



CENTENARIO HOSPITAL MIGUEL HIDALGO

CENTRO DE CIENCIAS DE LA SALUD

**USO DEL ULTRASONIDO PULMONAR COMO
HERRAMIENTA PARA LA TOMA DE DECISIONES EN
EL MANEJO DE LÍQUIDOS COMO MEJORA DE LA
OXIGENACIÓN (ÍNDICE DE OXIGENACIÓN-
PAO₂/FIO₂) EN PACIENTES DE LA UNIDAD
CUIDADOS INTENSIVOS PEDIÁTRICOS DEL
CENTENARIO HOSPITAL MIGUEL HIDALGO.
ENSAYO CLÍNICO ALEATORIZADO
TESIS**

PRESENTADA POR

Deysi Guadalupe Hernández Ortiz

**PARA OBTENER EL GRADO DE ESPECIALISTA EN MEDICINA DEL
ENFERMO PEDIÁTRICO EN ESTADO CRÍTICO**

ASESOR (ES)

**Dra. Maricela García Arellano
Dr. Juan Manuel Márquez Romero**

Aguascalientes, Ags., febrero 2020



CHMH
CENTENARIO
HOSPITAL MIGUEL HIDALGO

DEPARTAMENTO DE
ENSEÑANZA E
INVESTIGACION

DRA. MARIA DE LA LUZ TORRES SOTO
Jefa de Departamento de Enseñanza e Investigación
Centenario Hospital Miguel Hidalgo

DR. VICTOR ANTONIO MONROY COLIN
Jefe del departamento de pediatría médica
Centenario Hospital Miguel Hidalgo

DRA. MARICELA GARCIA ARELLANO
Intensivista Pediatra
Profesor titular del Postgrado de Medicina del Enfermo Pediátrico en Estado Crítico
Centenario Hospital Miguel Hidalgo
Asesor de Tesis

DR. JUAN MANUEL MARQUEZ ROMERO
Neurólogo / investigador
Neurología Vascul ar y Terapia Endovascular
Médico Adscrito del servicio de neurología IMSS Aguascalientes.
Asesor Metodológico



COMITÉ DE ÉTICA EN INVESTIGACION CENTENARIO HOSPITAL MIGUEL HIDALGO

CEI/45/19

Aguascalientes, Ags., a 15 de Julio de 2019.

DRA. DEYSI GUADALUPE HERNANDEZ ORTIZ
INVESTIGADORA PRINCIPAL

En cumplimiento con las Buenas Prácticas Clínicas y la Legislación Mexicana vigente en materia de investigación clínica, el Comité de Ética en Investigación del Centenario Hospital Miguel Hidalgo, en su Sesión del 11 de Abril de 2019, con número de registro **2019-R-14**, revisó y decidió Aprobar el proyecto de investigación para llevar a cabo en este Hospital, titulado:

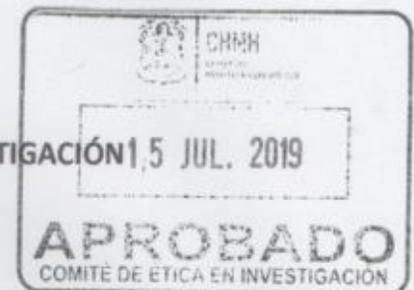
“USO DEL ULTRASONIDO PULMONAR COMO HERRAMIENTA PARA LA TOMA DE DECISIONES EN EL MANEJO DE LÍQUIDOS COMO MEJORA DE OXIGENACIÓN (ÍNDICE DE OXIGENACIÓN -PaO₂/FiO₂) EN PACIENTES DE LA UNIDAD CUIDADOS INTENSIVOS PEDIÁTRICOS DEL CHMH. ENSAYO CLINICO ALEATORIZADO”

Se solicita a los investigadores reportar avances y en su caso los resultados obtenidos al finalizar la investigación. En caso de existir modificaciones al proyecto es necesario que sean reportadas al Comité.

Sin otro particular, le envío un cordial saludo.

ATENTAMENTE

DR. JOSE MANUEL ARREOLA GUERRA
SECRETARIO TÉCNICO DEL COMITÉ DE ÉTICA EN INVESTIGACIÓN



C.c.p.- DRA. MARIA DE LA LUZ TORRES SOTO.- JEFA DEL DEPTO. DE ENSEÑANZA E INVESTIGACIÓN.

JMAG/cmva*

Av. Gómez Morín s/n, Col. La Estación la Alameda C.P. 20259
Aguascalientes, Ags.

T. 449 994 67 20
www.chmh.gob.mx



Aguascalientes, Ags. A 18 de febrero del 2020

DRA. MARÍA DE LA LÚZ TORRES SOTO

JEFA DEL DEPTO. DE ENSEÑANZA E INVESTIGACION

PRESENTE:

En respuesta a la petición hecha al médico residente de medicina crítica pediátrica DEYSI GUADALUPE HERNANDEZ ORTIZ, en relación a presentar una carta de aceptación de su trabajo de tesis titulado:

USO DEL ULTRASONIDO PULMONAR COMO HERRAMIENTA PARA LA TOMA DE DECISIONES EN EL MANEJO DE LÍQUIDOS COMO MEJORA DE LA OXIGENACIÓN (INDICE DE OXIGENACIÓN- PaO_2/FiO_2) EN PACIENTES DE LA UNIDAD DE CUIDADOS INTENSIVOS PEDIATRICOS DEL CENTENARIO HOSPITAL MIGUEL HIDALGO.

Nos permitimos informarle que una vez leído y corregido el documento, consideramos que llena los requisitos para ser aceptado e impreso como trabajo final.

Sin mas por el momento aprovecho la oportunidad para hacerle llegar un cordial saludo.

ATENTAMENTE:

DRA. MARICELA GARCIA ARELLANO
PROFESOR TITULAR POSGRADO MEPEC
CENTENARIO HOSPITAL MIGUEL HIDALGO

Ccp. Jefatura de enseñanza e investigación. CHMH

Ccp. Archivo.



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA
DE AGUASCALIENTES

DEYSI GUADALUPE HERNÁNDEZ ORTIZ
ESPECIALIDAD EN MEDICINA DEL ENFERMO PEDIÁTRICO EN ESTADO CRÍTICO
PRESENTE

Por medio de la presente se le informa que en cumplimiento de lo establecido en el Reglamento General de Docencia en el Capítulo XVI y una vez que su trabajo de tesis titulado:

“USO DEL ULTRASONIDO PULMONAR COMO HERRAMIENTA PARA LA TOMA DE DECISIONES EN EL MANEJO DE LÍQUIDOS COMO MEJORA DE LA OXIGENACIÓN (ÍNDICE DE OXIGENACIÓN- PaO_2/FiO_2) EN PACIENTES DE LA UNIDAD CUIDADOS INTENSIVOS PEDIÁTRICOS DEL CENTENARIO HOSPITAL MIGUEL HIDALGO. ENSAYO CLÍNICO ALEATORIZADO”

Ha sido revisado y aprobado por su tutor y consejo académico, se autoriza continuar con los trámites de titulación para obtener el grado de:
Especialista en Medicina del Enfermo Pediátrico en Estado Crítico

Sin otro particular por el momento me despido enviando a usted un cordial saludo.

ATENTAMENTE
“SE LUMEN PROFERRE”

Aguascalientes, Ags., a 10 de Enero de 2020.

DR. JORGE PRIETO MACÍAS
DECANO DEL CENTRO DE CIENCIAS DE LA SALUD

AGRADECIMIENTOS

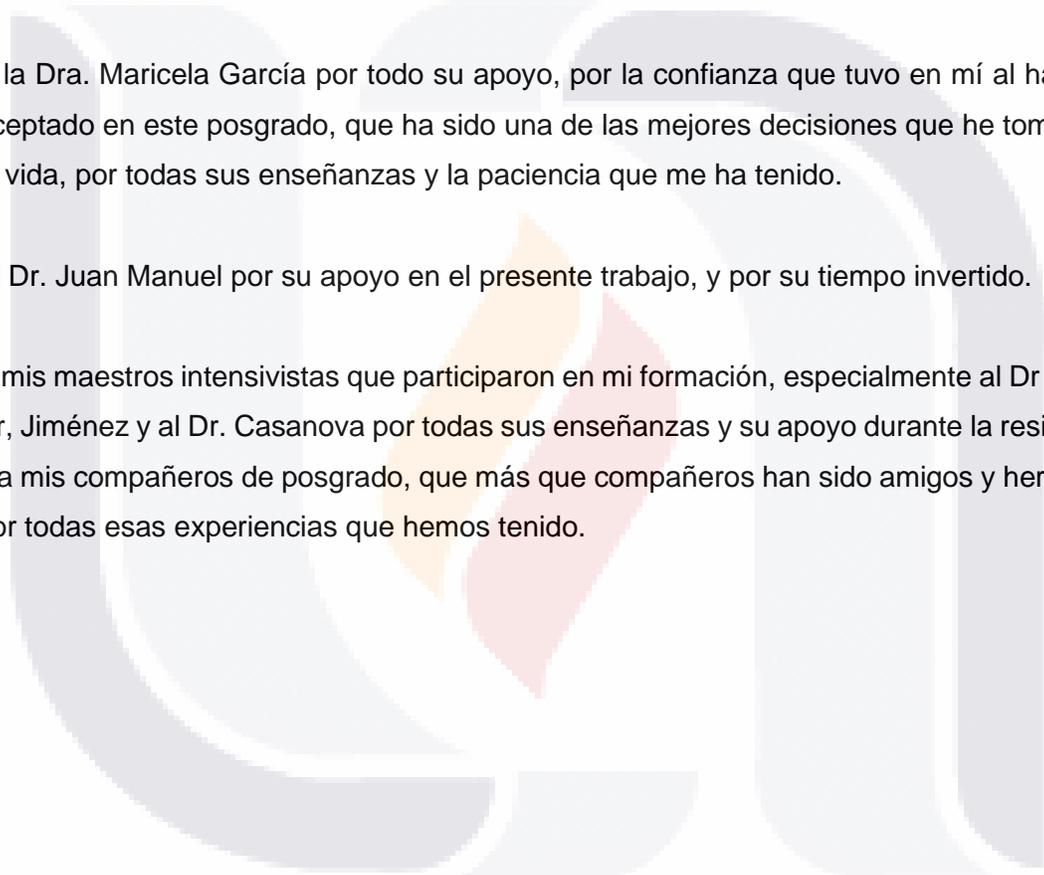
Primero que nada, a Dios por haberme permitido llegar al lugar donde estoy, a mis padres y familia por ser mi motor de vida; y apoyarme en todas las decisiones de mi vida.

A la Universidad Autónoma de Aguascalientes y a Conacyt, por permitirme realizar el posgrado y la rotación extranjera.

A la Dra. Maricela García por todo su apoyo, por la confianza que tuvo en mí al haberme aceptado en este posgrado, que ha sido una de las mejores decisiones que he tomado en la vida, por todas sus enseñanzas y la paciencia que me ha tenido.

Al Dr. Juan Manuel por su apoyo en el presente trabajo, y por su tiempo invertido.

A mis maestros intensivistas que participaron en mi formación, especialmente al Dr Cajero, Dr, Jiménez y al Dr. Casanova por todas sus enseñanzas y su apoyo durante la residencia; y a mis compañeros de posgrado, que más que compañeros han sido amigos y hermanos, por todas esas experiencias que hemos tenido.



INDICE GENERAL

Contenido	Página
Índice general.....	1
Índice de tablas.....	2
Índice de gráficas.....	3
Acrónimos	3
Resumen	4
Resumen en inglés (Abstract).....	5
Introducción.....	6
CAPITULO I. MARCO TEÓRICO.....	7
Justificación	23
Pregunta de investigación.....	24
Objetivos	24
Hipótesis.....	24
CAPITULO II. METODOLOGÍA DEL ESTUDIO.....	26
Tipo de estudio	26
Universo de trabajo.....	26
Criterios de inclusión y exclusión.....	26
Variables.....	26
Plan de análisis estadístico.....	28
Método de selección muestra.....	29
CAPITULO III. RESULTADOS.....	34
CAPITULO IV. DISCUSIÓN	41
Conclusiones	48

Bibliografía49
 Anexos.....54

ÍNDICE DE TABLAS Y FIGURAS

Figura 1. Artefactos de Ultrasonido pulmonar.....10
 Figura 2. División de cuadrantes a insonar durante la evaluación de ecografía pulmonar.....31
 Figura 3. División de cuadrantes a insonar durante la evaluación de ecografía pulmonar.....31
 Figura 4. Algoritmo de manejo según ultrasonido pulmonar.....32
 Figura 5. Media de edad de pacientes.....35
 Figura 6. Índice aO₂/FiO₂.....36
 Figura 7. Índice de Oxigenación.....37
 Figura 8. Días de estancia intrahospitalaria.....37
 Figura 9. Presión inspiratoria pico.....38
 Figura 10. Días de ventilación mecánica.....39
 Tabla 1. Distribución demográfica por sexo.....34
 Tabla 2. Distribución por grupos en base al tratamiento utilizado.....39

ÍNDICE DE GRÁFICAS

Gráfica 1. Distribución demográfica en porcentaje.....34
 Gráfica 2. Diagnóstico de ingreso a UCIP.....35
 Gráfica 3. Tratamiento por grupos.....40
 Gráfica 4. Motivo de egreso UCIP.....40

ACRÓNIMOS

APEV: Agua pulmonar extravascular

IAAS: Infecciones asociadas a la atención en salud

IO: Índice de oxigenación

NAVM: Neumonía asociada a ventilación mecánica

PaFi: Índice PaO₂/FiO₂

PIM o PIP: Presión inspiratoria pico

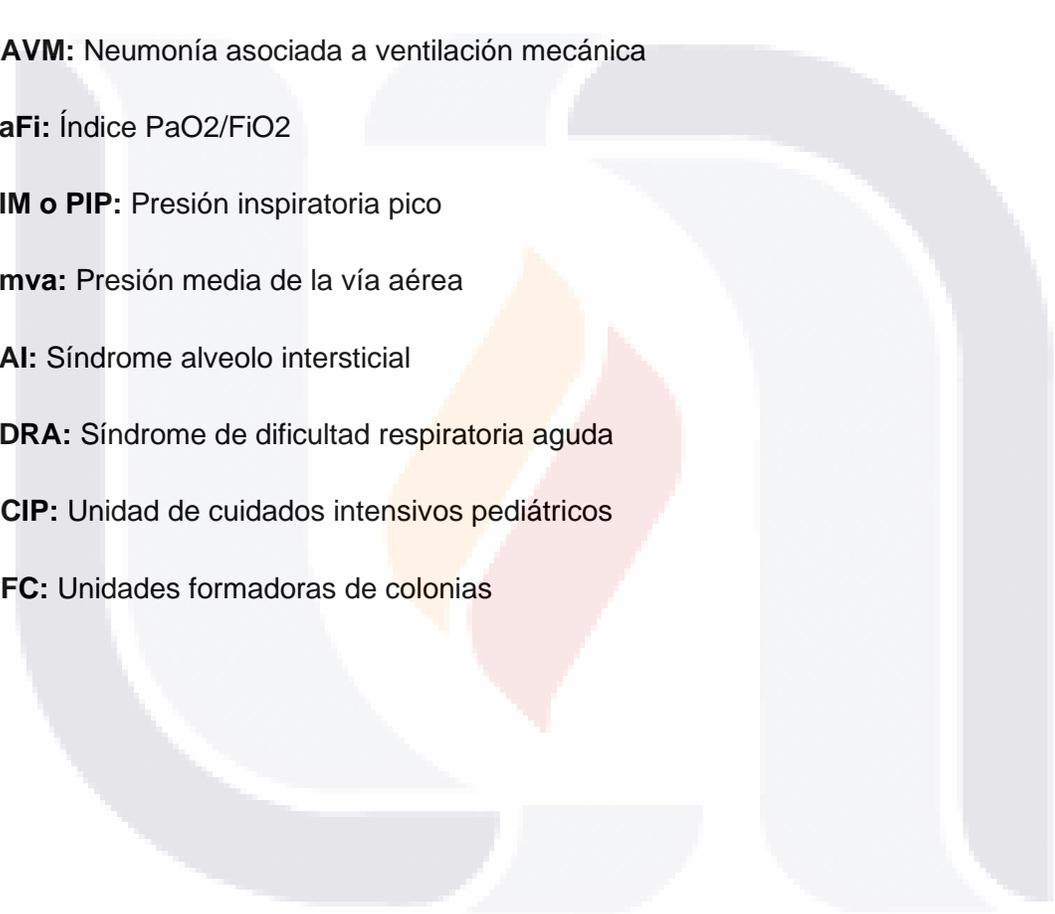
Pmva: Presión media de la vía aérea

SAI: Síndrome alveolo intersticial

SDRA: Síndrome de dificultad respiratoria aguda

UCIP: Unidad de cuidados intensivos pediátricos

UFC: Unidades formadoras de colonias



RESUMEN

Introducción: El ultrasonido (USG) pulmonar ha fortalecido el diagnóstico y tratamiento en patologías críticas.

Objetivo: Determinar si el uso del ultrasonido pulmonar influye en la toma de decisiones respecto al manejo hídrico y la mejora de la oxigenación, así como evaluar la relación del USG pulmonar con la incidencia de neumonía asociada a ventilación (NAV) y los días de estancia.

Material y métodos: Durante cinco meses se realizó el estudio clínico, observacional, prospectivo y aleatorizado incluyó 19 pacientes ingresados en la UCIP. Se categorizaron en dos grupos uno en quienes se realizó ultrasonido pulmonar para la toma de decisiones bajo la propuesta de un flujograma y otro grupo en quienes no se realizó ultrasonido, fundando la toma de decisiones en forma empírica y tradicional. En ambos grupos se estudió las variables de oxigenación PaO₂/FiO₂ (PaFi), índice de oxigenación (IO) así como la incidencia de NAV, días de ventilador y días de estancia.

Resultados: No hubo significancia estadística en ambos grupos para la media del IO o PaFi, se encontró una diferencia estadísticamente muy significativa ($p < 0.01$) en cuanto a los días de estancia intrahospitalaria. Los días de ventilación mecánica se obtuvo un valor de p de 0.05 en el grupo con ultrasonido y 0.01 en el grupo sin ultrasonido. Sin significancia estadísticamente significativa para la incidencia de NAV.

Conclusiones: El ultrasonido es una herramienta útil para la toma de decisiones, si bien en esta muestra no mostró significancia estadística para influir mediante mayor control hídrico en las metas de oxigenación, si aporta mejoras en la oportunidad para la intervención permitiendo reducir los días de estancia, por ende, reducción de los costos de atención en salud. Como limitante de este estudio, fue una muestra pequeña.

Palabras clave: Ultrasonido pulmonar, líneas B, índice de oxigenación, PaO₂/FiO₂, agua extravascular pulmonar, días de estancia.

ABSTRACT

Introduction: Pulmonary ultrasound (USG) has strengthened the diagnosis and treatment in critical pathologies.

Objective: To determine whether the use of pulmonary ultrasound influences decision-making regarding water management and oxygenation improvement, as well as assessing the relationship of pulmonary USG with the incidence of ventilation-associated pneumonia (VAP) and the days of stay.

Material and methods: The clinical, observational, prospective and randomized study was carried out for five months and included 19 patients admitted to the PICU. They were categorized into two groups, one in which pulmonary ultrasound was performed for decision making under the proposal of a flowchart and another group in which no ultrasound was performed, basing the decision making in an empirical and traditional way. In both groups we studied the variables of oxygenation $\text{PaO}_2 / \text{FiO}_2$ (PaFi), oxygenation index (IO) as well as the incidence of VAP, days of ventilator and days of stay.

Results: There was no statistical significance in both groups for the mean of the IO or PaFi, a statistically very significant difference ($p < 0.01$) was found regarding the days of hospital stay. On days of mechanical ventilation, a p value of 0.05 was obtained in the group with ultrasound and 0.01 in the group without ultrasound. No statistically significant significance for the incidence of VAP.

Conclusions: Ultrasound is a useful tool for decision-making, although in this sample it did not show statistical significance to influence through greater water control the oxygenation targets, if it provides improvements in the opportunity for intervention allowing reducing the days of stay, therefore, reduction of health care costs. As a limitation of this study, it was a small sample.

Keywords: Pulmonary ultrasound, B lines, oxygenation index, $\text{PaO}_2 / \text{FiO}_2$, pulmonary extravascular water, days of stay.

INTRODUCCION

En las unidades de cuidados intensivos pediátricos una de las principales tareas es el mantenimiento de la función respiratoria de los pacientes. Para ello es imprescindible una correcta valoración de su situación ayudados por la exploración física, pulsioximetría, gasometrías, gráficas del ventilador mecánico y aún hoy en día frecuentes radiografías de tórax.

En la última década el ultrasonido pulmonar ha mostrado ser capaz de diagnosticar, monitorizar, y ayudar al manejo de la patología pulmonar, dentro de ellas se puede mencionar el neumotórax, el derrame pleural, neumonías; y en diversos protocolos utilizados en pacientes adultos para guiar el manejo hídrico en la reanimación.

Por lo tanto, en este trabajo se introdujo el ultrasonido pulmonar como herramienta para la toma de decisiones en el manejo de líquidos en los pacientes con ventilación mecánica; y observar los cambios que existían en el índice de oxigenación y el índice PaO₂/FiO₂.

El uso del ultrasonido pulmonar cambio el manejo de los pacientes en base a la presencia de líneas B, no hubo diferencia significativa en cuanto a los días de ventilación mecánica, sin embargo, se observó una diferencia en cuanto a los días de estancia intrahospitalaria.

La incidencia de neumonía asociada a la ventilación mecánica en ambos grupos la cual no fue significativamente estadística, como se desglosa más adelante en el apartado de resultados.

CAPITULO I. MARCO TEORICO

Antecedentes de ultrasonido

La acústica como ciencia es muy antigua. Trabajos de Pitágoras muestran la relación existente entre La longitud de las cuerdas vibrantes y el sonido percibido. En 1624 Descartes y Snell enuncian las leyes de la refracción de las ondas¹.

Christian Huyghens, en 1690, concluyó que los puntos alcanzados para una perturbación pueden considerarse como otras tantas fuentes secundarias. Este es el enunciado de uno de los principios básicos de las teorías ondulatorias².

A partir del siglo XVIII se hace notar el ultrasonido como un fenómeno de la naturaleza cuando el biólogo italiano, Lazzaro Spallanzani descubre en el año 1700 la existencia de estas ondas, observando cómo los murciélagos atrapaban sus presas.

En la primera mitad del siglo XIX (1803-1853), el físico y matemático austriaco Christian Andreas Doppler presenta su trabajo sobre el “Efecto Doppler” observando ciertas propiedades de la luz en movimiento, que eran aplicables a las ondas del ultrasonido. Sobre la base de este estudio los japoneses cien años más tarde desarrollarían lo que hoy conocemos como la aplicación del “Efecto Doppler” en ultrasonido. En la segunda mitad del siglo XIX los hermanos Pierre y Jacques Curie descubren las propiedades de algunos cristales conocidas como “Efecto piezoeléctrico”, lo cual sirve de base para las diversas utilidades de las ondas de ultrasonido. Luego de varios años de desarrollo, en la década de 1950, el ultrasonido es aceptado por las sociedades médicas como instrumento de diagnóstico en medicina, dando origen a un sinnúmero de trabajos de investigación en distintas áreas de aplicación. El primer artículo publicado en una revista científica de prestigio fue en Lancet, en 1958, donde se describió la experiencia en un grupo de 100 pacientes normales y con patología abdominal. En esta época los equipos eran de gran tamaño y ocupaban espacios considerables. No existía aún el gel conductor por lo que los pacientes eran sumergidos en un estanque lleno con una solución conductora como el agua y debían permanecer sin moverse durante la adquisición de las imágenes^{1,2}.

A comienzos de la década de 1970 se introduce el “*scan converter*” con el cual se logran las primeras imágenes de la anatomía en escala de grises. A fines de esta misma década,

se agregan los microprocesadores controlados, logrando finalmente imágenes en tiempo real de alta resolución. Así, progresivamente quedan obsoletas las máquinas estáticas con brazos articulados y lenta adquisición de las imágenes. La aceptación clínica es mayor y más rápida ya que existe una perspectiva real para el uso masivo de esta técnica inocua, de bajo costo y portátil. Hacia fines de los años 70 y comienzos de los 80, además de los equipos estáticos, se utilizan los transductores mecánicos sectoriales.

En base al principio ultrasonográfico que el aire refleja las ondas sonoras, el ultrasonido pulmonar no se consideró como una herramienta diagnóstica útil. En 1986 Rantanen describió la utilidad del ultrasonido para la evaluación pleuropulmonar de caballos, lo que llevó a Wernecke y colaboradores a introducirlo a la práctica clínica. En su publicación describió la imagen pleuropulmonar de 8 enfermos con neumotórax, que comparó con la de 20 sujetos sanos y concluyó que en los pacientes con neumotórax desaparecía la movilidad pleural normal³.

Fundamentos básicos de ultrasonido

El sonido está compuesto por ondas mecánicas que son transmitidas a través de movimientos longitudinales por tejidos elásticos. El ultrasonido está formado por ondas con frecuencias mayores a 20 000 Hz.

El ultrasonido es una forma de energía de sonido inaudible usada con fines diagnósticos, los cuales oscilan entre 2 y 20 MHz. El pulso de ultrasonido es generado por el transductor al entrar en contacto con la piel; este transductor tiene cristales piezoeléctricos localizados en el extremo distal, los cuales cambian su conformación cuando son sometidos a energía eléctrica. La estimulación eléctrica hace que los cristales oscilen generando un aumento en la frecuencia y convirtiendo la energía eléctrica en ultrasonido. Estas ondas viajan a través del cuerpo provocando interacciones con los tejidos subyacentes, las cuales pueden ser reflejadas, absorbidas o atenuadas según su impedancia acústica⁴.

Estas ondas finalmente son procesadas y van a formar imágenes en escala de grises, las cuales vamos a observar en la pantalla del equipo.

Se denomina ecogenicidad a la capacidad de las estructuras para producir ecos. En función de la ecogenicidad, las imágenes ecográficas pueden clasificarse en: anecoicas, hipoecoicas e hiperecoicas.

- Anecoicas: el haz de ultrasonido atraviesa un medio sin interfases. Se visualizan como imágenes negras (no hay ecos).
- Hipoecoicas o hipoecogénicas: el ultrasonido atraviesa interfases con poca diferencia de impedancia. Se visualizan como imágenes grisáceas (ecos de poca intensidad).
- Hiperecoicas o hiperecogénicas: el haz atraviesa estructuras con una gran diferencia de impedancia. Se visualizan como imágenes blancas (ecos de gran intensidad).

Existen diferentes tipos de transductores los cuales varían en la escala de ondas de frecuencia según la necesidad. Existe el transductor curvo que genera imágenes cónicas, que oscila entre 2 a 5 MHz, usualmente se utiliza para tejidos profundos (abdomen, pelvis, obstetricia), se caracteriza por ser de baja resolución, pero alta penetración. El transductor lineal para tejidos blandos que genera imágenes rectangulares oscila entre 7 a 15 MHz, se caracteriza por dar imágenes con buena resolución, pero baja penetración, utilizado para tejidos superficiales y generalmente para bloqueos de nervio periférico⁵.

Fundamentos de ultrasonido pulmonar

El pulmón es el órgano más voluminoso del cuerpo, con cerca de 1.500 cm² de área, el cual tiene aire en su interior¹.

El aire no deja atravesar el ultrasonido a diferencia del agua que permite un paso extraordinario, ello determinado por sus impedancias acústicas tan diferentes. Esta gran diferencia provoca además que el área de contacto de estas dos estructuras tan distintas genere siempre en ecografía una imagen muy hiperrefringente (blanco intenso). La imagen ecográfica de un pulmón sano mostrará una primera línea hiperecoica correspondiente a la línea pleural que en caso de normalidad se desplazará en un movimiento de ida y vuelta coincidente con el ciclo respiratorio del paciente (deslizamiento pleural o "*sliding sign*").

En el pulmón normalmente aireado, el ultrasonido será incapaz de penetrar más allá de la pleura, por lo que nada real se podrá ver más allá de esta, debido a su reflexión prácticamente total por la gran diferencia de impedancia acústica entre las partes blandas en contacto con la pleura (músculos intercostales) y el aire; así se generarán unos artefactos en la pantalla del ecógrafo consistentes en líneas hiperecogénicas subyacentes, paralelas y equidistantes a la línea pleural denominadas líneas A (Figura 1A) producidas por un fenómeno de reverberación (repetición de la línea pleural), una línea paralela a la línea pleural hiperecoica horizontal; la línea A indica aire².

El otro artefacto que debemos conocer es el denominado línea B, es un artefacto en cola de cometa, hiperecoica, que se inicia en la línea pleural y se desplaza hasta el límite de la pantalla, borra u oblitera las líneas A y se mueve con los movimientos pulmonares. Lo que debemos saber de este es que se produce al incidir el ultrasonido sobre gotas de agua entre burbujas (Figura 1B)³.

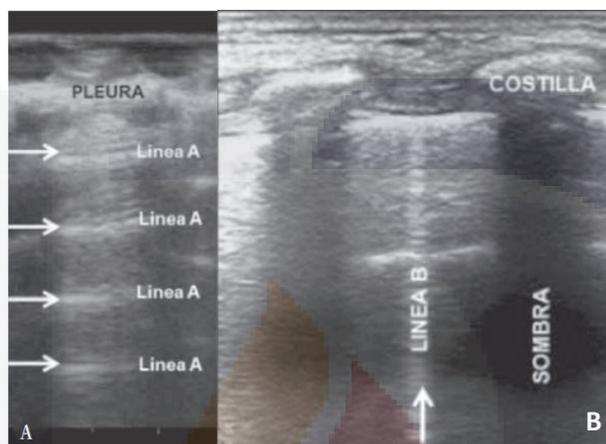


Figura 1. Artefactos de Ultrasonido pulmonar tomado de Valdovinos LR. Utilidad de la ecografía en la patología respiratoria. 2016;55–61.

Fundamental es entender que las imágenes ecográficas generadas por el parénquima pulmonar dependen de la relación “aire/fluido” en su interior. En el pulmón normal donde predomina el aire se verán líneas A por debajo de una línea pleural con un movimiento más o menos claro. Conforme va disminuyendo dicho cociente bien por la disminución de aire o bien por el aumento de fluido aparecerán progresivamente un mayor número de líneas. En el momento en que el cociente tiende a 0, el US ya no encuentra aire y sí fluido, lo que permite fácilmente su paso generando así en el ecógrafo una imagen “tejido aparente”⁷. La forma de estudiar el tórax es dividiendo la caja torácica en 6 cuadrantes; cara anterior limitada por esternón y línea axilar anterior, cara lateral a continuación llegando hasta línea axilar posterior y cara posterior hasta columna vertebral; a su vez podemos dividir estas en superior e inferior. El líquido pleural se buscará en campos declives y el aire en los más anteriores⁸.

El estudio del tórax en el niño debe seguir la misma sistemática que en el adulto, pero algunos aspectos diferenciales debemos tener en cuenta. En la cara anterior de los

lactantes encontraremos muy frecuentemente el timo, que puede confundirse fácilmente con una imagen de atelectasia.

Como se recomienda en el adulto, al estudiar la base pulmonar izquierda debe de identificarse siempre el diafragma y especialmente en el niño pequeño, pues la gran cantidad de aire que puede acumularse en el estómago puede hacer confundir este con pulmón y bazo con una consolidación pulmonar⁴.

Otra de las características en la edad pediátrica viene derivada de la frecuencia respiratoria más elevada y de lo frecuente que resulta el tiraje a ciertas edades por la laxitud de la caja torácica provocando a veces cierta dificultad para visualizar el comportamiento dinámico de la línea pleural, teniendo que hacer un uso más frecuente del modo M algo demostrado por algunos grupos de edad⁵.

Derivada del tamaño del paciente es la necesidad de uso de mayores frecuencias de ultrasonido lo que puede condicionar el tipo de sonda o adecuar el uso de sondas diferentes según el tamaño del paciente y el objetivo de estudio. En pediatría el uso de sondas lineales de frecuencias elevadas no solo sirve para el estudio de la patología pleural, sino que también puede servir para patologías parenquimatosas más profundas; las sondas lineales producen menor cantidad de los artefactos denominados líneas B que sondas de huella curva como las cónvex o microcónvex⁶.

El ultrasonido pulmonar es un estudio de suma importancia en diferentes patologías en terapia pediátrica como son las consolidaciones, neumotórax, derrame pleural, diafragma, síndrome intersticial, para fines de este estudio la patología en la cual nos enfocaremos es en el síndrome intersticial dependiendo del número de líneas B, así como de los índices de oxigenación.

En los últimos 25 años, las imágenes pulmonares han brindado una gran ayuda en el diagnóstico, manejo y seguimiento de patologías pulmonares en el paciente críticamente enfermo y se tiene disponible desde la radiografía convencional hasta técnicas con un alto desarrollo tecnológico como la tomografía por emisión de positrones o la tomografía por impedancia eléctrica. En la década de los cuarenta se publica el primer trabajo sobre la aplicación del ultrasonido en el área médica³.

El ultrasonido pulmonar es una técnica que ha llegado a ser muy común en los pacientes en cuidados intensivos de población adulta, en pediatría ha sido poco difundida. Sin embargo, hasta la década de los 70 se tenía la creencia de que el ultrasonido no tenía función a nivel pulmonar debido a que su contenido era predominantemente aire. Desde

las primeras descripciones de los artefactos ultrasónicos a nivel pulmonar, el conocimiento en este campo ha crecido de forma exponencial, llegando a ser en la última década la ecografía torácica una herramienta capaz de diagnosticar, monitorear inclusive en casos de reclutamiento pulmonar, en definitiva, ayuda al manejo no solo de la patología pulmonar sino también de la mencionada función respiratoria altamente sensible y específica en un gran número de enfermedades pulmonares⁷.

La evaluación diagnóstica del síndrome alveolar-intersticial incluye radiografía de tórax y tomografía computarizada. La Tomografía de tórax se considera la prueba "estándar de oro" para el diagnóstico de la mayoría de los trastornos pulmonares en la unidad de cuidados intensivos (UCI). Sin embargo, es posible que se requieran exámenes seriados de tomografía para seguir el curso clínico de los trastornos pulmonares y los resultados de la terapia que aumentan la exposición a la radiación; existen varios estudios de bibliografía donde se compara la tomografía pulmonar para detección de síndrome alveolo-intersticial, versus ultrasonido siendo adecuada la concordancia entre ambos estudios⁸.

Las características que han convertido al ultrasonido en una herramienta indispensable en el servicio de urgencias y en la unidad de cuidados intensivos son: su accesibilidad y versatilidad a la cabecera del paciente, reproducible tantas veces fuera necesario en forma dinámica para evaluar la respuesta a medidas de tratamiento para revisión de pacientes en situaciones graves, carecer del uso de radiación ionizante algo especialmente importante en la edad pediátrica ya que puede realizarse tantas veces como sea necesario, bajos costos la técnica de realización y mantenimiento del equipo⁹.

Es de extraordinaria utilidad en el tratamiento diario de la enfermedad pleuropulmonar. Es el mejor método para la detección del derrame pleural, pero también es superior a la radiografía para descartar neumotórax, que puede estar radiooculto, y en el diagnóstico y seguimiento evolutivo de la condensación por neumonía, atelectasia, así como en el síndrome de dificultad respiratoria aguda, patología de alta morbimortalidad en las unidades de cuidados intensivos. El corazón y el pulmón comparten la cavidad torácica y están relacionadas anatómicamente y fisiológicamente, por lo que complementa a la información hemodinámica de la ecocardiografía con la valoración del agua extravascular pulmonar, e informa de las condiciones pulmonares existentes³.

La sensibilidad y especificidad del ultrasonido son 92% y 93% para el derrame pleural, 90% y 98% para la consolidación alveolar, 93% y 93% para el síndrome intersticial, 100% y 96% para el neumotórax¹⁰.

El síndrome alveolar-intersticial del pulmón incluye varias afecciones heterogéneas con afectación difusa del intersticio y deterioro de la capacidad de intercambio alveolocapilar, que conduce a una insuficiencia respiratoria más o menos grave. Tales condiciones son crónicas (por ejemplo, fibrosis pulmonar) o agudas (por ejemplo, síndrome de dificultad respiratoria aguda (SDRA), edema pulmonar agudo, neumonía intersticial¹¹.

En pacientes con edema pulmonar, el edema intersticial es un paso silencioso que precede al edema alveolar.

El exceso de líquido primero se acumula a lo largo de los septos interlobulares, que no están involucrados en los intercambios de gases. El fluido a presión alcanza los tabiques interlobulares subpleurales (accesibles mediante el análisis de ultrasonido). Cuando se excede la capacidad de reabsorción linfática (es decir, cuando el líquido intersticial aumenta en un 50%), el líquido comienza a verter en los alvéolos. Este paso inicia el edema alveolar, con alteración del intercambio de gases y signos clínicos¹².

El síndrome alveolo-intersticial es un desorden raramente reconocido, lo que se debe principalmente a la falta de conocimiento de los requisitos para su definición.

La presencia de edema en el tejido pulmonar cuando se diagnostica por ultrasonido se manifiesta por el hallazgo de líneas B o imágenes en cola de cometa. Estas líneas deben reunir las siguientes características: partir de la línea pleural, alcanzar el borde inferior de la pantalla, borrar las líneas A y desplazarse al son de los movimientos respiratorios⁸.

El mecanismo de producción de estas líneas se debe a la reverberación de los haces de ultrasonido al reflejarse sobre los septos interlobulares engrosados. Según la distancia en la pleura entre las líneas B se puede diferenciar la localización del edema. Así, las líneas separadas entre sí alrededor de 7 mm se corresponden con edema intersticial, mientras que las que se distancian 3 mm indican la presencia de edema alveolar. La ecografía no distingue la naturaleza del fluido que se acumula (agua, pus) o del tejido que prolifera (fibrótico, infiltrativo), ni la del mecanismo que produce el paso desde el vaso al intersticio (hidrostático o por aumento de la permeabilidad)⁴.

Los cometas pulmonares se han correlacionado con el síndrome intersticial con un 93% de relación cuando se usa la radiografía de tórax como referencia, y con un 100% cuando se usa la tomografía de tórax. Una de las utilidades más importantes del uso de la ultrasonografía pulmonar en cuidados intensivos es su uso como valoración hemodinámica para la administración de líquidos⁸.

Los datos derivados del protocolo *Fluid Administration Limited by Lung Sonography* han demostrado una buena correlación de un perfil de líneas A o líneas A/B con una baja presión de oclusión de la arteria pulmonar, y un perfil de líneas B con una presión de oclusión de la arteria pulmonar de 18 mmHg o más⁸.

La diferenciación entre las entidades que producen este síndrome debe hacerse considerando otras características. Además del contexto clínico y los factores predisponentes y precipitantes, se han descrito algunos signos ecográficos que pueden ayudar en el diagnóstico diferencial. Entre los que se consideran específicos del edema por aumento de la permeabilidad se encuentran las denominadas zonas parcheadas (áreas de pulmón normales junto a las patológicas), la ausencia de deslizamiento pleuropulmonar y la presencia de consolidaciones⁴.

Algunos autores han tratado de relacionar la intensidad del síndrome alveolo-intersticial con la cuantía del edema pulmonar, y han utilizado como referencia la medición del agua pulmonar extravascular (APEV)¹³.

Así, Agricola et al emplean un sistema de puntuación (score) ultrasonográfico que consiste en la suma del total de líneas B observadas en el conjunto de zonas escaneadas. Esta puntuación se correlaciona moderadamente con el agua pulmonar extravascular medida por el método de termodilución transpulmonar. En la práctica clínica es útil considerar la puntuación como una estimación semicuantitativa del edema pulmonar. En función de la puntuación obtenida, catalogaríamos el edema como ausente (de 3-5 líneas B), leve (de 5-15), moderado (de 15-30) o grave (más de 30)¹⁴.

La utilización del ultrasonido puede resultar especialmente útil en aquellos casos sin expresividad radiológica por no haber alcanzado aún el umbral del edema alveolar, que suele producirse con un incremento del 50-75% del valor superior de la normalidad del agua pulmonar extravascular⁹.

En este escenario, la presencia de un patrón ecográfico intersticial puede revelar la causa de la hipoxemia o poner de manifiesto el edema antes, incluso, de que se produzca un deterioro en el intercambio gaseoso. Además, el ultrasonido se ha revelado muy útil en la monitorización de la evolución de los pacientes con edema pulmonar y en la respuesta al tratamiento¹⁵.

El agua pulmonar extravascular es la cantidad de agua que está contenida en los pulmones, fuera de la vasculatura pulmonar, y que corresponden la suma de los líquidos

intersticial, alveolar, intracelular y linfático, exceptuando el líquido pleural. Este puede ser medido en la práctica clínica usando el método de termodilución transpulmonar¹⁶.

Algunos estudios han demostrado la utilidad del ultrasonido pulmonar para la medición indirecta del agua pulmonar extravascular y su correlación con técnicas de imágenes diagnósticas y con ecocardiografía, o correlación clínica. En la actualidad, el mejor método para la medición del agua pulmonar extravascular en la unidad de cuidados intensivos es a través de la termodilución transpulmonar, existiendo una correlación entre su valor y la probabilidad de muerte y complicaciones en pacientes con edema pulmonar cardiogénico y no cardiogénico¹⁷.

No en todos los pacientes se puede realizar este tipo de monitorización de termodilución transpulmonar, bien por dificultades o contraindicaciones en la inserción de la línea arterial o venosa (trastornos de la coagulación, infección en sitios de inserción, paciente pediátrico, dificultades técnicas en la canulación), bien simplemente por la falta de disponibilidad del dispositivo de medición. Desde hace varios años, se ha identificado del ultrasonido pulmonar como una forma de evaluación no invasiva del agua pulmonar, y una herramienta en el diagnóstico de disnea en el paciente con enfermedad pulmonar y cardiaca en el que la causa no está clara¹⁸.

El agua pulmonar extravascular es un marcador de severidad de daño pulmonar, y su conocimiento puede mejorar el resultado en pacientes críticos, ayudando a guiar la terapia de reposición de volumen.

Los usos clínicos de la cuantificación agua pulmonar extravascular por ultrasonido se detallan a continuación:

1. Valor pronóstico: Eisenberg et al. fueron los primeros en establecer una relación entre el nivel de agua pulmonar extravascular y la mortalidad. El agua pulmonar extravascular es un importante predictor de mortalidad en pacientes críticos¹⁹.
2. Más recientemente, Sakka et al. analizaron su valor pronóstico en 373 pacientes críticos. Ellos encontraron que en los pacientes no sobrevivientes se obtenía un mayor valor de APEV comparado con los sobrevivientes, siendo la mortalidad del 65% en pacientes con APEV > 15 mL/Kg vs. 33% en aquellos con APEV < 10 mL/Kg²⁰. En un estudio más reciente se encontró en 192 pacientes con SDRA que una disminución en el valor del APEV de 3 mL/Kg en las primeras 48 h se relacionó con una mejoría en la sobrevida, indiferente del valor inicial entre los grupos²¹.

3. Valor diagnóstico: el valor diagnóstico de la auscultación y de la radiografía de tórax para el diagnóstico de edema pulmonar es pobre, particularmente en pacientes en ventilación mecánica, así como la pobre correlación entre los scores radiográficos de edema pulmonar y el valor real del agua pulmonar extravascular¹¹.
4. Valor terapéutico: el manejo de líquidos en pacientes con lesión pulmonar aguda y SDRA es un punto de frecuente controversia. La restricción de líquidos o el manejo seco de los pacientes puede mejorar la oxigenación y la mecánica pulmonar. Sin embargo, este manejo conservador de líquidos puede inducir o empeorar la inestabilidad hemodinámica y llevar a fallo orgánico. El estudio de Mitchell et al demostró que una estrategia de restricción de líquidos con base en la medición del APEV era capaz de disminuir la duración de la ventilación mecánica y el tiempo de estancia en la unidad de cuidados intensivos comparado con la estrategia de la medición de la presión de oclusión de la arteria pulmonar. Igualmente, Eisenberg et al. encontraron beneficios en la mortalidad con la estrategia de restricción de líquidos basada en el agua pulmonar extravascular en un grupo pequeño de pacientes⁸.

El agua pulmonar extravascular es una variable clave en el tratamiento y pronóstico de la insuficiencia cardíaca, pero su evaluación objetiva sigue siendo difícil de alcanzar. La imagen pulmonar se ha considerado tradicionalmente fuera de los límites para las técnicas de ultrasonido debido a la barrera acústica de la pared de aire de alta impedancia. Sin embargo, en la congestión pulmonar, la presencia de aire y agua crea una huella de eco peculiar. El ultrasonido pulmonar muestra líneas B, señales de tipo cometa que surgen de una línea pleural hiperecótica con un movimiento de vaivén sincronizado con la respiración. El aumento de la acumulación de APEV cambia la señal normal sin eco (pulmón negro, no APEV) en un patrón en blanco y negro (edema subpleural intersticial con múltiples líneas B) o en un patrón de pulmón blanco (edema pulmonar alveolar) con coalescencia B-líneas. Las líneas B húmedas se hacen con agua extravascular, disminuyen con los diuréticos y con medidas de restricción. Las líneas B pueden evaluarse en cualquier lugar (incluidas condiciones ambientales extremas con instrumentos de bolsillo para detectar edema pulmonar a gran altura), en cualquier momento (durante la diálisis para valorar la intervención), por cualquier persona (incluso un ecógrafo novato después de 1 h de

entrenamiento) y en cualquier persona (ya que la ventana acústica del tórax generalmente permanece patente cuando la ecocardiografía no es factible).

Las líneas B representan "la forma del agua de pulmón". La sobrecarga de líquidos es común en los enfermos críticos y se cree que contribuye al fracaso de la oxigenación y la mortalidad, así como incrementa el riesgo de infección asociada a la atención en salud y días de estancia en la unidad de cuidados intensivos¹⁹.

El balance hídrico positivo se ha considerado un marcador de gravedad de la enfermedad subyacente, más que un factor predictor independiente de mortalidad. Sin embargo, se ha reportado que, en el manejo del niño críticamente enfermo, un balance hídrico positivo está asociado a un incremento en las tasas de mortalidad en casos de lesión pulmonar aguda, cirugía cardíaca mayor, sepsis grave y choque séptico²².

El balance hídrico acumulado se asocia al desarrollo de hipoperfusión sistémica y regional, y subsecuentemente, a falla multiorgánica.

Las cardiopatías de alto flujo se asocian a presencia de edema pulmonar y congestión; la ventilación mecánica produce reclutamiento alveolar, mejorando la distensibilidad pulmonar y oxigenación. No obstante, también aumenta el riesgo de infección y prolongación de la estancia en la unidad de cuidados intensivos²³.

Existen factores que pueden ocasionar incremento de la permeabilidad vascular como los opiáceos, la fisiopatología asociada a estos fármacos es desconocida, pero la probabilidad de aparición de edema pulmonar no cardiogénico es directamente proporcional a la dosis ingerida de opiáceos, y suele provocarse en las primeras dos horas de administración. La resolución del cuadro suele ser rápida una vez corregida la hipoxia y la hipoventilación mediante ventilación mecánica²³.

En afecciones como insuficiencia hepática, desnutrición, patología renal el común denominador es la hipoalbuminemia, que condiciona la disminución de la presión oncótica y salida de líquido intravascular al intersticio, lo que disminuye el volumen sanguíneo circulante efectivo, estimulando al sistema renina-angiotensina-aldosterona, así como a la arginina vasopresina, causando retención de agua y sodio²⁷.

Las herramientas clínicas para la evaluación de los pacientes en la unidad de cuidados intensivos no son perfectas, y muchas veces no todas están disponibles; de la misma forma, muchas de ellas conllevan una probabilidad de lesión al paciente (aumento en la dosis de radiación con el uso de imágenes diagnósticas, riesgos que conlleva el traslado de paciente crítico, complicaciones vasculares con el uso de monitorización invasiva o

mínimamente invasiva, por ejemplo). Esto ha llevado al uso de otras modalidades de monitorización clínica y hemodinámica, como es el uso del ultrasonido como herramienta aplicada al paciente crítico³.

Las enfermedades pulmonares con afectación del espacio alveolar y el intersticio (síndrome alveolar-intersticial) son comunes en los pacientes crítico, aunque el niño no es un adulto pequeño, desde el punto de vista ultrasonográfico su pulmón, incluso de recién nacido, es un pulmón de adulto en miniatura y es que la ultrasonografía torácica en los niños cumple los mismos principios que en el adulto donde ha sido ampliamente estudiada¹⁰.

Bharti Yadav et al. Encontraron en el año 2019 en un estudio prospectivo del año 2015 al 2016, en pacientes con síndrome de dificultad respiratoria aguda, mayor severidad de la enfermedad, puntuaciones al ingreso, el desarrollo de neumotórax y un balance de líquidos positivo a las 48 horas se asocia a un incremento en la mortalidad²⁴.

Las alteraciones de la oxigenación en pacientes críticos debido a procesos agudos como traumatismo grave, shock, sepsis, cirugía mayor, entre otras, puede llevar en el tiempo a disfunción de órganos y sistemas en forma irreversible. Las medidas terapéuticas se basan en mantener la función de los distintos órganos brindando una oxigenación adecuada a través de compensar las alteraciones respiratorias y hemodinámicas tanto macro como microcirculatorias; optimizar los parámetros metabólicos; y en lo posible adecuar la respuesta inflamatoria del paciente. La resucitación de los pacientes críticos debe ser precoz e intentar revertir y mantener una oxigenación tisular adecuada. Básicamente se realiza manteniendo una ventilación y oxigenación adecuada a nivel respiratorio; una función ventricular óptima para el caso a tratar, precarga, postcarga, contractilidad y frecuencia cardíaca que aporten un volumen sistólico y minuto de acuerdo con las necesidades²⁵.

Para mantener la integridad celular, así como sus funciones facultativas, es necesario que las mismas cuenten con una cantidad de energía suficiente, obtenidas a través del metabolismo del oxígeno (aerobiosis) mediante la degradación de un compuesto de alta energía (ATP). De este modo, en la respiración celular se obtienen 38 moléculas de ATP por cada molécula de glucosa consumida. Durante este proceso hay un consumo de dos ATP en el transporte activo de dos NADH del citoplasma a la matriz mitocondrial, por lo que el balance final es de 36 ATP formado por cada molécula de glucosa consumida. La falta de oxígeno reduce la síntesis de energía por la formación de ATP. La bomba Na/K es

ATP dependiente y se afecta en forma precoz en la hipoxia. El sodio se acumula en el compartimento intracelular atrayendo agua y edematizando a la célula. Por otro lado, debido a la pérdida de este gradiente, permite el ingreso de Ca pudiendo condicionar muerte celular. El daño secundario relacionado con la hipoxia no será de la misma magnitud en todos los órganos, dependiendo del tiempo de instauración (agudo o crónico), la duración de la misma y de las necesidades metabólicas del tejido²⁵.

El pulmón es uno de los órganos de choque por excelencia de la sobrecarga hídrica, en especial en el entorno de la inflamación sistémica. El incremento de la presión hidrostática, asociada a un incremento de la permeabilidad y al daño estructural endotelial favorece el desarrollo de edema pulmonar. Este edema no sólo tiene un sustrato mecánico hidrostático, sino que también está asociado a complejas alteraciones estructurales que repercuten en la integridad de la membrana alvéolo-capilar y de los neumocitos alveolares, en especial los de tipo II, los cuales sintetizan surfactante²⁶. Este edema condiciona entre otras cosas incremento de la tensión intersticial y colapso alveolar, que se manifiesta con incremento del cortocircuito intrapulmonar, alteraciones en la relación ventilación perfusión, una mala distribución del gasto cardiaco e hipoxemia, lo que condiciona incremento en el riesgo de requerimientos de intubación y ventilación mecánica. Es importante mencionar que la reabsorción del líquido intersticial pulmonar es a través de los linfáticos. En estados de sobrecarga hídrica, en especial cuando existe incremento de la presión venosa y auricular de retorno, la función linfática se ve disminuida, lo que perpetúa el edema pulmonar y enlentece su resolución²⁷.

Índices de oxigenación

Índice PaFi (PaFi): Es uno de los índices de oxigenación más empleados y hace referencia a la relación entre la presión arterial de oxígeno y la fracción inspirada de oxígeno (PaO₂/FIO₂). Puede emplearse cuando la FIO₂ >0,4. Cuanto menor es el PAFI, quiere decir que hay un peor intercambio gaseoso. En general, se considera que por debajo de 300 puede haber una lesión aguda pulmonar y por debajo de 200 un síndrome de distrés respiratorio agudo²⁵.

Índice de oxigenación (IO): Señala el “costo de oxigenar” o la intensidad del soporte ventilatorio. Su fórmula ($IO = [Pmva \times FiO_2 \times 100] / PaO_2$) incluye a la presión media de la vía aérea (Pmva), la que mejor se correlaciona con el grado de distensión alveolar y

oxigenación (representando adecuadamente la presión media alveolar, salvo en condiciones de aumento de la resistencia de la vía aérea). Cabe señalar que un reciente consenso de daño pulmonar agudo en pediatría recomienda el IO por sobre la PaO₂/FiO₂ como métrica primaria de gravedad para definir el SDRA pediátrico. > 16=SDRA grave, 8-16 = SDRA moderado, 4-8= SDRA leve²⁸.

Diagnóstico de Neumonía asociada a Ventilación Mecánica (NAV)

Se presenta en pacientes con asistencia mecánica a la ventilación o su antecedente en por lo menos 48 horas⁷.

Se debe cumplir con los siguientes tres criterios:

Criterios Radiológicos

Una o más radiografías con al menos dos de los siguientes hallazgos:

- Infiltrado nuevo o progresivo y persistente
- Consolidación
- Cavitación
- Neumatoceles en pacientes menores de 1 año

Criterios clínicos. Signos/Síntomas/Laboratorio

Uno o más de los siguientes:

- Fiebre
- Distermia o hipotermia
- Leucopenia (<4,000 leucocitos/ml) o leucocitosis (>12,000 leucocitos /ml)
- Inicio de un nuevo antibiótico y su continuación por 4 días o más.
- En adultos mayores, alteración del estado de alerta sin otra causa aparente
- Incremento de FiO₂ de >20% sostenido por > 2 días
- Incremento de PEEP > 3 cmH₂O del basal sostenido > 2 días

Y por lo menos dos de los siguientes:

- Expectoración de reciente inicio o cambio en características del esputo, incremento de secreciones respiratorias o de necesidad de aspiración
- Inicio o empeoramiento de tos, disnea y taquipnea
- Estertores
- Consolidación
- Alteración o empeoramiento de intercambio de gases (ej. Desaturación de oxígeno $PaO_2/FiO_2 \leq 240$)

Laboratorio específico

Por lo menos uno de los siguientes:

- Secreciones respiratorias purulentas (definidas como > 25 neutrófilos y < 10 células epiteliales).
- Cultivo positivo de secreción bronquial (excluye biota normal/oral, cándida o levaduras no especificadas, estafilococos coagulasa negativos, enterococos), de acuerdo a lo establecido en los lineamientos de vigilancia epidemiológica por laboratorios de las IAAS.
- Secreciones respiratorias purulentas con cultivo endotraqueal positivo ($> 10^5$ UFC/ml), lavado bronco-alveolar ($> 10^4$ UFC/ml), Cultivo de biopsia ($> 10^4$ UFC), Cultivo de cepillado protegido ($> 10^3$ UFC), de acuerdo a lo establecido en los lineamientos de vigilancia epidemiológica por laboratorio de las IAAS.
- Cultivo de líquido pleural positivo obtenido por toracocentesis o histopatología de biopsia pulmonar positiva o pruebas positivas para virus o microorganismos atípicos, de acuerdo a lo establecido en los lineamientos de vigilancia epidemiológica por laboratorio de las IAAS.

Para poder diagnosticar una consolidación pulmonar por ultrasonido previamente se deben dar 2 requisitos. El primero es su localización intratorácica. Para esto en las zonas basales es importante localizar el diafragma, ya que en supino y con pérdida de volumen, tanto el hígado como el bazo pueden estar localizados más cranealmente y, por su aspecto, confundirse con una consolidación. El segundo es que exista contacto con la pleura para que los ultrasonidos la «vean». Esta condición se cumple en la inmensa mayoría de las

consolidaciones (90%), pero a veces hay que ser exhaustivo en la exploración de todas las áreas, especialmente las dorsales, para que no pasen desapercibidas.

En la consolidación pulmonar los espacios aéreos están rellenos de líquido o células inflamatorias, por lo que, en esta situación, el pulmón aireado que es altamente reflexógeno se convierte en una masa sólida, densa y con buena transmisión sónica²⁹.

El pulmón consolidado es hipoecogénico en comparación con el pulmón aireado y también, generalmente, con respecto al hígado y al bazo por su alto contenido acuoso.

Los criterios diagnósticos de la presencia de una consolidación pulmonar son los siguientes:

- Patrón tisular: similar al del tejido de órganos sólidos como el hígado. Es el único criterio imprescindible, el resto se consideran adicionales.
- Límites anatómicos: mientras que el borde superficial correspondiente a la pleura es regular, el borde profundo se muestra irregular, salvo que exista una afectación lobar completa o sea una pequeña consolidación subpleural.
- Ausencia de artefactos (líneas A o B): el reemplazo de aire por otro tipo de material (edema, celularidad) o su ausencia (colapso) impide la formación de los artefactos que dependen de la interacción en la interfase aire/fluido.
- Ausencia del “signo del sinusoides”, lo que la distingue de un derrame pleural en aquellos casos en los que presenta una ecogenicidad reducida.
- Presencia de “broncograma aéreo” y “alveolograma aéreo”: la existencia de aire en las vías aéreas se manifiesta como imágenes hiperecogénicas puntiformes o lineales, en función de que se corten transversal u horizontalmente. Representan el aire en el interior de los bronquios o alvéolos rodeados del pulmón consolidado.
- Signo del límite irregular (*shred sign*, signo de la *scie* o dientes de sierra): de las tiras o bordes irregulares. Se produce en la consolidación, generalmente neumónica, y el borde más profundo está sin definir, salvo que afecte a todo un lóbulo.
- Visualización de arterias y venas pulmonares intraparenquimatosas.

La ecografía es más sensible que la radiografía convencional e, incluso, que la tomografía computada en la valoración de necrosis y abscesificación de las neumonías. En la neumonía lobar se puede observar ecogenicidad difusa irregular, similar al hígado, especialmente en la fase inicial de la neumonía, también puede observarse una imagen hiperecoica puntiforme dentro de la consolidación, que corresponde al signo del broncograma aéreo. El ultrasonido identifica y diferencia mejor entre efusiones y consolidaciones⁴.

JUSTIFICACIÓN

La unidad de cuidados intensivos pediátricos del Centenario hospital Miguel Hidalgo, cuenta actualmente con 8 camas; atiende a población pediátrica desde la edad neonatal (cardiología) hasta los 18 años. Por frecuencia, las causas de egreso de la Unidad de cuidados intensivos pediátricos del Centenario hospital Miguel Hidalgo ocupa el primer lugar la cirugía cardiovascular en un 28%, seguido de un 15.7% las causas respiratorias donde predominan las infecciones bajas y neumonías.

La realización de este estudio es factible, utilizar el ultrasonido como método auxiliar podremos diagnosticar si el paciente presenta síndrome alveolo intersticial y usarlo como herramienta para la toma de decisiones en el manejo de líquidos y valorar si existe mejoría en el índice de oxigenación e índice PaO_2/FiO_2 en el grupo de pacientes que se realice. El ultrasonido es seguro en el paciente pediátrico al igual que en el adulto, es accesible en nuestra Unidad y de bajo costo, cuenta con alta sensibilidad del 93% y especificidad 93%.

La aplicación del ultrasonido como auxiliar diagnóstico en las UCI Pediátricas y Neonatales es poco conocido. Consideramos plenamente justificado el llevar a cabo un ensayo clínico que ayude a determinar la magnitud del rol del ultrasonido en la toma de decisiones en pacientes pediátricos en la unidad de cuidados intensivos pediátricos.

Se buscará intencionalmente presencia de deslizamiento pleural, una vez identificado un patrón de líneas A o un patrón de líneas B por ultrasonido.

En caso de observarse patrón de líneas B, podremos diagnosticar conforme sus características el síndrome alveolo-intersticial. El diagnosticar el síndrome alveolo-

intersticial (SAI) en la unidad de cuidados intensivos nos apoyará a dar seguimiento en el paciente pediátrico crítico, mejorar el balance hídrico, restricción de líquidos, mejorar índice de PaO₂/FiO₂ y el índice de oxigenación entre otros parámetros.

PREGUNTA DE INVESTIGACION

En pacientes aleatorizados de la Unidad de Cuidados intensivos pediátricos del CHMH, a quienes se les realiza ultrasonido pulmonar como guía de terapia hídrica comparados con aquellos a quienes no se les realiza ultrasonido pulmonar ¿Mejoran los índices de Oxigenación IO, PaO₂/FiO₂)?

HIPOTESIS

La mediana del promedio del IO y PaO₂/FiO₂ del grupo al que se le realice ultrasonido pulmonar para guiar la terapia hídrica será mayor que la del grupo a quienes no se les realice ultrasonido pulmonar.

Hipótesis Nula

La mediana del promedio de del IO y PaO₂/FiO₂ del grupo al que se le realice ultrasonido pulmonar para guiar la terapia hídrica no será mayor que la del grupo a quienes no se les realice ultrasonido pulmonar.

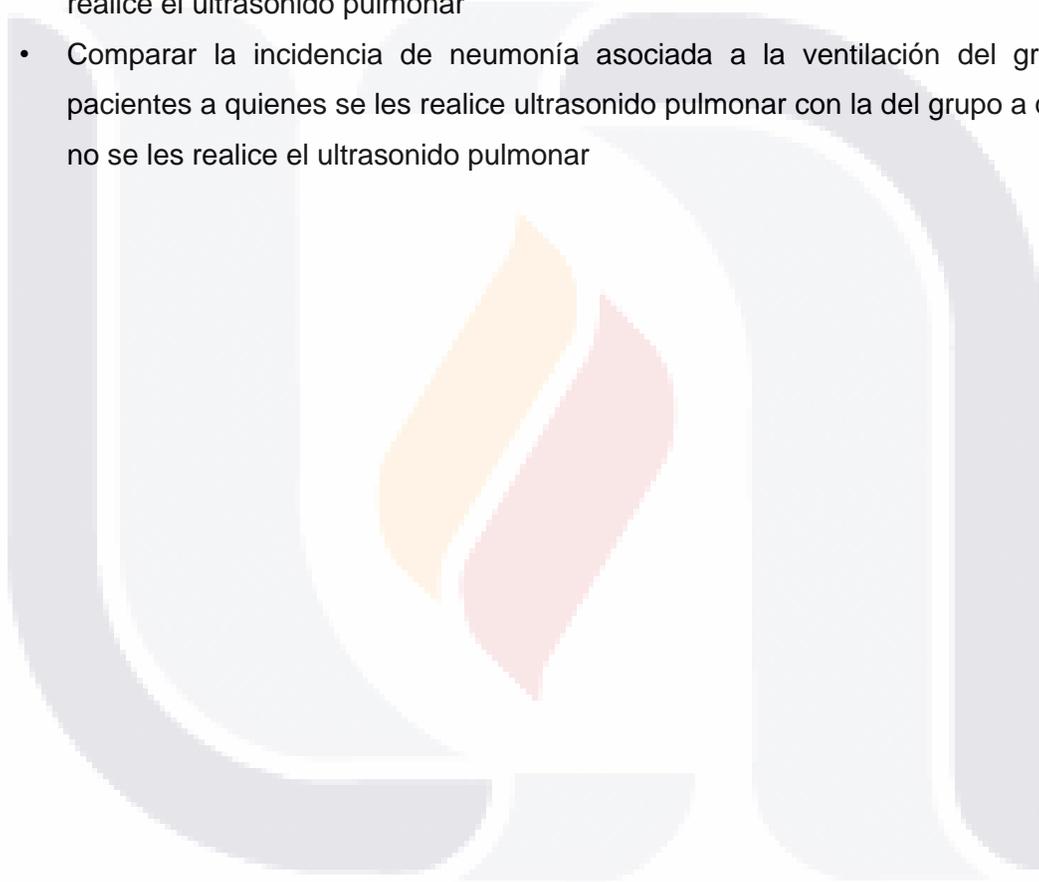
OBJETIVOS

GENERAL

Comparar la mediana del promedio del Índice de oxigenación y PaO₂/FiO₂ del grupo de pacientes a quienes se les realice ultrasonido pulmonar con la del grupo a quienes no se les realice el ultrasonido pulmonar.

ESPECIFICOS

- Comparar la media de días de estancia hospitalaria en la unidad de cuidados intensivos del grupo de pacientes a quienes se les realice ultrasonido pulmonar con la del grupo a quienes no se les realice el ultrasonido pulmonar
- Comparar la media de días de ventilación mecánica del grupo de pacientes a quienes se les realice ultrasonido pulmonar con la del grupo a quienes no se les realice el ultrasonido pulmonar
- Comparar la incidencia de neumonía asociada a la ventilación del grupo de pacientes a quienes se les realice ultrasonido pulmonar con la del grupo a quienes no se les realice el ultrasonido pulmonar



CAPITULO II. METODOLOGÍA

Tipo de estudio

- A) Ensayo clínico, observacional, prospectivo y aleatorizado

Universo de trabajo

- Todos los pacientes de la terapia intensiva pediátrica, quienes al ingreso o durante su estancia requieran ventilación mecánica invasiva y que sean sometidos aleatoriamente mediante tómbola.

Criterios de inclusión

- Todos los pacientes ingresados en la UCI pediátrica del Centenario hospital Miguel Hidalgo en el periodo con datos completos, y con ventilación mecánica invasiva

Criterios de exclusión

- Pacientes ingresados en quienes no se haya autorizado consentimiento informado
- Pacientes con cardiopatía congénita cianógena
- Pacientes quienes se encuentren sin ventilación mecánica

Variables dependientes

- IO (Índice de Oxigenación)
- PaO₂/FiO₂
- Días de estancia intrahospitalaria
- Días de Ventilación mecánica
- Neumonía asociada a la atención en salud
- Síndrome Alveolo-intersticial
- Graduación del requerimiento de ventilación mecánica
- Protocolo de abordaje basado en USG pulmonar

Variables Independientes

- Ultrasonido pulmonar

Definición Operacional

NOMBRE DE VARIABLE	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	ESCALA DE MEDICION
PaO ₂ /FIO ₂	Cociente que mide indirectamente la lesión pulmonar Registrado en promedio diario	Determinado por la fórmula $PaO_2 / FiO_2 = PaO_2 / FiO_2$ (en porcentaje) x 100 Normal: Mayor 300	Cuantitativa
Índice de Oxigenación	Sistema de monitoreo del estado de intercambio gaseoso en pacientes pediátricos con falla respiratoria aguda Registrado en promedio diario	Determinada por índice de oxigenación = 100 x Presión media vía aérea x FiO ₂ / PaO ₂ Normal: Menor de 4	Cuantitativa
Síndrome Alveolo-intersticial	Caracterizado por engrosamiento del espacio intersticial, con presencia de más de 3 líneas b, durante la evaluación por ultrasonido, patrón que generalmente se asocia con aumento de contenido de líquido.	Caracterizado por tres o más líneas B Ausente (menos de 4 líneas B), leve (de 5–15), moderado (de 16–30) o grave (más de 31)	Presentes o ausentes
Días de Estancia	Indicador de eficiencia intrahospitalaria, calificándose como prolongada aquella que sobrepasa el estándar de 7 días para un hospital de tercer nivel.	Número de días que el paciente se encuentra en terapia intensiva pediátrica	Continua
Magnitud del Requerimiento de ventilación mecánica	Procedimiento de respiración artificial que emplea un aparato mecánico para suplir total o parcialmente la función ventilatoria. Un ventilador es un sistema capaz de generar presión sobre un gas de forma que aparezca un gradiente de presión entre él y el paciente.	Uso de algún método de ventilación mecánica invasiva, <ul style="list-style-type: none"> • Lactantes con presión inspiratoria mayor a 18 cmH₂O • Niños con presión inspiratoria mayor a 20 cmH₂O 	Dicotómica

		Volumen corriente mayor a 8 mlkg PEEP mayor a 7 cmH2O	
Días de ventilación mecánica	Método de soporte vital ampliamente utilizado en situaciones clínicas de deterioro de la función respiratoria, de origen intra o extrapulmonar.	Número de días que el paciente se encuentra con ventilación mecánica invasiva	Continua
Neumonía asociada a la ventilación	Neumonía que se produce 48 horas tras la intubación o en las 72 horas siguientes a la extubación o retirada de la traqueostomía, y que no estaba presente ni estaba en el periodo de incubación en momento de la intubación.	Cuadro clínico compatible con Neumonía Signo de limite fragmentado por ultrasonido o consolidación por radiografía Cultivo positivo o Reactantes de fase aguda positivos	Dicotómica
Ultrasonido pulmonar	Método diagnóstico el cual usa ondas sonoras para producir artefactos que se transforman en imágenes, es este caso del pulmón.	Se realizará ultrasonido pulmonar al grupo aleatorizado determinando el patrón alveolo-intersticial	Continua
Protocolo basado en USG pulmonar	-Tratamiento Convencional: Ningún manejo -Restricción hídrica (RH): <75% o menor -RH + Aminofilina o diurético -Toracocentesis, 3 o más diuréticos, Terapia de soporte renal		

PLAN DE ANALISIS ESTADISTICO

Se realizó análisis exploratorio de los datos basales con estadística descriptiva para determinar las frecuencias de las variables de estudio, así como medidas de tendencia central y dispersión (media y desviación estándar para variables continuas) para todos los sujetos y por grupo de diagnóstico (con ultrasonido/Sin ultrasonido). Para establecer el comportamiento normal de cada variable se usó de la prueba de Shapiro Wilk.

Las distintas variables se compararon entre los grupos por medio de análisis bivariado mediante la prueba de Chi² o exacta de Fisher para variables categóricas y prueba t de *student* para muestras independientes /U de Mann–Whitney según correspondía.

MÉTODOS DE SELECCIÓN DE LA MUESTRA

Muestreo consecutivo por conveniencia de todos los pacientes que ingresaron a la UCIP del CHMH y requirieron ventilación mecánica invasiva. Los cuáles fueron aleatorizados 1:1, a recibir ultrasonido a no recibir ultrasonido.

Para calcular el tamaño de la muestra requerida para detectar una diferencia de medias entre dos grupos en un ensayo clínico:

$$n = \frac{\left(\sigma_1^2 + \frac{\sigma_2^2}{1}\right) \left(z_1 - \frac{\alpha}{2} + z_1 - \beta\right)^2}{|\mu_1 - \mu_2|^2}$$

Donde:

v=	Tamaño de la muestra para el grupo 1	
α=	Nivel de significancia	0.05
β=	Probabilidad de cometer Error tipo II	0.20
σ ₁ =	Varianza de la media 1	57*
σ ₂ =	Varianza de la media 2	57*
μ ₁ =	Media del grupo 1	164*
μ ₂ =	Media del grupo 2	125.2*

Tomado de la referencia: Yadav B, Bansal A, Jayashree M. Clinical Profile and Predictors of Outcome of Pediatric Acute Respiratory Distress Syndrome in a PICU: A Prospective Observational Study. *Pediatr Crit Care Med* 2019; 20:e263–e273).

Entonces:

$$n = \frac{(57^2 + 57^2)(1.96 + 0.84)^2}{38.8^2}$$

$$n = 34$$

Por lo tanto, la muestra estaría conformada por 2 grupos de 34 pacientes cada uno. Sin embargo, por tiempo no se logró, toda la muestra establecida.

MATERIAL Y METODOS

El ensayo se llevó a cabo en la unidad de cuidados intensivos pediátricos, a todo paciente con ventilación mecánica invasiva. Se realizaron dos grupos uno al que se le realizó diariamente ultrasonido ofreciendo un flujograma para la toma de decisiones y otro tratado en forma empírica tradicional.

La forma de establecer los grupos se realizó mediante muestreo probabilístico aleatorio simple (tipo tómbola), se tenía un papelito donde se mencionaba protocolo si y protocolo no con el número total de población a estudiar, si resultaba seleccionado con protocolo si, se realizaba el ultrasonido y se daba el manejo según flujograma, si resultaba no seleccionado continuaba manejo tradicional.

El ultrasonido se realizó por intensivistas pediatras adscritos y becarios de la unidad sede del proyecto.

Se incluyeron las medidas terapéuticas relacionadas al patrón sonográfico, el manejo hídrico del paciente y el monitoreo de la oxigenación

Método de realización del estudio:

Se realizó ultrasonido pulmonar utilizando un transductor lineal/sectorial, en los pacientes críticos con ventilación mecánica seleccionados al azar mediante tómbola, la exploración se realizó en paciente de cubito supino, se dividía al tórax en 6 cuadrantes (figura 2 y 3):

- 1) Anterosuperior
- 2) Anteroinferior
- 3) Laterosuperior
- 4) Lateroinferior
- 5) Posteriosuperior
- 6) Posteroinferior



Figura 2 y 3. División de cuadrantes durante la evaluación de ecografía pulmonar

- Se colocó la marca de transductor en posición cefálica
- Transductor en orientación longitudinal
- Buscando inicialmente la línea pleural, y valorar si desliza o no desliza
- Se buscaron las líneas B que se originaban de la línea pleural hasta la parte inferior de la pantalla
- Se observó si existían (normal hasta 4)
- Se contó presencia de líneas por cuadrante
- Se dividió según el artículo Picano⁹ y Agrícola *et al.*¹⁰ según el grado de edema por USG pulmonar edema como ausente (de 4 líneas B), leve (de 5–15), moderado (de 16–30) o grave (más de 31)
- Se buscó si existía la presencia de patrón sonográfico compatible con neumonía
- Índice de oxigenación y PaO₂/FIO₂
- Balance hídrico diario, así como líquidos reales
- Parámetros ventilatorios con ventilación mecánica invasiva,
 - Lactantes con presión inspiratoria mayor a 18 cmH₂O
 - Niños con presión inspiratoria mayor a 20 cmH₂O
 - Volumen corriente mayor a 8 ml/kg, y PEEP mayor a 7 cmH₂O
- En los pacientes a quienes fueron seleccionados para realización de ultrasonido pulmonar, se les realizó el manejo siguiendo este flujograma:

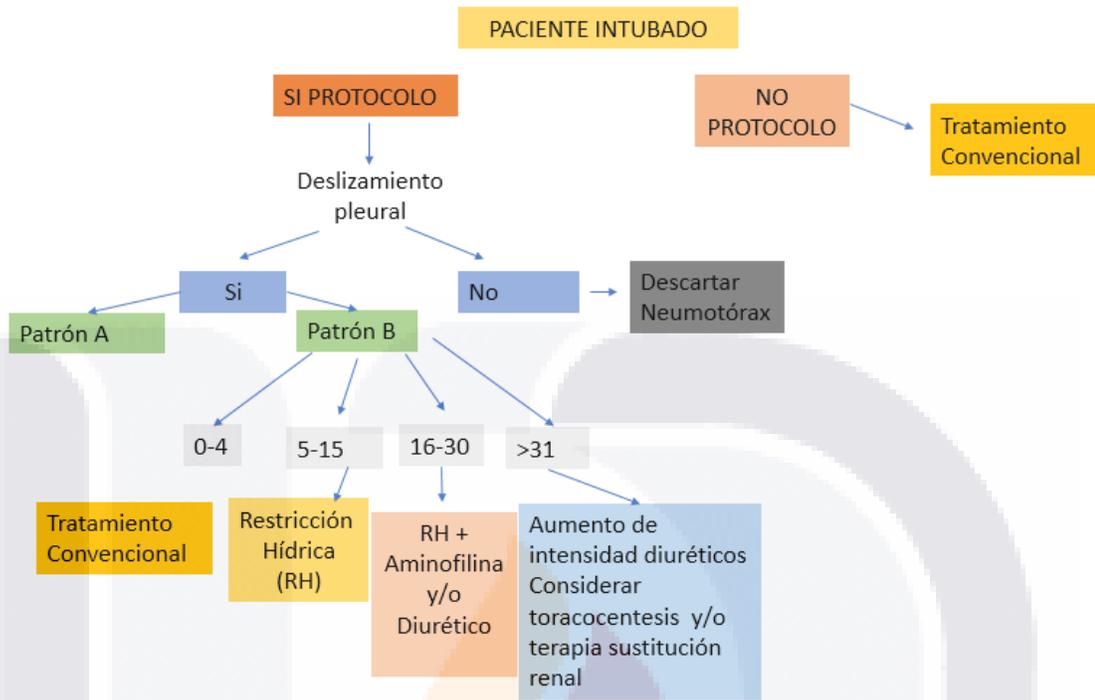


Figura 4. Algoritmo de manejo según ultrasonido pulmonar

- Posteriormente se vació a una hoja de recolección de datos
- Los pacientes a quienes no se les realizó ultrasonido pulmonar solo se vaciaron los datos en la hoja de recolección y se anotó si se dio algún manejo según balance hídrico o ganancia de peso, datos clínicos de sobrecarga

ASPECTOS ÉTICOS

El protocolo fue revisado y aprobado por el comité de investigación/ética del CHMH previo a su ejecución.

RECURSOS Y LOGÍSTICA

Humanos:

- El ultrasonido pulmonar se realizó por intensivistas pediatras adscritos y becarios de la unidad sede del proyecto

Materiales:

- Ultrasonido general electric healthcare logiq p5

- TESIS TESIS TESIS TESIS TESIS
- Gel conductor para ultrasonido
 - Computadora con programa excel para recolección de datos

Financieros:

- Costeado por autores del proyecto

*Los autores no contaron con ningún conflicto de interés



CAPITULO III. RESULTADOS

En el período comprendido del estudio se incluyeron 27 pacientes, sin embargo, debido a la naturaleza cianógena de la patología base tuvieron que ser excluidos 8 pacientes (4 por grupo), por lo que la tesis actual incluye el reporte de los datos de 19 pacientes, 10 pacientes que se sometieron al monitoreo con ultrasonido pulmonar y a 9 no se les practicó.

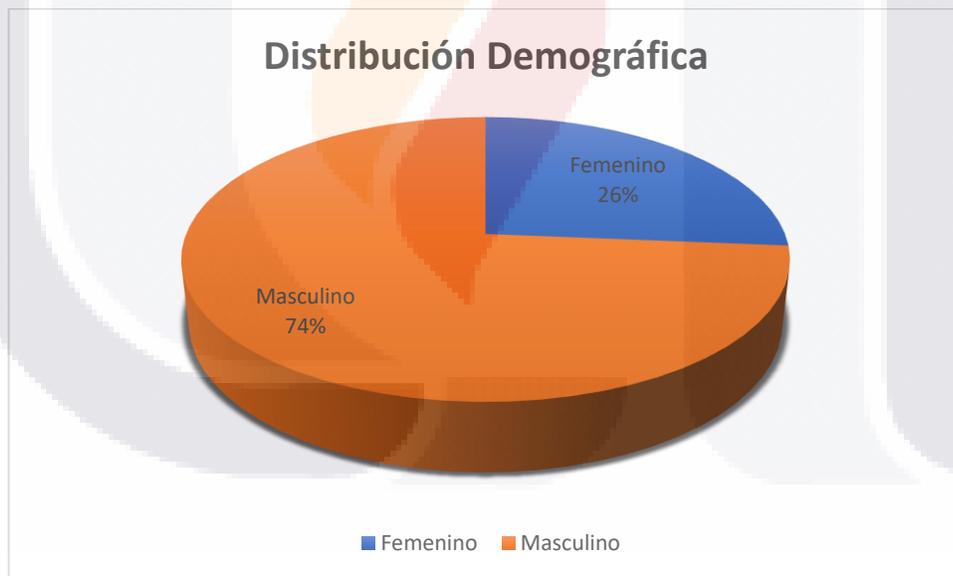
De los pacientes estudiados 5 fueron pacientes de sexo femenino y 14 masculino, con una relación de 1:2.8 (Tabla 1 y Gráfica 1).



DISTRIBUCIÓN DEMOGRÁFICA		
SEXO	FEMENINO	MASCULINO
	5	14



Tabla 1. Distribución demográfica por sexo



Gráfica 1. Distribución demográfica en porcentaje

La edad media fue de 51.4 meses \pm 58.4 meses. La edad media en el Grupo que recibió ultrasonido fue de 41.3 \pm 50.6 meses, mientras que en el Grupo sin ultrasonido fue de 62.6 \pm 67.3 meses ($p = 1.00$ a la prueba U de Mann-Whitney) (Figura5).

Entre las patologías de ingreso se tuvieron 6 pacientes neurocríticos, 5 intervenidos de cirugía cardiovascular, 1 paciente con choque séptico, 2 con patología respiratoria, 2 pacientes postquirúrgicos de cirugía gastrointestinal, y 3 pacientes en estado postparto (Gráfica 2).



Gráfica 2. Diagnóstico de ingreso a UCIP

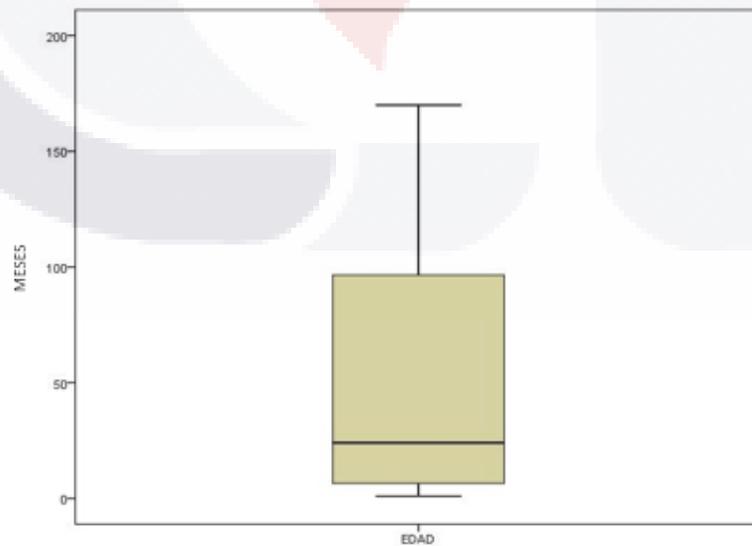


Figura 5. Media de edad de pacientes en meses

A pesar de que el número de sujetos en cada grupo fue menor a 30, la prueba de Shapiro Wilk mostró un valor de $p=0.43$ para el grupo con ultrasonido y 0.33 para el grupo sin ultrasonido significando que su valor en ambos grupos se distribuye de forma normal por lo tanto aplicamos la prueba t de *student* para pruebas no relacionadas a la cual no hubo diferencia entre las medias de PaO₂/FiO₂ del grupo con ultrasonido (315.8 ± 81.5) y el grupo sin ultrasonido (283.3 ± 30.4) $p = 0.42$. La mediana del promedio de la PaO₂/FiO₂ durante el total de la estancia en la UCIP en el grupo de ultrasonido fue de 310 con un rango intercuartílico de 95, mientras que la mediana en el grupo sin ultrasonido fue de 256 con un rango intercuartílico de 164 sin embargo, a la prueba U de Mann-Whitney no se obtuvo significancia estadística al compararlas ($p=0.49$). (Figura 6)

Con respecto al Índice de Oxigenación (Figura 7) ésta no tuvo una distribución normal a la prueba de Shapiro Wilk ($p=0.3$) en el grupo con ultrasonido y $p= 0.2$ en el grupo sin ultrasonido. Debido al anterior, realizamos la comparación de los valores medianos siendo en el grupo con ultrasonido 3 con un rango intercuartílico de 1 y en el grupo sin ultrasonido 4 con un rango intercuartílico de 3, nuevamente sin encontrar diferencia entre los grupos con la prueba U de Mann-Whitney ($p=0.18$)

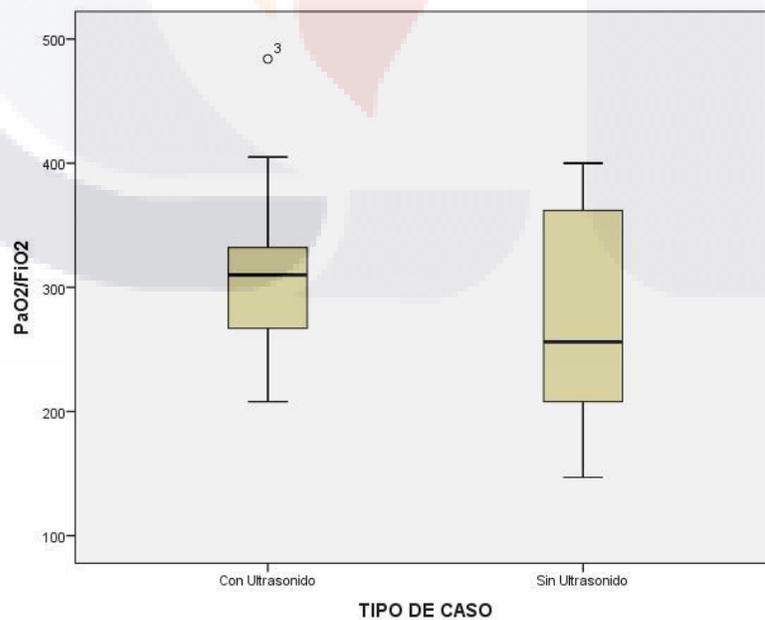


Figura 6. Índice PaO₂/FiO₂ con ultrasonido y sin ultrasonido

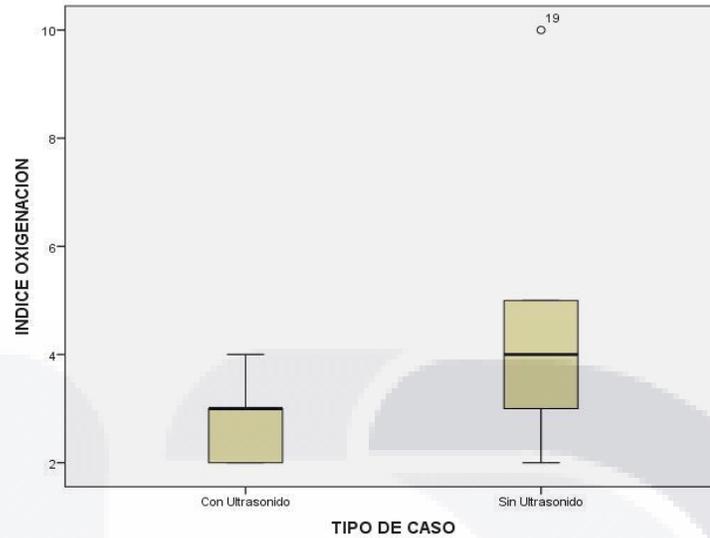


Figura 7. Índice de Oxigenación con y sin ultrasonido

Con respecto a los días de estancia intrahospitalaria (Figura 8) sólo el grupo con ultrasonido no tuvo distribución normal a la prueba de Shapiro-Wilk ($p= 0.01$) por lo que nuevamente realizamos comparación de medianas siendo ésta 3 con rango intercuartílico 3 en grupo con ultrasonido y de 6 con rango intercuartílico de 5 en el grupo sin ultrasonido. En este caso a la prueba U de Mann-Whitney encontramos una diferencia estadísticamente muy significativa ($p < 0.01$) lo anterior en relación a una significativa menor duración de la hospitalización en los pacientes que recibieron la intervención.

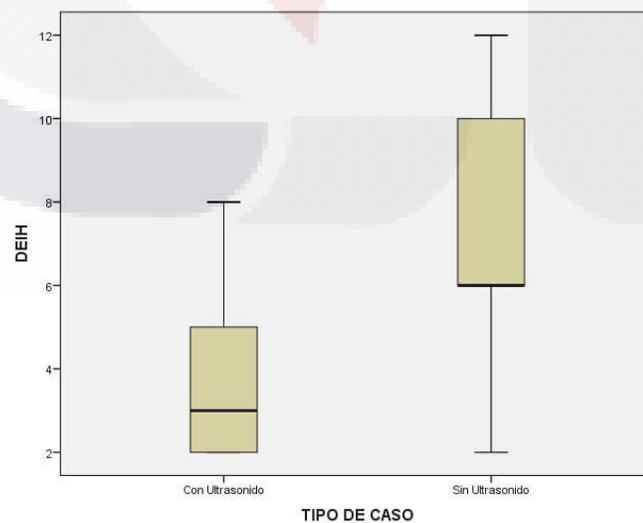


Figura 8. Días de estancia intrahospitalaria con y sin ultrasonido

Al analizar los requerimientos ventilatorios (Figura 9) basado en la PIM observamos que ésta variable se distribuyó en forma normal en ambos grupos a la prueba de Shapiro Wilk ($p=0.36$) en el grupo con ultrasonido versus ($p=0.53$) en el grupo sin ultrasonido por lo que comparamos la media de 12.5 ± 2.1 del grupo con ultrasonido con la media de 13.7 ± 3.2 del grupo sin ultrasonido mediante la prueba t de Student obteniendo un valor de p de 0.36 lo cual indica ausencia de diferencia entre los grupos.

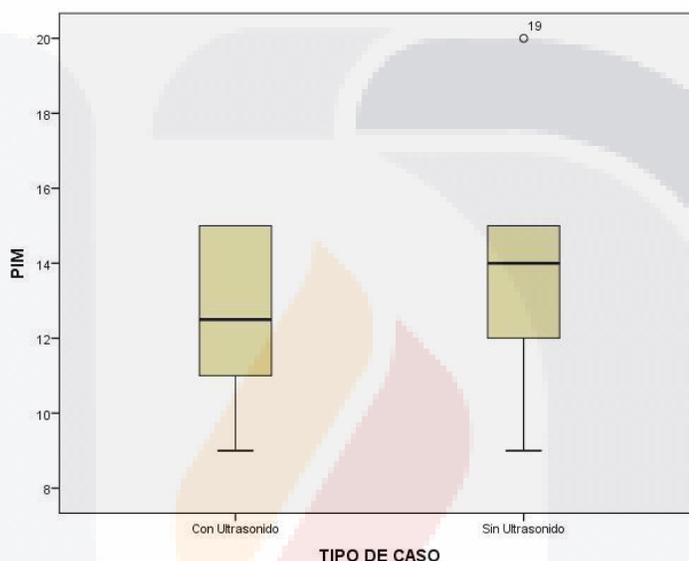


Figura 9. Presión inspiratoria pico (PIM) con y sin ultrasonido

Con respecto a los días de ventilación mecánica (Figura 10) su distribución no fue normal a la prueba de Shapiro Wilk obteniendo un valor de p de 0.05 en el grupo con ultrasonido y 0.01 en el grupo sin ultrasonido y al realizar la comparación de medianas no encontramos diferencia a la prueba U de Mann Whitney con un valor de p de 0.13 al comparar la mediana de días de ventilación mecánica en el grupo con ultrasonido (2 con rango intercuartílico de 3) con la mediana de (4 con rango intercuartílico de 7) en grupo sin ultrasonido.

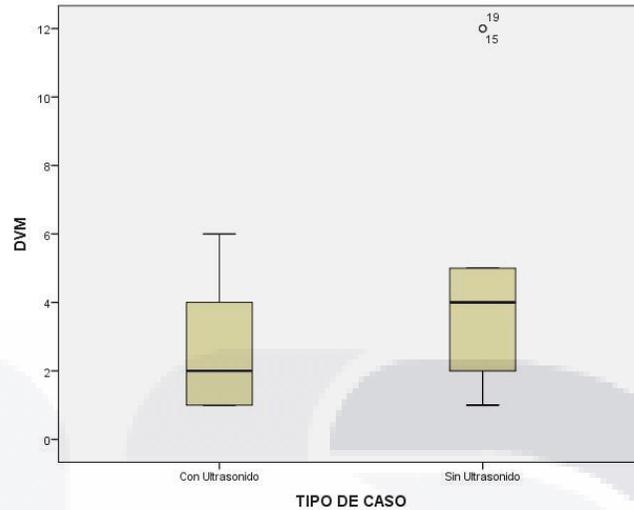


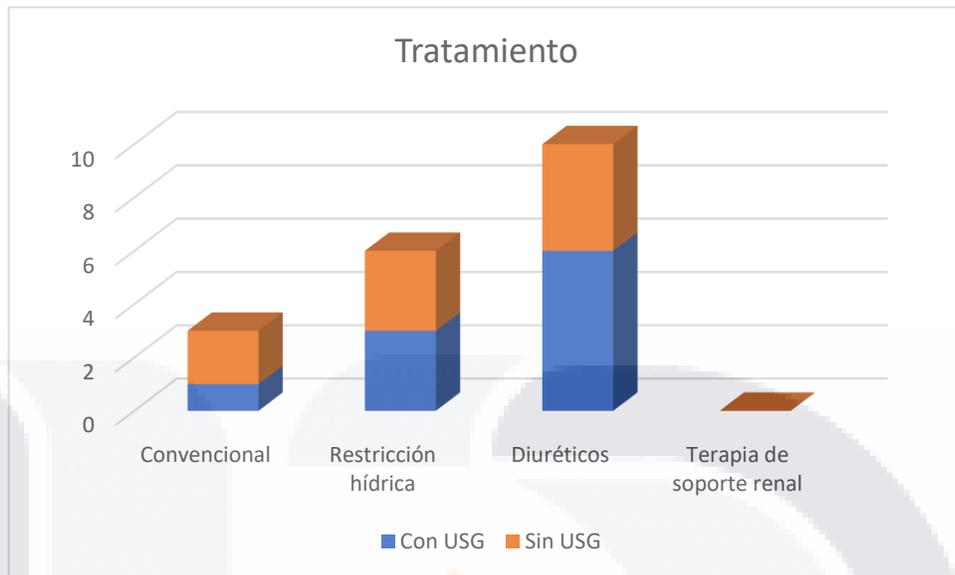
Figura 10. Días de ventilación mecánica con y sin ultrasonido

Finalmente, respecto a la incidencia de neumonía asociada a ventilación, ésta se presentó en 1 paciente del grupo con ultrasonido (10%) y 1 paciente del grupo sin ultrasonido (11.1%) no existiendo diferencia a la prueba exacta de Fisher ($p=0.74$).

En la tabla 2 y gráfica 3 se muestra la distribución de los pacientes, según la modalidad de tratamiento que se utilizó, en aquellos pacientes a los que se realizó ultrasonido pulmonar y a los que no se les realizó.

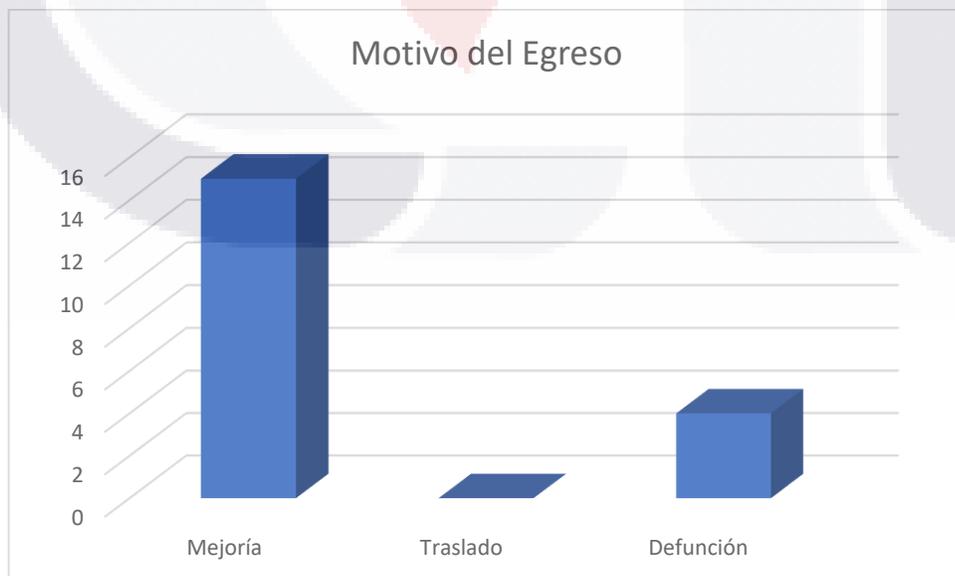
Tratamiento	Con USG	Sin USG	Total
Convencional	1	2	3
Restricción hídrica	3	3	6
Diuréticos	6	4	10
Terapia de soporte renal	0	0	0

Tabla 2. Distribución por grupos en base al tratamiento utilizado



Gráfica 3. Tratamiento por grupos

Con respecto a la condición de egreso hubo cuatro muertes (21.1%) del total de los casos, 2 en el grupo con ultrasonido (20%) y 2 en el grupo sin ultrasonido (22.2%) para una p de 0.67 a la prueba exacta de Fisher. Se puede observar la distribución en la gráfica 4.



Gráfica 4. Motivo de egreso UCIP

CAPITULO IV. DISCUSIÓN

El interés de realizar el presente ensayo clínico observacional prospectivo y aleatorizado fue para conocer la repercusión o mejoría que tiene el uso o no del ultrasonido pulmonar en los índices de oxigenación, y las decisiones que se pueden tomar enfocadas al manejo de líquidos en el paciente críticamente enfermo; como sabemos el balance hídrico positivo se ha considerado un marcador de gravedad de la enfermedad subyacente, más que un factor predictor independiente de mortalidad³¹. Sin embargo, se ha reportado que, en el manejo del niño críticamente enfermo, un balance hídrico positivo está asociado a un incremento en las tasas de mortalidad en casos de lesión pulmonar aguda, cirugía cardiaca mayor, sepsis grave y choque séptico³². Como objetivos secundarios se revisó la influencia de la realización diaria de ultrasonido pulmonar en los días de estancia en la UCIP, sin embargo, el uso de la ecografía torácica, a diferencia de otras como la ecocardiografía, a pesar de resultar muy útil, no está muy extendido en las unidades de cuidados intensivos e incluso menos en las pediátricas. Su uso, salvo en el derrame pleural, está por debajo del 50% de las unidades de cuidados intensivos pediátricos españolas, desconociendo el porcentaje de uso en las unidades de cuidados intensivos pediátricas mexicanas².

Como se menciona ampliamente en el artículo Colmenero et al. el ultrasonido pulmonar tiene múltiples ventajas y más aún en el paciente pediátrico crítico, ya que puede realizarse a pie de cama, es reproducible tantas veces sea necesario y no tiene el inconveniente de irradiación⁴, con el ultrasonido se puede observar el “agua del pulmón”, ya que la presencia de un patrón de más de 4 líneas B nos expresa presencia de síndrome alveolo-intersticial, como lo menciona Lichtenstein donde en un estudio prospectivo realizado en 1997 comparó el ultrasonido pulmonar con la radiografía de tórax, se examinaron 250 pacientes en una unidad de cuidados intensivos adultos, se tuvo como resultado 121 pacientes con síndrome radiológico alveolointersticial diseminado a todo el pulmón y 129 pacientes sin evidencia radiológica de síndrome alveolointersticial. Las correlaciones tomodensitométricas mostraron que los tabiques interlobulares subpleurales engrosados, así como las áreas de vidrio esmerilado, dos lesiones presentes en el edema pulmonar agudo se asociaron con la presencia del artefacto cola de cometa. En conclusión, la presencia del artefacto cola de cometa permitió el diagnóstico del síndrome alveolar intersticial³³.

Se ha observado que el equilibrio de líquidos y el índice de agua pulmonar extravascular podrían ser factores predictores de mortalidad en pacientes críticamente enfermos que requieren ventilación mecánica³⁴, como lo menciona Boyd et. al, donde se utilizó la presión venosa central como marcador hemodinámico y balance de líquidos al 4to día posthospitalización, encontrándose la tasa de mortalidad más alta en aquellos con presión venosa central > 12 mm Hg. Contrariamente al efecto general, los pacientes cuya presión venosa central era <8 mm Hg habían mejorado la supervivencia con un equilibrio de líquidos más positivo. En el caso de nuestra terapia no contamos con monitoreo hemodinámico guiado sistema PICCO o EV1000, que nos miden en tiempo real el agua pulmonar extravascular, tampoco se coloca catéter Swan-Ganz; sin embargo, en varios trabajos el ultrasonido pulmonar nos orienta ya que puede diagnosticar síndrome alveolo intersticial³³; el patrón sonográfico de líneas B que puede ser patrón tanto alveolar como intersticial; tal es caso de Picano et al. donde realizó modelos biofísicos desarrollados a partir de modelos *in vitro* y *ex vivo*, donde la aparición de líneas B correspondía a una pérdida progresiva de aire por volumen de tejido pulmonar con un aumento correspondiente en el contenido relativo y absoluto de APEV (desde normal, <5% o <500 ml, hasta edema pulmonar manifiesto > 90% o > 2000 ml), en pacientes adultos de cuidados intensivos con mediciones invasivas de termodilución transpulmonar como estándar de oro de APEV, el ultrasonido pulmonar se desempeñó notablemente mejor que la radiografía de tórax ($r = 0,91$ frente a $r = 0,33$), con una sensibilidad del 92,3% y especificidad del 91,7% para detectar valores anormales de APEV⁹.

En pacientes adultos sometidos a cirugía cardíaca valvular con circulación extracorpórea y sin patología pulmonar, la presencia de 8 áreas anterolaterales o 4 laterales afectadas se correlacionó también con el score radiológico además de con el agua extravascular pulmonar calculada mediante PICCO, con la presión de enclavamiento pulmonar y la presión pulmonar sistólica calculadas por catéter en arteria pulmonar. Se obtuvieron un total de 60 comparaciones donde se encontraron correlaciones lineales positivas significativas entre el puntaje de colas de cometa y APEV determinado por el sistema PICCO ($r=0.42$, $p=0.001$), entre el puntaje de colas cometa y la presión de cuña ($r= 0.48$, $p=0.01$), y entre el puntaje de colas de cometa y el agua pulmonar radiológica. puntuación ($r=0,60$, $p=0,0001$). La sensibilidad y especificidad para la detección de agua extravascular >500 ml fue del 90% y del 86% respectivamente con ultrasonido¹⁴. La misma correlación

TESIS TESIS TESIS TESIS TESIS

con el agua pulmonar ofrece otro estudio realizado en 2015 en pacientes adultos en una unidad de cuidados intensivos críticos alemana, que incluyó cincuenta pacientes los cuales se sometieron tanto a ultrasonido pulmonar como a medición de termodilución transpulmonar con el sistema PICCO. Se utilizó una puntuación de ultrasonido basada en el número de líneas B simples y confluentes por espacio intercostal para cuantificar la sobrehidratación pulmonar, el ultrasonido pulmonar se realizó por intensivistas, los resultados se compararon con los obtenidos mediante otros métodos de evaluación del estado de hidratación, incluido el índice de agua pulmonar extravascular y el índice de volumen sanguíneo intratorácico calculado con datos de mediciones de termodilución transpulmonar. La evaluación del agua pulmonar por ultrasonido utilizando un protocolo simplificado mostró una excelente correlación con APEV en una amplia gama de grados de hidratación pulmonar. La correlación de la radiografía de tórax y APEV fue menos precisa. No se encontró correlación alguna con la medición de la presión venosa central³⁵.

Por lo tanto conociendo como el ultrasonido puede mostrar el agua pulmonar como síndrome alveolo-intestinal, se utilizó el ultrasonido como herramienta para la toma de decisiones en el manejo de líquidos en el paciente pediátrico y observar si existía alguna mejora de la oxigenación, se tomó en cuenta el índice de oxigenación, así como el índice PaO₂/FiO₂ como marcador de daño pulmonar como lo mencionan las guías *Pediatric Acute Respiratory Distress Syndrome: Consensus Recommendations From the Pediatric Acute Lung Injury Consensus Conference 2015*¹⁰. Se menciona el PaFi <100 como grave, 100-200 moderado, 200-300 leve, al índice de oxigenación >16 grave, 8-16 moderado y 4-8 leve, cabe recalcar que estos índices fueron creados para la clasificación del síndrome de dificultad respiratoria, y varios de nuestros pacientes no ingresaron con patología pulmonar o desarrollaron en el transcurso PARDS, sin embargo los tomamos en los pacientes como daño pulmonar y en el caso de este trabajo buscábamos observar la mejoría de estos al usar el ultrasonido pulmonar o no.

En cuento al manejo de líquidos Trezzi y colaboradores³⁶, evaluaron si la ecografía de tórax podía detectar la disminución del agua pulmonar y sus variaciones inducidas por hemodiálisis en pacientes adultos, con un modelo experimental de pérdida rápida de líquido controlada, se incluyeron cuarenta y un pacientes sometidos a hemodiálisis. El número total de líneas B se midieron por ecografía de tórax y los diámetros de la vena cava se midieron antes y después del tratamiento. Antes de la hemodiálisis, la mayoría de los

pacientes presentaban signos ecográficos de patrón B pulmonar a pesar de la ausencia de disnea; el número de líneas B se asoció con el peso acumulado antes del tratamiento ($p < 0.05$) así como con el peso residual después de la diálisis ($p < 0.01$); Las líneas B y los diámetros de la vena cava final inspiratoria y espiratoria final también se redujeron significativamente después de la hemodiálisis. Además, la reducción de las líneas B se relacionó significativamente con la pérdida de peso.

Allinovi y colaboradores; realizaron un estudio observacional prospectivo, todos los bebés y niños que recibían diálisis por enfermedad renal en etapa terminal, de mayo a octubre del 2015 en un centro de nefrología en Reino Unido; los pacientes de hemodiálisis se sometieron a exámenes de ultrasonido dentro de los 15 minutos posteriores al inicio de la hemodiálisis y dentro de los 15 minutos posteriores a la finalización de la sesión, la sobrecarga de líquidos se cuantificó por el aumento relativo en el peso del paciente desde el inicio y se expresó como porcentaje, participaron 23 niños con consentimiento informado, se observó una correlación lineal entre la puntuación de la línea B de la ecografía pulmonar y la sobrecarga de líquidos juzgada por peso, La mediana del número de líneas B disminuyó de 22 antes a 15 después de la hemodiálisis³⁷.

Por lo tanto nosotros propusimos una guía de manejo guiada por ultrasonido pulmonar según el número de líneas B como se menciona anteriormente en la metodología del presente estudio; en cuanto a la terapia de manejo, se observó que los pacientes con ultrasonido pulmonar requirieron más diurético (60%), respecto a (40%) en los que no se realizó, siendo la restricción hídrica similar en ambos grupos (50%), y solamente 1 paciente sin ultrasonido pulmonar tuvo manejo convencional, esto debido a que con el ultrasonido se veía si el paciente tenía más de 15 líneas B. En la población estudiada no hubo diferencia significativa en cuanto a la media de índice de oxigenación y de PaFi, con el uso del ultrasonido o sin el uso de este, de similar forma como se menciona en el artículo publicado en 2019 de Mohamed Elayashy y colaboradores³⁸, donde realizaron un estudio en pacientes pediátricos postquirúrgicos de cirugía cardíaca sometidos a circulación extracorpórea, y observaron si la ultrafiltración mejoraría el gradiente de oxígeno alveolar arterial; se incluyeron a 60 pacientes con cardiopatía congénita (ASA II-III), de 1 a 48 meses de edad, con un peso corporal > 3 kg, se realizaba ultrasonido pulmonar pre y postcirugía cardíaca; dividiéndose también en dos grupos a los cuales, un grupo se realizaba ultrafiltración y en otro no; se midió el índice PaO_2/FiO_2 pre y postquirúrgico,

TESIS TESIS TESIS TESIS TESIS

como resultado la relación de referencia de PaO₂/FiO₂ fue comparable entre ambos grupos, al final de la cirugía, la relación PaO₂/FiO₂ aumentó en el grupo de ultrafiltración en comparación con la del grupo sin ultrafiltración, aunque insignificante ($p=0.16$), no se encontró correlación entre la relación PaO₂/FiO₂ y la puntuación de ultrasonido al inicio del estudio ($r=-0.21$, $p=0.31$). Por otro lado, las mediciones posquirúrgicas se correlacionaron negativamente ($r = -0,41$, $p=0,045$).

En cuanto al requerimiento de parámetros ventilatorios tomando en cuenta la PIM; en el grupo sin ultrasonido se comparó la media de 12.5 ± 2.1 del grupo con ultrasonido con la media de 13.7 ± 3.2 del grupo sin ultrasonido mediante la prueba *t de student* obteniendo un valor de p de 0.36 lo cual indica ausencia de diferencia entre los grupos.

Como co-variables de interés se revisó si se mostraba relación el uso de ultrasonido con los días de ventilación, la incidencia de neumonía y los días de estancia; en un estudio realizado en pacientes adultos en ventilación mecánica ingresados a la UCI en el hospital de Bern, en Suiza, en los cuales los ingresos fueron por causas diferentes a neumonía, se realizaba ecografía diaria y cuando iniciaban síntomas y signos de neumonía, un patrón de consolidación con broncograma aéreo estático o dinámico tenía una sensibilidad del 100% y especificidad del 60% para neumonía asociada a ventilación mecánica confirmada microbiológicamente, por lo que en caso de ausencia de dicho patrón es muy improbable la existencia de neumonía asociada a ventilación mecánica. Se observaron los días de ventilación mecánica, con una media de 5 días, ya que es bien conocido que el tiempo prolongado de ventilación mecánica, se ha asociado a un equilibrio de líquidos positivo y con aumento del agua pulmonar, que contribuye al desarrollo de infecciones hospitalarias y otros resultados adversos, lo que conllevaría un incremento del riesgo de mortalidad, incidencia de NAV fue de 21.1%³⁹. La neumonía asociada a ventilador es la segunda causa de infecciones asociadas a la salud, se asocia con una mayor mortalidad, uso de antimicrobianos, ventilación mecánica más prolongada y mayores costos de atención médica; representa 20% de las infecciones en la población y se reportan tasas de 6 a 11 neumonías por 1,000 días ventilador en unidades de cuidados intensivos pediátricos, en los países en desarrollo, la NAV ocurre en el 30% de los pacientes bajo ventilación mecánica y es una de las principales causas de muerte, y se asocia con una mortalidad del 16–94%⁴⁰. en este trabajo la incidencia de neumonía asociada a ventilación se presentó en 1 paciente del grupo con ultrasonido (10%) y 1 paciente del grupo sin ultrasonido

TESIS TESIS TESIS TESIS TESIS

(11.1%) no existiendo diferencia a la prueba exacta de Fisher ($p=0.74$); reportándose de forma similar al estudio reportado en adultos donde se buscó el patrón sonográfico de las neumonías asociadas a ventilador.

Generalmente los días de estancia intrahospitalaria en las terapias intensivas debería ser menor de 7 días⁴¹, con respecto a los días de estancia intrahospitalaria se encontró una diferencia estadísticamente muy significativa ($p<0.01$) con mejoría de estancia intrahospitalaria en los pacientes a los cuales se realizó ultrasonido y aquellos en los cuales no se realizó, esto como parámetro indicador en las terapias intensivas es importante, ya que disminuye igualmente el riesgo de adquirir infecciones nosocomiales, como los costos de atención, comparado con la casuística de nuestra unidad en el año 2018, un 39.4% de los pacientes duró hospitalizado 1-3 días, un 27% duró hospitalizado de 4-7 días; y hospitalización mayor a 11 días un 14.6%⁴², por lo que con la implementación del ultrasonido se pretende disminuir aún más los días de estancia en nuestra unidad de cuidados intensivos, ya que con el uso de ultrasonido pulmonar la media fue de 3.6 días en comparación a 7.6 días sin el ultrasonido.

Los puntajes pronósticos de mortalidad en las unidades de cuidados intensivos han sido desarrollados para cuantificar objetivamente la relación entre el estado clínico de los pacientes críticos al momento del ingreso a la UCI y su riesgo de morir, en este trabajo se utilizó el *Pediatric Index of Mortality 2* (PIM-2) de las primeras 24 h correspondiente a la primera hora de ingreso, con un promedio de índice de mortalidad de 29.8%, se menciona en un artículo publicado en 2010 en una unidad de cuidados intensivos pediátrica mexicana⁴³ donde se utilizó el PIM2, la mortalidad estimada, de acuerdo al PIM fue de 34.6%, en ese estudio se incluyeron 113 niños, 27 (23%) fallecieron; las patologías de ingreso a la UCIP fueron padecimientos neurológicos 25 (22%), politraumatizados (incluyendo traumatismo craneoencefálico) 16% y con problemas respiratorios 18 (16%). Actualmente en nuestra unidad no contamos en la unidad con el PIM-3 que en breve lo estaremos utilizando como pronóstico en nuestros pacientes.

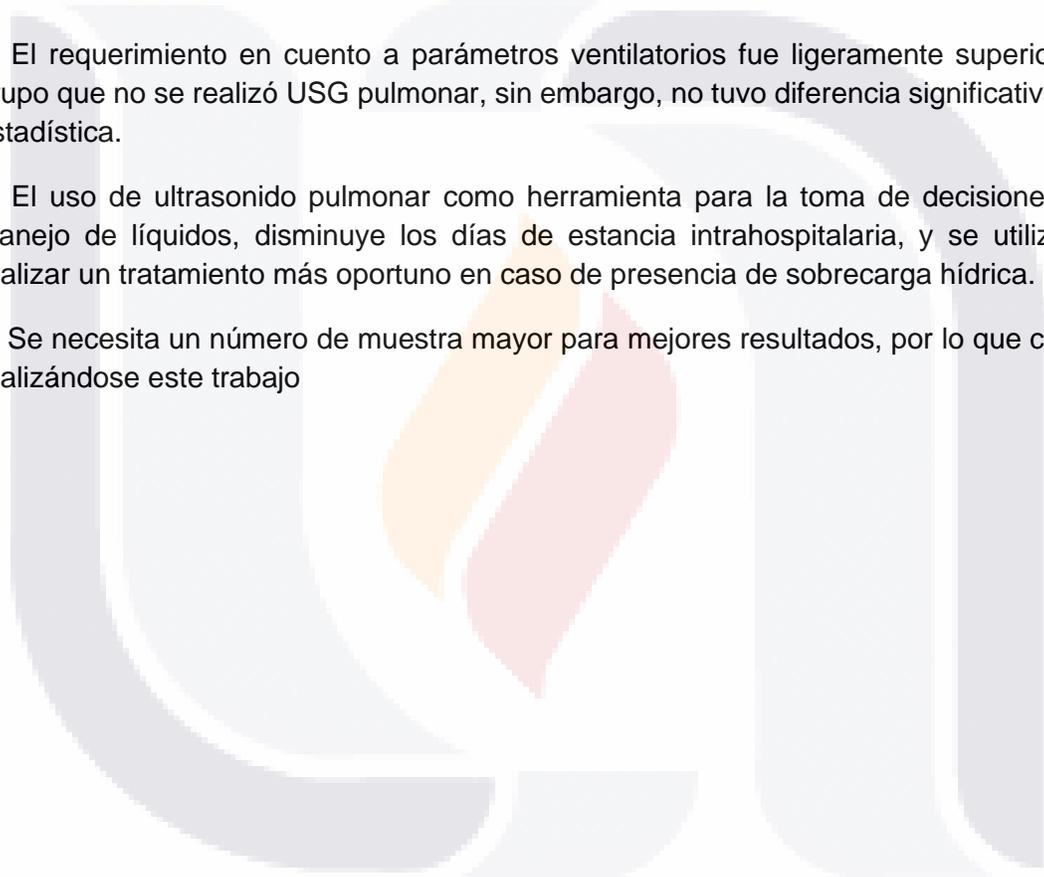
Con respecto a la condición de egreso hubo cuatro muertes (21.1%) del total de los casos, 2 en el grupo con ultrasonido (20%) y 2 en el grupo sin ultrasonido (22.2%) de los cuales solo 1 de ellos tuvo patología pulmonar, 2 de ellos con accidente cerebrovascular isquémico, y uno de ellos con estado postparo.

Los demás pacientes fueron egresados por mejoría ya sea a domicilio, piso de pediatría o infectología para continuar su manejo; ningún paciente fue trasladado a otra unidad, la mortalidad en esta muestra fue de 21.1%, más incrementada en lo que menciona la bibliografía en ultimo consenso realizado por el grupo de la Sociedad Latinoamérica de Cuidados Intensivos pediátricos (SLACIP)⁴⁴ donde mortalidad promedio fue de 13.4% correspondiente a las UCIP latinoamericanas, en la cual participó México.



CONCLUSIONES

1. El ultrasonido como herramienta de utilidad para valorar el índice PaO_2/FiO_2 – índice de oxigenación en los pacientes ingresados con ventilación mecánica en la UCIP del Hospital Hidalgo, no se observó significancia estadística en el grupo con ultrasonido ni en el que no se utilizó.
2. En cuanto al uso de ultrasonido para diagnóstico de neumonía asociada a ventilación fue similar en ambos grupos.
3. El requerimiento en cuanto a parámetros ventilatorios fue ligeramente superior en el grupo que no se realizó USG pulmonar, sin embargo, no tuvo diferencia significativamente estadística.
4. El uso de ultrasonido pulmonar como herramienta para la toma de decisiones en el manejo de líquidos, disminuye los días de estancia intrahospitalaria, y se utiliza para realizar un tratamiento más oportuno en caso de presencia de sobrecarga hídrica.
5. Se necesita un número de muestra mayor para mejores resultados, por lo que continúa realizándose este trabajo



REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

1. Lichtenstein DA, Mezière GA. Relevance of lung ultrasound in the diagnosis of acute respiratory failure the BLUE protocol. *Chest*. 2008;134(1):117–25.
2. Valdovinos LR. Utilidad de la ecografía en la patología respiratoria. 2016;55–61.
3. García-Araque HF, Aristizábal-Linares JP, Ruíz-Ávila HA. Semiología pulmonar por ultrasonido - monitorización dinámica disponible junto al paciente. *Rev Colomb Anestesiol* [Internet]. 2014;43(4):290–8. Available from: <http://dx.doi.org/10.1016/j.rca.2015.02.008>
4. Colmenero M, García-Delgado M, Navarrete I, López-Milena G. Utilidad de la ecografía pulmonar en la unidad de medicina intensiva. *Med Intensiva*. 2010;34(9):620–8.
5. Lichtenstein D, Meziere G, Biderman P, Gepner A BO. Ultrasound Sign of Alveolar-Interstitial Syndrome. *Am J Resp Crit Care Med*. 1997;156:1640–6.
6. Lichtenstein DA, Mezière GA, Lagoueyte J-F, Biderman P, Goldstein I, Gepner A. A-Lines and B-Lines. *Chest*. 2009;136(4):1014–20.
7. Heili SB, Peces-Barba G. Ecografía pulmonar. El nuevo estetoscopio del neumólogo del siglo XXI Imagenes ecograficas del pulmón normal. *Med Respir*. 2014;7(3):55–67.
8. Stefanidis K, Dimopoulos S, Kolofousi C, Cokkinos DD, Chatzimichail K, Eisen LA, et al. Sonographic Lobe Localization of Alveolar-Interstitial Syndrome in the Critically Ill. *Crit Care Res Pract*. 2012;2012:1–7.
9. Picano E, Pellikka PA. Ultrasound of extravascular lung water: A new standard for pulmonary congestion. *Eur Heart J*. 2016;37(27):2097–104.
10. Lichtenstein DA. Ultrasound examination of the lungs in the intensive care unit. *Pediatr Crit Care Med*. 2009;10(6):693–8.
11. Volpicelli G, Mussa A, Garofalo G, Cardinale L, Casoli G, Perotto F, et al. Bedside lung ultrasound in the assessment of alveolar-interstitial syndrome. *Am J Emerg Med*. 2006;24(6):689–96.
12. Lichtenstein D, Karakitsos D. Integrating lung ultrasound in the hemodynamic evaluation of acute circulatory failure (the fluid administration limited by lung sonography protocol). *J Crit Care* [Internet]. 2012;27(5):533.e11-533.e19. Available from: <http://dx.doi.org/10.1016/j.jcrrc.2012.03.004>

13. Baldi G, Gargani L, Abramo A, D'Errico L, Caramella D, Picano E, et al. Lung water assessment by lung ultrasonography in intensive care: A pilot study. *Intensive Care Med.* 2013;39(1):74–84.
14. Agricola E, Bove T, Oppizzi M, Marino G, Zangrillo A, Margonato A, et al. “Ultrasound comet-tail images”: A marker of pulmonary edema - A comparative study with wedge pressure and extravascular lung water. *Chest [Internet]*. 2005;127(5):1690–5. Available from: <http://dx.doi.org/10.1378/chest.127.5.1690>
15. Fuentealba T I. Ultrasonido de tórax en niños. *Rev Chil enfermedades Respir.* 2012;28(3):229–35.
16. Ardila-Castellanos R, García-Velásquez V, Hurtado K, Naranjo F. Ecografía pulmonar para la valoración del agua pulmonar extravascular en el seguimiento de pacientes con edema pulmonar en ventilación mecánica: estudio piloto. *Acta Colomb Cuid Intensivo [Internet]*. 2015;16(1):8–14. Available from: <http://dx.doi.org/10.1016/j.acci.2015.10.004>
17. Dexheimer Neto FL, Dalcin P de TR, Teixeira C, Beltrami FG. Ultrassom pulmonar em pacientes críticos: uma nova ferramenta diagnóstica. *J Bras Pneumol.* 2012;38(2):246–56.
18. Noble VE, Murray AF, Capp R, Sylvia-Reardon MH, Steele DJR, Liteplo A. Ultrasound assessment for extravascular lung water in patients undergoing hemodialysis: Time course for resolution. *Chest [Internet]*. 2009;135(6):1433–9. Available from: <http://dx.doi.org/10.1378/chest.08-1811>
19. Arikan AA, Zappitelli M, Goldstein SL, Naipaul A, Jefferson LS, Loftis LL. Fluid overload is associated with impaired oxygenation and morbidity in critically ill children. *Pediatr Crit Care Med.* 2012;13(3):253–8.
20. Sakka SG, Klein M, Reinhart K, Meier-Hellmann A. Prognostic value of extravascular lung water in critically ill patients. *Chest [Internet]*. 2002;122(6):2080–6. Available from: <http://dx.doi.org/10.1378/chest.122.6.2080>
21. Tagami T, Ong MEH. Extravascular lung water measurements in acute respiratory distress syndrome: Why, how, and when? *Curr Opin Crit Care.* 2018;24(3):209–15.
22. Boyd JH, Forbes J, Nakada TA, Walley KR, Russell JA. Fluid resuscitation in septic shock: A positive fluid balance and elevated central venous pressure are associated with increased mortality. *Crit Care Med.* 2011;39(2):259–65.
23. De Diagnóstico A, Tratamiento Y, El E, De EA, Caballero Eraso PC, Jara Palomares L. Ponencia Residentes. *Rev Esp Patol Torac [Internet]*. 2012;24(2):186–94. Available from: <http://www.neumosur.net/files/PONENCIA RESIDENTE 24-2.pdf>

24. Yadav B, Bansal A, Jayashree M. Clinical Profile and Predictors of Outcome of Pediatric Acute Respiratory Distress Syndrome in a PICU. *Pediatr Crit Care Med* [Internet]. 2019;1. Available from: <http://insights.ovid.com/crossref?an=00130478-9000000000-98276>
25. Crosara D. Alteraciones agudas del metabolismo del oxígeno. *Rev Mex Anesthesiol* [Internet]. 2015;38(1):17–9. Available from: <http://www.medigraphic.com/rma%0Awww.medigraphic.org.mx>
26. Carrillo-Esper R, Díaz Ponce-Medrano JA, Aguilar-Montiel M, Rendón-Jaramillo L, Sánchez-Jurado J, Roldán-Rodríguez E, et al. Efectos de la sobrecarga hídrica y electrolítica en el perioperatorio. *Rev Mex Anesthesiol*. 2017;40(1):47–53.
27. Tsukimoto K, Mathieu-Costello O, Prediletto R, Elliott AR, West JB. Ultrastructural appearances of pulmonary capillaries at high transmural pressures. *J Appl Physiol*. 2017;71(2):573–82.
28. Donoso A, Arriagada D, Contreras D, Ulloa D, Neumann M. Monitorización respiratoria del paciente pediátrico en la Unidad de Cuidados Intensivos. *Bol Med Hosp Infant Mex*. 2016;73(3):149–65.
29. Carrillo-Esper R, Carrillo-Córdoba J, Carrillo-Córdoba L. Patrones ultrasonográficos pulmonares en el enfermo grave. *Rev Asoc Mex Med Crit y Ter Int*. 2011;25(1):24-32
30. Conference C. *HHS Public Access*. 2017;16(5):428–39.
31. Naveda OE, Naveda F. Balance hídrico positivo y alta mortalidad en niños con sepsis grave y choque séptico. 2016;9(3):71–7.
32. Casanova-bracamontes L, Mu M, Peregrino-bejarano L. Relación entre sobrecarga hídrica y mortalidad en niños con shock séptico. 2019;117(2):105–13.
33. Lichtenstein D, Meziere G, Biderman P, Gepner A BO. Ultrasound Sign of Alveolar-Interstitial Syndrome. *Am J Resp Crit Care Med*. 1997;156:1640–6.
- 34.. Boyd JH, Forbes J, Nakada TA, Walley KR, Russell JA. Fluid resuscitation in septic shock: A positive fluid balance and elevated central venous pressure are associated with increased mortality. *Crit Care Med*. 2011;39(2):259–65.
35. Enghard P, Rademacher S, Nee J, Hasper D, Engert U, Jörres A, et al. Simplified lung ultrasound protocol shows excellent prediction of extravascular lung water in ventilated intensive care patients. *Crit Care*. 2015;19(1):1–8.
36. Trezzi M, Torzillo D, Ceriani E, Costantino G. Lung ultrasonography for the assessment of rapid extravascular water variation: evidence from hemodialysis

- patients. 2013;409–15.
37. Allinovi M, Saleem M, Romagnani P, Nazerian P, Hayes W. Lung ultrasound : a novel technique for detecting fluid overload in children on dialysis. 2016;541–7.
 38. Elayashy M, Madkour MA, Abdelaal A, Mahmoud A, Hosny H, Hussein A, et al. Effect of ultrafiltration on extravascular lung water assessed by lung ultrasound in children undergoing cardiac surgery : a randomized prospective study. 2019;1–9.
 39. Berlet T, Etter R, Fehr T, Berger D, Sendi P, Merz TM. Sonographic patterns of lung consolidation in mechanically ventilated patients with and without ventilator-associated pneumonia : A prospective cohort study. J Crit Care [Internet]. 2014; Available from: <http://dx.doi.org/10.1016/j.jcrc.2014.11.021>
 40. Bouhemad B, Dransart-rayé O, Mojoli F, Mongodi S. Lung ultrasound for diagnosis and monitoring of ventilator-associated pneumonia. 2018;6(21).
 41. Gregorakos L, Myrianthefs P, Markou N, Chroni D, Sakagianni E. Bibliografía Indicadores de calidad en una unidad de cuidados intensivos respiratorios . Análisis inicial de la base de datos DEDUCIR Quality indicators in a respiratory intensive care unit . Initial analysis of the DEDUCIR. 2003;518–20.
 42. Casuística terapia intensiva pediátrica 2018, Centenario Hospital Miguel Hidalgo
 43. Morales S. Índices de riesgo de mortalidad (PRISM y PIM) en niños con respecto a la concentración de lactato a su ingreso a una Unidad de Cuidados Intensivos. 2010;77:111–4.
 44. Campos M. Los cuidados intensivos pediátricos en Latinoamérica. 2012;36(1).

CRONOGRAMA DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

Año	2019			2020		
Mes	marzo -abril	abril- septiembre	octubre	noviembre	diciembre	enero febrero
Anteproyecto	X					
Aprobación de ética y calidad		X				
Desarrollo del proyecto		X				
Análisis de datos			X			
Presentación de avances en resultados				X		
Elaboración de documento					X	
Presentación final y bosquejo de publicación						X



HOJA DE RECOLECCION DE DATOS



HOJA DE RECOLECCION DE DATOS

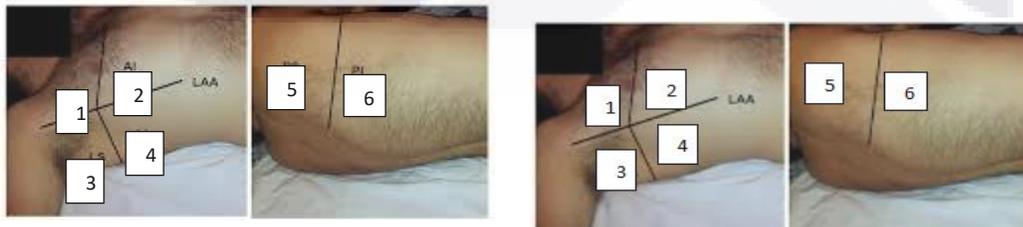
USO DE ULTRASONIDO PULMONAR COMO HERRAMIENTA PARA LA TOMA DE DESICIONES EN EL MANEJO DE LIQUIDOS COMO MEJORA DE LA OXIGENACION (INDICE DE OXIGENACION/pO2/FiO2) EN PACIENTES DE LA UNIDAD DE CUIDADOS INTENSIVOS PEDIATRICOS DEL CHMH. ENSAYO CLINICO ALEATORIZADO

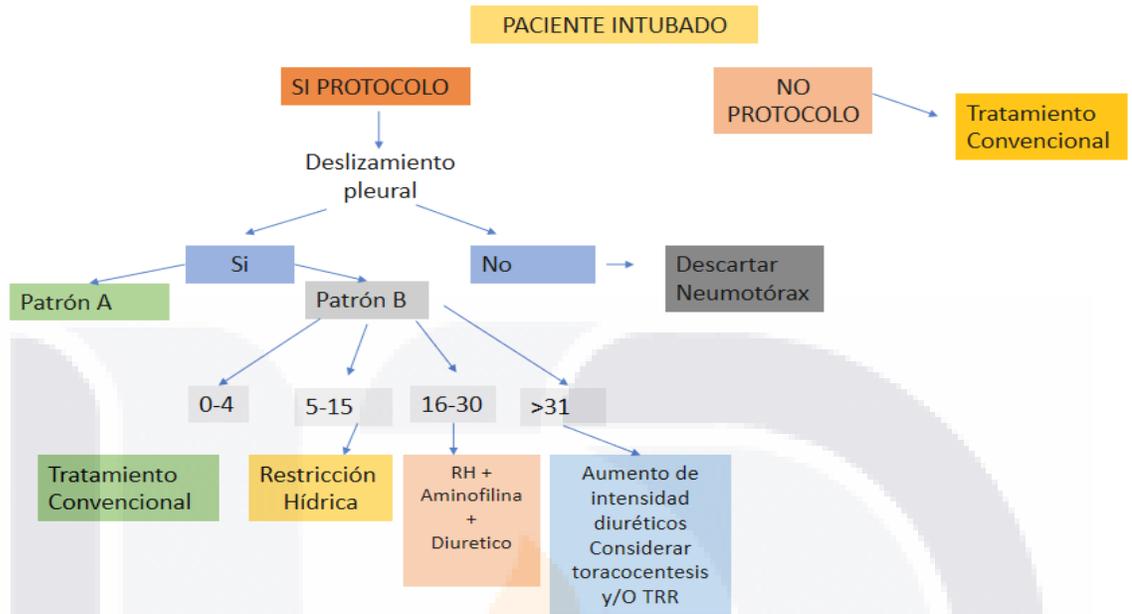
- 1) NOMBRE: _____
- 2) FECHA INGRESO: _____ FECHA DE EGRESO: _____
- 3) EDAD: _____ MESES GÉNERO: (F) (M)
- 4) DIAGNOSTICO INGRESO: _____
- 5) NO. DE EXPEDIENTE: _____
- 6) PIM 2 AL INGRESO: _____
- 7) DIAS DE ESTANCIA EN UCIP: _____
- 8) NEUMONIA ASOCIADA A VENTILACION (SI) (NO)
- 9) FECHA DE DIAGNOSTICO A NAV _____
- 10) DIAS DE VENTILACION POR CAUSA CARDIO-PULMONAR _____
- 11) CONDICIÓN EGRESO: 1) MEJORIA 2) TRASLADO 3) DEFUNCION

EXPLORACION POR CUADRANTES:

DERECHO

IZQUIERDO





NUMERO DE LINEAS:

1) DIA 1:

LINEAS B TOTALES: _____ **PESO:** _____ **LIQ REALES:** _____ **BALANCE HIDRICO:** _____
TRATAMIENTO: _____

* **DIURETICOS:** () FUROSEMIDE () ESPIRONOLACTONA () HIDROCLOROTIAZIDA

* **AMINOFILINA** ()

* **TERAPIA DE SUSTITUCION RENAL :** SI () NO ()

* **P INSPIRATORIA PROMEDIO** _____ * **PEEP PROMEDIO** _____ * **PaFi** _____ **IO** _____

2) DIA 2:

LINEAS B TOTALES: _____ **PESO:** _____ **LIQ REALES:** _____ **BALANCE HIDRICO:** _____
TRATAMIENTO: _____

* **DIURETICOS:** () FUROSEMIDE () ESPIRONOLACTONA () HIDROCLOROTIAZIDA

* **AMINOFILINA** ()

* **TERAPIA DE SUSTITUCION RENAL :** SI () NO ()

* **P INSPIRATORIA PROMEDIO** _____ * **PEEP PROMEDIO** _____ * **PaFi** _____ **IO** _____



CHMH

CENTENARIO HOSPITAL MIGUEL HIDALGO

CARTA DE CONSENTIMIENTO INFORMADO PARA PARTICIPAR EN EL PROYECTO:

USO DEL ULTRASONIDO PULMONAR COMO HERRAMIENTA PARA LA TOMA DE DECISIONES EN EL MANEJO DE LÍQUIDOS COMO MEJORA DE LA OXIGENACIÓN (INDICE DE OXIGENACION- PaO_2/FiO_2) EN PACIENTES DE LA UNIDAD CUIDADOS INTENSIVOS PEDIATRICOS DEL CENTENARIO HOSPITAL MIGUEL HIDALGO. ENSAYO CLINICO ALEATORIZADO

FECHA DE PREPARACIÓN: JUNIO DE 2019 VERSIÓN: 1

Investigador principal: Deysi Guadalupe Hernández Ortiz

Dirección del investigador: Calle Guadalupe 303 A, Barrio de Guadalupe, Aguascalientes, Aguascalientes

Teléfono de contacto del investigador (incluyendo uno para emergencias): +52 1 449 144 2277

Investigadores participantes: Dra. Maricela García Arellano

Nombre del patrocinador del estudio: No Aplica

Dirección del patrocinador: No aplica

Versión del consentimiento informado y fecha de su preparación: Julio 2019

INTRODUCCIÓN:

Por favor, tome todo el tiempo que sea necesario para leer este documento, pregunte al investigador sobre cualquier duda que tenga.

Este consentimiento informado cumple con los lineamientos establecidos en el Reglamento de la Ley General de Salud en Materia de Investigación para la Salud, la Declaración de Helsinki y a las Buenas Prácticas Clínicas emitidas por la Comisión Nacional de Bioética.

Para decidir si participa o no en este estudio, usted debe tener el conocimiento suficiente acerca de los riesgos y beneficios con el fin tomar una decisión informada. Este formato de consentimiento informado le dará información detallada acerca del estudio de investigación que podrá comentar con su médico tratante o con algún miembro del equipo de investigadores. Al final se le invitará a que forme parte del proyecto y de ser así, bajo ninguna presión o intimidación, se le invitará a firmar este consentimiento informado.

Procedimiento para dar su consentimiento: Usted tiene el derecho a decidir si quiere participar en esta investigación, y se puede tomar todo el tiempo que requiera para considerar esta invitación. El investigador le explicará ampliamente los beneficios y riesgos del proyecto sin ningún tipo de presión y tendrá todo el tiempo que requiera para pensar, solo o con quien usted decida consultarlo, antes de decirle al investigador acerca de su decisión. Esta decisión no tendrá efecto alguno sobre su atención médica en el Instituto. Al final de esta explicación, usted debe entender los puntos siguientes:

- I. La justificación y los objetivos de la investigación.
- II. Los procedimientos que se utilizarán y su propósito, incluyendo la identificación de qué son procedimientos experimentales.
- III. Los riesgos o molestias previstos.
- IV. Los beneficios que se pueden observar.
- V. Los procedimientos alternativos que pudieran ser ventajosos para usted
- VI. Garantía para recibir respuestas a las preguntas y aclarar cualquier duda sobre los procedimientos, riesgos, beneficios y otros asuntos relacionados con la investigación y el tratamiento de la materia.
- VII. La libertad que tiene de retirar su consentimiento en cualquier momento y dejar de participar en el estudio, sin que por ello se afecte su atención y el tratamiento en el Instituto.
- VIII. La seguridad de que no se le va a identificar de forma particular y que se mantendrá la confidencialidad de la información relativa a su privacidad.
- IX. El compromiso del investigador de proporcionarle la información actualizada que pueda ser obtenida durante el estudio, aunque esto pudiera afectar a su disposición para continuar con su participación.

- X. La disponibilidad de tratamiento médico y compensación a que legalmente tiene derecho, en el caso de que ocurran daños causados directamente por la investigación.

Puede solicitar más tiempo o llevar a casa este formulario antes de tomar una decisión final en los días futuros.

INVITACION A PARTICIPAR Y DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO

Estimado Padre o Tutor.

El Centenario Hospital Miguel Hidalgo, a través del grupo de investigación, le invitan a participar en este estudio de investigación que tiene como objetivo: Comparar la media del Índice de oxigenación y PaO₂/FiO₂ del grupo de pacientes a quienes se les realice ultrasonido pulmonar con la del grupo a quienes no se les realice el ultrasonido pulmonar

La duración del estudio es de 6 meses

Se realizará ultrasonido a 34 pacientes seleccionados al azar

Su hijo(a), es invitado a participar en el proyecto, pues fue seleccionado para la realización de ultrasonido pulmonar.

PROCEDIMIENTOS DEL ESTUDIO

No se necesita ninguna intervención por parte del paciente, y los procedimientos se realizarán con un ultrasonido como parte de exploración física, no incluye responsabilidad por parte del paciente.

RIESGOS E INCONVENIENTES

No existe

BENEFICIOS POTENCIALES

Conocer si presenta síndrome Alveolo-intersticial, en dado caso que lo presente, se evaluará la magnitud de este y se le dará manejo correspondiente-

CONSIDERACIONES ECONÓMICAS

Ninguna

COMPENSACION

El uso de ultrasonido se ha implementado como uso rutinario en la exploración física del paciente no conlleva ningún riesgo sin embargo si llegará a sufrir lesiones como resultado directo de su participación en este estudio, por parte del protocolo le proporcionaremos el tratamiento inmediato.

ALTERNATIVAS A SU PARTICIPACIÓN:

Su participación es voluntaria. Sin embargo, usted puede elegir no participar en el estudio.

La investigación es un proceso largo y complejo. El obtener los resultados finales del proyecto puede tomar varios meses.

PARTICIPACIÓN Y RETIRO DEL ESTUDIO:

Su participación es VOLUNTARIA. Si usted decide no participar, no se afectará su relación con el Centenario Hospital Miguel Hidalgo o su derecho para recibir atención médica o cualquier servicio al que tenga derecho. Si decide participar, tiene la libertad para retirar su consentimiento e interrumpir su participación en cualquier momento sin perjudicar su atención en el Centenario Hospital Miguel Hidalgo. Se le informará a tiempo si se obtiene nueva información que pueda afectar su decisión para continuar en el estudio.

CONFIDENCIALIDAD Y MANEJO DE SU INFORMACIÓN

Su nombre no será usado en ninguno de los estudios.

Si bien existe la posibilidad de que su privacidad sea afectada como resultado de su participación en el estudio, su confidencialidad será protegida como lo marca la ley, asignando códigos a su información. El código es un número de identificación que no incluye datos personales. Ninguna información sobre su persona será compartida con otros sin su autorización, excepto:

- Si es necesario para proteger sus derechos y bienestar (por ejemplo, si ha sufrido una lesión y requiere tratamiento de emergencia); o
- Es solicitado por la ley.

Personal del estudio (monitores o auditores) podrán tener acceso a la información de los

participantes.

Si usted decide retirarse del estudio, podrá solicitar el retiro. Todas las hojas de recolección de datos serán guardadas con las mismas medidas de confidencialidad, y solo los investigadores titulares tendrán acceso a los datos que tienen su nombre. Si así lo desea, usted deberá poner en contacto con la Dra. Deysi Guadalupe Hernández Ortiz y expresar su decisión por escrito.

El Comité de Ética en Investigación del Centenario Hospital Miguel Hidalgo aprobó la realización de este estudio. Dicho comité es quien revisa, aprueba y supervisa los estudios de investigación en humanos en el Instituto. En el futuro, si identificamos información que consideremos importante para su salud, consultaremos con el Comité de Ética para que decidamos la mejor forma de darle esta información a usted y a su médico. Además, le solicitamos que nos autorice recontactarlo, en caso de ser necesario, para solicitarle información que podría ser relevante para el desarrollo de este proyecto.

Los datos científicos obtenidos como parte de este estudio podrían ser utilizados en publicaciones o presentaciones médicas. Su nombre y otra información personal serán eliminados antes de usar los datos.

Si usted lo solicita su médico de cabecera será informado sobre su participación en el estudio.

IDENTIFICACIÓN DE LOS INVESTIGADORES:

En caso de que usted sufra un daño relacionado al estudio, por favor póngase en contacto con Dra Deysi Guadalupe Hernández Ortiz, contacto +52 1 4491442277

Si usted tiene preguntas sobre el estudio, puede ponerse en contacto con: Dra. Deysi Guadalupe Hernández Ortiz, contacto +52 1 4491442277

Si usted tiene preguntas acerca de sus derechos como participante en el estudio, puede hablar con el presidente del Comité de Ética en Investigación del Centenario Hospital Miguel Hidalgo INCMNSZ (Dr. Carlos Domínguez Reyes, teléfono: 449 994 6720 ext. 8646.

DECLARACIÓN DEL CONSENTIMIENTO INFORMADO

He leído con cuidado este consentimiento informado, he hecho todas las preguntas que he tenido y todas han sido respondidas satisfactoriamente. Para poder participar en el estudio, estoy de acuerdo con todos los siguientes puntos:

Estoy de acuerdo en participar en el estudio descrito anteriormente. Los objetivos generales, particulares del reclutamiento y los posibles daños e inconvenientes me han sido explicados a mi entera satisfacción.

Estoy de acuerdo, en caso de ser necesario, que se me contacte en el futuro si el proyecto

requiere coleccionar informacion adicional o si encuentran informacion relevante para mi salud.

Mi firma tambien indica que he recibido un duplicado de este consentimiento informado.

Por favor responda las siguientes preguntas

	SÍ (marque por favor)	NO (marque por favor)
a. ¿Ha leído y entendido la forma de consentimiento informado, en su lenguaje materno?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
b. ¿Ha tenido la oportunidad de hacer preguntas y de discutir este estudio?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
c. ¿Ha recibido usted respuestas satisfactorias a todas sus preguntas?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
d. ¿Ha recibido suficiente información acerca del estudio y ha tenido el tiempo suficiente para tomar la decisión?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
e. ¿Entiende usted que su participación es voluntaria y que es libre de suspender su participación en este estudio en cualquier momento sin tener que justificar su decisión y sin que esto afecte su atención médica o sin la pérdida de los beneficios a los que de otra forma tenga derecho?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
f. ¿Entiende los posibles riesgos, algunos de los cuales son aún desconocidos, de participar en este estudio?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
g. ¿Entiende que puede no recibir algún beneficio directo de participar en este estudio?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
h. ¿Entiende que no está renunciando a ninguno de sus derechos legales a los que es acreedor de otra forma como sujeto en un estudio de investigación?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
i. ¿Entiende que el médico participante en el estudio puede retirarlo del mismo sin su consentimiento, ya sea debido a que Usted no siguió los requerimientos del estudio o si el médico participante en el estudio considera que médicamente su retiro es en su mejor interés?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
j. ¿Entiende que usted recibirá un original firmado y fechado de esta Forma de Consentimiento, para sus registros personales?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Declaración del paciente: Yo, _____ declaro que es mi decisión participar en el estudio. Mi participación es voluntaria. He sido informado que puedo negarme a participar o terminar mi participación en cualquier momento del

estudio sin que sufra penalidad alguna o pérdida de beneficios. Si suspendo mi participación, recibiré el tratamiento médico habitual al que tengo derecho en el Centenario Hospital Miguel Hidalgo y no sufriré perjuicio en mi atención médica o en futuros estudios de investigación. Yo puedo solicitar información adicional acerca de los riesgos o beneficios potenciales derivados de mi participación en el estudio. Si tengo preguntas sobre el estudio, puedo ponerme en contacto Dra. Deysi Guadalupe Hernández Ortiz Tel +52 1 4491442277. Si usted tiene preguntas sobre sus derechos como participante en el estudio, problemas, preocupaciones o preguntas, obtener información u ofrecer información sobre el desarrollo del estudio, siéntase en la libertad de hablar con el coordinador del Comité de Ética en Investigación del Centenario Hospital Miguel Hidalgo (Dr. Carlos Domínguez Reyes, teléfono: 449 994 6720 ext. 8646). He leído y entendido toda la información que me han dado sobre mi participación en el estudio. He tenido la oportunidad para discutirlo y hacer preguntas. Todas las preguntas han sido respondidas a mi satisfacción. He entendido que recibiré una copia firmada de este consentimiento informado.

Nombre del Participante

Firma del Participante

Fecha

Coloque la huella digital del participante sobre esta línea si no sabe escribir

Nombre del representante legal (si aplica)

Firma del representante legal

Fecha

Nombre del Investigador

Firma del Investigador que explicó el documento

Fecha

Nombre del Testigo 1

Firma del Testigo 1

Fecha

Relación con el participante:

Dirección:

Nombre del Testigo 2

Firma del Testigo 2

Fecha

Relación con el participante:

Dirección:

Lugar y Fecha:

(El presente documento es original y consta de 6 páginas)