



**UNIVERSIDAD NACIONAL  
AUTÓNOMA DE MÉXICO**

---

---



**FACULTAD DE MEDICINA  
DIVISION DE ESTUDIOS DE POSGRADO  
HOSPITAL PARA EL NIÑO POBLANO  
DEPARTAMENTO DE ENSEÑANZA E INVESTIGACIÓN**

**“ULTRASONIDO PULMONAR PARA LA EVALUACION DE MANIOBRAS DE  
RECLUTAMIENTO ALVEOLAR EN LA  
UNIDAD DE CUIDADOS INTENSIVOS PEDIATRICOS DEL  
HOSPITAL PARA EL NIÑO POBLANO”**

**TESIS**

**QUE PARA OBTENER EL TITULO DE:  
ESPECIALISTA EN MEDICINA (MEDICINA CRITICA PEDIATRICA)  
PRESENTA:**

**DR. RICARDO RODRIGUEZ MEDINA  
ASESORES:**

**DR. JOSE FELIX URBINA HERNANDEZ  
INTENSIVISTA PEDIATRA**

**DRA. MARICRUZ GUTIERREZ BRITO  
ASESOR METODOLOGICO:**

**PUEBLA, PUEBLA NOVIEMBRE 2017**



Universidad Nacional  
Autónoma de México



**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**  
**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

**DERECHOS RESERVADOS ©**  
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

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

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

## Índice:

AGRADECIMIENTOS	3
LISTA DE TABLAS	4
LISTA DE GRAFICAS	
1.- MARCO REFERENCIAL	5
1.1.- ANTECEDENTES GENERALES	5
1.2.- ANTECEDENTES ESPECIFICOS	8
2.- PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	11
3.JUSTIFICACION	11
4. PREGUNTA DE INVETIGACION	12
5.- OBJETIVOS	12
5.1 OBJETIVO GENERAL	12
5.2 OBJETIVOS ESPECIFICOS	12
6.- METODOLOGIA	12
6.1.-DISEÑO DEL ESTUDIO	12
6.2.- UBICACIÓN ESPACIO – TEMPORAL	12
6.4.- MUESTREO	12
6.4.1.- POBLACION	12
6.4.3.1.-TAMAÑO DE LA MUESTRA	12
6.4.3.2.- CRITERIOS DE INCLUSIÓN	13
6.4.3.3.- CRITERIOS DE EXCLUSIÓN	13
6.4.3.4.- CRITERIOS DE ELIMINACION	13
6.5.-DEFINICION DE VARIABLES Y ESCALAS DE MEDICION	13
6.6.- DESCRIPCION GENERAL DEL ESTUDIO	15
6.7.- TECNICAS Y PROCEDIMIENTOS	15
7.- ANALISIS DE DATOS	15
7.- RESULTADOS	16
8.- DISCUSION	19
9.- CONCLUSIONES	20
8.-BIBLIOGRAFIA	21

## AGRADECIMIENTOS

Deseo agradecer a Dios en primer lugar por permitirme existir en este lugar y en este tiempo, y poder ser partícipe de esta labor tan hermosa de ayudar al prójimo, el poder disfrutar de cada día al máximo y darme la bendición de poder ejercer una de las más hermosas de las profesiones. A mis padres por ser ejemplo a seguir y guías en esta vida, sin ustedes nada de esto sería posible.

A mi padre Lic. Ricardo Rodríguez Rodríguez quien inculco en mí el espíritu de lucha y esfuerzo, que sin su dedicación en mi aprendizaje y desarrollo no hubiera logrado lo hasta ahora realizado, por luchar por mí desde pequeño, muchas gracias, padre, amigo y maestro.

A mi madre Lic. Eva Medina Gaona quien me ha enseñado siempre a perseguir mis sueños, a pelear por lo que quiero y merezco, por estar ahí, por darnos ese abrazo, ese empujoncito, muchas gracias mamá por este hermoso regalo de la vida.

A mi hermana Arely por protegernos siempre ante cualquier adversidad, por apoyarnos en todo momento, por ser ejemplo de audacia y superación. A mi hermana Mónica que si tu cariño y apoyo habría caído en un sinnúmero de ocasiones, por impulsarnos siempre a mejorar y a creer en que todo se puede alcanzar.

A mi amada esposa Karen compañera de vida y pilar fundamental en este logro, por aparecer en mi vida e iluminarla con tu amor, por tu comprensión y tu paciencia en múltiples e innumerables ocasiones, te amo. A mi hija Eva Victoria por ser ese motor de amor día a día y brindarme con tu mirada y abrazos esa fortaleza que necesito para poder realizar cada proyecto. Por hacerme sentir poderoso con tu cariño.

A mis asesores y maestros de formación Dr. José Félix Urbina Hernández, Dra. Emma Juanita Carbajal y Dra. Maricruz Gutiérrez Brito por su tiempo y apoyo sin sus conocimientos y ayuda no hubiera sido posible la realización de este trabajo. A mi familia y amigos quienes han creído siempre en nuestro proyecto de vida y lo han impulsado directa e indirectamente, muchas gracias por creer en mí. A mis maestros tanto de la universidad como del Hospital para el niño poblano de quienes he aprendido todo lo que soy, muchas gracias a todos por permitir que este sueño se haga realidad.

## Lista de Tablas

Tabla 1:	Puntaje de reaereación por ultrasonido.....	pág. 9
Tabla 2:	Variables.....	pág. 13
Tabla 3:	Comportamiento de las variables respiratorias medidas durante la terapia de reclutamiento alveolar.....	pág. 16

## Lista de Figuras y gráficos

Figura 1:	Modificación del patrón ultrasonografico pulmonar en el SDRA con diferentes niveles de PEEP.....	pág. 9
Figura 2:	Zonas de evaluación ultrasonografica .....	pág. 15
Gráfico 1:	Género.....	pág. 16
Grafico 2:	Diagnósticos.....	pág. 16
Grafico 3:	Evolución índice de Kirby.....	pág. 17
Gráfico 4:	Evolución índice de oxigenación.....	pág. 17
Gráfico 5:	PEEP administrado.....	pág. 18
Gráfico 6:	Zonas de reaereacion .....	pág. 18

## MARCO REFERENCIAL.

### 1. ANTECEDENTES GENERALES:

El ultrasonido pulmonar (UP) constituye una nueva herramienta para el diagnóstico de enfermedades pleuropulmonares en el paciente crítico <sup>1</sup>. En los últimos años la ecografía ha ganado un rol muy importante en los servicios de medicina intensiva, anestesiología y urgencias. En la actualidad, la ultrasonografía es muy importante en la evaluación de todo paciente en áreas críticas, debido a sus amplias ventajas, tales como la accesibilidad, portabilidad, bajo costo, inocuidad, y que es un estudio que se puede realizar en tiempo real, y para monitoreo continuo a la cabecera del paciente <sup>(2,3)</sup>.

A partir del siglo XVIII se hace notar el ultrasonido (US) 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 US. 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 US.

A comienzos del siglo XX, se realiza una de las primeras aplicaciones en el área de la marina, después de que el físico francés Paul Langevin inventara el Sonar, en el cual se basó el posterior desarrollo de los equipos usados en la aviación y luego en medicina terapéutica y diagnóstica. Terminada la segunda Guerra Mundial comienza el desarrollo de equipos diagnósticos en medicina, cuando grupos de investigadores japoneses, americanos y de algunos países europeos trabajan paralelamente para fabricar los primeros prototipos de equipos para diagnóstico médico en modo A (Analogue), y posteriormente en modo B (Bright) con imagen analógica <sup>(4)</sup>

Luego de varios años de desarrollo, en la década de 1950, el US 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 un principio se pensó que el ultrasonido no era útil para el estudio del pulmón, sobre la base del principio ultrasonográfico de que el aire refleja las ondas sonoras actuando como una barrera biológica <sup>(5)</sup>.

En 1986, Rantanen describió la utilidad del ultrasonido para la evaluación pleuropulmonar en caballos, y posteriormente Wernecke lo introdujo en la práctica clínica. Describieron las imágenes pleuropulmonares de ocho enfermos con pneumotórax, que compararon con las de 20 sujetos sanos; concluyeron que en los pacientes con pneumotórax desaparecía la movilidad pleural normal.<sup>(6)</sup>

La ecografía se ha revelado como una técnica de imagen de gran utilidad en los pacientes Críticos<sup>(7)</sup>.

Dos son las características que la han convertido en un procedimiento de primera línea en la exploración de estos enfermos graves. La primera es la ausencia de emisión de radiaciones, lo que la hace especialmente apropiada para determinados grupos (niños, mujeres embarazadas) y además permite la repetición de la prueba tantas veces como sea necesaria, sin incrementar el riesgo<sup>(8)</sup>.

La segunda ventaja es la portabilidad a la cabecera del paciente, aspecto especialmente importante por lo que supone de evitación de riesgos en los traslados<sup>(9)</sup>.

Tradicionalmente, el abordaje diagnóstico del tórax en el paciente crítico se ha basado en la radiografía simple anteroposterior, que es esencial en la evaluación de los múltiples dispositivos asociados al tratamiento de estos pacientes (tubo traqueal, catéteres venosos centrales, etc.), pero que presenta grandes limitaciones en la precisión diagnóstica de la enfermedad pleuropulmonar<sup>(10)</sup>. La introducción de la tomografía axial computarizada (TAC) resolvió en gran medida este problema con una resolución cada vez mejor, pero con el inconveniente de las dosis de radiación y sobre todo, el inevitable traslado fuera de la unidad de cuidados intensivos. En este contexto aparece la ecografía pulmonar que, liderada por los propios intensivistas, se ha ido desarrollando progresivamente tanto en sus aspectos conceptuales como de aplicación práctica a la cabecera de los pacientes<sup>(11)</sup>.

Recientemente surgen nuevas aplicaciones de la ultrasonografía en diversas patologías y escenarios, siendo propuestas de manera reciente en la evaluación del reclutamiento pulmonar, para evaluar la pérdida de aireación pulmonar en pacientes con síndrome de distrés respiratorio agudo (SDRA)<sup>(12)</sup>.

Es importante mencionar que existe poca literatura que describe el uso de la ultrasonografía en el reclutamiento pulmonar, siendo la patología más representativa para su uso el síndrome de distrés respiratorio agudo (SDRA), y la cantidad de pacientes reclutados en dichos estudios no supera la cantidad de 30-40 pacientes, o hacen mención a reporte de casos<sup>(13)</sup>.

El SDRA constituye una causa importante de insuficiencia respiratoria, con una mortalidad en rangos de 30-60%, de acuerdo con los estudios reportados. Representa hasta 15% de los pacientes ingresados a la UCI y hasta 20% de los pacientes que requieren ventilación mecánica por más de 24 horas<sup>(14)</sup>. El concepto baby lung se refiere a la gran heterogeneidad de unidades alveolares que existen en el parénquima pulmonar en el SDRA, coexistiendo regiones pulmonares con unidades alveolares que están relativamente bien aireadas y participan en el intercambio gaseoso, con otras que se encuentran colapsadas, ya sea por inflamación o por aumento de presión intersticial y del peso del tejido pulmonar<sup>(15)</sup>. De esta forma, en las regiones alveolares dependientes, en decúbito

supino a nivel dorsal, existe menor aireación que en las no dependientes a nivel esternal, esto conduce a un llenado alveolar muy heterogéneo. El uso de volúmenes corrientes bajos favorece el colapso alveolar progresivo, por apertura y colapso cíclico, lo cual origina atelectrauma y aumenta la lesión pulmonar. La aplicación de presión positiva al final de la espiración (PPFE) estabiliza el alvéolo, al evitar la repetición continua de apertura y colapso de unidades alveolares. Por otro lado, ha sido demostrado que un nivel de PPFE excesiva, incrementa el daño pulmonar al distender unidades alveolares ya abiertas y dar lugar a la hiperinsuflación y efectos hemodinámicos adversos. Para lograr la apertura de unidades alveolares y evitar el colapso «abrir el pulmón y mantenerlo abierto» se emplean además de la PPFE, maniobras de reclutamiento alveolar (RA), cuya eficacia persiste actualmente en controversia. El objetivo de las maniobras de RA es producir un aumento de la presión transpulmonar (PTP), sostenida para lograr expandir los alvéolos colapsados. Las maniobras de RA aumentan la liberación del agente tenso activo y restauran la estabilidad del alvéolo, reduciendo la lesión inducida por el colapso cíclico y la ventilación mecánica <sup>(14)</sup>. El momento de apertura de unidades alveolares (RA) se ha correlacionado con la rama inspiratoria de la curva de presión-volumen, hasta el punto de inflexión superior de ésta. Se estima que es máximo con PTP de 20-25 cm de H<sub>2</sub>O y se establece que cuantas más unidades alveolares reclute durante la inspiración, más permanecerá reclutado al final de la espiración. La PTP de apertura depende de la presión pleural, Ppl (PTP = Palv-Ppl) y, por tanto, debe ser mayor en casos de reducción de la compliance de la caja torácica. Una apertura significativa de la superficie pulmonar colapsada en un pulmón sano comienza a producirse con una presión inspiratoria (PI) cercana a 30 cm de H<sub>2</sub>O; no es uniforme para todo el pulmón, se requiere una presión mayor en las zonas declives o dependientes y no es completa hasta los 40 cm de H<sub>2</sub>O <sup>(15)</sup>. En pacientes con SDRA se requieren presiones superiores (de hasta 60-70 cm de H<sub>2</sub>O), ya que en esos pacientes existe mayor disfunción del agente tensoactivo y edema alveolar <sup>(16)</sup>. Una vez abiertas las unidades alveolares, la presión requerida para evitar el colapso es menor que la necesaria para abrirlo. La aplicación de PPFE tras el reclutamiento estabiliza las unidades pulmonares evitando el colapso y la reoclusión, por tanto, tras una reexpansión, debe emplearse PPFE para prevenir el colapso alveolar y la reaparición de atelectasias. La PPFE óptima es aquella que logra mantener los alvéolos abiertos sin sobre distender las áreas ventiladas evitando mayor lesión pulmonar <sup>(17)</sup>.

Es importante mencionar que los pacientes con SDRA pueden ser clasificados de acuerdo con la distribución inicial de la pérdida de aireación en:

- 1) Pérdida focal de la aireación que representan la mayor parte de pacientes con: 75% y cursan con pérdida de aireación predominante en regiones pulmonares dependientes.
- 2) Pérdida difusa de la aireación que representa aproximadamente: 25% de los pacientes y cursan con pérdida de aireación igualmente distribuida en todas las regiones pulmonares <sup>(18)</sup>.

Se han descrito también cuatro patrones ultrasonográficos en pacientes con SDRA:



B1: múltiples líneas B bien definidas o regularmente espaciadas 7 mm o > (pérdida moderada de aereación).

B2: múltiples coalescentes líneas B, espaciadas 3 mm o < (pérdida severa de aereación).

C: consolidación pulmonar.

N: patrón de aereación normal <sup>(19)</sup>.

En los pacientes con pérdida focal de la aereación (mayor porcentaje) se debe determinar el equilibrio entre hiperinflación y reclutamiento alveolar, estableciendo un nivel óptimo de PPFE, utilizando para este fin, la mayor cantidad de herramientas disponibles, entre las cuales destacan: uso de curva de volumen presión cuasiestática, capacidad residual funcional, compliance estática, índice de estrés pulmonar, capnografía volumétrica, radiografía de tórax, tomografía computarizada, tomografía de impedancia eléctrica, entre otros, sin existir un estándar de oro hasta el momento actual<sup>(18)</sup>. En resumen, los objetivos fundamentales al proporcionar ventilación mecánica y maniobras de RA, son:

a) Volúmenes corrientes bajos.

b) Mantener presiones transpulmonares bajas buscando mejorar la oxigenación.

c) Evitar la retención grave de CO<sub>2</sub>.

d) Permitir la apertura pulmonar, limitando el colapso y condensación pulmonar.

e) Evitar de manera secundaria mayor lesión pulmonar <sup>(13)</sup>.

Derivado de las ventajas previamente referidas, acerca del uso de la ultrasonografía, recientemente se ha propuesto el uso de la ultrasonografía pulmonar como un método de utilidad para evaluar áreas de reclutamiento pulmonar, y podría ser una opción para evaluar cambios en la morfología pulmonar durante el uso de la PEEP a la cabecera del paciente <sup>(20)</sup>.

## 2. ANTECEDENTES ESPECIFICOS:

Konstantinos realizó un estudio prospectivo, observacional, aleatorizado y controlado, en donde incluyó a 15 pacientes con diagnóstico de SDRA en fase temprana, bajo ventilación mecánica, realizando estudio ultrasonográfico a todos los pacientes a fin de determinar áreas de colapso, a las cuales se les asignó un patrón, y se midió el área de colapso por planimetría en la región adyacente al diafragma, en relación con los cambios mostrados en distintos niveles de la PEEP: 5, 10 y 15 cmH<sub>2</sub>O, los cuales fueron mantenidos por 20 minutos, realizando simultáneamente determinación de gases sanguíneos. Todos los pacientes presentaron un aumento significativo de la PaO<sub>2</sub> y de la relación PaO<sub>2</sub>/ FiO<sub>2</sub>, y paralelamente disminución progresiva de las áreas no aereadas a medida que incrementaba la PEEP de 5-10 y 15 cm de H<sub>2</sub>O (27 ± 31 cm<sup>2</sup>, a 20 ± 24 cmH<sub>2</sub>O, a 11 ± 12 cmH<sub>2</sub>O, respectivamente) mostrando una significancia estadística (p < 0.001). A su vez, estos cambios fueron asociados con un incremento significativo en la PaO<sub>2</sub> (74 ± 15 mmHg, a 90 ± 19 mmHg, a 102 ± 26 mmHg, respectivamente, p < 0.001). Los autores concluyen que la ultrasonografía transtorácica puede detectar cambios en áreas pulmonares no aireadas, durante cambios en la PEEP de pacientes con SDRA. Y por lo tanto, el ultrasonido transtorácico puede ser considerado como una herramienta clínica de utilidad en el manejo de pacientes con SDRA <sup>(21)</sup>.

Bouhemad realizó un estudio prospectivo aleatorizado con el objetivo de comparar la curva de presión volumen cuasiestática, con el ultrasonido pulmonar para evaluar el reclutamiento alveolar con la PPFE en pacientes con SDRA. Se incluyeron 40 pacientes, a los cuales se les realizó curva de presión volumen con PPFE de 0 y 15 cmH<sub>2</sub>O, así mismo se les realizó también ultrasonografía pulmonar dividiendo al tórax en seis regiones de cada lado, 12 en total, y estableciendo uno de los cuatro patrones ultrasonográficos descritos en el SDRA, a los cuales se les asignaba un puntaje de acuerdo con los cambios mostrados, y otorgando un score final. Encontrando una correlación significativa entre la PPFE establecida por curva de presión volumen y el score de reaereación de + 8 puntos o >, con una PPFE que lograba reclutamiento pulmonar de 600 mL o >, con una p < 0.0001. Se encontró correlación significativa entre la PPFE establecida por curva de presión volumen y un score ultrasonográfico que logró reclutamiento pulmonar de + 4 puntos o < con un volumen de reclutamiento de 75-450 mL con una p < 0.05. Los autores concluyen que la PPFE que logra reclutamiento pulmonar puede ser adecuadamente estimada por ultrasonografía pulmonar a la cabecera del paciente.

Se examinan 12 áreas torácicas en total, seis en cada hemitórax, divididas por la línea axilar anterior y la línea axilar posterior, así como regiones superiores e inferiores <sup>(18)</sup>.

Tabla 1 Puntaje de reaereación por ultrasonido

Cuantificación de reaereación			Puntaje perdida de aereación		
1 PUNTO	3 PUNTOS	5 PUNTOS	5 PUNTOS	3 PUNTOS	1 PUNTO
B1 => N	B2 => N	C => N	N => C	N => B2	N=> B1
B2=> B1	C=> B1			B1=> C	B1 => B2
C => B2					B2=> C

N= normal, C= consolidación, B1 = múltiples líneas B bien definidas o regularmente espaciadas 7 mm o > (pérdida moderada de aereación), B2: múltiples coalescentes líneas B, espaciadas 3 mm o < (pérdida severa de aereación).

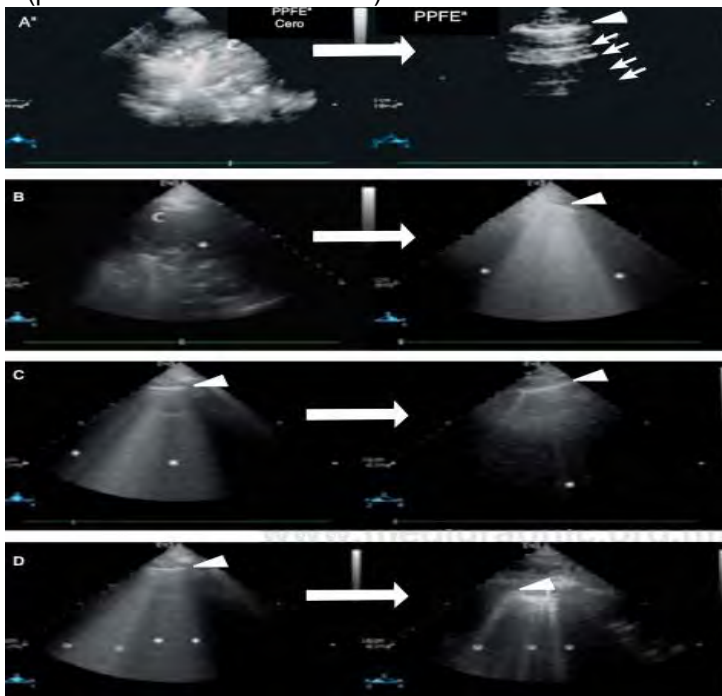


Figura 1

Modificación del patrón ultrasonográfico pulmonar en el SDRA con diferentes niveles de PPFE en donde se observa: A) evolución de patrón C a patrón N, B) evolución de patrón C a patrón B2, C) evolución de patrón B2 a patrón B1, lo que traduce diferentes patrones de ganancia de volumen pulmonar y D) evolución de patrón B1 a B2

Bouhemad realizó otro estudio prospectivo aleatorizado, con el objetivo de comparar la reaereación pulmonar en pacientes con neumonía asociada con la ventilación mecánica y tratados con antibióticos, evaluado mediante tomografía computada (TAC), ultrasonografía y radiografía de tórax, en pacientes con lesión pulmonar en los cuales por medio de la comparación observó la evolución de 30 pacientes con neumonía, realizando estos estudios del día 0-7 en que iniciaron terapia antimicrobiana y se compararon los resultados obtenidos con cada método diagnóstico. Se estableció un score de reaereación (descrito previamente) por ultrasonografía, y encontró correlación y resultados similares con la tomografía, dejando muy por debajo a la radiografía de tórax <sup>(19)</sup>. Se consideró terapia antimicrobiana exitosa si:

- a) Disminuía clínicamente el índice de infección pulmonar.
- b) Si en la tomografía se observaba reaereación con regresión completa o parcial de las consolidaciones.
- c) Extubación en los primeros 4-7 días. Los resultados mostraron correlación significativa entre un score ultrasonográfico de > 5 puntos, con reaereación de > 400 mL, mostrada por TAC y una terapia antimicrobiana exitosa, así mismo un score de < 10 puntos se correlacionó de manera significativa con una pérdida de aereación de > 400 mL evaluado por TAC y falla en la terapia antibiótica con una  $p < 0.0001$ . Los autores concluyen que la reaereación pulmonar puede ser correctamente estimada con ultrasonografía pulmonar a la cabecera del paciente, en pacientes con neumonía asociada con la ventilación mecánica bajo tratamiento antibiótico, y también puede detectar la falla al tratamiento antibiótico <sup>(19)</sup>.

Es importante mencionar que existe una estrecha relación entre el SDRA, ventilación mecánica y función ventricular, debido a la afección de unidades alveolares, presiones positivas y su impacto sobre la circulación pulmonar <sup>(20)</sup>. La presión meseta, la PPFE y los niveles de pCO<sub>2</sub>, tienen un importante efecto fisiológico sobre el funcionamiento del ventrículo derecho (VD), los cuales pueden llevarlo a disfunción del VD, manifestándose en su expresión máxima como: cor pulmonale agudo. El desarrollo de cor pulmonale agudo ocurre hasta en 25% de pacientes con SDRA, definiéndose ultrasonográficamente por la presencia de la dilatación del ventrículo derecho y movimiento paradójico del septum. Así mismo, se reporta una incidencia de cor pulmonale agudo de 10-15% con presiones meseta menores de 27 cmH<sub>2</sub>O, sin impacto sobre la mortalidad y una incidencia de 35% con presiones meseta de 27-35 cmH<sub>2</sub>O, con impacto sobre la mortalidad. Derivado de este efecto sobre el funcionamiento del VD, recientes estudios buscan lograr un equilibrio entre reclutamiento pulmonar y sobredistensión pulmonar, siendo propuesta en esta estrategia de ventilación mecánica el término de: enfoque protector del ventrículo derecho, que incluye lo siguiente:

- Presión plateau menor de 27-28 cmH<sub>2</sub>O.
- Evitar PPFE intrínseca.
- Evitar hipercapnia.
- Nivel de PPFE bajo (individualizado).
- Uso de decúbito prono en pacientes con SDRA severo <sup>(20)</sup>.

En los estudios revisados se destaca la accesibilidad del ultrasonido para evaluar regiones de reclutamiento alveolar, como una herramienta útil para el monitoreo no invasivo y continuo a la cabecera del paciente, con una curva accesible de aprendizaje, y por otra parte se refiere la falta de evidencia para detectar áreas de sobre distensión alveolar, quedando aún pendiente determinar su utilidad para detectar áreas de hiperinsuflación pulmonar, y que al respecto existen estudios experimentales en relación con el impacto de la sobredistensión pulmonar y la pérdida del pulso pulmonar, así como del impacto de la sobredistensión en el ventrículo derecho y la validación de la velocidad del flujo máximo de la arteria pulmonar, y la desaceleración del flujo de la arteria pulmonar como marcadores precoces de disfunción del ventrículo derecho <sup>(22)</sup>.

Podemos concluir que en la actualidad no existe una herramienta de monitoreo de reclutamiento alveolar que siendo utilizada de manera única y aislada pueda ser considerada como el estándar de oro, ante lo cual es necesario el empleo de la mayor cantidad de herramientas disponibles para su monitoreo. Es aquí donde la ultrasonografía toma relevancia como una herramienta de utilidad para el monitoreo de reclutamiento alveolar con la ventaja sobre otros métodos de detectar el impacto de la ventilación mecánica y la presión positiva sobre el funcionamiento del ventrículo derecho, existiendo importantes áreas de oportunidad que requerirán de estudios adicionales que arrojen mayor evidencia científica <sup>(13)</sup>.

## **PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.**

El Hospital Para el Niño Poblano es un hospital de tercer nivel donde se atienden pacientes con patologías de nivel complejo, con pacientes con patología pulmonar importante que ameritan invasión de la vía aérea y en múltiples ocasiones maniobras de reclutamiento alveolar por SDRa en donde se desconocen datos epidemiológicos acerca de esta terapéutica el uso del ultrasonido pulmonar para su seguimiento.

## **JUSTIFICACION.**

Debido a que en el Hospital para el Niño Poblano no existe hasta el momento algún registro sobre la aplicación del ultrasonido pulmonar en el tratamiento del SDRa con maniobras de reclutamiento alveolar es necesario el conocer esta información para poder determinar la magnitud del problema y poder establecer planes o programas de atención en esta afección en particular y poder incidir en el manejo dinámico del paciente y ver la respuesta, evolución, y complicaciones ante esta terapéutica, logrando un manejo controlado en nuestro medio.

## **PREGUNTA DE INVESTIGACION.**

¿**Cuál** es la aplicación del ultrasonido pulmonar en el seguimiento de pacientes en la unidad de cuidados intensivos pediátricos con SDRA manejados con maniobras de reclutamiento alveolar en nuestro medio?

## **OBJETIVO GENERAL.**

Conocer la aplicación que pudiera tener el ultrasonido pulmonar en el seguimiento de pacientes críticamente enfermos con maniobras de reclutamiento alveolar en el Hospital para el niño Poblano.

## **OBJETIVOS ESPECIFICOS.**

- . Determinar mediante el uso de ultrasonido pulmonar la respuesta al uso de maniobras de reclutamiento alveolar en pacientes con SDRA.
- . Identificar factores de riesgo para las principales complicaciones asociadas a maniobras de reclutamiento alveolar.
- . Determinar parámetros óptimos en base a resultados para el adecuado uso de maniobras de reclutamiento alveolar.
- . Tratar de establecer una guía de manejo en base al uso del ultrasonido pulmonar en pacientes con SDRA y reclutamiento alveolar

## **METODOLOGIA**

### **DISEÑO METODOLOGICO.**

**Tipo de estudio:** prospectivo transversal longitudinal homodémico y unicéntrico.

**Lugar y tiempo donde se realiza el estudio:** Hospital para el Niño Poblano marzo 2017 – agosto 2017.

**Tamaño de la muestra :** Conveniente determinística no aleatorizada al ser estudio exploratorio.

**Población objetivo:** Pacientes pediátricos de cualquier edad y género que hayan ingresado a la unidad de terapia intensiva pediátrica con SDRA en quienes se utilizaron maniobras de reclutamiento alveolar y se dio seguimiento con ultrasonido pulmonar y con índices de oxigenación en el Hospital Para el Niño entre marzo 2017 y agosto 2017.

**Criterios de inclusión:**

- Pacientes de cualquier edad con PARDS en quienes se utilizaron maniobras de reclutamiento alveolar y seguimiento por ultrasonido y con índices de oxigenación durante 48 horas.
- Pacientes de cualquier género con PARDS en quienes se utilizaron maniobras de reclutamiento alveolar y seguimiento por ultrasonido y con índices de oxigenación durante 48 horas.

**Criterios de exclusión:**

Pacientes en quienes exista falla o falta de concordancia en datos registrados en reporte de reclutamiento alveolar y seguimiento ultrasonográfico.

**Criterios de eliminación:**

Pacientes en quienes no se hayan aplicado medidas de reclutamiento alveolar y no hayan tenido seguimiento por ultrasonido para su registro.

**Tabla 2. VARIABLES.**

<b>VARIABLE</b>	<b>DEFINICIÓN CONCEPTUAL</b>	<b>DEFINICIÓN OPERACIONAL</b>	<b>ESCALA</b>	<b>MEDICIÓN</b>
Edad	Tiempo transcurrido a partir del nacimiento de un individuo.	Tiempo transcurrido a partir del nacimiento de un individuo, medido en años cumplidos.	Cuantitativa continua	Años cumplidos

Género	Conjunto de caracteres orgánicos determinados genéticamente, cuya estructura forma y función diferencian a los individuos en los grupos, masculino y femenino.	Femenino Masculino	Cualitativa nominal	Si No
Enfermedad	Condición patológica que fue causa directa de la afección pulmonar	Enfermedades o condiciones que fueron causa directa de la enfermedad pulmonar	Cualitativa nominal	Infecciones, tumores, trastornos endocrinos, trastornos nutricionales, trastornos de la sangre, trastornos de la sangre, trastornos del sistema nervioso, trastornos circulatorios, enfermedades respiratorias, enfermedades del aparato digestivo, trastornos genitourinarios, asociadas a gestación, parto o puerperio, trastornos osteomusculares, anomalías congénitas, defunciones en el periodo perinatal, traumatismos, envenenamiento,
Índice de	Cociente	Cociente	Cuantitativa	puntos

Kirby	PaO <sub>2</sub> /FiO <sub>2</sub>	PaO <sub>2</sub> /FiO <sub>2</sub>	continua	
Índice de oxigenación	Cociente FiO <sub>2</sub> xPm/PaO <sub>2</sub>	Cociente FiO <sub>2</sub> xPm/PaO <sub>2</sub>	Cuantitativa continua	puntos
Índice de reaereación	Puntaje otorgado por ultrasonido	Puntaje otorgado por ultrasonido	Cuantitativa continua	puntos

**Variable dependiente:** índice de Kirby, índice de oxigenación, porcentaje recuperación, edad y género.

**Variabes independientes:** lugar de procedencia, uso de medicamentos, exposición a tóxicos, antecedentes heredofamiliares, enfermedades concomitantes.

**Tipo de muestreo: probabilístico.**

**Tamaño de la muestra:** Por el tipo de estudio no se realizará cálculo de tamaño de muestra ya que esta dependerá de la cantidad de pacientes obtenidos durante el estudio entre marzo de 2017 y agosto de 2017 Hospital para el Niño Poblano.

## DESCRIPCIÓN GENERAL DEL ESTUDIO.

Se tomaran datos de los registros de pacientes protocolizados en el Hospital Para el niño Poblano y del expediente electrónico propio de dicha institución, se reportaran las variaciones de los índices de Kirby y de oxigenación antes, durante y posterior al uso de maniobras de reclutamiento alveolar (ingreso, 24 y 48 hrs después) por grupo etario y género, se realizara seguimiento ultrasonografico al inicio y al final del estudio y se valoraran 4 zonas e exploración en base a puntaje descrito en el estudio de Bouhemad y se realizaran análisis pertinentes a datos encontrados.

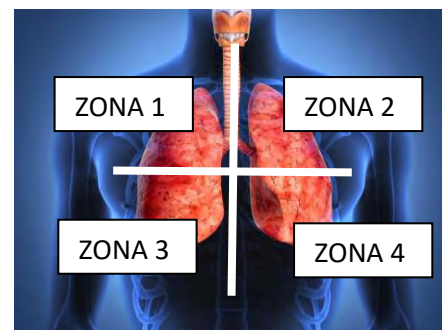


Figura 1 Zonas de división estudio ultrasonografico

## PROCEDIMIENTOS

Se analizaron las tablas y gráficos obtenidos de la recopilación realizada en el periodo entre marzo y agosto del 2017 para describir la evolución de índices de oxigenación y patrón de reaereación en la unidad de cuidados intensivos de Hospital para el Niño Poblano.

## ANÁLISIS DE DATOS:

Se empleó estadística descriptiva: media, mediana, proporción, y para medir variables no paramétricas se utilizó: estadístico de U- Mann Whitney.



## RESULTADOS

Durante el periodo de estudio comprendido en el estudio desde marzo del 2017 a julio de 2017 se incluyeron 11 pacientes que cumplieron con los criterios de selección, de los cuales 6 fueron del género femenino (54.4%), la edad de los pacientes se encontró entre los extremos de la edad pediátrica entre 16 años y 8 meses, con media de 37.4 meses (3 años), el diagnóstico principal fue de neumonía (81.1%) y trauma (18.9%).

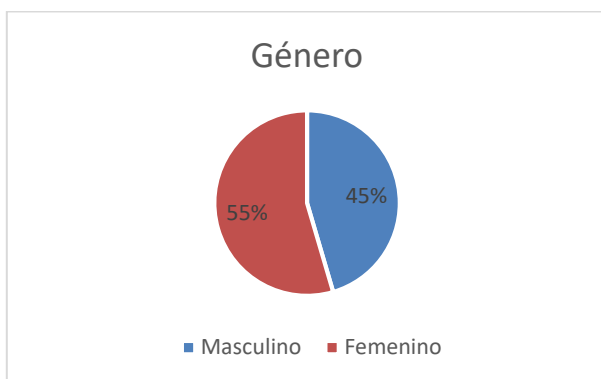


Gráfico 1

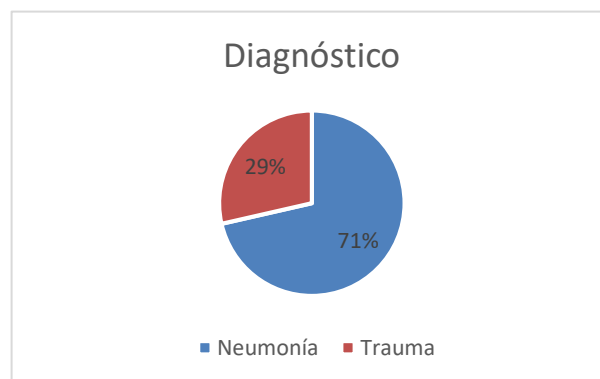


Gráfico 2

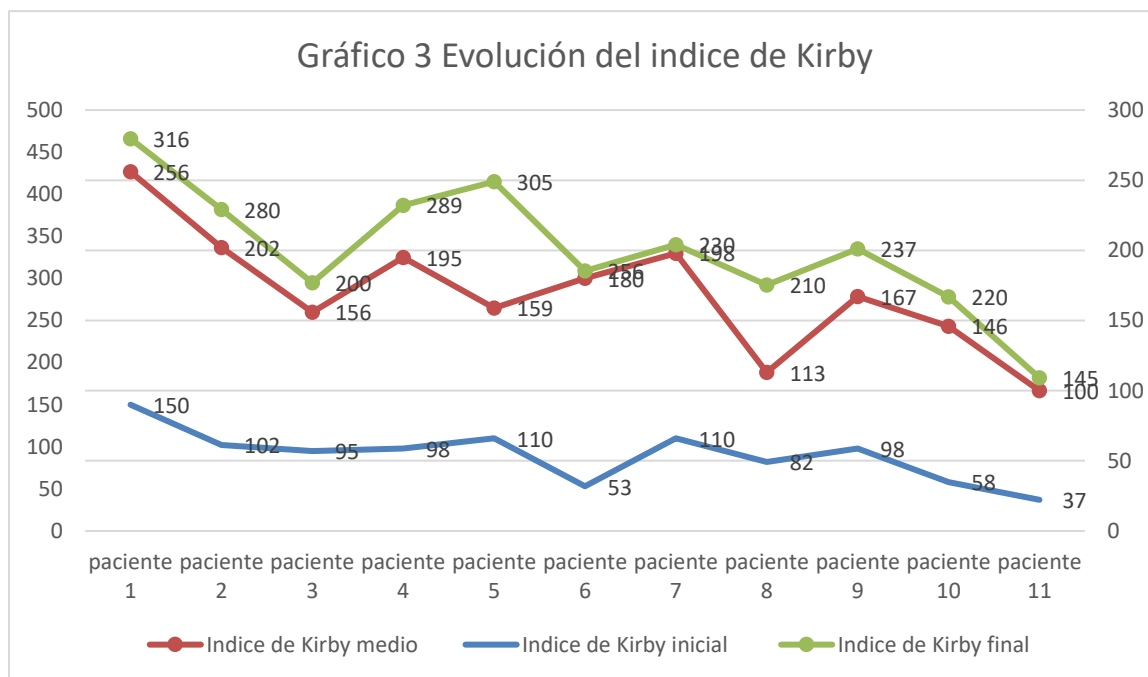
La duración del seguimiento con ultrasonido e índices tanto de oxigenación y de Kirby fue de 48hrs, se reportaron como complicaciones en 2 pacientes neumotórax (18%), mientras que en el resto de los pacientes no se reportó algún otro evento adverso.

En la tabla 3 se resumen las variables medidas al ingreso a UCI, a las 24 y a las 48 hrs. Observando mejoría en los promedios de las variables medidas.

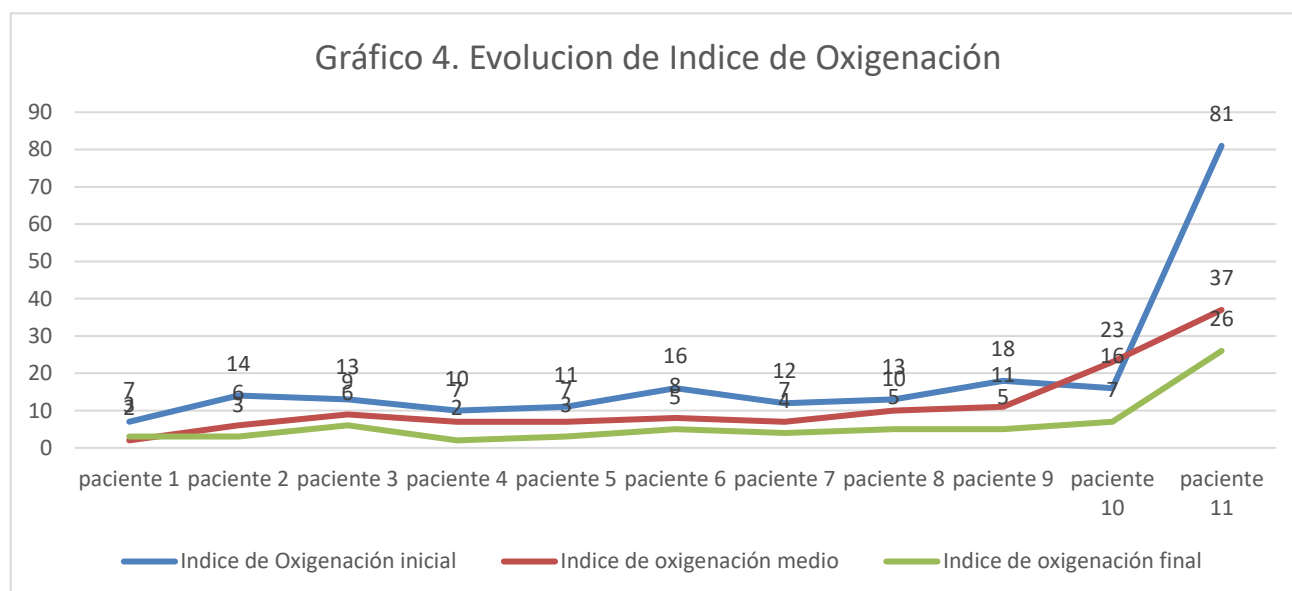
**Tabla 3 Comportamiento de las variables respiratorias medidas durante la terapia de reclutamiento alveolar**

Variable	Ingreso Promedio	24 horas Promedio	48 horas Promedio
Índice de Kirby	90.27	170.18	244.3
Índice de Oxigenación	19	11.7	6.6
PEEP	8.6	7.3	6.5
Puntaje reaeración			
Zona 1			1.18
Zona 2			0.6
Zona 3			1.6
Zona 4			0.7

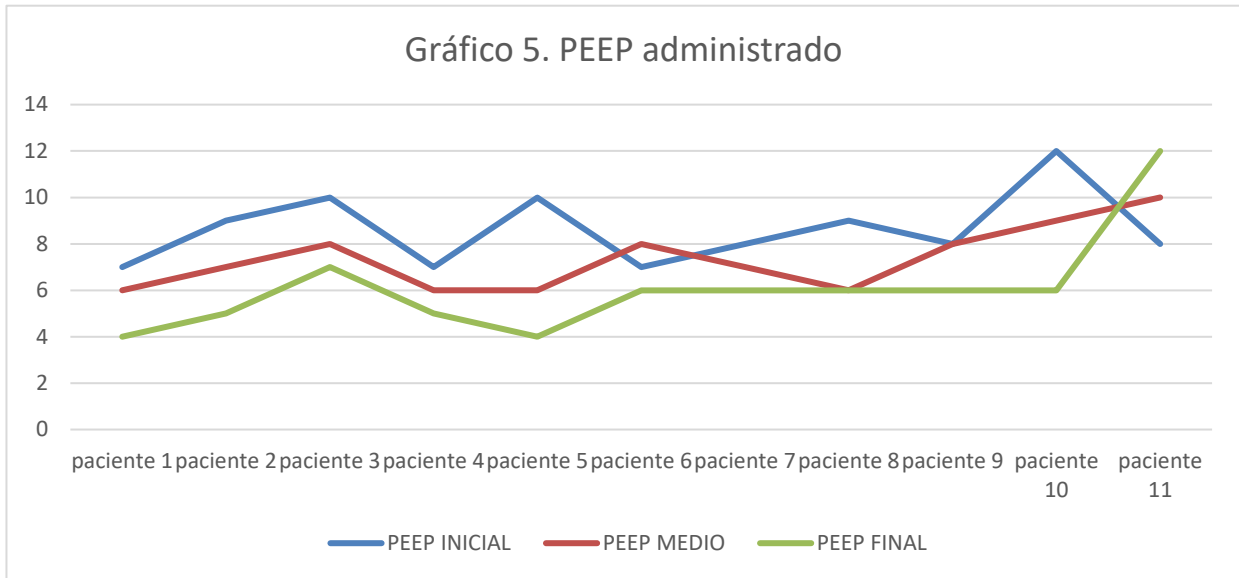
En la gráfica 3 se muestra el comportamiento del índice de Kirby.



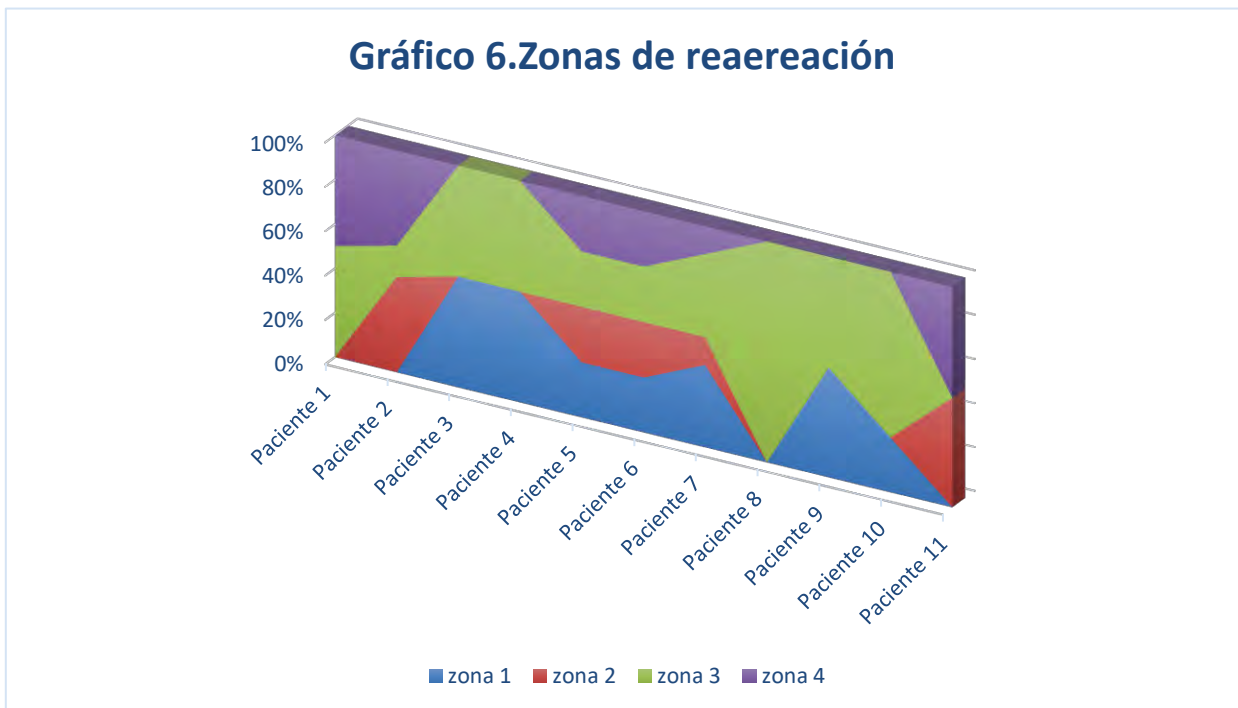
En la gráfica 4 se observa el comportamiento del índice de oxigenación, con mejoría de los valores medidos en base a las maniobras de reclutamiento alveolar utilizadas.



En la gráfica 5 se observa el valor de PEEP que se aplicó y su evolución durante el proceso de reclutamiento alveolar.



En la gráfica 6 se observa el patrón de reaereación en base a las medidas de reclutamiento alveolar, donde destaca la mejoría observada en el hemitórax del lado derecho tal vez por cuestiones fisiológicas.



## DISCUSIÓN

El síndrome de distrés respiratorio agudo pediátrico se presenta de manera frecuente en las unidades de cuidados intensivos pediátricos, y el uso de maniobras de reclutamiento alveolar son medidas usadas con frecuencia con el afán de mejorar las condiciones respiratorias del paciente, el seguimiento ultrasonográfico es una medida con mayor uso en la actualidad y que se encuentra disponible a la cama del paciente evitando exposición a radiación y eventos adversos relacionados con el traslado.

A nivel nacional no encontramos estudios que reporten la relación entre este estudio diagnóstico y maniobras de reclutamiento alveolar.

En nuestros pacientes la causa más frecuente del síndrome de distrés fue secundario a neumonía principalmente y trauma, el género que más se vio afectado fue el femenino y la distribución de edad fue bimodal, de predominio alrededor del año de edad coincidiendo con la literatura internacional en cuanto a la causa más frecuente, pero no así en cuanto a género. Todos los pacientes mostraron mejoría de los parámetros de oxigenación presentando en 2 de ellos lesión por barotrauma, coincidiendo con la literatura. A mayor puntaje de reaeración mayor recuperación de unidades alveolares lo que concuerda con la literatura.

Por todo lo antes mencionado se considera que el uso de maniobras de reclutamiento alveolar a pesar de no estar exento de complicaciones mejora el patrón de recuperación de unidades alveolares y esto correlaciona con la imagen observada con el ultrasonido durante su seguimiento, así como a mayor PEEP de inicio mayor puntaje de reaeración observado, siendo una excelente herramienta para el manejo de esta población.

## CONCLUSIONES

El uso de maniobras de reclutamiento alveolar en pacientes con PARDS y el seguimiento por ultrasonido es una práctica que se realiza con mayor frecuencia en nuestra unidad al contar con el equipo necesario y la capacitación del personal, observándose que a mayor PEEP administrado se observó una mayor mejoría en cuanto a la recuperación de unidades alveolares guiándonos tanto como por los parámetros de oxigenación evaluados como por el puntaje de reaeración obtenido, a pesar de los eventos adversos que se llegaron a presentar en 2 pacientes. Ningún paciente falleció durante el estudio.

Se vio mayor recuperación en el hemitórax derecho, tal vez relacionado con la disposición anatómica lo cual no se logró correlacionar con estudios previos ya que esta consideración no se reporta. Por lo que a pesar de los eventos adversos el uso de maniobras de reclutamiento alveolar mejoro de manera significativa la recuperación de unidades y mediante el seguimiento guiado por ultrasonido nos permitirá evaluar la regulación de esta práctica.

Este estudio crea una nueva línea de investigación en necesidad de un reporte más extenso de los pacientes que pudieran ser incluidos en este estudio y dar mayor poder estadístico.

A partir de los resultados obtenidos, se concluye de este estudio que la aplicación de la maniobra de reclutamiento usando PEEP aplicada a pacientes con SDRA logra una mejoría significativa de la oxigenación al mejorar los parámetros de oxigenación evaluados, sugieren la ganancia de unidades alveolares aereadas, con la aplicación de esta técnica de reclutamiento y que el seguimiento por ultrasonido nos permite vigilar la evolución y oportuna intervención en esta población de pacientes en la unidad de cuidados críticos.

**BIBLIOGRAFÍA:**

- 1.- Liechtenstein D. Ultrasound diagnosis of the critically ill, 2 ed. Berlin-Heidelberg: Springer-Verlag; 2005.
- 2.- Gardelli G, Feletti F, Gamberini E, Bonarelli S. Using sonography to assess lung recruitment in patients with acute respiratory distress syndrome. *Emerg Radiol.* 2009;16:219- 221.
- 3.- Carrillo-Esper R, Sánchez-Zúñiga M. Reclutamiento pulmonar. *Medicina Crítica.* 2008;31:S139-S143.
- 4.- Dra. Dulia Ortega T(1), TM. Solange Seguel B(2). Historia del ultrasonido: El caso chileno. *Rev Chil Radiol* 2004; 10: 89-92.
- 5.- Hendee WR. Reflection Imaging (ultrasound) In: Putman CE, Ravin CE. *Diagnostic Imaging.* 1st Ed. Philadelphia Saunders. 1988; 1: 62- 69.
- 6.- Cabrera R, Alba F. Historia de la Ultrasonografía en Chile: Ecografía en Ginecología. *Rev Chil Ultrasonog* 2002; 5: 27-34.
- 7.- M. Colmenero, García Delgado, Utilidad de la ecografía pulmonar en la unidad de medicina intensiva, *Rev. Medicina Intensiva*, 2010;34,(9);620-628.
- 8.- Beckmann U, Gillies DM, Berenholtz SM, Wu AW, Pronovost P. Incidents relating to the intrahospital transfer of critically ill patients. An analysis of the reports submitted to the Australian Incident Monitoring Study in Intensive Care. *Intensive Care Med.* 2004;30:1579–85.
- 9.- Utilidad de la ecografía pulmonar en la unidad de medicina intensiva M. Colmenero, M. García-Delgado, I. Navarrete y G. López-Milenab aUnidad de Medicina Intensiva, Hospital General, Servicio de Cuidados Críticos y Urgencias, Hospital Universitario Virgen de las Nieves, Granada, España Servicio de Radiodiagnóstico, Hospital Universitario Virgen de las Nieves, Granada, España  
Recibido el 22 de febrero de 2010; aceptado el 13 de abril de 2010
- 10.- Bekemeyer WB, Crapo RO, Calhoun S, Cannon CY, Clayton PD. Efficacy of chest radiography in a respiratory intensive care unit. A prospective study. *Chest.* 1985;88:691–6.
- 11.- Beckmann U, Gillies DM, Berenholtz SM, Wu AW, Pronovost P. Incidents relating to the intrahospital transfer of critically ill patients. An analysis of the

reports submitted to the Australian Incident Monitoring Study in Intensive Care. *Intensive Care Med.* 2004;30:1579–85.

12.- Gardelli G, Feletti F, Gamberini E, Bonarelli S. Using sonography to assess lung recruitment in patients with acute respiratory distress syndrome. *Emerg Radiol.* 2009;16:219- 221.

13.- Carrillo ER et al. Evaluación ultrasonográfica del reclutamiento alveolar. *Rev Asoc Mex Med Crit y Ter Int* 2014;28(4):273-278.

14.- Algaba A. Maniobras de reclutamiento alveolar en el síndrome de distrés respiratorio agudo. *Medicina Intensiva.* 2013;37:355-362.

15.- Rama-Maceiras P. Atelectasias perioperatorias y maniobras de reclutamiento alveolar. *Arch Bronconeumol.* 2010;46:317-324.

16.- Volpicelli G, Elbarbary M, Blaivas M, Lichtenstein D, Mathis G. Lung ultrasound in acute respiratory distress syndrome and acute lung injury. *Current Opinion in Critical Care.* 2008;14:70-74.

17.- Volpicelli G, Elbarbary M, Blaivas M, Lichtenstein DA, Mathis G. International evidence-based recommendations for point-of-care lung ultrasound. *Intensive Care Med.* 2012;38:577-591.

18.- Bouhemad B, Brisson H, Le-Guen M, Arbelot C. Bedside ultrasound assessment of positive end-expiratory pressure-induced lung recruitment. *Am J Respir Crit Care Med.* 2011;183:341-347.

19.- Bouhemad B, Liu Z, Arbelot M. Ultrasound assessment of antibiotic-induced pulmonary reaeration in ventilator-associated pneumonia. *Crit Care Med.* 2010;38:84-92.

20.- Lu Q. How to assess positive end-expiratory pressure-induced alveolar recruitment? *Minerva Anesthesiol.* 2013;79:83- 91.

21.- Konstantinos S, Stavros D, Elli-Sophia T, Konstantinos V, Panagiotis P, Ploutarchos P, et al. Lung sonography and recruitment in patients with early acute respiratory distress syndrome: a pilot study. *Critical Care.* 2011;15:R185.

22.- Chiumello D, Froio S, Bouhemad B, Camporota L, Coppola S. Clinical review: lung imaging in acute respiratory distress syndrome patients-an update. *Critical Care.* 2013;17:243- 253.