SBT- prueba de ventilación espontánea.

I. RESUMEN

DISFUNCIÓN DIASTÓLICA Y ENGROSAMIENTO DIAFRAGMÁTICO COMO FACTORES PREDICTORES DE FALLA A LA EXTUBACIÓN.

Marco teórico: Uno de los retos más grandes de someter a un paciente a ventilación mecánica (VM) consiste en determinar el momento preciso en el cual retirarla para minimizar el riesgo de falla a la extubación y evitar un incremento de la mortalidad al no contar con las condiciones adecuadas.

Actualmente se define al *weaning* como el proceso mediante el cual el paciente asume de nuevo la ventilación espontánea. Este se produce sin grandes dificultades en más del 77% de los pacientes en un período alrededor de 72 horas. Durante el proceso se debe monitorizar una serie de parámetros que se basan fundamentalmente en la valoración de la capacidad así como de la función cardiovascular. Aunque hay varias causas de fracaso del destete, el deterioro de la función cardíaca durante el destete proceso combinado con edema agudo de pulmón (WiPO) se consideran ser la principal causa de fracaso del destete(1). Se ha encontrado que este es causa de hasta el 60% de los casos de fallas a la extubación.

El fracaso o falla a la extubación quiere decir la necesidad de volver a intubar dentro de las 24-72 horas posteriores debido a falla respiratoria, este grupo presenta una mortalidad que se sitúa por encima de 30%, por ello resulta de gran interés poder identificar antes de la desconexión y extubación qué pacientes van a fracasar.

Como parte del advenimiento del uso del ultrasonido en áreas críticas se han encontrado nuevos momentos de utilidad para predecir la respuesta del paciente al retiro de la ventilación mecánica. La ecografía se ha utilizado para identificar factores de riesgo cardíacos, respiratorios y/o diafragmáticos de falla al retiro de la ventilación mecánica. Además, la ecografía puede ser útil para proporcionar una evaluación visual del estado cardiorrespiratorio en diferentes fases del retiro.

El fundamento para decir que la ventilación con presión positiva (VPP) influye en la hemodinamia se basa en las interacciones cardiopulmonares donde el corazón y los grandes vasos se encuentran rodeados por la presión intratorácica (PIT) la cual hace que estén sometidas a los cambios de presión durante la respiración. La PIT varía durante el ciclo respiratorio y también en maniobras como Valsalva, afectando el gradiente de presión entre el retorno venoso (RV) y el volumen latido del VI. Los cambios producidos en la PIT durante la ventilación van a afectar la precarga, poscarga y la contractilidad. El retiro de la VM es una prueba de esfuerzo selectiva del ventrículo izquierdo (VI). La evaluación ecocardiográfica de la función diastólica incluye la medición de la onda E transmitral, E', relación E/e' así como la E/A. Según la Sociedad Americana de Ecocardiografía, la función diastólica del VI es normal si más de la mitad de las variables no cumplen con los valores de corte para identificar una función anormal.

En relación a la evaluación diafragmática, la VM prolongada da como resultado el rápido desarrollo de debilidad del diafragma debido a atrofia de miofibras y disfunción contráctil. A esta condición se le denomina disfunción diafragmática inducida por ventilador (DDIV), misma que se ha visto tiene un impacto al momento de retirar la VM así como en los días de estancia en UCI. La función diafragmática se puede evaluar por medio de dos indicadores: excursión diafragmática y engrosamiento diafragmático. Por lo tanto, un ecocardiograma transtorácico (ETT) estructurado, combinado con ultrasonido de pulmón y diafragma sumados a los predictores clínicos convencionales podría ser una herramienta útil para aumentar la precisión en la predicción del fracaso de la extubación.

En los últimos años, los médicos de cuidados intensivos han utilizado la ecografía en la cabecera de la cama en muchas áreas como el corazón, los pulmones, el abdomen, los riñones y el sistema vascular. La evaluación del diafragma y pulmones a través de la ecografía en la etapa de destete ha llamado la atención.

Objetivo general: Evaluar la disfunción diastólica del ventrículo izquierdo y el engrosamiento diafragmático como factores predictores de falla a la extubación.

Objetivos específicos:

1. Determinar en cuantos pacientes se halla disfunción diastólica y en qué grado.
2. Evaluar el grado de excursión diafragmática en los mismos pacientes.
3. Cuantificar el número de pacientes que fallan a la extubación en las primeras 48hrs posteriores al retiro según reportado en las notas médicas de la fecha correspondiente.
4. Comparar estas variables entre el grupo de pacientes con extubación exitosa contra extubación fallida.

Material y métodos:

- Tipo de diseño: retrospectivo y analítico.
- Universo y criterios de selección: recopilamos los datos de las evaluaciones ecocardiográficas reportadas en las notas médicas y base de datos del equipo Phillips EnVisor C HD de los pacientes de cualquier sexo, menores de 18 años que se encontraban en la UCIP bajo VM convencional durante al menos 3 días con en planes de retiro de la ventilación según lo descrito en la nota médica.
 - Operacionalización de variables: la presencia de disfunción diastólica así como el valor de engrosamiento diafragmático fueron consideradas como variables independientes y la falla a la extubación, la variable dependiente.
 - Desarrollo del trabajo: revisamos los censos de la UCIP comprendidos entre Octubre 2021- Marzo 2022 para seleccionar a los pacientes que cumplieran con los criterios mencionados así como las notas médicas para obtener las variables descritas en el apartado correspondiente y llevar a cabo la recolección de los datos. Por último, usamos el programa estadístico SPSS 24 para el análisis estadístico y realizamos un análisis descriptivo mediante el uso de media o desviación estándar en variables cuantitativas con distribución normal y si fueron libres con medianas y rangos. Con frecuencias y porcentajes para las variables cualitativas y un análisis inferencial mediante T de student o UMW para

comparación de variables cuantitativas de acuerdo a distribución de datos y con Chi cuadrada para variables cualitativas entre los dos grupos de expedientes de pacientes que tuvieron extubación exitosa contra fallida. Se calculó la OR entre los cruces de variables que resulten con significancia estadística con un valor de p menor a 0.05.

- Recursos e infraestructura: utilizamos los recursos del investigador y tutor, expedientes clínicos electrónicos, formato de recolección de datos, material de oficina y computadoras. No requerimos de recursos financieros.
- Tiempo: se realizó durante 8 meses desde el desarrollo del protocolo, recolección de la información hasta el análisis y la obtención de resultados.

Resultados: se obtuvo que de los 16 expedientes documentados el 31.3% de nuestros pacientes falló a la extubación mientras que el 68.8% fue considerada extubación. De estos pacientes, en apenas el 12.5% se reportó disfunción diafragmática y en 6.3% disfunción diastólica. Sin embargo, los resultados no fueron estadísticamente significativos ($p > 0.05$).

Conclusiones: de acuerdo con los resultados, no se pudo correlacionar la falla diastólica del ventrículo izquierdo ni la disfunción diafragmática con el fallo a la extubación.

II. MARCO TEÓRICO

FISIOLOGIA DEL RETIRO DE LA VENTILACIÓN MECÁNICA

Interacciones cardiopulmonares

Las Interacciones Cardiopulmonares (ICP) corresponden al conjunto de interrelaciones entre el sistema respiratorio y el cardiovascular, durante el ciclo respiratorio y cardíaco. Estas dependen de si el paciente se encuentra en ventilación espontánea o mecánica, afectando en distintos grados la precarga y postcarga, tanto del ventrículo derecho (VD) como del izquierdo (2).

El corazón y los grandes vasos se encuentran rodeados por la presión intratorácica (PIT) la cual hace que estén sometidas a los cambios de presión durante la respiración. La PIT varía durante el ciclo respiratorio y también en maniobras como Valsalva, afectando el gradiente de presión entre el retorno venoso (RV) y el volumen latido del VI. Los cambios producidos en la PIT durante la ventilación van a afectar la precarga, poscarga y la contractilidad (2).

El incremento de la PIT, al aumentar la presión de llenado de la aurícula derecha y disminuir la presión transmural sistólica del VI, reduce los gradientes de presión para el RV y el volumen latido con la consecuente disminución del volumen de sangre intratorácica. Asimismo, el aumento de la PIT reduce el RV e impide la eyección del VI, aumentando el volumen de sangre intratorácica. La sangre fluye desde los reservorios venosos sistémicos hacia la aurícula derecha (AD) a través de conductos venosos de baja presión y baja resistencia. La presión de la AD es la contrapresión para el RV; la ventilación altera tanto la presión de la AD como la del RV. Los cambios en la presión de la AD y en la capacitancia venosa provocan la mayoría de los efectos cardiovasculares observados en la ventilación (2).

La presión arterial media (TAM) es resultado del volumen sanguíneo, el tono vasomotor periférico y la distribución del flujo sanguíneo. Debido a que la TAM suele ser constante durante una respiración, las variaciones en la presión de la AD

representan el factor principal que determina la fluctuación en el gradiente de presión para el RV sistémico durante la ventilación, provocando cambios cíclicos en este (2).

La ventilación con presión positiva (VPP) aumenta la presión de la AD y hace que el RV disminuya durante la inspiración, mientras que la ventilación espontánea tiene el efecto contrario. La inspiración espontánea aumenta el RV debido a la disminución de la presión auricular derecha y al aumento de la presión intraabdominal debido al descenso del diafragma. Sin embargo, este aumento del retorno venoso es limitado porque a medida que la PIT disminuye por debajo de la presión atmosférica (P_{atm}), la presión venosa central también se vuelve subatmosférica, colapsando las grandes venas a medida que ingresan al tórax y creando un segmento que limita el flujo (2).

El efecto perjudicial de la VPP sobre el gasto cardíaco (GC) puede minimizarse mediante la reanimación hídrica para aumentar la TAM o manteniendo tanto la PIT media como las oscilaciones del volumen pulmonar lo más bajo posible. En consecuencia, prolongar el tiempo espiratorio, disminuir el volumen corriente (VT) y evitar la presión positiva al final de la espiración (PEEP) minimizan esta disminución en el RV sistémico. Sin embargo, si aumentan los volúmenes pulmonares, el diafragma desciende comprimiendo el compartimento abdominal y aumentando la presión intraabdominal. Existe una gran proporción de sangre venosa en la vasculatura intraabdominal, la cual también está presurizada, lo que aumenta la TAM, mitigando gran parte las caídas importantes del GC que, de otro modo, ocurrirían si aumentara la presión de la AD (3).

Los cambios en la PIT alteran la poscarga del VI alterando tanto el volumen telediastólico del VI como la presión de eyección. La presión de eyección del VI es la presión arterial en relación con la PIT. Si la presión arterial se mantiene constante a medida que aumenta la PIT, la presión transmural del VI y, por lo tanto, la poscarga del VI disminuye. De manera similar, si la presión arterial se mantiene constante a medida que disminuye la PIT, la tensión de la pared del VI aumenta. Por lo tanto,

en condiciones de reposo, los aumentos de la PIT disminuyen la poscarga del VI y las disminuciones de la PIT aumentan la poscarga del VI. La disminución de la PIT asociada a la inspiración espontánea con su consecuente aumento en la poscarga del VI es uno de los principales mecanismos que se cree produce la isquemia del VI inducida por el retiro de la VM porque el aumento de la poscarga del VI aumenta el consumo de oxígeno del miocardio. Los cambios profundamente negativos en la PIT ocurren comúnmente durante esfuerzos inspiratorios en pacientes con broncoespasmo y/o respiración obstructiva.

Las oscilaciones negativas de la PIT pueden aumentar la poscarga del VI, provocando disfunción del VI y edema agudo de pulmón, especialmente si la función sistólica del VI ya está alterada. Por tanto, el retiro de la VM es una prueba de esfuerzo selectiva del VI. La mejora en la función del VI que se observa con la VPP en sujetos con disfunción del VI es autolimitada porque el RV también disminuye, lo que limita el volumen sanguíneo intratorácico. Sin embargo, el efecto de eliminar grandes oscilaciones negativas de la PIT sobre el rendimiento del VI también actúa para reducir la poscarga del VI, pero no se asocia con un cambio en el RV, porque hasta que la PIT se vuelve positiva, el RV permanece constante. En consecuencia, la eliminación de las oscilaciones negativas de la PIT reduce selectivamente la poscarga del VI sin impedir el RV (2).

Ventrículo derecho	Disminuye PreCarga ↓ Retorno Venoso ↓ VDFVD	Aumenta PostCarga ↑ RVP ↓ Flujo Pulmonar
Ventrículo izquierdo	Disminuye PreCarga ↓ Llene AI ↓ VDFVI	Disminuye PostCarga ↓ PTVizq ↑ VE → Aumenta GC

RVP: resistencia vascular pulmonar; VDFVD: volumen diastólico final ventrículo derecho; AI: aurícula izquierda; VDFVI: volumen diastólico final ventrículo izquierdo; PTVizq: presión transmural ventrículo izquierdo; VE: volumen expulsivo; GC: gasto cardíaco.

Figura 1. Ventilación a presión positiva e interacciones cardiopulmonares. *Cardiopulmonary interactions: From physiology to clinic. Rev Chil Pediatr. 2018;89(5):582–91 (39).*

Hemodinamia durante el retiro de la Ventilación Mecánica

Durante la ventilación mecánica con presión positiva se reduce el retorno venoso, la precarga y poscarga del VI. Al momento del cambio hacia la respiración espontánea suceden tres situaciones: primero, una presión intratorácica negativa que aumenta el gradiente de presión del retorno venoso sistémico, la precarga del VD, el volumen de sangre y la precarga del VI; por último, aumenta la presión circundante del VI con el consiguiente aumento de la poscarga del VI. Segundo, un aumento en el trabajo respiratorio y, tercero, un aumento en el tono adrenérgico lo cual se documenta por un incremento en los niveles séricos de catecolaminas. Estos tres principales mecanismos desencadenantes pueden inducir disfunción cardiovascular clínicamente manifestada por un aumento en la presión de oclusión arterial pulmonar (PAOP), aumento de la presión de llenado del VI y, finalmente, edema pulmonar (figura 2) (4).

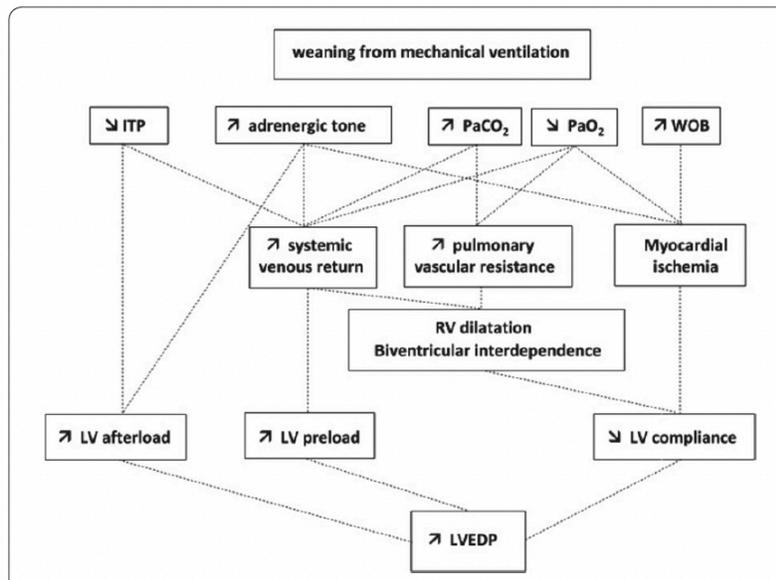


Figura 2. Principales mecanismos potencialmente involucrados en el desarrollo del edema pulmonar agudo inducido por el retiro de la ventilación mecánica (WiPO). (ITP) presión intratorácica, (LV) ventrículo izquierdo, (LVEDP) presión sistólica del VI al final de la diástole, (PaO₂) presión arterial de oxígeno, (PaCO₂) presión arterial de dióxido de carbono, (RV) ventrículo derecho, (WOB) trabajo respiratorio. *Weaning failure of cardiovascular origin: how to suspect, detect and treat—a review of the literature. Ann Intensive Care. 2019;9(1):11–5 (4).*

Estudios recientes enfatizan el papel de la disfunción diastólica del VI con contractilidad del VI conservada como contribuyente al fracaso del retiro de la VM. Se ha visto que entre los pacientes ingresados a la UCI de adultos, el fracaso se debió con mayor frecuencia a grados de disfunción diastólica del VI que de sistólica (2).

En algunos estudios se ha observado que el retiro de la VM supone un mecanismo fisiopatológico similar a aquel inducido por el ejercicio. En sujetos sanos existe un mejor lusitropismo durante el ejercicio lo cual disminuye el RV para mantener presiones de llenado normales. Sin embargo, la relajación inadecuada puede desenmascarse durante el ejercicio en pacientes con síntomas leves de insuficiencia cardíaca, independientemente de la presencia de disfunción diastólica en reposo. Debido a que el proceso de *weaning* comparte algunas similitudes con una prueba de esfuerzo, la misma fisiopatología puede explicar el aumento de las presiones de llenado cuando existe fallo a la extubación (5).

La taquicardia e hipertensión son dos determinantes principales de la disfunción diastólica ya que pueden reducir el tiempo de llenado diastólico y/o disminuir la perfusión coronaria. Además, se ha demostrado que el rendimiento diastólico del VI está fuertemente influenciado por la respuesta hipertensiva al ejercicio. Es bien sabido que la hipertensión agrava la insuficiencia cardíaca en pacientes con fracción de eyección (FEVI) conservada (6). La caída de la presión del VI durante la diástole es un determinante clave y depende de factores intrínsecos (contractilidad, rigidez del VI) y extrínsecos (precarga, poscarga) (7).

A manera de resumen, el retiro de la ventilación con presión positiva aumenta la precarga y la poscarga del VI, asimismo disminuye la compliance del VI y puede inducir isquemia miocárdica. Todos estos factores pueden incrementar las presiones de llenado del VI lo cual resulta en edema agudo de pulmón o *weaning-induced pulmonary edema (WiPO)* (8).

Disfunción diafragmática durante la ventilación mecánica

El diafragma es el único músculo esquelético esencial para la vida, actuando junto a los pulmones para lograr un intercambio gaseoso efectivo. Desde el punto de vista mecánico, su contracción produce una presión negativa que incrementa la dimensión céfalo-caudal de la caja torácica. Este movimiento genera un aumento de la presión intraabdominal y disminución de la presión pleural, diferencia denominada presión transdiafragmática (Pdi), la cual representa la fuerza del músculo diafragma (9).

La ventilación mecánica, si bien es una intervención que salva vidas, de ser prolongada da como resultado el rápido desarrollo de debilidad del diafragma debido a atrofia de miofibras y disfunción contráctil. A esta condición se le denomina disfunción diafragmática inducida por ventilador (DDIV), misma que se ha visto tiene un impacto al momento de retirar la VM así como en los días de estancia en UCI (10).

Se ha demostrado que existen mecanismos moleculares y mecánicos implicados en la DDIV, por ejemplo, se sabe que la VM prolongada resulta en un incremento de la proteólisis a nivel de las miofibrillas (11). La disfunción en sí se origina a nivel de la membrana de la célula muscular y/o del aparato contráctil, en lugar del nervio frénico o de la unión neuromuscular. Ultra-estructuralmente, en la DDIV se aprecia disrupción de miofibrillas, incremento en el número de vacuolas en el sarcoplasma y disrupciones en la membrana mitocondrial, especulándose que la activación de la calpaína secundaria al estrés oxidativo podrían contribuir a estas alteraciones (10).

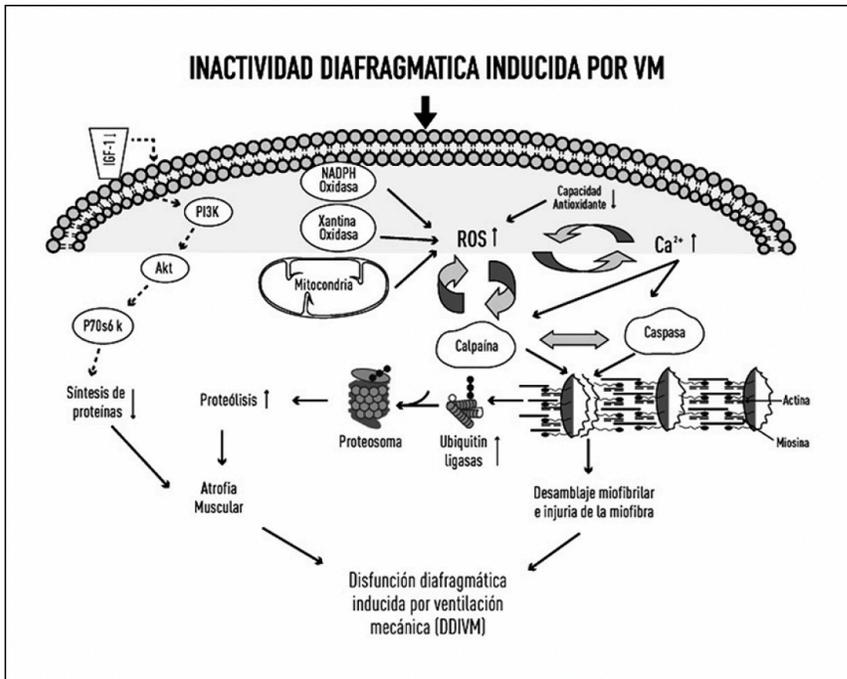


Figura 3. Rutas de señalización molecular en disfunción diafrágica inducida por ventilación mecánica. (IGF-1) factor de crecimiento insulínico tipo 1; (PI3K) fosfatidil-inositol 3 kinasa; (NADPH) nicotinamida adenina dinucleótido fosfato; (ROS) especies reactivas de oxígeno; (Ca) calcio. *Disfunción diafrágica inducida por ventilación mecánica. Rev Chil Pediatr. 2014;85(4): 491-8 (9)*

El adelgazamiento del diafragma es una parte esencial de DDIV. Este proceso afecta a los músculos estriados: se observan disfunción y atrofia, a menudo simultáneamente, en los músculos de las extremidades y del diafragma. Mientras que la atrofia general de los músculos de las extremidades es un proceso más gradual y lento, que alcanza su punto máximo después de 2-3 semanas de estancia en la UCI, la disfunción diafrágica parece ocurrir mucho más rápidamente. De hecho, los niveles de atrofia presente en el diafragma al cabo de 12 h son comparables a los observados en el músculo sóleo a las 96 h de descarga (12).

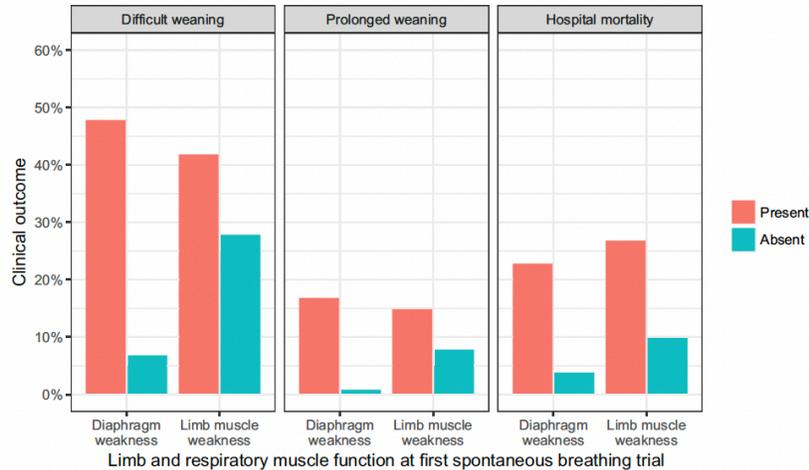


Figura 4. La debilidad del diafragma predice resultados clínicos adversos con mucha más fuerza que la debilidad de los músculos de las extremidades en el momento de la primera prueba de respiración espontánea. El riesgo de un *weaning* difícil, prolongado y la muerte en el hospital fue significativamente mayor en los pacientes con debilidad del diafragma en comparación con los pacientes sin la misma. Las diferencias de riesgo fueron mucho menores entre pacientes con y sin debilidad muscular de las extremidades. *Avoiding Respiratory and Peripheral Muscle Injury During Mechanical Ventilation. 2018;34:357–81 (40).*

El modo de ventilación se ha identificado como un factor clave que influye en la DDIV. Se ha observado en estudios realizados en adultos que la ventilación mecánica controlada (VMC) redujo la capacidad del diafragma de generar presión en un 42%, en comparación con el grupo control que respiró espontáneamente (13). Por el contrario, los modos de ventilación asistida (VMA), que proporcionan apoyo a pacientes que son capaces de realizar esfuerzos respiratorios espontáneos, puede prevenir o reducir los efectos nocivos observados como resultado del VMC. El modo VMC reemplaza en gran manera la actividad diafragmática espontánea lo que resulta en atrofia por desuso. Más aún, la atrofia inducida por VM ha mostrado ser mayor a la reportada en el diafragma denervado (12).

En un estudio realizado en 2015 por Goher, se observó que el uso de una presión soporte entre 5 y 12 cmH₂O (<12 cmH₂) se asoció con una recuperación muy significativa del engrosamiento diafragmático (TF) y mejora significativa en la excursión diafragmática (E), pero presiones de soporte altas (> 12 cmH₂O) disminuyeron significativamente todos los valores y parámetros diafragmáticos funcionales. Esto puede explicarse por el hecho de que las ventilaciones asistidas

activan la musculatura respiratoria y el diafragma, preservando así la contracción espontánea y evitando la atrofia (14).

Se ha identificado al TF como un índice predictor de la capacidad de trabajo del mismo y se ha estudiado como parte del protocolo para predecir el éxito de la extubación, como lo comentaremos más adelante.

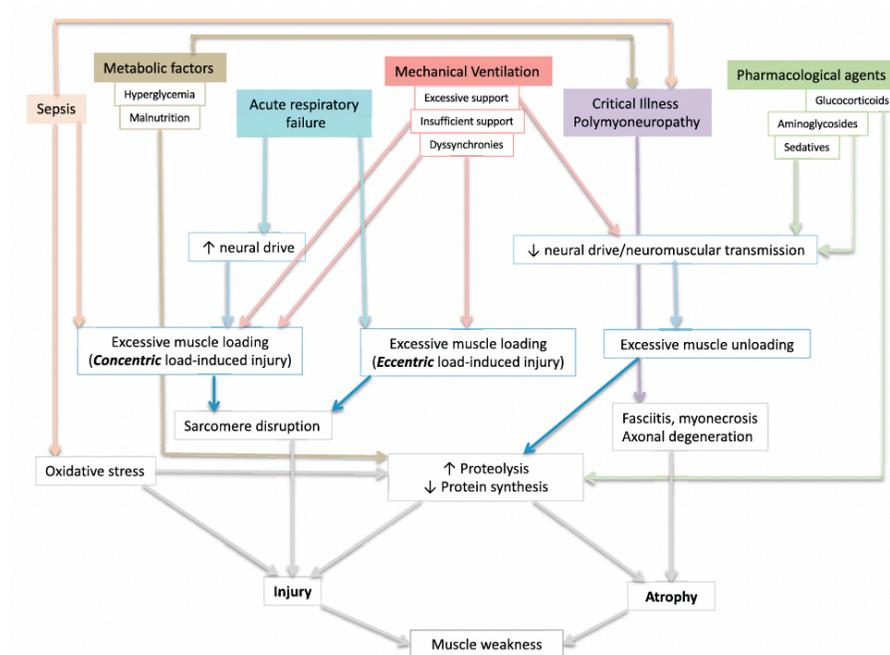


Figura 5. Mecanismos de lesión a los músculos de las extremidades y los respiratorios durante la ventilación mecánica. *Avoiding Respiratory and Peripheral Muscle Injury During Mechanical Ventilation. 2018;34:357–81 (40).*

SUSPENSIÓN DE LA VENTILACIÓN MECÁNICA (DESTETE O WEANING VENTILATORIO)

A pesar de ser un método eficaz para el mantenimiento de la vida, el cambio que produce la VM en la fisiología normal del sistema respiratorio implica efectos indeseables como la repercusión hemodinámica y renal. Esto hace que el manejo del paciente se vuelva más complicado.

Además, existe el riesgo de desarrollar una gran variedad de complicaciones que estadísticamente se presentan en el 18 al 80 % de los enfermos y muchas veces pueden causar aumento en su mortalidad. Por lo anterior, siempre se intenta suspender la ventilación tan pronto como el paciente sea capaz de mantener una respiración espontánea, hecho conocido como “destete” o “weaning”. Este se produce sin grandes dificultades en más del 77% de los pacientes en un período alrededor de 72 horas.

Actualmente se define al *weaning* como el proceso mediante el cual el paciente asume de nuevo la ventilación espontánea. Esto consta de dos momentos: el destete del soporte ventilatorio (disminución de los parámetros ventilatorios) y el retiro o liberación de la vía aérea (15). Se describe en la literatura que el proceso de destete debe durar aproximadamente de un 40-50% del tiempo que se sostuvo la ventilación mecánica (16).

La clave para un manejo exitoso en pacientes considerados candidatos a la extubación, no sólo consiste en efectuar una evaluación precisa del riesgo que dicho procedimiento representa, sino también contar con un protocolo de retiro de la ventilación mecánica y aplicar las estrategias apropiadas en el momento oportuno (17).

Existen diversos criterios que deben cumplirse para decir que un paciente es candidato a iniciar el retiro de la ventilación mecánica los cuales se resumen en el siguiente esquema publicado en la revista de Neumología Pediátrica:

CRITERIOS PARA INICIO DE *WEANING*

Para su inicio, se deben cumplir los siguientes criterios:

1. Resolución del problema que gatilló la intubación

2. Oxigenación

- $PaO_2 > 60$ (en ausencia de cardiopatía congénita cianótica)
- $PaO_2/FiO_2 > 150$ (idealmente >200)
- $FiO_2 < 60$ (idealmente < 40)
- $Peep < 5$

3. Estado de conciencia

En proceso de despertar o alerta

- sin relajantes musculares
- mecanismos de protección vía aérea activos
- ausencia de edema secundario de vía aérea alta
- sedación ausente o ir en disminución franca

La sedación es un tema importante que puede complicar el *weaning* (6, 7). Esta debiera estar ausente o ir en disminución franca. Hay que considerar que el exceso de sedación conlleva ausencia o gran disminución de respiración espontánea por compromiso del drive central. Sin embargo, en algunos pacientes, poca sedación puede implicar trauma de vía aérea, por lo que en casos justificados es preferible mantener dosis bajas para un *weaning* satisfactorio. Se han desarrollado herramientas para ajustar su uso (8).

4. Estado hemodinámico

- hemodinamia estable
- sin Hipotensión
- sin signos de isquemia miocárdica
- con apoyo vasoactivo razonable
- balance hídrico adecuado (incremento de peso no $> 10\%$)

Se incluye el manejo adecuado de la hipertensión pulmonar cuando hay riesgo de estar presente (9,10)

5. Ausencia de otras complicaciones

- hipertermia
- signos de shock
- sin signos de sepsis (infección controlada)
- factores metabólicos compensados
- sin necesidad de reintubar electivamente a corto plazo

Figura 6. Criterios para inicio de *Weaning* ventilatorio. *Weaning de ventilación mecánica del arte a la ciencia. Neumología Pediátrica. 2017;12(1):28–33 (19).*

Durante este proceso, se disminuye el soporte brindado al paciente para que este asuma una respiración espontánea y efectiva que garantice el intercambio gaseoso (18). Aun así, se conoce que muchos pacientes fracasan en el proceso, lo que prolonga la asistencia ventilatoria, la estancia en unidades de cuidados intensivos e incrementa los costos administrativos.

Se han descrito diferentes condiciones fisiológicas que pueden ocasionar falla en el destete ventilatorio, por ejemplo, la incompetencia neuromuscular o debilidad

diafragmática, trastornos metabólicos, desnutrición, disfunción hemodinámica o la sobrecarga ventilatoria. El destete ventilatorio se considera exitoso cuando el paciente es capaz de mantener el intercambio gaseoso sin ninguna asistencia mecánica (19).

Durante el proceso se debe monitorizar una serie de parámetros que se basan fundamentalmente en la valoración de la capacidad ventilatoria (frecuencia respiratoria, volumen corriente, volumen minuto, capacidad vital, presión negativa inspiratoria, distensibilidad dinámica, cociente fr/vt, resistencia del sistema y prueba de fuga de volumen) así como de la función cardiovascular (20). Aunque hay varias causas de fracaso del destete, el deterioro de la función cardíaca durante el destete proceso combinado WiPO se consideran ser la principal causa de fracaso del destete (1). Se ha encontrado que este es causa de hasta el 60% de los casos de fallas a la extubación (21).

El fracaso o falla a la extubación quiere decir la necesidad de reintubar dentro de las 24-72 horas posteriores debido a falla respiratoria, lo cual tiene una incidencia del 6 al 25% en las primeras 12 horas de extubación en los pacientes ingresados en una unidad de cuidados intensivos (22). Este grupo presenta una mortalidad que se sitúa por encima de 30%, por ello resulta de gran interés poder identificar antes de la desconexión y extubación qué pacientes van a fracasar (23).

Por otro lado, la capacidad cardiopulmonar es un fuerte predictor del destete y extubación exitosa en ventilación mecánica. Aquellos pacientes con mayor índice cardíaco, con un aparato ventilatorio más eficiente se traducen en un resultado de extubación más favorable (24).

En los últimos años, los médicos de cuidados intensivos han utilizado la ecografía en la cabecera de la cama en muchas áreas como el corazón, los pulmones, el abdomen, los riñones y el sistema vascular. La evaluación del diafragma y pulmones a través de la ecografía en la etapa de destete ha llamado la atención (7).

EVALUACIÓN DE LA FUNCIÓN CARDIACA MEDIANTE ECOCARDIOGRAFÍA

Debido a su factibilidad, reproducibilidad y ausencia de invasión, la ecocardiografía a pie de cama se ha convertido en una herramienta importante para la valoración hemodinámica dentro de la UCI. Existen diversos parámetros que determinan la adecuada función sistólica y diastólica miocárdica: algunos parámetros que valoran la función sistólica se encuentran la FEVI, cambio fraccional de área del ventrículo derecho (CAF), fracción de acortamiento del ventrículo izquierdo (FA), excursión sistólica del plano del anillo tricuspídeo (TAPSE), dentro de los cuales, la mayormente reportada es la FEVI, ya que sirve para clasificar la falla cardiaca y el grado de disfunción ventricular. Debemos tener presente que si existe una FEVI baja coexiste cierto grado de disfunción diastólica (25).

La FEVI es un parámetro adimensional que relaciona el volumen ventricular telediastólico (VTD) y el telesistólico (VTS), normalizado por el volumen telediastólico:

$$FEVI = \frac{VTD - VTS}{VTD} \times 100$$

Valores en reposo por debajo del 50% se consideran anormales. Levemente deprimida 40- 50%. Moderadamente deprimida 30-40% Severamente deprimida <30%. Los métodos que se usan para el cálculo de la FEVI son Teicholz y Simpson (25), para fines de este trabajo se utilizará el método de Simpson el cual se describe a continuación.

El método de la regla de Simpson: se basa en dividir la cavidad ventricular en un número variable de secciones, calcular su volumen como cilindros aislados y sumarlos todos. Se realiza desde una proyección apical 4 cámaras en modo 2D. Este es sin duda el método de más exacto para calcular el volumen latido (25).

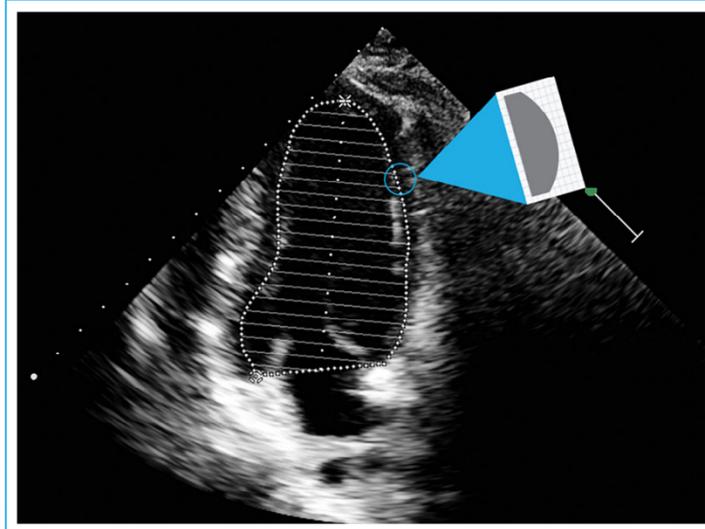


Figura 7. Método de Simpson: se divide la cavidad en discos de espesor y radio conocidos; luego, se aplica la regla de Simpson para la estimación del espesor de los discos en que se divide la cavidad ventricular. Métodos de valoración de la fracción de eyección del ventrículo izquierdo. *Revista ecocardiografía práctica y otras técnicas imagen cardíaca*. 2017;7(1):1–6.(25).

En segundo lugar y objeto de este estudio, esta la función diastólica. Ésta última se ha catalogado como aquella con repercusión clínica sobre el retiro de la ventilación mecánica (26) por lo cual nos enfocaremos en la evaluación ecocardiográfica de la misma.

Según la Sociedad Americana de Ecografía, las ventana ideal para valorar función diastólica del ventrículo izquierdo es la apical 4 cámaras usando el Doppler pulsado donde se obtienen las siguientes medidas (27):

- Velocidad máxima de la onda E (cm/s): corresponde al valor máximo de la velocidad de flujo mitral (onda E) en la diástole temprana. La velocidad de la onda E del flujo de entrada mitral evalúa el llenado diastólico temprano del VI, reflejando principalmente la presión de conducción entre la aurícula izquierda y la del ventrículo izquierdo y, por lo tanto, se ve afectada por la precarga y relajación (27).

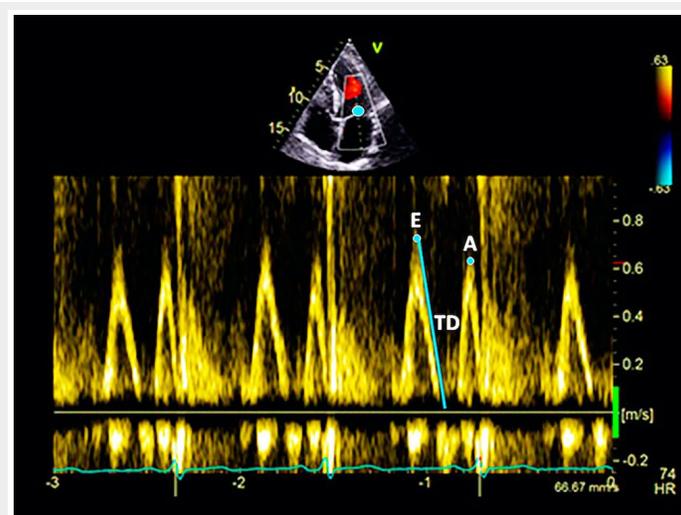


Figura 8. Patrón de flujo mitral adquirido con Doppler pulsado. Velocidad máxima de la onda E, velocidad máxima de la onda A, tiempo de desaceleración (TD). *Revista ecocardiografía práctica y otras técnicas imagen cardíaca*. 2017;7(1):1–6 (25).

- Velocidad máxima de la onda A (cm/s) que corresponde al valor máximo de la velocidad de flujo que atraviesa la válvula mitral (onda A) en la diástole tardía (27).

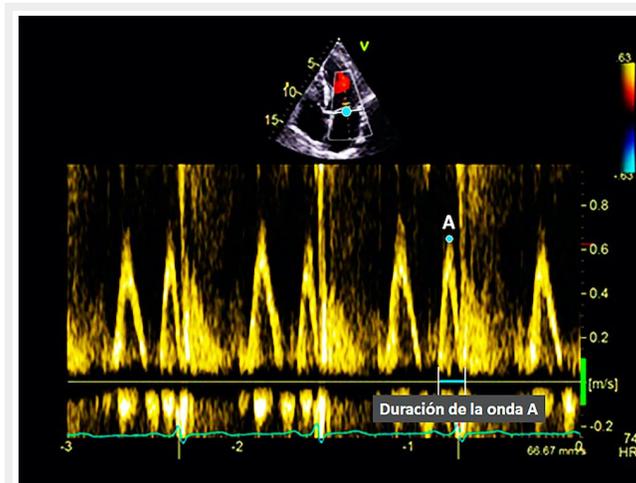


Figura 9. Patrón de flujo mitral adquirido con Doppler pulsado. Duración de la onda A sobre la línea base cero *Revista ecocardiografía práctica y otras técnicas imagen cardíaca*. 2017;7(1):1–6 (25).

Partiendo de estos parámetros se obtendrá la relación E/A: relación entre onda de llenado ventricular temprano y contracción auricular. Su valor normal en pediatría es de 0.75- 1.5 (27).

- Velocidad de la onda e' del anillo mitral por Doppler tisular (TDI e'): medida con Doppler tisular en el anillo de la válvula mitral septal y lateral, se recogerá la velocidad pico en la diástole temprana sobre el borde externo de la onda espectral. Generalmente se utiliza para corregir el efecto de la relajación del VI sobre la onda E (27).

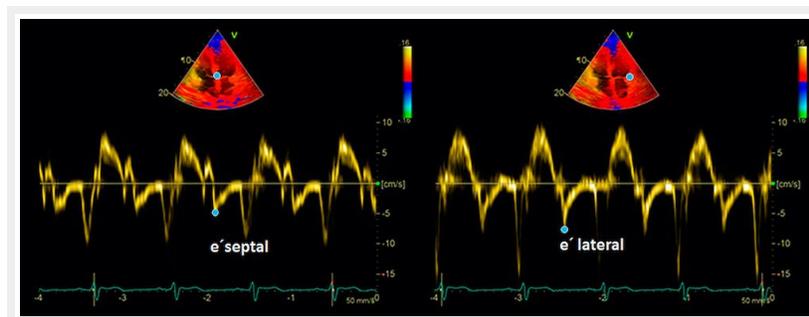


Figura 10. Registro de las velocidades e' septal (izquierda) y e' lateral (derecha) por Doppler tisular *Revista ecocardiografía práctica y otras técnicas imagen cardíaca*. 2017;7(1):1-6 (25).

Por lo tanto, la relación E/e' se considera una medida confiable de la presión de llenado del VI, con mínima influencia de la relajación intrínseca o edad, además, es altamente reproducible (26). Se cree que E/e' es un índice ecocardiográfico mejor que E/A para detectar un aumento en la presión de llenado del VI (28). Lo normal es que sea menor a 8.

Según la Sociedad Americana de Ecocardiografía, la función diastólica del VI es normal si más de la mitad de las variables no cumplen con los valores de corte para identificar una función anormal. La disfunción diastólica del VI está presente si más de la mitad de los parámetros disponibles cumplen con estos valores de corte (27).

Se describen entonces tres patrones de disfunción diastólica por ecografía (29):

- 1) Tipo I (alteración en la relajación): $E/A < 1$; $E/E' < 8$; onda $S > D$.
- 2) Tipo II (pseudonormal): $E/A > 1$; $E/E' 8-15$; onda $S < D$.
- 3) Tipo III (restrictivo): $E/A > 2$; $E/E' > 15$; onda $S < D$.

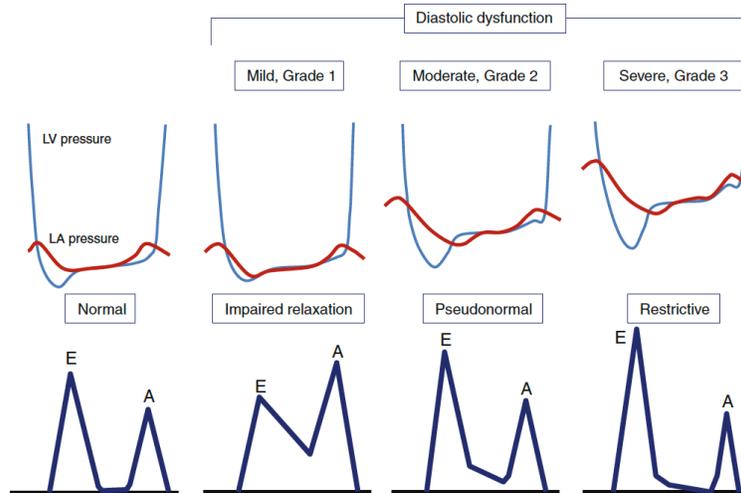


Figura 11. Representación esquemática de las presiones del ventrículo izquierdo (LV) y de la aurícula izquierda (LA) (superior) y patrones de velocidad de flujo transmitral (abajo) en pacientes normales y en tipos de disfunción diastólica. Se divide a los pacientes en cuatro patrones de llenado: A) patrón normal de relajación y llenado. B) grado 1: relajación alterada o disfunción diastólica leve. C) grado 2: relajación pseudonormal o disfunción diastólica moderada. D) Grado 3: patrón de llenado restrictivo, o disfunción diastólica grave. *Diastology 2010: Clinical approach to diastolic heart failure. J Echocardiogr. 2010;8(3):65-79 (29).*

Vale la pena mencionar también que se ha observado que en la población sometida a una prueba de ventilación espontánea previa al retiro de la VM, la disfunción diastólica del VI fue un factor de riesgo independiente para el fracaso. Durante la prueba los niveles de péptido natriurético tipo B (BNP) aumentaron significativamente más en los pacientes que no lograron el destete, de igual manera, hubo una correlación significativa entre los grados de disfunción diastólica y los niveles de BNP al inicio del estudio (28).

VALORACIÓN DE LA FUNCIÓN DIAFRAGMÁTICA MEDIANTE ECOGRAFÍA

La ecografía permite una fácil visualización de los dos hemidiafragmas y su excursión durante los ciclos respiratorios. La evaluación se realiza con el paciente en decubito supino utilizando un transductor convexo, este se coloca en línea media axilar por debajo del margen costal. En el modo 2D se deberá observar un halo hiperecogénico curvado que representa el diafragma (figura 12). El modo M se utiliza para evaluar el desplazamiento del diafragma (evalúa E) (30).



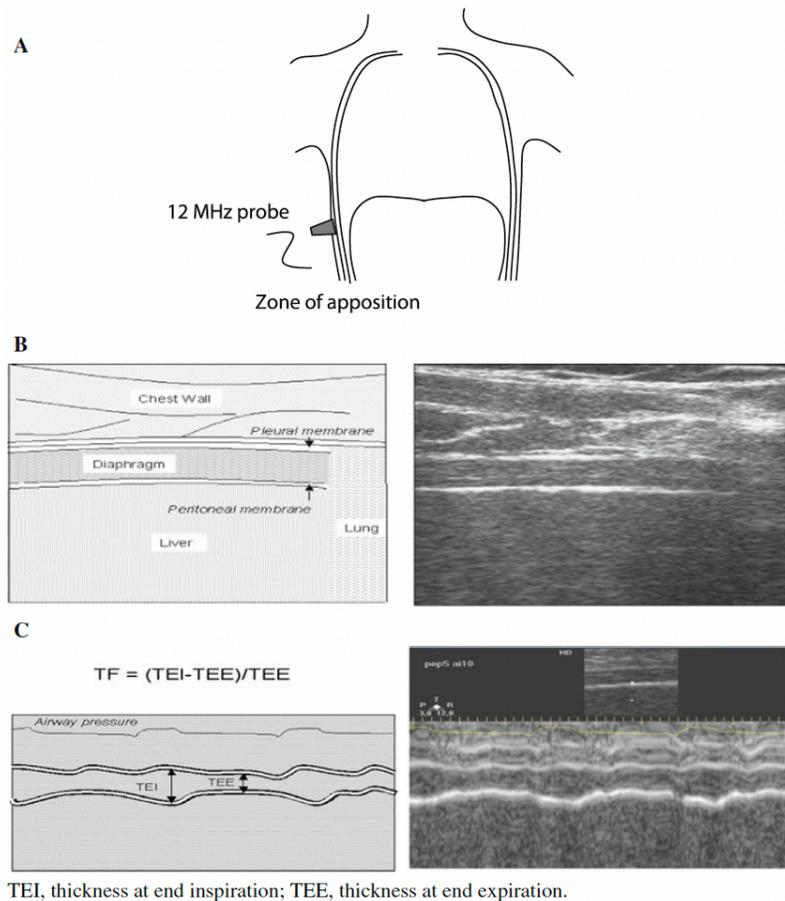
Figura 12. Ecografía que muestra (a) el grosor diafragmático (TF) medido desde la mitad de la línea pleural hasta la mitad de la línea peritoneal al final de la inspiración y al final de la espiración. (b) Excursión diafragmática (distancia recorrida durante el ciclo respiratorio). *Diaphragm and Lung Ultrasound Indices in Prediction of Outcome of Weaning from Mechanical Ventilation in Pediatric Intensive Care Unit. Indian J Pediatr. 2020;87(6):413–20.(41).*

Se han descrito dos parámetros ecográficos diferentes para evaluar el rendimiento diafragmático. El primer parámetro se refiere a la medición de la excursión diafragmática (E) durante la inspiración. E se puede medir fácilmente en Modo B o M, con el llamado modo M anatómico que permite colocación de la línea del modo M paralela a la excursión diafragmática. Consiste en medir la movilidad del diafragma en inspiración y espiración durante un modo espontáneo de VM o durante

la prueba de ventilación espontánea (PVE/SBT) (30). El valor normal que se ha tomado como corte en pediatría es de >11mm (31).

El segundo parámetro describe el TF durante la inspiración en la zona de aposición del diafragma usando el mismo modo, es una expresión de la contracción muscular por lo cual es el parámetro ideal en pacientes bajo VM (31,32). El valor corte en pediatría es de 30%.

Figura 13. Ecografía que muestra (a) el grosor diafragmático (TF) medido desde la mitad de la línea pleural hasta la mitad de la línea peritoneal al final de la inspiración y al final de la espiración. (b) Excursión diafragmática (distancia recorrida durante el ciclo respiratorio) *Diaphragm and Lung Ultrasound Indices in Prediction of Outcome of Weaning from Mechanical Ventilation in Pediatric Intensive Care Unit. Indian J Pediatr. 2020;87(6):413–20 (41).*



TF (engrosamiento diafragmático)= [grosor al final de la inspiración - grosor al final de la espiración] / grosor al final de la espiración.

Se ha propuesto un algoritmo para seleccionar cual es el parámetro de utilidad de acuerdo a la situación ventilatoria del paciente (figura 13) (32).

Point-of-care of diaphragm during ICU stay

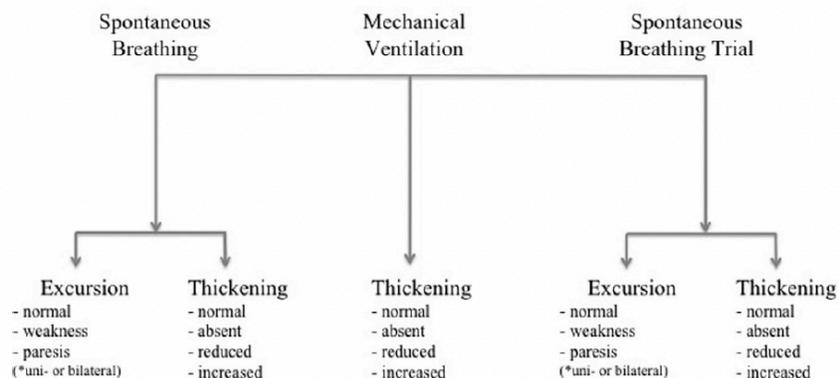


Figura 14. Algoritmo de manejo que ilustra el papel de la evaluación ultrasonográfica de la disfunción diafragmática. *Ultrasound Imaging for Diaphragm Dysfunction: A Narrative Literature Review. Journal Cardiothoracic Vascular Anesthesiology. 2019;33(9):2525–36 (32).*

Para ambos se han publicado en detalle parámetros para mejorar la reproducibilidad y precisión de las mediciones (31).

En pacientes que respiran espontáneamente, la excursión diafragmática es el resultado de una contracción diafragmática dada para una carga mecánica determinada (es decir, distensibilidad del sistema respiratorio, incluida la distensibilidad abdominal). En pacientes que reciben soporte mecánico, la excursión diafragmática también depende de la cantidad de soporte y nivel PEEP. De hecho, la PEEP aumenta el volumen pulmonar espiratorio, el correspondiente aumento del volumen pulmonar reduce la cúpula diafragmática, lo que puede dar lugar a una disminución de la excursión diafragmática. Las mediciones del engrosamiento diafragmático se pueden utilizar como un índice directo de la eficacia diafragmática como generador de presión. Se ha demostrado que tanto la excursión diafragmática como el TF se correlacionan con mediciones de la función diafragmática (típicamente mediciones de Pdi) en pacientes que respiran espontáneamente (33). Como resultado del efecto de la PEEP y el nivel de soporte ventilatorio en E, solo las mediciones de TF funcionan bien en el análisis de la función diafragmática en pacientes que reciben ventilación mecánica (34).

La disfunción diafragmática en pacientes que reciben VM ocurre con mayor frecuencia de forma simétrica. Alternativamente, la lesión del nervio frénico, especialmente durante la cirugía cardíaca, puede conducir a una disfunción diafragmática asimétrica. Trastornos neuromusculares o problemas pulmonares como la enfermedad pulmonar obstructiva crónica pueden ser otros desencadenantes (34).

Existen numerosos estudios realizados donde se han evaluado los valores de corte de la E y TF, un metaanálisis hecho en Berlin 2016 revisó 4 de estos estudios y propone las siguientes como medidas de corte para hablar de disfunción diafragmática por ecografía (31):

Table 2 Indices of diaphragmatic function of potential utility for weaning from mechanical ventilatory support

Measurement	Value	Potential utility
Diaphragmatic excursion during SBT	<11 mm	Increased likelihood of failure of SBT
Best diaphragmatic excursion on right or left	>25 mm	Increased likelihood of success of SBT
Thickening fraction of diaphragm during SBT	>30–36 %	Increased likelihood of success of SBT
Right- and left-sided diaphragmatic excursion	Bilateral absence of diaphragmatic excursion	Increased likelihood of failure of SBT

SBT spontaneous breathing trial

Figura 15. Índices de valoración diafragmática potencialmente útiles para el *weaning* ventilatorio. *Ultrasonography evaluation during the weaning process: the heart, the diaphragm, the pleura and the lung. Intensive Care Medicine. 2016;42(7):1107–17 (31).*

El engrosamiento diafragmático se ha estudiado como factor predictor de extubación exitosa, su medición se considera incluso superior a la medición de la Tdi debido a ser un método no invasivo capaz de determinar parálisis unilateral (35).

EVALUACIÓN CONJUNTA DE LA FUNCIÓN DIASTÓLICA Y EL ENGROSAMIENTO DIAFRAGMÁTICO

Como se mencionó anteriormente, el fracaso del retiro de la ventilación mecánica se define como la falla a una prueba de respiración espontánea o el desarrollo de dificultad respiratoria posterior a la extubación que requiere reintubación o ventilación no invasiva dentro de las primeras 48 horas de realizado el procedimiento. Los predictores conocidos de falla incluyen enfermedad obstructiva crónica de las vías respiratorias, insuficiencia cardíaca, pérdida del reclutamiento pulmonar, balance hídrico positivo, neumonía y disfunción diafragmática (36). La ecografía se ha utilizado para identificar factores de riesgo cardíacos, respiratorios o diafragmáticos de insuficiencia del destete. Además, la ecografía puede ser útil para proporcionar una evaluación visual del estado cardiorrespiratorio en diferentes fases del retiro. Por lo tanto, un ecocardiograma transtorácico estructurado combinado con ultrasonido de pulmón y diafragma sumados a los predictores clínicos convencionales podría ser una herramienta útil para aumentar la precisión en la predicción del fracaso de la extubación (31).

Existen diversos estudios en adultos que han evualuado la eficacia del ultrasonido como predictor de falla al retiro de la ventilación mecánica, en todos ellos se evalúan 4 aspectos diferentes: función diastólica cardíaca, función diafragmática (valorado por TF), aereación pulmonar, derrame pleural.

El primer estudio se realizó en Australia 2014 en 58 pacientes donde se realizó valoración de la disfunción diastólica del VI (utilizando E/e' y E/A), ultrasonido pulmonar y TF. Así como valoración del índice de respiraciones rápidas o Tobin. Los resultados se describen en la siguiente tabla (36):

Table 2 Clinical, echocardiographic and respiratory ultrasound variables

Variable	Failed extubation (n = 11)	Successful extubation (n = 42)	Unadjusted OR (95% CI)	p value
RSBI (breath/min/l) median (IQR)	48.0 (35.1–72.0)	33.5 (25.6–55.4)	1.03 (1.00–1.06)	0.03
BNP (pmole/l) median (IQR)	372 (152–1620)	233 (95–475)	1.0 (0.99–1.00)	0.72
Echocardiographic variables				
LVEF (%) median (IQR)	50 (45–55)	65 (53–65)	0.96 (0.91–1.0)	0.1
E median (IQR)	0.87 (0.68–1.04)	0.83 (0.68–0.99)	5.43 (0.35–85.2)	0.22
E/A median (IQR)	1.20 (0.60–1.64)	1.13 (0.85–1.36)	0.99 (0.38–2.59)	0.99
EDT median (IQR)	175 (125–259)	180 (155–217)	0.99 (0.98–1.01)	0.87
E' median (IQR)	0.07 (0.05–0.11)	0.10 (0.08–0.12)	0.00 (0.00–1.36)	0.052
E/E' median (IQR)	10.9 (8.7–18.0)	7.7 (6.4–10.6)	1.27 (1.05–1.54)	0.01
LAA median (IQR)	25.0 (19.3–32.0)	20.0 (18.0–23.7)	1.14 (1.02–1.28)	0.02
IAS fixed curvature n (%)	7 (72.7)	8 (17.1)	12.95 (2.73–61.41)	0.001
Lung ultrasound				
Aeration score of left and right anterior and lateral region (upper and lower zones) median (IQR)	17 (8–20)	11 (8–13)	1.41 (1.01–1.82)	0.007
Aeration score of left and right lungs total median (IQR)	22 (13–28)	18 (13–21)	1.12 (0.99–1.27)	0.06
Diaphragmatic dysfunction n (%)				
No diaphragmatic dysfunction	5 (45.5)	24 (57.1)		0.53
Hemidiaphragm dysfunction	4 (36.4)	15 (35.7)	1.28 (0.29–5.53)	0.26
Diaphragm dysfunction	2 (18.2)	3 (7.1)	3.2 (0.41–24.41)	0.49

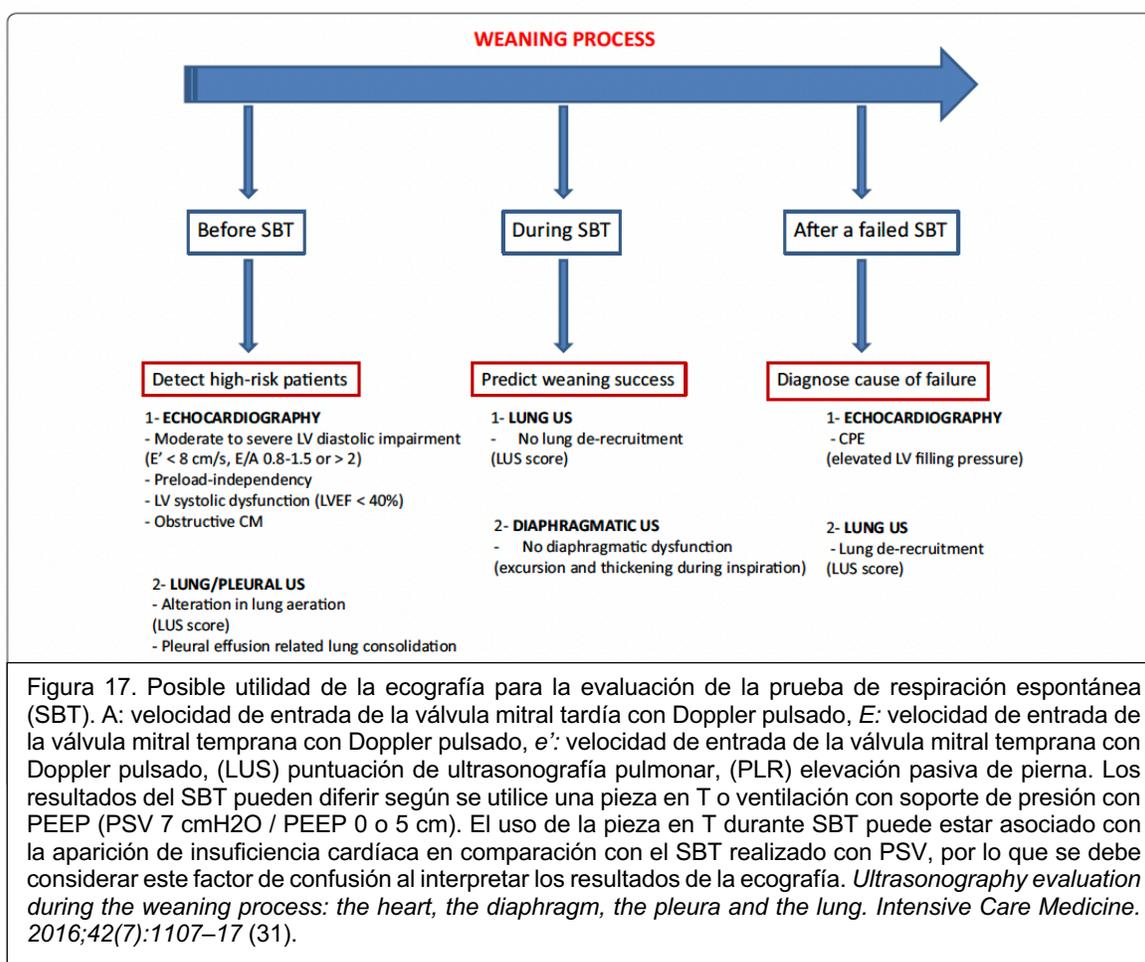
Figura 16. Variables clínicas, ecocardiográficas, de ultrasonido pulmonar y diafragma. Los valores normales de los parámetros enumerados en la tabla son los siguientes: RSBI: <105, BNP <29 pmol / l, FEVI <50%, E 73 ± 19 cm / s, A 69 ± 17 cm / s, E / A 1,20 ± 0,20, DT 192 ± 40 ms, E ' 12 ± 4 cm / s, E / E ' 10 ± 2, excursión del hemidiafragma ≥ 1,0 cm. IAS: tabique interauricular; IQR: rango intercuartílico; LAA: área auricular izquierda; LVE / E: velocidad del flujo trans mitral diastólico temprano del ventrículo izquierdo; Onda E: relación E ' de la velocidad diastólica temprana del anillo mitral; FEVI: fracción de eyección del ventrículo izquierdo; OR: razón de posibilidades, RSBI: índice de respiración rápida superficial. *The impact of heart, lung and diaphragmatic ultrasound on prediction of failed extubation from mechanical ventilation in critically ill patients: a prospective observational pilot study. Critical Ultrasound Journal. 2018;10(1):1–12 (36).*

Ellos concluyeron que los pacientes con fallo a la extubación habían mostrado mayor incidencia de los marcadores de disfunción diastólica y pérdida de la aereación pulmonar. Sin embargo, la limitación de este estudio es que tuvo una cohorte pequeña (36).

En Mongolia, China 2020 evaluó el valor de combinar el ultrasonido cardiaco, pulmonar y diafragmático como predictor de éxito del retiro de la VM en comparación con el uso del péptido natriurético B (BNP) que es sabido que incrementa en los pacientes con VILI. Se evaluaron 105 pacientes. Se observó que la relación E/e', la presión del atrio izquierdo, el ultrasonido pulmonar y disfunción diafragmática (evaluada con TF) eran los parámetros que se encontraban alterados en los pacientes con falla al retiro de la VM (37). Asimismo encontraron que el resultado (exitoso o fallido) del retiro de la ventilación mecánica no se pudo predecir

correctamente con la medición de BNP a pesar de su mayor sensibilidad. Incluso observaron que un método que evaluara todas las variables que potencialmente impactan el resultado del retiro de la VM sería mucho más eficaz en la predicción del éxito/fracaso (37).

Un metaanálisis descrito en Berlin 2016 evaluó otros estudios realizados sobre los marcadores previamente mencionados y proponen un esquema para valoración ultrasonográfica de los pacientes candidatos a retiro de la ventilación mecánica. Esto en diversos momentos de una prueba de ventilación espontánea (31).



De lo anterior podemos concluir que la evaluación ultrasonográfica de corazón-pulmón-diafragma podría conducir a una menor falla al retiro de la VM en pacientes

con preparación adecuada, disminuyendo así los días de estancia en UCI y la mortalidad.

III. JUSTIFICACIÓN

Magnitud: La ventilación mecánica es una estrategia terapéutica muy utilizada en las unidades de cuidados intensivos pediátricos (UCIP). Sin embargo, a pesar de los beneficios que propone la misma, se sabe que existe el riesgo de presentar una gran variedad de complicaciones en el 18 al 80 % de los enfermos y que muchas veces pueden causar un incremento en la mortalidad. Debido a lo anterior, siempre se intenta suspender la ventilación tan pronto como el paciente sea capaz de mantener una respiración espontánea, hecho conocido como “destete” o “weaning”. Éste se produce sin grandes dificultades en más del 77% de los pacientes en un período de alrededor de 72 horas (15).

Trascendencia: Uno de los retos más grandes consiste en determinar el riesgo de falla a la extubación para evitar someter al paciente a pruebas que pueden incrementar el riesgo de mortalidad al no contar con las condiciones adecuadas. Los predictores conocidos de falla incluyen enfermedad obstructiva crónica de las vías respiratorias, insuficiencia cardíaca, pérdida del reclutamiento pulmonar, balance hídrico positivo, neumonía y disfunción diafragmática (36). La ecografía se ha utilizado para identificar factores de riesgo cardíacos, respiratorios o diafragmáticos de insuficiencia del destete. Además, la ecografía puede ser útil para proporcionar una evaluación visual del estado cardiorrespiratorio en diferentes fases del retiro. Por lo tanto, un ecocardiograma transtorácico (ETT) estructurado combinado con ultrasonido de pulmón y diafragma sumados a los predictores clínicos convencionales podría ser una herramienta útil para aumentar la precisión en la predicción del fracaso de la extubación con lo cual se reduciría la tasa de mortalidad asociada a la terapéutica empleada. Hasta el momento, el protocolo de valoración ultrasonográfica en pediatría en nuestro medio se hace utilizando consensos internacionales que evalúan parámetros clínicos y bioquímicos. Este trabajo pretende realizar la recopilación ordenada de índices ecográficos como lo son la disfunción diastólica y el engrosamiento diafragmático. Al examinar el grado de influencia de estos en la falla a la extubación representa una evaluación hacia el adecuado manejo de esta técnica de tratamiento de forma tal que disminuya el

riesgo de mortalidad asociado al uso de la ventilación invasiva y, al lograr un retiro pronto y adecuado se disminuyen los días de estancia en UCIP lo cual disminuye costos a nivel institucional permitiendo su distribución en otras áreas de necesidad.

Vulnerabilidad: a pesar de que se cuenta con personal capacitado para el uso e interpretación de la ecografía en áreas críticas, este procedimiento no se realiza en todos los turnos por lo que se disminuye el número de pacientes en quienes se haya podido registrar la prueba lo cual pudiera ocasionar un incremento en el periodo a analizar. La variabilidad interobservador se redujo al permitir que ambos observadores revisen las bases de datos del equipo ultrasonográfico para llegar a un consenso sobre el valor a tomar en cuenta para la recolección de datos.

Factibilidad: fue factible ya que en la UMAE Hospital de Pediatría del Centro Médico Nacional de Occidente se contó con una población activa de pacientes al contar con un total de ingresos de 774 durante el 2021, de los cuales 650 ingresaron bajo ventilación mecánica y en quienes se les realizó de forma protocolizada estas evaluaciones por lo que fue viable recabar estos datos del expediente clínico. Asimismo, contamos con personal clínico suficiente para la interpretación de los datos obtenidos por ecografía.

IV. PLANEAMIENTO DEL PROBLEMA

El retiro de la ventilación mecánica representa un reto en una Unidad de Cuidados Intensivos Pediátricos dado que no todas las pruebas que estiman un riesgo de éxito o fallo son reproducibles en pacientes pediátricos por lo que el advenimiento de la ecografía de áreas críticas permite encaminar aún más los protocolos de retiro con el fin de evitar incremento en la mortalidad.

¿Son factores predictores de falla a la extubación la presencia de disfunción diastólica y alteración en engrosamiento diafragmático?

V. OBJETIVOS

Particular

Evaluar la función diastólica del ventrículo izquierdo y el engrosamiento diafragmático como factores predictores de falla a la extubación.

Específicos

- Determinar en cuantos pacientes se halla disfunción diastólica.
- Evaluar el grado de engrosamiento diafragmático en los mismos pacientes.
- Cuantificar el número de pacientes que fallan a la extubación en las primeras 48 hrs posteriores al retiro según reportado en las notas médicas a de la fecha correspondiente.
- Comparar estas variables entre el grupo de pacientes con extubación exitosa contra extubación fallida.

VI. HIPÓTESIS

La disfunción diastólica y un engrosamiento diafragmático menor a 30% se pueden asociar como factores predictores de falla a la extubación.

VII. MATERIAL Y MÉTODOS

a) **Tipo y diseño de investigación:** El estudio es retrospectivo y analítico.

b) **Universo y lugar de trabajo:** Unidad de Cuidados Intensivos Pediátrico de Unidad Médica de Alta Especialidad Hospital de Pediatría del Centro Médico Nacional de Occidente, siendo un hospital de tercer nivel donde se reciben, en promedio, de un 80-90% de pacientes intubados en el momento de su ingreso y que requieren ventilación mecánica durante su estancia.

c) **Población de estudio:** recopilamos los datos de las evaluaciones ecográficas reportadas en las notas médicas y base de datos del equipo Phillips de los pacientes de cualquier sexo, de entre 1 mes y 18 años que se encontraban en la UCIP bajo VM convencional y en planes de retiro de ventilación según lo descrito en la nota médica.

d) **Cálculo muestral:** Fórmula para dos porcentajes tomando en consideración el artículo de Haji y cols en 2018 de disfunción diastólica con porcentaje del 72% para casos y controles del 17% con un poder del estudio del 80% y un nivel de significancia del 95% dando un total de pacientes.

$$N = \frac{(p_1q_1) + (p_2q_2) (K)}{(p_1 - p_2)^2}$$
$$N = \frac{(0.72) (0.28) + (0.17) (0.83) * (6.2)}{(0.72 - 0.17)^2}$$
$$N = \frac{0.20 + 0.14 \times 6.2}{0.30} = 2.1$$

N= 8 pacientes por cada grupo en total 16 pacientes.

e) Muestreo no probabilístico de casos consecutivos.

f) **Criterios de selección**

o Criterios de inclusión: Expedientes clínicos de pacientes pediátricos de 1 mes a 18 años ingresados a la UCIP, que posterior a 3 días de ventilación mecánica se encontraron bajo modalidades espontáneas (CPAP, BIPAP, presión soporte, espontáneo), que

cumplieron con los criterios para retiro especificados por la Sociedad Española de Cuidados Intensivos Pediátricos, en quienes se les hayan aplicado las evaluaciones ecocardiográficas y de diafragma como parte del protocolo de *weaning* ventilatorio que se realiza en la unidad por el personal capacitado. Estos se obtuvieron mediante cotejo con la base de datos del equipo ultrasonográfico Phillips.

- Criterios de exclusión:
 - Expedientes de pacientes con periodos de VM menores a 3 días.
 - Expedientes de pacientes que tuvieron las evaluaciones ecográficas previamente comentadas.
 - Expedientes de pacientes cuya condición clínica derivó en traqueostomía.
 - Expedientes de pacientes con antecedente de extubación fallida previa en el mismo internamiento en UCIP.
 - Defunciones.

g) Definición y operacionalización de las variables

Variables	Definición conceptual	Definición operacional	Escala de medición	Tipo de variable
Variables Demograficas				
Sexo	Conjunto de características biológicas que definen al espectro de humanos como mujeres u hombres.	Sexo identificado al ingreso evaluado por características fenotipicas externas y referido en el expediente.	Masculino Femenino	Cualitativo nominal Dicotómica
Edad	Periodo de tiempo que ha	Tiempo comprendido entre	Años	Cuantitativa

	transcurrido desde el momento del nacimiento hasta la fecha actual	el nacimiento del paciente hasta la fecha de ingreso al servicio de terapia intensiva pediátrica	Meses	Discontinua
Peso	Fuerza con que la Tierra atrae a un cuerpo, por acción de la gravedad.	Indicador global de la masa corporal del paciente durante su periodo de intubación.	Kilogramos	Cuantitativa Discontinua
Antecedentes				
Diagnóstico de ingreso	Es el proceso patológico o afección que tras el estudio pertinente y según criterio facultativo, se considera la causa principal o motivo del ingreso de la persona al hospital.	Proceso patológico o afección que se consideró la causa principal o motivo del ingreso o a la unidad de cuidados intensivos pediátricos.	Nombre de la patología	Cualitativa Nominal
Resolución de problema gatillo	Falla ventilatoria, hemodinámica o neurológica que condicionó	Resolución de falla causante de indicación para la ventilación mecánica asistida.	Si No	Cualitativa Dicotómica

	necesidad de intubación.			
Prueba de ventilación espontánea	Prueba de ventilación en la que el paciente respira a través del tubo endotraqueal sin soporte del ventilador ya sea por pieza en "T" o con una asistencia mínima (PS, CPAP, ATC).	Prueba de ventilación en la que el paciente respira a través de tubo en "T".	Si No	Cualitativa Dicotómica
FUNCIÓN CARDIACA				
FEVI	Fracción de eyección del ventriculo izquierdo	Fracción de eyección del ventriculo izquierdo obtenida por el Método de Simpson	Porcentaje (%)	Cuantitativa Discontinua
VELOCIDAD E DE ONDA MITRAL	Valor máximo de la velocidad de flujo mitral (onda E) en la diástole temprana.	Valor máximo de la velocidad de flujo mitral (onda E) en la diástole temprana.	cm/seg	Cuantitativa Continua
RELACIÓN E/e'	Relación entre onda E en la diástole	Medida de la presión de llenado del VI	Proporción	Cuantitativa Continua

	temprana y la tardía			
DISFUNCIÓN DIASTÓLICA	Condición en la cual, para mantener gasto cardíaco normal, la presión de llenado diastólico se encuentra aumentada.	Presencia de algún patrón de disfunción diastólica	Si No	Cualitativa Dicotómica
FUNCIÓN DIAFRAGMÁTICA				
EXCURSIÓN DIAFRAGMÁTICA	Movilidad del diafragma en inspiración y espiración durante un modo espontáneo de VM o durante una PVE/SBT.	Movilidad del diafragma en inspiración y espiración durante un modo espontáneo de VM o durante una PVE/SBT.	Normal: >11mm Anormal: <11mm	Cualitativa dicotómica
ENGROSAMIENTO DIAFRAGMÁTICO	Porcentaje de engrosamiento del diafragma en inspiración y espiración	Porcentaje de engrosamiento del diafragma.	Normal (>30%) Anormal (<30%)	Cualitativa Dicotómica
FALLA A LA EXTUBACIÓN	Pacientes que fueron reintubados dentro de las 48hrs posteriores a	Pacientes que fueron reintubados dentro de las 48hrs posteriores a la primera extubación.	Si No	Cualitativa Dicotómica

	la primera extubación.			
--	------------------------	--	--	--

h) **Desarrollo del estudio:** se realizó en el Hospital de Pediatría del Centro Médico Nacional de Occidente, mediante la revisión del expediente clínico de los pacientes ingresados a UTIP en el periodo comprendido entre Marzo 2021 a Febrero 2022 que contaron con los criterios de inclusión comentados previamente comentados, incluyendo los criterios de extubación según la SECIP: 1) Resolución de la causa de fallo respiratorio. 2) Estado de consciencia adecuado (RASS +2) sin relajante musculare. 3) Esfuerzo respiratorio espontáneo. 4) Reflejo de tos presente. 5) Hemodinámicamente estable. 6) Ausencia de fiebre. 7) Sin desequilibrios metabólicos importantes. 8) Ventilatorio: PEEP ≤ 5 cmH₂O y FiO₂ $\leq 0,5$, con gasometría sin hipoxemia.

Se seleccionaron los expedientes clínicos y base de datos de los pacientes a quienes se les practicó ultrasonido de diafragma y ecocardiografía a pie de cama durante modalidades espontáneas de ventilación mecánica y/o durante prueba de ventilación espontánea (SBT o prueba con pieza en "T"). Además, recabamos los datos de aquellos que se extubaron en las siguientes 24 horas posteriores a la valoración ecográfica para determinar la presencia de falla a la misma así como determinar si la causa fue hemodinámica (disfunción diastólica) o por alteración en la función diafragmática.

Por último, recabamos la información de acuerdo con la hoja de recolección anexada.

i) **Análisis estadístico:** hicimos la recopilación de datos por medio de una base en Excel y posteriormente usamos el programa estadístico SPSS 24 para el análisis estadístico. Se hizo un análisis descriptivo mediante el uso de media o desviación estándar en variables cuantitativas con distribución normal y si fue libre con medianas y rangos. Para las variables cualitativas hicimos frecuencias y porcentajes, además, un análisis inferencial mediante T de student

o UMW para comparación de variables cuantitativas de acuerdo a distribución de datos. Por último, la Chi cuadrada para variables cualitativas entre los dos grupos de expedientes de pacientes que tuvieron extubación exitosa contra fallida y se calculó la OR con los cruces de variables que resultaron estadísticamente significativas con un valor de $p < 0.05$.

VIII. CONSIDERACIONES ÉTICAS DE LA INVESTIGACION

El presente trabajo toma como referencia el Reglamento de la Ley General de Salud en Materia de Investigación para la Salud del año 2014 y las Pautas Éticas Internacionales para la Investigación Relacionada con la Salud con Seres Humanos elaboradas por el Consejo de Organizaciones Internacionales de las Ciencias Médicas (CIOMS) en colaboración con la Organización Mundial de la Salud (OMS); aludiendo a los siguientes artículos y pautas:

- Artículo 13 y pauta 1, donde se estipula que deberán prevalecer el respeto a su dignidad y la protección de sus derechos y bienestar así como proveer de valor social y científico para la mejora de la condición humana.
- Artículo 14, con base en el cual se llevó a cabo la recolección de datos una vez obtenido el Vo.Bo. del comité de ética correspondiente a la institución.
- Artículo 16 y pauta 12, se protegió la privacidad del individuo al asignar folios alfa numéricos para la identificación de cada expediente clínico que únicamente conocemos el investigador principal e investigadores asociados.

Asimismo, los datos obtenidos se resguardarán en un expediente electrónico contenido únicamente en la computadora del investigador responsable, bajo llave electrónica (*password*), misma que únicamente conocemos el investigador responsable y la alumna. Al cabo de 5 años se borrarán todos los registros.

- Artículo 17, Las precauciones para proteger la confidencialidad de los pacientes se harán como corresponde a una investigación sin riesgo para el paciente. Se considera como riesgo de la investigación a la probabilidad de que el sujeto de investigación sufra algún daño como consecuencia inmediata o tardía del

estudio. Debido a que sólo se revisaron expedientes clínicos y bases de datos electrónicas, no implicó riesgo para el paciente por lo que fue categoría I investigación sin riesgo.

- Pauta 10, hablando de la solicitud de dispensa de consentimiento informado, se anexó carta de dispensa de consentimiento informado y hoja de recolección de datos.

Se realizó la investigación una vez obtenida la aceptación por parte del Comité de Ética e Investigación 1302 y el Comités Locales de Investigación en Salud correspondiente.

IX. RECURSOS HUMANOS, FÍSICOS Y MATERIALES

Recursos humanos:

- Investigador principal capacitado en ultrasonografía en áreas críticas: Dr. Marco Emmanuel Jiménez Texcalpa dio el apoyo académico en la investigación del protocolo, quien cuenta con clave SIRELCIS para ingresar el protocolo a la plataforma en línea. Asimismo aportó para la interpretación de los datos ecográficos recopilados a través del expediente clínico, además de asesorar durante el desarrollo de la tesis.
- Investigador asociado capacitado en ultrasonografía en áreas críticas: Dr. Oscar Armando González Hernández dio apoyo en la recolección de los datos obtenidos durante la revisión de expedientes y base de datos del equipo de ultrasonido.
- Alumna: Rebeca Andrea Moreno Vicencio, Residente de Medicina del Enfermo Pediátrico en Estado Crítico, quien se encargó del aspecto físico de la investigación, recolección de datos, interpretación de estos y dar formato digital e impreso de la investigación.

Recursos materiales:

- Insumos propios del área de terapia intensiva pediátrica.
- Expediente clínico electrónico.
- Hojas, lápices, impresora, computadora, tinta de impresora.

Financiamiento:

No requerimos financiamiento externo, todo el material fue proporcionado por los investigadores participantes y encargados del mismo.

Factibilidad:

La investigación fue factible dado que se reportó un ingreso anual de pacientes a UTIP durante el 2021 de 774 de los cuales 650 pacientes se encontraban bajo

ventilación mecánica al momento del ingreso. Además, esta investigación no representó gastos adicionales para el IMSS y contamos con la infraestructura necesaria para el acceso a la revisión de expedientes y base de datos; por lo que se consideró un estudio de bajo costo.

X. RESULTADOS

a) VARIABLES SOCIODEMOGRÁFICAS E INTERVINIENTES

Se incluyó un total de 16 pacientes con una edad mínima de 1 mes y una máxima de 17 años. El rango de edad que se observó con más frecuencia fue 1 – 5 años representando el 56.3% de los pacientes analizados (tabla 1).

Tabla 1. Rango de edad en años

		Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
RANGO	<1 año	2	12.5	12.5	12.5
	1-5 años	9	56.3	56.3	68.8
	5-10 años	2	12.5	12.5	81.3
	>10 años	3	18.8	18.8	100.0
	Total	16	100.0	100.0	

Con respecto al sexo, se encontró una frecuencia de masculinos del 62.5% mientras que solo el 37.5% fueron femeninos (tabla 2).

Tabla 2. Sexo

		Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
SEXO	Masculino	10	62.5	62.5	62.5
	Femenino	6	37.5	37.5	100.0
	Total	16	100.0	100.0	

Acerca de los diagnósticos de ingreso de los pacientes valorados, los pacientes se distribuyeron en 4 grupos según motivos de ingreso a UTIP descritos previamente en la metodología. El que se presentó con mayor frecuencia fue el paciente posquirúrgico inmediato de cirugía cardiovascular representando el 43.8% de los casos, seguido de síndrome de dificultad respiratoria agudo (SDRA) severo 25%, traumatismo craneoencefálico (TCE) severo 18.8% y finalmente choque séptico en un 12.5% (tabla 3).

Tabla 3. Diagnóstico De Ingreso

	Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Cirugía cardiovascular	7	43.8	43.8	43.8
TCE severo	3	18.8	18.8	62.5
SDRA severo	4	25.0	25.0	87.5
Choque séptico	2	12.5	12.5	100.0
Total	16	100.0	100.0	

Adicionalmente, como parte de los criterios indicados por la SECIP, para que un paciente pueda ser candidato a *weaning* ventilatorio, debe haberse resuelto la causa que motivó la ventilación mecánica, que en nuestro estudio se definió con el diagnóstico de ingreso. Es así que, en todos los pacientes estudiados, se resolvió la causa de ingreso según lo reportado en la nota médica.

Ahora bien, considerando que existen ocasiones donde esta indicado el uso de relajante muscular, se analizó el número de pacientes que lo requirieron. Se encontró que en el 56.3% de ellos fue empleado el relajante muscular mientras que en el 43.8% no se indicó (tabla 4).

Tabla 4. Uso de Relajante Muscular

		Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
RM	SI	9	56.3	56.3	56.3
	NO	7	43.8	43.8	100.0
	Total	16	100.0	100.0	

A propósito del soporte aminérgico en relación a la estabilidad hemodinámica, observamos que el 75% de los pacientes no tenía aminas (vasopresor y/o inotrópico) al momento de la extubación (tabla 5).

Tabla 5. Uso de Aminas

		Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
AMINAS	SI	4	25.0	25.0	25.0
	NO	12	75.0	75.0	100.0
	Total	16	100.0	100.0	

Por último, nuestro estudio requería la condición de al menos 3 días de ventilación mecánica, no obstante, encontramos que la media fue de 9.6 días con un máximo de 33 días de VM (tabla 6).

Tabla 6. Días de Ventilación Mecánica (VM)

Válido (N=)	16
Perdidos (N=)	0
DIAS	
Media	9.63
Mediana	5.50
Mínimo	3
Máximo	33

b) FALLO A LA EXTUBACIÓN

Con respecto al análisis de los pacientes que fallaron a la extubación, encontramos que el 31.3% de nuestros pacientes falló mientras que el 68.8% fue considerada extubación exitosa (tabla 7).

Tabla 7. Frecuencia de Fallo

		Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
FALLO	SI	5	31.3	31.3	31.3
	NO	11	68.8	68.8	100.0
	Total	16	100.0	100.0	
* SI= fallo, * NO= éxito					

En cuanto al grupo etario, el fallo a la extubación fue predominante en menores de 1 año en un 67% ($p=0.437$), seguidos de aquellos entre 5-10 años con el 50% ($p=0.643$) y por último aquellos entre 1-5 años en un 25% ($p=0.589$). No se observó fallo a la extubación en aquellos mayores a 10 años. Sin embargo, ningún valor fue estadísticamente significativo (tabla 8).

Tabla 8. Fallo por Edad

		Éxito	Fallo	Total	p
Edad	< 1 año	1 (33%)	2 (67%)	N=3	0.437
	1 -5 años	6 (75%)	2 (25%)	N=8	0.589
	5-10 años	1 (50%)	1 (50%)	N=2	0.643
	>10 años	3 (100%)	0 (0%)	N=3	0.545

En cuanto al sexo, se encontró discretamente mayor incidencia de fallo en el sexo masculino. A pesar de ello, el hallazgo no fue estadísticamente significativo ($p=0.892$) (tabla 9).

Tabla 9. Fallo según el Sexo

		Éxito	Fallo	Total	p
Sexo	F	4 (67%)	2 (33%)	N=6	0.892
	M	7 (70%)	3 (30%)	N=10	

Por diagnóstico de ingreso, el de mayor incidencia de fallo fue la cirugía cardiovascular con el 43% de los casos ($p=0.734$), seguido del TCE severo con el 33% ($p=0.93$), y por último el SDRA severo con el 25% ($p=0.76$). No se halló fallo en aquellos que ingresaron por choque séptico (tabla 10).

Tabla 10. Fallo por Diagnóstico de Ingreso

		Éxito	Fallo	Total	p
Diagnóstico de ingreso	Choque séptico	2 (100%)	0 (0%)	N=2	0.838
	PO cirugía cardiovascular	4 (57%)	3 (43%)	N=7	0.734
	SDRA severo	3 (75%)	1 (25%)	N=4	0.763
	TCE severo	2 (67%)	1 (33%)	N=3	0.933

Dentro de parámetros ventilatorios previos a la extubación, es decir la presión soporte (PS) y el valor de presión positiva al final de la espiración (PEEP) previo a la extubación (bajo ventilación mecánica en modalidad CPAP), se encontró que el 30% de los pacientes con $PS \geq 8$ falló y de aquellos con <8 fue del 33% ($p=0.89$) (tabla 11).

Tabla 11. Fallo según Presión Soporte y PEEP

		Éxito	Fallo	Total	p
PS	≥ 8	7 (70%)	3 (30%)	N=10	0.892
	<8	4 (67%)	2 (33%)	N=6	
PEEP	≤ 5	6 (75%)	2 (25%)	N=8	0.601
	>5	5 (63%)	3 (38%)	N=8	

En la modalidad de ventilación mecánica CPAP/espontánea se recopilaron los datos de función sistólica y diastólica del VI. Primeramente, evaluamos los reportes de la función sistólica por medio de la fracción de eyección del ventrículo izquierdo (FEVI). Según lo descrito en la literatura y en la metodología del presente trabajo, el punto de corte para definir alteración fue $FEVI < 50\%$. Se observó que el 67% de los que fallaron tenían $FEVI < 50\%$. Este resultado tampoco fue estadísticamente significativo ($p=0.070$) (tabla 12).

Tabla 12. Función sistólica del VI en CPAP

		Éxito	Fallo	Total	p
FEVI	< 50%	2 (33%)	4 (67%)	N=6	0.070
	≥ 50%	9 (90%)	1 (10%)	N=10	

Por otro lado, para evaluar la función diastólica del VI se recopilaron las mediciones de la onda E y e' transmitral con Doppler tisular, las cuales se se utilizaron para obtener la relación E/e' de acuerdo a la fórmula matemática previamente establecida. Según lo descrito en la literatura, se tomó como punto de corte para la presencia de disfunción diastólica una relación E/e' >8. Observamos que de los pacientes que fallaron, el 67% tenía una relación E/e' >8 (p=0.070) (tabla 13).

Tabla 13. Función diastólica del VI en CPAP

		Éxito	Fallo	Total	p
E/e'	> 8	2 (33%)	4 (67%)	N= 6	0.070
	≤ 8	9 (90%)	1 (10%)	N=10	

De igual forma, se tomaron los datos de FEVI durante la prueba en tubo en "T" previo al momento de la extubación. Se encontró que el 60% de los pacientes con FEVI <50% fallaron a la extubación. Asimismo, el 18% de los que presentaron FEVI ≥ 50% fallaron. Sin embargo, en ningún caso fue estadísticamente significativo (p= 0.275) (tabla 14).

Tabla 14. Función sistólica del VI en prueba en tubo en "T"

		Éxito	Fallo	Total	p
FEVI	< 50%	2 (40%)	3 (60%)	N=5	0.275
	≥ 50%	9 (82%)	2 (18%)	N=11	

Con respecto al reporte de función diastólica durante la prueba en tubo en T, de los pacientes que fallaron, el 67% tenía una relación $E/e' > 8$ ($p=0.070$). No fueron estadísticamente significativos (tabla 15).

Tabla 15. Función diastólica del VI en tubo en “T”

		Éxito	Fallo	Total	p
E/e'	> 8	2 (33%)	4 (67%)	N= 6	0.070
	≤ 8	9 (90%)	1 (10%)	N=10	

A continuación, se reportan los datos referentes a la función diafragmática con respecto al fallo a la extubación. Para obtener la fracción de engrosamiento (TF) se utilizó el valor de grosor diafragmático en inspiración y espiración. Primeramente, evaluamos el diafragma derecho.

La fracción de engrosamiento diafragmático hallado en aquellos pacientes con falla a la extubación fue <30% hasta en el 56% de los casos, mientras que en el 100% de los pacientes con $TF \geq 30\%$ fue exitosa la extubación (tabla 16). Sin embargo, estos hallazgos no fueron estadísticamente significativos ($p=0.066$).

Tabla 16. Fracción de Engrosamiento Diafragmático Derecho (TF)

	Éxito	Fallo	Total	p
TF ≥ 30%	7 (100%)	0 (0%)	N=7	0.066
TF < 30%	4 (44%)	5 (56%)	N=9	

Además, al evaluar la excursión diafragmática derecha encontramos que de los pacientes que fallaron, en el 50% fue menor a 11 mm ($p=0.28$) (tabla 17).

Tabla 17. Excursión Diafragmática Derecha

	Éxito	Fallo	Total	p
Excursión \geq 11mm	7 (88%)	1 (13%)	N=8	0.280
Excursión < 11mm	4 (50%)	4 (50%)	N=8	

Ahora bien, sobre la valoración del diafragma izquierdo, la fracción de engrosamiento diafragmático hallado en aquellos pacientes con falla a la extubación fue <30% en el 25% de los casos. En el 38% de los casos fue \geq 30% (hallazgos no fueron estadísticamente significativos (p 0.589)) (tabla 18).

Tabla 18. Fracción de Engrosamiento Diafragmático Izquierdo

	Éxito	Fallo	Total	p
TF \geq 30%	5 (63%)	3 (38%)	N=8	0.589
TF < 30%	6 (75%)	2 (25%)	N=8	

Evaluando la excursión diafragmática izquierda, se encontró que fue de < 11mm en el 56% de los casos que fallaron a la extubación. El 100% de aquellos con excursión \geq 11mm fueron exitosos. De igual forma, no fue estadísticamente significativo (p=0.066) (tabla 19).

Tabla 19. Excursión Diafragmática Izquierda

	Éxito	Fallo	Total	p
Excursión \geq 11mm	7 (100%)	0 (0%)	N=7	0.066
Excursión < 11mm	4 (44%)	5 (56%)	N=9	

Evaluamos las principales causas de fallo dividiéndolo en las variables de estudio: falla diastólica del VI y falla diafragmática. Encontramos que de todos los pacientes evaluados, el 12.5% fue a causa de disfunción diafragmática evaluada por medio

del TF, el 6.3% debido a disfunción diastólica del VI (evaluada por $E/e' > 8$) y el 12.5% debido a otras causas (tabla 20).

Tabla 20. Causa de Fallo

	Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
	11	68.8	68.8	68.8
DISFUNCIÓN DIAFRAGMÁTICA	2	12.5	12.5	81.3
DISFUNCIÓN DIASTÓLICA	1	6.3	6.3	87.5
OTROS	2	12.5	12.5	100.0
Total	16	100.0	100.0	

Finalmente, se evaluaron las dos variables intervinientes que son el uso del relajante muscular y de aminos. Se observó que, de los pacientes considerados como fallo, sólo el 33% tuvo relajante muscular ($p=0.913$). Con respecto al uso de aminos, solo el 25% de los pacientes que fallaron se encontraban con este soporte farmacológico ($p=0.827$) (tabla 21). Ninguno resultado fue significativo.

Tabla 21. Factores intervinientes

		Éxito	Fallo	Total	p
Relajante Muscular	SI	6 (67%)	3 (33%)	N= 9	0.913
	NO	5 (71%)	2 (29%)	N= 7	
<hr/>					
Aminas	SI	3 (75%)	1 (25%)	4	0.827
	NO	8 (67%)	4 (33%)	12	

XI. DISCUSIÓN

La ventilación mecánica prolongada se asocia con un aumento de la morbilidad, el costo de la atención y la mortalidad en la unidad de cuidados intensivos. Existe el riesgo de desarrollar una gran variedad de complicaciones que se presentan en el 18 al 80 % de los enfermos y muchas veces pueden causar aumento en su mortalidad (17).

Se han sugerido varias herramientas de diagnóstico y algoritmos de manejo para predecir la liberación exitosa del ventilador como características clínicas, índices funcionales respiratorios y parámetros de laboratorio, algunos de ellos mencionados en las guías de la Sociedad Española de Cuidados Intensivos Pediátricos.

El fracaso o falla a la extubación quiere decir la necesidad de reintubar dentro de las 24-72 horas posteriores debido a falla respiratoria, lo cual tiene una incidencia del 6 al 25% (22). Este grupo presenta una mortalidad que se sitúa por encima de 30%, por ello resulta de gran interés poder identificar qué pacientes van a fracasar (11). La evaluación del corazón, diafragma y pulmones a través de la ecografía en la etapa de destete ha llamado la atención.

Según la Sociedad Americana de Ecografía, para valorar función diastólica del ventrículo izquierdo, es a través de la velocidad máxima de la onda E (valor máximo de la velocidad de flujo mitral en la diástole temprana) y la velocidad de la onda e' del anillo mitral (38). Por último, la relación E/e' se considera una medida confiable de la presión de llenado del VI, con mínima influencia de la relajación intrínseca o edad, además de que es altamente reproducible (26). Lo normal es que sea menor a 8 (28).

Con respecto al diafragma, se ha evidenciado que después de 48 horas de inicio de la VPP existe una degeneración motora asociada a la ventilación mecánica. Esta se valora por medio de la excursión diafragmática (E) durante la inspiración en una prueba de ventilación espontánea. El valor normal que se ha tomado como corte en pediatría es de >11mm (31). El segundo parámetro describe el engrosamiento

diafragmático, que es una expresión de la contracción muscular, por lo cual es el parámetro ideal en pacientes bajo VM (31). El valor corte en pediatría es de 30%. Este último se ha estudiado como factor predictor de extubación exitosa (35).

En en el 2014, en Australia, Dinino y colaboradores realizaron una de las primeras descripciones del uso del ultrasonido en áreas críticas. En este estudio multicéntrico de 58 pacientes se valoró la disfunción diastólica del VI (utilizando E/e' y E/A), el ultrasonido pulmonar y TF. Se concluyó que los pacientes con fallo a la extubación mostraron mayor incidencia de los marcadores de disfunción diastólica y pérdida de la aireación pulmonar (34). A pesar de que en nuestro estudio se encontró disfunción diastólica en el 37.5% de los pacientes estudiados, y que se presentó en el 67% de los que fallaron a la extubación, no fueron resultados estadísticamente significativos ($p=0.07$).

En el 2018, Haji y colaboradores quisieron identificar si la combinación de ecocardiografía transtorácica, pulmonar y diafragmática podía predecir el fracaso de la extubación en pacientes críticos. Ellos reportaron que, de 53 participantes extubados, 11 fallaron a la extubación y esta se asoció con marcadores de disfunción diastólica ventricular izquierda presentes (mayor probabilidad si $E/e' > 7.8$) y pérdida de aireación pulmonar. Además, reportaron que la prevalencia de disfunción diafragmática fue del 29% en pacientes sin antecedentes de enfermedades neuromusculares o diafragmáticas (36). En nuestro estudio el TF menor al 30% no fue constante en todos los pacientes reportados con falla, por lo que no fue posible encontrar correlación entre su estudio y el presente trabajo.

En Mongolia, China (2020), Xu X y colaboradores evaluaron el valor de combinar estas tres ecografías como predictor de éxito del retiro de la VM en comparación con el uso del péptido natriurético B (BNP), que es sabido que incrementa en los pacientes con WiPO. Ellos evaluaron a 105 pacientes y observaron que la relación E/e' , la presión del atrio izquierdo, el ultrasonido pulmonar y la disfunción diafragmática (evaluada con TF) eran los parámetros que se encontraban alterados en los pacientes con falla al retiro de la VM (37). Ahora bien, en nuestro estudio, de

los pacientes con fallo a la extubación el 56% tuvo TF derecha <30%, y el 25% tuvo TF izquierda <30%. Por lo tanto, aunado a los resultados ya comentados respecto a la relación E/e', se puede decir que ambos estudios obtuvieron resultados similares, sin embargo, los datos obtenidos en el presente trabajo no fueron estadísticamente significativos.

Después de analizar los antecedentes que existen acerca del uso del ultrasonido como parte de la evaluación para el *weaning* ventilatorio, observamos que, en adultos, existen grandes cohortes que demuestran la utilidad y validez de los parámetros evualuados en este trabajo. Por lo tanto, incrementar la muestra de pacientes en estudios posteriores podría evidenciar resultados estadísticamente significativos que apoyen el uso rutinario de la ultrasonografía en el proceso de *weaning* ventilatorio en los pacientes pediátricos críticos.

XII. CONCLUSIONES

1. De los pacientes estudiados, observamos que hubo falla a la extubación en el 31.3%, superando la estadística reportada a nivel internacional que va desde el 6-25%.
2. Se encontró disfunción diastólica en el 37.5% de los pacientes estudiados.
3. La disfunción diastólica del ventrículo izquierdo valorada por medio de la relación E/e' , se observó como la causa de fallo en apenas el 6.3% de los pacientes. Sin embargo, no fue estadísticamente significativa ($p=0.06$) por lo que no se pudo tomar como factor predictor de falla a la extubación.
4. El engrosamiento diafragmático menor al 30% no fue constante en todos los pacientes reportados con falla, por lo que no se pudo encontrar asociación entre ambos.
5. La excursión diafragmática fue menor a 11 mm tanto en el diafragma derecho ($p=0.28$) como en el izquierdo ($p=0.58$) en todos los casos en que se halló fallo a la extubación. De la misma forma, no fue estadísticamente significativo por lo que no pudo tomarse como factor predictor.
6. Se quiso realizar medición de OR con las variables estadísticamente significativas representadas por $p<0.05$. Sin embargo, no se contó con ningún resultado bajo estas condiciones por lo no se realizó la medición.

En este estudio se observó que se tiene una alta tasa de falla a la extubación en la UCIP de esta unidad, por lo que se presenta como un área de oportunidad.

Al realizar evaluaciones más completas que incluyan parámetros clínicos, bioquímicos, funcionales e imagenológicos (como el ultrasonido de áreas críticas), se puede disminuir la incidencia de falla y por ende de complicaciones asociadas al retiro de la ventilación mecánica en pacientes pediátricos.

Por lo anterior, es de suma importancia la implementación de protocolos para el retiro de la ventilación mecánica.

XIII. BIBLIOGRAFÍA

1. Tongyoo S, Thomrongpaioj P, Permpikul C. Efficacy of echocardiography during spontaneous breathing trial with low-level pressure support for predicting weaning failure among medical critically ill patients. *Echocardiography*. 2019;36(4):659–65.
2. Papanikolaou J, Makris D, Saranteas T, Karakitsos D, Zintzaras E, Karabinis A, et al. New insights into weaning from mechanical ventilation: Left ventricular diastolic dysfunction is a key player. *Intensive Care Med*. 2011;37(12):1976–85.
3. Pediatricos SE de CI. *Manual de Ventilación Pediátrica y Neonatal*. 4ta ed. Ediciones T, editor. 2016.
4. Routsis C, Stanopoulos I, Kokkoris S, Sideris A, Zakyntinos S. Weaning failure of cardiovascular origin: how to suspect, detect and treat—a review of the literature. *Ann Intensive Care* [Internet]. 2019;9(1):11–5.
5. Cabello B, Thille AW, Roche-Campo F, Brochard L, Gómez FJ, Mancebo J. Physiological comparison of three spontaneous breathing trials in difficult-to-wean patients. *Intensive Care Med*. 2010;36(7):1171–9.
6. Franssen C, Paulus WJ. Heart failure with preserved ejection fraction. *Netherlands J Crit Care*. 2012;16(4):125–32.
7. Gok F, Mercan A, Kilicaslan A, Sarkilar G, Yosunkaya A. Diaphragm and Lung Ultrasonography During Weaning From Mechanical Ventilation in Critically Ill Patients. *Cureus*. 2021;13(5).
8. Caille V, Amiel JB, Charron C, Belliard G, Vieillard-Baron A, Vignon P. Echocardiography: A help in the weaning process. *Crit Care*. 2010;14(3).
9. Jorge Val Enzuela V, Ramón Pinochet U, Máximo Escobar C, José Luis Márquez A, Raquel Riquelme V, Pablo Cruces R. Disfunción diafragmática inducida por ventilación mecánica. *Rev Chil Pediatr*. 2014;85(4):491–8.
10. Smuder AJ, Sollanek KJ, Nelson WB, Min K, Talbert EE, Kavazis AN, et al.

Crosstalk between autophagy and oxidative stress regulates proteolysis in the diaphragm during mechanical ventilation. *Free Radic Biol Med* [Internet]. 2018;115(August 2017):179–90.

11. Powers SK, Wiggs MP, Sollanek KJ, Smuder AJ. Ventilator-induced diaphragm dysfunction: Cause and effect. *Am J Physiol - Regul Integr Comp Physiol*. 2013;305(5):464–77.
12. Ali ER, Mohamad AM. Diaphragm ultrasound as a new functional and morphological index of outcome, prognosis and discontinuation from mechanical ventilation in critically ill patients and evaluating the possible protective indices against VIDD. *Egypt J Chest Dis Tuberc* [Internet]. 2017;66(2):339–51.
13. Hudson MB, Smuder AJ, Nelson WB, Bruells CS, Levine S, Powers SK. Both high level pressure support ventilation and controlled mechanical ventilation induce diaphragm dysfunction and atrophy. *Crit Care Med*. 2012;40(4):1254–60.
14. Goligher EC, Laghi F, Detsky ME, Farias P, Murray A, Brace D, et al. Measuring diaphragm thickness with ultrasound in mechanically ventilated patients: feasibility, reproducibility and validity. *Intensive Care Med*. 2015;41(4):642–9.
15. Cavallone LF, Vannucci A. Extubation of the difficult airway and extubation failure. *Anesth Analg*. 2013;116(2):368–83.
16. Boles JM, Bion J, Connors A, Herridge M, Marsh B, Melot C, et al. Weaning from mechanical ventilation. *Eur Respir J*. 2007;29(5):1033–56.
17. Hernández-lópez GD, Cerón-juárez R, Escobar-ortiz D, Graciano-gaytán L, Gorordo-delsol LA, Merinos-sánchez G, et al. Retiro De La Ventilacion Mecanica. *Med Crítica*. 2017;31(4):238–45.
18. Keogh S, Courtney M, Coyer F. Weaning from ventilation in paediatric intensive care: An intervention study. *Intensive Crit Care Nurs*. 2003 Aug 1;19(4):186–97.

19. Carrasco JA. Weaning de ventilación mecánica del arte a la ciencia. *Neumol Pediatr.* 2017;12(1):28–33.
20. Beigmohammadi MT, Khan ZH, Samadi S, Mahmoodpoor A, Fotouhi A, Rahimiforoushani A, et al. Role of hematocrit concentration on successful extubation in critically ill patients in the intensive care units. *Anesthesiol Pain Med.* 2016;6(1):1–6.
21. Liu J, Shen F, Teboul JL, Anguel N, Beurton A, Bezaz N, et al. Cardiac dysfunction induced by weaning from mechanical ventilation: Incidence, risk factors, and effects of fluid removal. *Crit Care [Internet].* 2016;20(1).
22. Cuestas G, Rodríguez V, Doormann F, Bellia Munzón P, Bellia Munzón G. Manejo del fracaso de la extubación en la unidad de terapia intensiva pediátrica. *Rev Fed Argent Soc Otorrinolaringol [Internet].* 2017;24(2 PG-32–36):32–6.
23. McConville JF, Kress JP. Weaning patients from the ventilator [Internet]. Vol. 367, *New England Journal of Medicine.* Massachusetts Medical Society; 2012 [cited 2020 Mar 20]. p. 2233–9.
24. McLellan SA, Walsh TS. Oxygen delivery and haemoglobin. *Contin Educ Anaesth Crit Care Pain.* 2004 Aug 1;4(4):123–6.
25. Navarrete Hurtado S, Navarrete Hurtado HA, Carvajal Rivera JJ. Métodos de valoración de la fracción de eyección del ventrículo izquierdo. *Rev ecocardiografía práctica y otras técnicas imagen cardíaca [Internet].* 2017;7(1):1–6.
26. Roche-Campo F, Bedet A, Vivier E, Brochard L, Mekontso Dessap A. Cardiac function during weaning failure: the role of diastolic dysfunction. *Ann Intensive Care [Internet].* 2018;8(1).
27. Nagueh SF, Smiseth OA, Appleton CP, Byrd BF, Dokainish H, Edvardsen T, et al. Recommendations for the Evaluation of Left Ventricular Diastolic Function by Echocardiography: An Update from the American Society of Echocardiography and the European Association of Cardiovascular Imaging.

- J Am Soc Echocardiogr [Internet]. 2016;29(4):277–314.
28. Konomi I, Tasoulis A, Kaltsi I, Karatzanos E, Vasileiadis I, Temperikidis P, et al. Left ventricular diastolic dysfunction - An independent risk factor for weaning failure from mechanical ventilation. *Anaesth Intensive Care*. 2016;44(4):466–73.
 29. Yamada H, Klein AL. *Diastology 2010: Clinical approach to diastolic heart failure*. *J Echocardiogr*. 2010;8(3):65–79.
 30. Esper RC, Augusto Á, Calatayud P, Alberto C, Pérez P. Evaluación ultrasonográfica de la función diafragmática mediante. 2016;30(4):242–5.
 31. Mayo P, Volpicelli G, Lerolle N, Schreiber A, Doelken P, Vieillard-Baron A. Ultrasonography evaluation during the weaning process: the heart, the diaphragm, the pleura and the lung. *Intensive Care Med*. 2016;42(7):1107–17.
 32. Vetrugno L, Guadagnin GM, Barbariol F, Langiano N, Zangrillo A, Bove T. Ultrasound Imaging for Diaphragm Dysfunction: A Narrative Literature Review. *J Cardiothorac Vasc Anesth [Internet]*. 2019;33(9):2525–36.
 33. Lerolle N, Guérot E, Dimassi S, Zegdi R, Faisy C, Fagon JY, et al. Ultrasonographic diagnostic criterion for severe diaphragmatic dysfunction after cardiac surgery. *Chest*. 2009;135(2):401–7.
 34. Dinino E, Gartman EJ, Sethi JM, McCool FD. Diaphragm ultrasound as a predictor of successful extubation from mechanical ventilation. *Thorax*. 2014;69(5):423–7.
 35. El-Halaby H, Abdel-Hady H, Alsawah G, Abdelrahman A, El-Tahan H. Sonographic Evaluation of Diaphragmatic Excursion and Thickness in Healthy Infants and Children. *J Ultrasound Med*. 2016;35(1):167–75.
 36. Haji K, Haji D, Canty DJ, Royse AG, Green C, Royse CF. The impact of heart, lung and diaphragmatic ultrasound on prediction of failed extubation from mechanical ventilation in critically ill patients: a prospective observational pilot study. *Crit Ultrasound J [Internet]*. 2018;10(1):1–12.

37. Xu X, Wu R, Zhang YJ, Li HW, He XH, Wang SM. Value of combination of heart, lung, and diaphragm ultrasound in predicting weaning outcome of mechanical ventilation. *Med Sci Monit.* 2020;26:1–8.
38. Tapking C, Popp D, Herndon DN, Branski LK, Hundeshagen G, Armenta AM, et al. Cardiac dysfunction in severely burned patients: Current understanding of etiology, pathophysiology, and treatment. *Shock.* 2020;53(6):669–78.
39. Moya AC, Bascuñán PDP. Cardiopulmonary interactions: From physiology to clinic. *Rev Chil Pediatr.* 2018;89(5):582–91.
40. Ventilation D. Avoiding Respiratory and Peripheral Muscle Injury During Mechanical Ventilation. 2018;34:357–81.
41. Abdel Rahman DA, Saber S, El-Maghraby A. Diaphragm and Lung Ultrasound Indices in Prediction of Outcome of Weaning from Mechanical Ventilation in Pediatric Intensive Care Unit. *Indian J Pediatr.* 2020;87(6):413–20.

XIV. ANEXOS

ANEXO 1. HOJA DE RECOLECCIÓN DE DATOS.

DISFUNCIÓN DIASTÓLICA Y ENGROSAMIENTO DIAFRAGMÁTICO COMO FACTORES PREDICTORES DE FALLA A LA EXTUBACIÓN

FOLIO				
EDAD				
GENERO				
PESO				
DIAGNÓSTICO DE INGRESO				
RESOLUCION DEL DX DE ING (SI/NO)				
	VM MODALIDAD ESPONTÁNEA	PRUEBA EN "T" (SI SE REALIZÓ)		
	PS PEEP			
FEVI (%)				
E (cm/seg)				
e' (cm/seg)				
ENG D DER (%)	NO	TFIns	TFEsp	%
END D IZQ (%)		TFIns	TFEsp	%
EX DER (mm)				
EX DER (mm)				
DÍAS DE VENTILACIÓN MECÁNICA				
FALLO A < 48HRS (SI/NO)				
USO DE RELAJANTE MUSCULAR SI/NO	¿Cuántos días?			
CAUSA DE FALLO				



ANEXO 3. SOLICITUD DE EXCEPCION DE LA CARTA DE CONSENTIMIENTO INFORMADO

Para dar cumplimiento a las disposiciones legales nacionales en materia de investigación en salud, solicito al Comité de Ética en Investigación de **UMAE Hospital de Pediatría Centro Medico Nacional de Occidente** que apruebe la excepción de la carta de consentimiento informado debido a que el protocolo de investigación **DISFUNCIÓN DIASTÓLICA Y ENGROSAMIENTO DIAFRAGMÁTICO COMO FACTORES PREDICTORES DE FALLA A LA EXTUBACIÓN**, es una propuesta de investigación sin riesgo que implica la recolección de los siguientes datos ya contenidos en los expedientes clínicos:

- a) Edad.
- b) Sexo.
- c) Peso.
- d) Diagnóstico de Ingreso.
- e) Valor de: FEVI, CAF, E, A, e', E/A.
- f) Engrosamiento y excursión diafragmática bilateral.
- g) Días totales de ventilación mecánica.
- h) Fallo a la extubación.

MANIFIESTO DE CONFIDENCIALIDAD Y PROTECCION DE DATOS

En apego a las disposiciones legales de protección de datos personales, me comprometo a recopilar solo la información que sea necesaria para la investigación y esté contenida en el expediente clínico y/o base de datos disponible, así como codificarla para imposibilitar la identificación del paciente, resguardarla, mantener la confidencialidad de esta y no hacer mal uso o compartirla con personas ajenas a este protocolo.

La información recabada será utilizada exclusivamente para la realización del protocolo **DISFUNCIÓN DIASTÓLICA Y ENGROSAMIENTO DIAFRAGMÁTICO COMO FACTORES PREDICTORES DE FALLA A LA EXTUBACIÓN** cuyo propósito es producto **TESIS**.

Estando en conocimiento de que en caso de no dar cumplimiento se procederá acorde a las sanciones que procedan de conformidad con lo dispuesto en las disposiciones legales en materia de investigación en salud vigentes y aplicables.

Atentamente

Residente: Rebeca Andrea Moreno Vicencio

Investigador(a) Responsable: Dr. Marco Emanuel Jiménez Texcalpa

ANEXO 3. CARTA DE CONFIDENCIALIDAD

INSTITUTO MEXICANO DEL SEGURO SOCIAL
UMAE HOSPITAL DE PEDIATRIA CMNO

Comité de Ética en Investigación 1302

PRESENTE

Guadalajara, Jalisco a Julio 2022

Los investigadores: Esp. En Pediatría y Medicina del Paciente Pediátrico en Estado Crítico Marco Emanuel Jiménez Texcalpa y Rebeca Andrea Moreno Vicencio, residente del segundo año de la subespecialidad en Medicina del Paciente Pediátrico en Estado Crítico y autores del proyecto titulado “Disfunción diastólica y engrosamiento diafragmático como factores predictores de falla a la extubación”; nos comprometemos a resguardar y no hacer mal uso de: documentos, expedientes, reportes, estudios, actas, resoluciones, oficios, correspondencias, acuerdo, archivos físicos y/o electrónicos de la información recabada, estadística o bien, de cualquier otro tipo de registro o información relacionada con el estudio a mi cargo o en el cual participo como director de tesis y tesista-investigador respectivamente, así como no difundir, distribuir o comercializar con los datos personales contenidos en los sistemas de información desarrollados en la ejecución del mismo.

Estando en conocimiento que en caso de no cumplimiento se procederá acorde a sanciones civiles, penales o administrativas que proceden de conformidad con lo dispuesto en la Ley Federal de Transparencia y Acceso a la información Pública Gubernamental, la Ley Federal de Protección de Datos Personales en Posesión de Particulares y Código Penal del Estado de Jalisco.

Atentamente:



Marco Emanuel Jiménez Texcalpa

Director de Tesis/ Investigador Principal