



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MÉXICO

FACULTAD DE MEDICINA

TITULO:

**RATIO VENTILATORIO COMO PREDICTOR DE SOBREDISTENCIÓN
PULMONAR DURANTE LA MANIOBRA DE RECLUTAMIENTO ALVEOLAR.**

PRESENTA:

DR. FIDEL ALBERTO ZAPATA ORTIZ

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE ESPECIALISTA EN:

MEDICINA CRITICA

DIRECTOR DE TESIS:

DR. JOSÉ CARLOS GASCA ALDAMA

CIUDAD UNIVERSITARIA, CD. MX. JULIO 2022



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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

AUTORIZACIÓN DE TESIS

TESIS: RATIO VENTILATORIO COMO PREDICTOR DE SOBREDISTENCIÓN PULMONAR DURANTE LA MANIOBRA DE RECLUTAMIENTO ALVEOLAR.

Número de registro: HJM248/21-R

Fidel Alberto Zapata
DR. FIDEL ALBERTO ZAPATA ORTIZ

TESISTA

José Carlos Gasca Aldama
DR. JOSÉ CARLOS GASCA ALDAMA

DIRECTOR DE TESIS

Jessica Garduño López
DRA. JESSICA GARDUÑO LÓPEZ

DIRECTOR METODOLÓGICO DE TESIS

Erika Gómez Zamora
DRA. ERIKA GÓMEZ ZAMORA

SUBDIRECTORA DE ENSEÑANZA
HOSPITAL JUÁREZ DE MÉXICO

Erik Efraín Sosa Duran
DR. ERIK EFRAÍN SOSA DURAN

JEFE DEL SERVICIO DE POSGRADO
HOSPITAL JUÁREZ DE MÉXICO



Lista de Cotejo de Validación de Tesis de Especialidades Médicas

Fecha	18	Julio	2022
	día	mes	año

INFORMACIÓN GENERAL (Para ser llenada por el área de Posgrado)					
No. de Registro del área de protocolos	Si	X	No	Número de Registro	HJM248/21-R
Título del Proyecto RATIO VENTILATORIO COMO PREDICTOR DE SOBREDISTENCIÓN PULMONAR DURANTE MANIOBRA DE RECLUTAMIENTO ALVEOLAR					
Nombre Residente	FIDEL ALBERTO ZAPATA ORTIZ				
Director de tesis	JOSÉ CARLOS GASCA ALDAMA				
Director metodológico					
Ciclo escolar que pertenece	2021-2022	ESPECIALIDAD	MEDICINA CRITICA		
INFORMACIÓN SOBRE PROTOCOLO/TESIS (Para ser validado por la División de Investigación/SURPROTEM)					
VERIFICACIÓN DE ORIGINALIDAD	HERRAMIENTA	PLAGSCAN	PORCENTAJE	8%	
COINCIDE TÍTULO DE PROYECTO CON TESIS	SI	X	NO		
COINCIDEN OBJETIVOS PLANTEADOS CON LOS REALIZADOS	SI	X	NO		
RESPONDE PREGUNTA DE INVESTIGACIÓN	SI	X	NO		
RESULTADOS DE ACUERDO A ANÁLISIS PLANTEADO	SI	X	NO		
CONCLUSIONES RESPONDEN PREGUNTA DE INVESTIGACIÓN	SI	X	NO		
PRETENDE PUBLICAR SUS RESULTADOS	SI		NO		
VALIDACIÓN (Para ser llenada por el área de Posgrado)					
Si	X	Comentarios SE DESCONOCE SI PUBLICARÁ			
No					

RESPONSABILIDAD.

Los conceptos vertidos en este trabajo son exclusiva responsabilidad del autor.

Dr. Fidel Alberto Zapata Ortiz.

AGRADECIMIENTOS:

Mi agradecimiento a mis maestros que me incentivaron en el conocimiento de la rama de la medicina crítica, por sus aportaciones, enseñanzas, motivación y apoyo.

DEDICATORIA

A mis padres, por sus consejos y motivaciones y experiencia de vida que me han ayudado a mi formación tanto académica y moral.

A mis hermanos y sobrinos que sin la integridad, apoyo familiar y alientos pudieron hacer más llevadero los procesos de vida.

ASPECTO ÉTICOS Y DE BIOSEGURIDAD.

El presente trabajo se realizó en la Unidad de Cuidados Intensivos Adultos del Hospital Juárez de México.

Todos los procedimientos llevados a cabo fueron apegados a las normas y reglamentos institucionales y a los de la Ley General de Salud.

Todos los procedimientos realizados durante el proceso de ventilación estuvieron sujetos a monitoreo hemodinámico, respiratorio y neurológico, como parte del manejo integral del paciente de la Unidad de Cuidados Intensivos.

Siempre apegados a guías y normas internacionales en Medicina Crítica.

TABLA DE ABREVIATURAS

Abreviatura	Significado
SDRA	Síndrome de Distrés Respiratorio Agudo
VILI	Daños asociados a la Ventilación mecánica // ventilador induced lung injury
PEEP	Presión Positiva al final de la espiración
DP	Driving pressure
RV	Ratio Ventilatorio
ARDS Net	Ensayo ARDS Net
Pplat	Presión Meseta
SIRA	Síndrome de insuficiencia respiratoria aguda
PaO ₂	Presión arterial de oxígeno
Fio ₂	Fracción Inspirada de Oxígeno
Pao ₂ /Fio ₂	Cociente presión arterial de oxígeno / fracción inspirada de oxígeno
VPEEP	volumen pulmonar al final de la inspiración
P	Presión dentro del alveolo
γ	Tensión superficial dentro del alveolo
r	Radio del alveolo
ECMO	Oxigenación por membrana extracorpórea
VV ECMO	Oxigenación por membrana extracorpórea - Venó - Venoso
Vol. minuto	Volumen minuto
PaCO ₂	Presión arterial de Dióxido de Carbono
CO ₂	Dióxido de Carbono
Vd/Vt	Fracción de espacio muerto pulmonar
APACHE	Acute Physiology and Chronic Health disease Classification System
kPa	Kilo Pascal
UTI	Unidad de Terapia Intensiva
OR	Odds Ratio
AUROCC	Área bajo la curva de Roc
CRS	Distensibilidad del sistema respiratorio
UCI	Unidad de Cuidados Intensivos
R/I	Cociente reclutamiento / Inflación
SaO ₂	Saturación arterial de oxígeno

TABLA/FI

INDICE

<i>RESUMEN</i>	11
<i>INTRODUCCIÓN</i>	13
<i>PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA</i>	25
<i>JUSTIFICACION</i>	26
<i>OBJETIVOS</i>	27
OBJETIVO PRIMARIO	27
OBJETIVOS SECUNDARIOS	27
<i>PREGUNTA DE INVESTIGACIÓN</i>	27
<i>HIPÓTESIS</i>	27
<i>MATERIAL Y METODOS</i>	28
Diseño del estudio	28
Aspectos Éticos	28
Población y Muestra	28
Criterios de inclusión.....	28
Criterios de exclusión.....	29
Criterios de eliminación.....	29
Estrategias de recolección de la información.....	29
Descripción de variables.....	29
Variables cuantitativas:.....	31
Variables cualitativas	32
<i>TECNICA DE RECOLECCION DE DATOS</i>	32
<i>RECURSOS Y FINACIAMIENTO</i>	32
<i>DESCRIPCIÓN DEL ESTUDIO</i>	32
Universo de Trabajo.....	32
Población.....	32
Muestra:.....	32
Tiempo:.....	32
Recursos humanos:.....	33
Recurso físico:	33
Recursos Financieros:	33
Conflicto de intereses:	33
Aspectos de Bioseguridad	33

<i>ANALISIS ESTADISTICO</i>	34
<i>RESULTADOS</i>	34
<i>DISCUSIÓN</i>	38
<i>CONCLUSIONES</i>	40
<i>BIBLIOGRAFIA</i>	41
<i>ANEXOS</i>	43

INDICE DE FIGURAS

Figura 1 Comportamiento del ratio ventilatorio de acuerdo con los tiempos de medición del total de pacientes (N=337): Tiempo 1 = Antes de maniobra de reclutamiento y titulación de PEEP. Tiempo 2 = A los 30 minutos posterior a intervención. Tiempo 3 = A las 24 horas posterior a la intervención.	36
Figura 2 Curva de ROC, donde se valora los cambios de ratio ventilatorio antes del reclutamiento y 24hrs post reclutamiento.	37

INDICE DE TABLAS

Tabla 1 Tabla descriptiva con el promedio, media y moda encontradas en el estudio.....	34
Tabla 2 Prueba de ANOVA donde se comparó el comportamiento del delta ratio ventilatorio a los 30 minutos y a las 24hrs con el número de defunciones presentados en el estudio.	35
Tabla 3 Prueba de Chi cuadrada donde se comparo el promedio de defunciones antes y después de la maniobra de reclutamiento alveolar.....	37

RESUMEN

En la actualidad, existe un incremento de casos asociados a síndrome de distrés respiratorio agudo, con un incremento de etiología a nivel pulmonar, sin embargo, no descartando los casos de síndrome de distrés respiratorio agudo extrapulmonar.

Llegando a requerir de apoyo de ventilación mecánica invasiva, manteniendo metas de protección alveolar, para evitar los daños asociados a la ventilación mecánica (VILI).

Las investigaciones refieren que la valoración del índice de reclutabilidad, predice que pacientes se verán beneficiados de maniobras de reclutamiento, encontrando el PEEP óptimo, con cambios en la presión transpulmonar, con el objetivo de mantener metas de oxigenación, con un Driving pressure bajo, manteniendo metas de protección alveolar.

Sin embargo, desde que el paciente se somete a ventilación mecánica invasiva, los cambios ejercidos por presión positiva a nivel intratorácico, se asocia a alteraciones en la interacción corazón-pulmón.

Las maniobras de reclutamiento pueden llegar a sobre distender el alveolo, cuando no es aplicado adecuadamente, incrementando el poder mecánico, el estrés y strain pulmonar.

El ratio ventilatorio, llega a incrementarse por ganancia del espacio muerto, ya sea por un PEEP excesivo, causando sobre distensión alveolar, que puede producir colapso del capilar, llegando a incrementar el mismo.

Se presenta el siguiente estudio prospectivo, longitudinal, observacional, en el cual se analizarán los cambios del ratio ventilatorio, previa maniobra de reclutamiento y posterior maniobra, para medición del espacio muerto y valorar como subrogado de sobre distensión alveolar. Estudio que se realizará en pacientes que ingresen a la unidad de cuidados intensivos del Hospital Juárez de México, que requirieron de maniobras de reclutamiento alveolar. En un periodo comprendido del 1-diciembre 2021 al 1-agosto 2022.

INTRODUCCIÓN

El Síndrome de dificultad respiratoria aguda: síndrome hipoxémico que se trata principalmente con ventilación mecánica de apoyo, esta misma puede causar lesión pulmonar.

Por lo mismo se han desarrollado estrategias para minimizar los daños, estas se basan en el concepto fisiopatológico de que la sobre distensión alveolar, el esfuerzo cortante y el atelectrauma (es decir, la apertura y el cierre cíclicos de los alvéolos inestables) son posibles mecanismos que dan lugar a la lesión. Factores que podrían agravar o atenuar el daño son el volumen corriente y la presión positiva al final de la espiración (PEEP). **(1)**

El ensayo ARDS Network (ARDS Net), con objetivo de reducir la sobre distensión. Este ensayo demostró que una estrategia de ventilación con volumen corriente bajo y presión meseta limitada ($P_{plat} \leq 30$ cmH₂O) redujo la tasa de mortalidad. Lachmann propuso reducir el atelectrauma y el esfuerzo cortante mediante el uso de maniobras de reclutamiento y el uso posterior de una PEEP más alta: el “pulmón abierto”.

Amato y sus colegas demostraron en un análisis de mediación multinivel que un aumento en la PEEP reducía la tasa de mortalidad en pacientes con SIRA, pero solo si esto resultaba en una disminución de la presión de conducción.

En el ensayo Alveolar Recruitment for ARDS (Significado) sobre la eficacia de las maniobras de reclutamiento y la aplicación de niveles más altos de PEEP: se informó que una maniobra de reclutamiento combinada con una PEEP más alta aumentó la tasa de mortalidad en pacientes con SDRA de moderado a grave. Se propuso que la sobre distensión causada por maniobras de reclutamiento y una PEEP más alta podría ser más dañina. ¿Se deben utilizar las maniobras y el concepto de pulmón abierto en pacientes con sira? **(2)**

Fisiopatología: La fisiopatología del SIRA se basa en la tríada de lesión de la membrana alveolo-capilar, edema de alta permeabilidad (alveolar) e inflamación.

La tríada fisiopatológica no se puede medir de forma rutinaria en la práctica clínica. Por tanto, la hipoxemia arterial y las opacidades bilaterales en las imágenes de tórax se utilizan como sustitutos clínicos en la definición de Berlín de SIRA, la cual especificó la gravedad de la enfermedad de acuerdo con la relación PaO_2 / FiO_2 a un nivel de PEEP de al menos 5 cmH₂O. Esta clasificación es importante, ya que la capacidad de reclutamiento depende de la gravedad de la enfermedad. Sin embargo, la PEEP tiene un efecto importante sobre la relación PaO_2 / FiO_2 y la aplicación de una PEEP alta podría enmascarar la gravedad del SIRA.

La ventilación mecánica nociva en modelos experimentales da como resultado un daño alveolar difuso, que incluye edema intersticial y alveolar, formación de

membranas hialinas e infiltración celular, lo cual lo hace difícil de diferenciar del SIRA. **(3)**

Protti y sus colegas demostraron el efecto beneficioso de la PEEP en combinación con un volumen corriente reducido. En un modelo de cerdo, dividieron el volumen pulmonar al final de la inspiración (la tensión) en un componente generado por PEEP (tensión estática = volumen de PEEP / capacidad residual funcional) y un componente generado por el volumen corriente (tensión dinámica = volumen de marea / capacidad residual funcional). 4 grupos fueron ventilados con una tensión total de 2.5 (cerca de la capacidad pulmonar total): 1) VPEEP 0% y volumen corriente 100%; 2) VPEEP 25% y volumen corriente 75%; 3) VPEEP 50% y volumen corriente 50%; y 4) VPEEP 75% y volumen tidal 25%. Después de 54 h, todos los cerdos del grupo de volumen corriente al 100% habían muerto debido a edema pulmonar masivo, mientras que ninguno de los cerdos del grupo de VPEEP al 75% y volumen corriente al 25% había muerto o desarrollado edema pulmonar. Al final del experimento, la eliminación repentina de PEEP en el último grupo no dio como resultado la formación de edema pulmonar, lo que indica que se preservó la integridad de la barrera alveolo-capilar y la PEEP no solo contrarrestó la extravasación de plasma. La PEEP tiene un efecto protector, pero el volumen corriente debe reducirse durante la aplicación de niveles elevados de PEEP.

Dado que el ensayo ARDS Net informó que una combinación de volumen corriente bajo y una $P_{plat} \leq 30$ cmH₂O redujo las tasas de mortalidad, los médicos son cautelosos con el uso de presiones altas en las vías respiratorias.

En conclusión: existe suficiente evidencia experimental de que un volumen corriente alto y no una presión alta en las vías respiratorias es importante en el desarrollo de lesión pulmonar y se debe aplicar una combinación de PEEP más alta y volumen tidal bajo para reducir el desarrollo de las mismas. **(4)**

Pulmón abierto: Tradicionalmente, el concepto de pulmón abierto consiste en una maniobra de reclutamiento para abrir el pulmón colapsado y una PEEP alta para mantener la estabilidad alveolar. De acuerdo con la ley de Laplace ($P = 2\gamma / r$, donde P es la presión dentro de un alvéolo, γ es la tensión superficial de la pared alveolar y r es el radio del alvéolo), se requiere más presión para abrir un alvéolo colapsado o desinflado en comparación con un alvéolo abierto.

El deterioro del surfactante en el SDRA severo aumenta aún más la presión de apertura como resultado del aumento de la tensión superficial. Además, la presión de apertura de los alvéolos colapsados tiene que superar la fuerza de retracción alveolar y la fuerza de compresión sobre el alvéolo por el tejido pulmonar circundante. Se estima que la suma de estas presiones es de 45 a 60 cmH₂O en pacientes con SIRA.

Aparentemente, la aplicación de PEEP más alta o presiones de distensión aumenta la mortalidad en pacientes con SDRA moderado por sobre distensión, a pesar de la mejor titulación de PEEP. Esta observación indica que no se deben utilizar presiones altas en las vías respiratorias en pacientes con SDRA moderado

El concepto de pulmón abierto debe aplicarse en pacientes con SIRA grave con hipoxia refractaria según el protocolo ARDS Net, pero solo si un paciente responde al reclutamiento.

En pacientes que no responden al reclutamiento, se debe reducir la PEEP y se puede considerar VV-ECMO. **(5)**

Grasso et al. Midieron la presión transpulmonar en 14 pacientes con SIRA grave que fueron remitidos a su UCI para VV-ECMO [19]. En la mitad de los pacientes, la presión transpulmonar fue > 25 cmH₂O y en estos pacientes se inició VV-ECMO. En los otros pacientes, la presión transpulmonar fue < 25 cmH₂O y por lo tanto la PEEP se incrementó de 17 a 22 cmH₂O hasta que la presión transpulmonar fue igual a 25 cmH₂O. Los autores aceptaron presiones de las vías respiratorias de hasta 38 cmH₂O. En estos pacientes, la oxigenación mejoró y no necesitaron VV-ECMO.

Actualmente se sabe que, en el síndrome de dificultad respiratoria aguda, la fracción de espacio muerto pulmonar está considerada como un predictor independiente de la mortalidad, son embargo aún no es utilizado de forma constante durante el estudio de esta patología, a pesar de tener la ventaja de ser un síndrome que se puede calcular a la cama del paciente de manera rutinaria

El ratio ventilatorio se define como: $\text{vol. minuto (ml/min)} \times \text{PaCO}_2 \text{ mmHg} / \text{peso predicho} \times 100 \times 37.5$

La fracción fisiológica de espacio muerto y el ratio ventilatorio definido como: $\text{vol. minuto (ml/min)} \times \text{PaCO}_2 \text{ mmHg} / \text{peso predicho} \times 100 \times 37.5$, siendo un valor cercano a 1, es un factor de importancia en la insuficiencia respiratoria. Son medidas útiles para pronóstico y progresión

Tomando esto en cuenta sabemos que es un índice en el cual se evidencia la alteración de la ventilación en un minuto para todos los pacientes con respecto a la presión medida de dióxido de carbono y a pesar de ser un valor sin unidades el resultado con un valor aproximado a uno representa pulmones que se ventilan de manera normal por tanto un valor elevado en esta relación representara un lógico incremento en el espacio muerto pulmonar, último parámetro que hasta el momento no ha sido medido en ningún estudio como predictor de mortalidad. Sin embargo, de manera hipotética se espera que el ratio ventilatorio tenga una relación directa con el espacio muerto pulmonar y el año durante el síndrome de dificultad respiratoria

Los datos se extrajeron de una base de datos de pacientes con síndrome de dificultad respiratoria de pacientes en el año 2000 en el hospital general de Zuckerberg de san francisco, todos los pacientes fueron tratados en las unidades de cuidados intensivos quirúrgicas, médicas y de trauma, utilizando los criterios del consenso europeo para SDRA, con consentimiento por parte de cada uno de los pacientes para integrarse en este estudio

Por una parte, se tomó una gasometría arterial para la medida de la $Paco_2$, al mismo tiempo que se valoró la curva de capnógrafo, mientras que la fracción de espacio muerto pulmonar se midió mediante la Enghoff-Bohr ($V_d/V_t = PaCO_2 - CO_2 \text{ et}/PaCO_2$), se utilizó además la medición de peso predicho y la estadificación de síndrome de insuficiencia respiratoria aguda según los criterios de Berlín.

Todos los parámetros fueron comparados con los resultados de dos estudios previos : el primero con el uso de albuterol en pacientes con SDRA , y el segundo el donde se utilizó la medida del ratio ventilatorio como medida pronóstica para la evolución del síndrome de dificultad respiratoria, para probar la utilidad pronóstica del ratio ventilatorio en SDRA, se realizó un análisis de los estudios primarios en donde se estadifico el ratio ventilatorio según dos grupos el primero con un ratio ventilatorio bajo y el segundo con un ratio ventilatorio alto tomando como punto de corte : dos , con respecto a la medida de la mediana en estudios previos .

Para el análisis pronóstico se utilizó la mortalidad hospitalaria y los días sin ventilador como las principales medidas de resultado y pronóstico durante la estancia hospitalaria o los primeros sesenta días posteriores a su egreso hospitalario y los días sin ventilación mecánica hasta el día 28 sin presencia de ventilación mecánica previo a esto no se consideró la presencia de ausencia de ventilación mecánica.

El grupo total de análisis fue de 1017 pacientes examinados de los cuales 685 se manejaron con el protocolo de red ARDS, y se consideraron para el análisis. De todos estos pacientes no tenían diferencias significativas demográficas, clínicas o de mortalidad, sin embargo en todos ellos se realizaron medidas del ratio ventilatorio dentro de las primeras 12 horas de estancia hospitalaria e inicio del síndrome de dificultad respiratoria y posteriormente una segunda medición a las 48 y 96 horas del inicio de estancia hospitalaria, dentro de estas mediciones también se realizó la medida de la escala de APACHE en todos ellos , en donde el 39 % de los pacientes analizados con la primera medición fallecieron antes del alta hospitalaria , el rango de la PAFI promedio fue entre 136 y 660 mmHg , con un volumen corriente medio entre 6.4 y 6.5 ml / kg de peso.

Con estos parámetros se estableció que el ratio ventilatorio se relaciona directamente con el espacio muerto anatómico, pero no con la producción de CO_2 , teniendo una relación directa entre estas dos variables.

Los valores más altos de ratio ventilatorio se asociaron con un mayor espacio muerto pulmonar en pacientes con SDRA , así mismo el ratio ventilatorio se asoció con un mayor riesgo de mortalidad hospitalaria a pesar del ajuste y el uso de la escala de APACHE, por lo tanto los hallazgos de este estudio establecen la utilidad pronóstica del ratio ventilatorio , así como el valor como factor pronóstico en la mortalidad , con una existencia de un valor de $p < 0.0001$ para la relación existente entre el ratio ventilatorio y los valores de espacio muerto anatómico , en comparación con la relación entre el ratio ventilatorio y la producción del volumen de CO_2 con una p no estadísticamente significativa de 0.12, teniendo en cuenta que

la producción de este último establece un factor determinante en la homeostasis de pacientes críticamente enfermos e impacta en cualquier medida de ventilación que previamente se encuentre deteriorada.

Además, se establece que en comparación con la PAFI la medida del espacio muerto pulmonar establece una variable más confiable que conserva su valor posterior a maniobras de optimización del PEEP y estrategias de cambio y vigilancia en decúbito prono, permaneciendo estable a pesar de los cambios realizados y manteniendo su valor a pesar de los cambios en estas maniobras.

Dentro de esta evaluación, no fue posible determinar si en el momento de su medición, el paciente estaba teniendo un esfuerzo respiratorio espontáneo adicional, las cuales pudieron haber dado cambios importantes en la medición del ratio ventilatorio, así como en el espacio muerto pulmonar, lo que pudo haber provocado una mayor alteración entre las dos variables estudiadas, así mismo tampoco se dispone del uso de agentes paralizantes o niveles de sedación durante el uso de ventilación mecánica, lo que pudo haber influido directamente en la mecánica ventilatoria, o en el esfuerzo ventilatorio presentado por los pacientes evaluados, parámetros que presentan una limitación del estudio, sin embargo, la medición del ratio ventilatorio es un método simple de valoración fisiológica que se correlaciona directamente con el espacio muerto pulmonar y que los valores más altos se asocian con un mayor riesgo de mortalidad por lo que puede ser considerado como una medición útil para la valoración del pronóstico y la mortalidad del paciente durante su estancia en la unidad de cuidados intensivos. **(6,7)**

La fracción fisiológica del espacio muerto (VD / VT) y la producción de CO_2 dictan las demandas ventilatorias del cuerpo. En la insuficiencia respiratoria, la VD / VT es el factor más importante que dicta la adecuación ventilatoria. Son medidas útiles para pronóstico y progresión. **(8)**

$$VR = \frac{\dot{V}_{E_{measured}} \times P_{aCO_2_{measured}}}{\dot{V}_{E_{predicted}} \times P_{aCO_2_{predicted}}}$$

Estudio 1, se utilizó capnografía volumétrica para estimar la VD / VT diaria y medir el $\dot{V} \cdot CO_2$ en 48 pacientes. Simultáneamente, se calculó la relación ventilatoria utilizando mediciones de gases en sangre arterial junto con variables respiratorias y ventilatorias. En aquellos pacientes con una relación PaO_2 / FiO_2 al ingreso <40 kPa. Las primeras mediciones se realizaron tras la estabilización del paciente y dentro de las primeras 24 horas siguientes al ingreso en UTI. Luego, las mediciones se realizaron una vez al día hasta que se realizaron seis registros consecutivos o hasta que el paciente se había retirado del ventilador o había muerto, lo que fuera el período más corto o mostró que había una correlación positiva significativa entre VR y VD / VT (r modificado = 0,71) y $\dot{V} \cdot CO_2$ ($r = 0,14$). La correlación entre VR y VD / VT fue más fuerte en la ventilación obligatoria en comparación con la ventilación espontánea.

Estudio 2: 224 pacientes ventilados tenían VR diaria y otras variables respiratorias, características basales y resultados registrados. La base de datos se utilizó para examinar el valor pronóstico de la RV. Se registraron el modo de ventilación, los resultados de la gasometría arterial y las variables respiratorias estándar para todos los pacientes. Estas variables se utilizaron para calcular la RV, la relación PaO₂ / FiO₂ y el cumplimiento dinámico. Además, también se registraron las puntuaciones APACHE II, los resultados de mortalidad y los días de ventilación.

Mostró que la RV fue significativamente mayor en los no supervivientes en comparación con los supervivientes (1,55 frente a 1,32; P <0,01). La regresión logística univariante mostró que una mayor RV se asoció con la mortalidad (OR 2,3, P <0,01): Los resultados de este estudio muestran que la RV está más estrechamente asociada con la mortalidad que la relación PaO₂ / FiO₂. ○ Una RV más alta se asoció con un peor resultado después de ajustar la puntuación APACHE II

Rara vez se utiliza la ventilación adecuada para categorizar la gravedad de la enfermedad y guiar las estrategias ventilatorias por su difícil medición. El análisis fisiológico muestra que la RV está influenciada por el espacio muerto (VD / VT) y la producción de CO₂ (V · CO₂)

Análisis post hoc de un estudio prospectivo de cohorte observacional de las UCI de 2 hospitales de atención terciaria en los Países Bajos, en el que se compararon métodos para medir la fracción estimada de espacio muerto y el radio ventilatorio de 940 pacientes con SDRA, y determinar sus valores independientes para predecir mortalidad a 30 días. **(9)**

Actualmente la única variable fisiológica medida en la Definición de Berlín para el SDRA es PaO₂ / FiO₂, sin embargo, su valor pronóstico para la predicción de la mortalidad es limitado.

El aumento en la fracción estimada del espacio muerto es resultado de lesión endotelial, taponamiento microvascular con agregados celulares y trombos y flujo sanguíneo pulmonar desordenado, así como sobre distensión de unidades alveolares que puede resultar de la heterogeneidad dentro del pulmón lesionado y / o del uso de ventilación mecánica en sí.

El espacio muerto es la parte de cada volumen corriente que no contribuye a la eliminación de CO₂ y representa un buen índice global de eficiencia de la función pulmonar. Su medición se ha visto relacionada como factor pronóstico independiente de la oxigenación, pero su uso no es rutinario debido a los costos elevados de los métodos de medición directa. Recientemente se ha validado un método clínicamente práctico, el radio ventilatorio (VR), para estimar el espacio muerto pulmonar. Puede calcularse utilizando variables respiratorias medidas de forma rutinaria al lado de la cama. **(10)**

Hallazgos: La fracción estimada de espacio muerto y el radio ventilatorio en los días 1 y 2 fueron significativamente mayores entre los no sobrevivientes ($p < 0,01$)

La validez prevista de la fracción estimada de espacio muerto y el radio ventilatorio mejoraron el modelo basal basado en PEEP, PaO_2 / FiO_2 , presión de conducción y distensibilidad del sistema respiratorio en el día 2 (AUROCC 0,72 frente a 0,69, $p < 0,05$). AUROCC: área bajo la curva de características operativas del receptor

Harris-Benedict [VD / VT_{HB}] y Penn State [VD / VT_{PS}] no se asociaron con la mortalidad.

En el estudio actual, el RV se asoció de forma independiente con la mortalidad el día 2, pero no el día 1 del SDRA

Después del ajuste por covariables predefinidas (APACHE IV, PEEP, PaO_2 / FiO_2 , presión de conducción y distensibilidad del sistema respiratorio), el modelo de regresión logística mostró una asociación independiente con la mortalidad al día 30 para la fracción estimada de espacio muerto calculada por la fórmula directa (VD / VT_{phys}) y la relación ventilatoria en el día 2. Se sabe que los valores de PaO_2 / FiO_2 durante el SDRA pueden variar y que los valores medidos durante las primeras 24 h de ventilación mecánica no son tan predictivos de resultados debido a que la causa subyacente se ha abordado de manera eficaz o porque se trató o evitó una sobrecarga de líquidos significativa

Ningún método de edición de fracción estimada de espacio muerto fue superior, todos igual. La mortalidad al día 30 fue del 31%. Los no supervivientes eran mayores de edad que los supervivientes y tenían una puntuación APACHE IV significativamente más alta.

El trauma se asoció con una menor mortalidad. La cirrosis hepática y la inmunodeficiencia presentaron una mortalidad significativamente mayor

Se concluye que ambas mediciones sí están asociadas con la mortalidad el día 30 y agregan una mejora estadísticamente significativa pero limitada en la precisión predictiva de los índices de oxigenación y mecánica del sistema respiratorio en el segundo día de ventilación mecánica

Las estimaciones de la ventilación deteriorada en el segundo día de ventilación mecánica pueden proporcionar información de pronóstico limitada pero útil que no es captada por los índices de oxigenación convencionales y la mecánica del sistema respiratorio en pacientes con SIRA.

Algunos autores sugieren que parte del SDRA asociado al SARS-Cov-2 puede presentar una distensibilidad del sistema respiratorio (CRS) relativamente alta y escasa capacidad de reclutamiento con PEEP, en contraste con la hipoxemia severa. En consecuencia, los niveles altos de PEEP pueden ser perjudiciales en este llamado "fenotipo".

Este estudio se realizó entre 01-enero de 2022 a 31-julio de 2022 en la UCI médica del hospital universitario de Angers.

Se evaluó sistemáticamente la mecánica respiratoria y la capacidad de reclutamiento en el SDRA asociado con el SARS Cov2. El intercambio de gases, CRS y hemodinámica se evaluaron a 2 niveles de PEEP (15 cmH₂O y 5 cmH₂O) dentro de las 36 h (día 1) y de 4 a 6 días (día 5) después de la intubación. Se utilizó el cociente reclutamiento / inflación (R / I) (es decir, el cociente entre la distensibilidad pulmonar reclutada y la CRS a una PEEP 5 cmH₂O) para evaluar la capacidad de reclutamiento pulmonar.

Entre los 25 pacientes evaluados el día 1, 16 (64%) se consideraron altamente reclutables (relación R / I 0,70 [0,55-0,94]) y 9 (36%) fueron considerados como poco reclutables (relación R / I 0,41 [0,31 -0,48])

Entre los 16 pacientes considerados altamente reclutables el día 1, se realizó una segunda evaluación de la relación R / I el día 5 en 10 pacientes. Entre estos 10 pacientes, 7 siguieron siendo altamente reclutables y 3 se volvieron poco reclutables, 1 paciente fue cambiado temprano a soporte de presión, 4 pacientes fueron dados de alta de la UCI y 1 murió antes de la segunda relación R / I evaluación.

Entre los 9 pacientes considerados como de escasa capacidad de reclutamiento en el día 1, se realizó una segunda evaluación de la relación R / I el día 5 en 5 pacientes. Entre estos 5 pacientes, 4 se volvieron altamente reclutables y 1 permaneció mal reclutable.

Los otros 4 pacientes fueron cambiados temprano a presión de soporte. La fracción de derivación estimada (SHUNT) (n = 19, 13 en pacientes altamente reclutables, 6 en pacientes poco reclutables) fue menor con PEEP 15 cmH₂O que con PEEP 5 cmH₂O en ambos grupos (28 [19,5-33] frente a 45 [30,5-55,5]%, p <0,01 en pacientes altamente reclutables; 32 [24-41,8] frente a 42 [28,5-52,3]%, p = 0,03 en pacientes poco reclutables). La CRS en PEEP 5 cmH₂O o 15 cmH₂O no fue diferente en los 2 grupos

Entre los pacientes inicialmente considerados como de escasa capacidad de reclutamiento, algunos de ellos se vuelven altamente reclutables 5 días después.

El volumen pulmonar reclutado en PEEP 15 cmH₂O en comparación con PEEP 5 cmH₂O fue significativamente mayor en los pacientes altamente reclutables que en los pacientes con escasa capacidad de reclutamiento (338 [245-454] ml frente a 206 [91-275] ml; p < 0,01)

En esta serie de 25 pacientes con SDRA asociado con SARS - Cov2, el 64% se consideró como altamente reclutable y solo el 36% como poco reclutable según la relación R / I realizada el día de la intubación. Esta observación sugiere que una evaluación sistemática de la relación R / I puede ayudar a guiar la titulación inicial de PEEP para limitar el efecto dañino de la PEEP alta innecesaria. (11,12)

Sin diferencia en PAFI 3 día. PCO₂ incremento + 4.3. RV incremento +0-32. Delta creatinina

mayor. Correlacion significativa de RV entre PEEP y DP. PROVENT COVID DATA (morales quintero), 927 pacientes, Cuantificación del deterioro de la ventilación usando estimadores de espacio muerto. Fracción de espacio muerto, RV, PCO₂ arterial ratio. No asociado significativamente a mortalidad 28 días. Los pacientes con incremento del espacio muerto requieren mayor ventilación mecánica, por la hipercapnia. Incrementando el la lesión pulmonar y el poder mecánico. La PAFI ratio ni su variación se asociaron con mortalidad hospitalaria. Hemorragias y neumotorax mas frecuente en los no sobrevivientes. Mortalidad UCI 31.0% 28 días. (13,14)

El índice de reclutabilidad, prueba la capacidad de reclutamiento, realizando un cambio en la PEEP de un nivel mas bajo a un PEEP alto, utilizar el modo controlado por volumen, realizando un ajuste en la pausa inspiratoria de 0.3 segundos para medir la presión de apertura de la vía aérea en la curva de presión tiempo, reduciendo una frecuencia respiratoria de 8-10 por minuto. Se ingresa el volumen exhalado a una PEEP alta con la frecuencia respiratoria de 6-8, se realiza cambio de PEEP alto a bajo, mirando la presión meseta con un ajuste de la pausa inspiratoria de 0.3 segundos, siendo la PEEP alta superior a la presión de apertura de la vía aérea. Ingresando los valores de presión meseta, PEEP alto, PEEP bajo, delta de presión, presión de apertura de vía aérea, volumen tidal inicial, volumen tidal exhalado con PEEP alto, y bajo. Un valor > 0.5 sugiere mayor potencial de reclutamiento pulmonar. (15)

En el Hospital Juárez de México, las medidas que se llevan a cabo en lugar del ratio ventilatorio, es la valoración de índice de estrés, que consiste en la medición visual de las curvas de presión tiempo y bucle presión volumen, para valorar si el PEEP ocasiona sobre distensión o colapso, según la morfología de la curva en cóncavo y convexo. Siendo sobre distensión mayor 1, colapso menor a 1.

Durante la pandemia la prevalencia de SDRA tuvo mayor ocupación de la terapia intensiva, llegando a sobrepasar el número de camas e insumos. Ocupando el 85% en terapia intensiva, cerca del 15% no se registró como tal el diagnóstico y fueron los que no requirieron de intubación o no cumplieron con criterios

Las ventajas que se tiene de medir el ratio ventilatorio previo a maniobra de reclutamiento y titulación y posterior a ello, sería una manera de variable cuantitativa de sobre distensión, versus cualitativamente sobre el índice de estrés. Que se pudiera observar de manera inmediata posterior a la maniobra e implementar el ajuste del PEEP titulado.

La sobre distensión pulmonar tiene consecuencias, al incrementar el estrés y por ende el strain, el riesgo de lesión pulmonar inducida por la ventilación y el incremento del espacio muerto, disminuyendo el área de intercambio de oxígeno. Un reclutamiento submáximo puede agravar la heterogeneidad pulmonar y amplificar los

mecanismos generadores de injuria.

A su vez, existen datos en la literatura acerca de que la apertura pulmonar submáxima puede agravar el shunt pulmonar por reclutamiento vascular con escasa o nula apertura alveolar.

Se deberá intentar una estrategia de protección pulmonar que minimice la sobredistensión pulmonar de las zonas no dependientes y el colapso con reclutamiento y desreclutamiento cíclico en las zonas dependientes de la gravedad. Para lograrlo se deberá ventilar con volumen corriente bajo, un nivel adecuado de presión al final de la espiración (PEEP) y presiones de distensión bajas.

La utilización de diferentes niveles de PEEP ha sido la piedra angular en el tratamiento de la IRA en el SDRA. Su aplicación se fundamenta en el concepto de que la PEEP es capaz de abrir unidades previamente colapsadas; sin embargo, desde un punto de vista físico, la aplicación de presión positiva espiratoria en la vía aérea, más que abrir nuevas unidades alveolares, evita que se cierren o colapsen las unidades alveolares insufladas en la fase inspiratoria del ciclo respiratorio inmediatamente anterior. Por ello, la aplicación de niveles de PEEP en un pulmón heterogéneo como el del SDRA, puede condicionar un aumento de la heterogeneidad y, en consecuencia, amplificar los fenómenos de sobredistensión y colapso con el consiguiente aumento del daño por el ventilador.

La realización de maniobras de reclutamiento alveolar, cuyo objetivo es lograr la apertura rápida y simultánea de la mayoría de las unidades alveolares y, en consecuencia, una homogeneización pulmonar. Logrado ello, la aplicación posterior de un patrón ventilatorio con niveles adecuados de PEEP (titulación) permite mantener y asegurar el reclutamiento alveolar obtenido con esta maniobra; esto con la menor presión de distensión o Driving Pressure.

El reclutamiento alveolar se define como la reexpansión de áreas pulmonares previamente colapsadas mediante un incremento breve y controlado de la presión transpulmonar. Se deben aumentar las presiones en vía aérea, superar las presiones críticas de apertura y luego asegurar el pulmón abierto con un adecuado nivel de PEEP.

El objetivo del reclutamiento alveolar es lograr la apertura rápida y simultánea de la mayoría de las unidades alveolares colapsadas, con lo cual se logra una homogeneización del parénquima pulmonar, se revierte la hipoxemia generada por este mecanismo y se crean las condiciones para una ventilación más protectora.

Hay que recordar que la maniobra de reclutamiento forma parte de una estrategia de ventilación protectora, llamada open lung approach o ventilación con pulmón abierto.

Este procedimiento está indicado en pacientes con Síndrome de Distrés Respiratorio Agudo moderado a severo, en etapa precoz, con menos de 72 horas de instalación. Existen en la literatura múltiples formas de realizar la maniobra de

reclutamiento el cual podemos agruparlas en tres: insuflaciones sostenidas en CPAP, suspiros intermitentes y estrategia de máximo reclutamiento.

Previo al inicio de la maniobra se debe realizar estabilización hemodinámica, sedación, analgesia del paciente, quien debe estar con monitorización continua y de oximetría de pulso. La maniobra se debe suspender si aparece hipotensión severa presión arterial media menor de 60 mm Hg, arritmias graves; o disminución de la SaO₂ por debajo de 87-90 %.

El procedimiento consiste: En modo controlado por presión, paciente sedado, monitorizado y con estabilidad hemodinámica. $\Delta P=15$ cm H₂O; FIO₂=1; Fr 15 rpm; relación I/E=1:2. PEEP de 25 cm H₂O durante 2 minutos; se aumenta 5 cm H₂O progresivamente cada 2 minutos hasta un nivel máximo de PEEP de 40 cm H₂O de PEEP. Al final del último incremento de PEEP se disminuye durante dos minutos a PEEP=25 cm H₂O y se realiza medida de gases arteriales. Si el paciente no recluta con las presiones descritas se debe considerar un último incremento a PEEP de 45 cm H₂O, con igual patrón respiratorio (presión máxima 60 cm H₂O).

Para que la maniobra sea efectiva se requiere: superar la presión crítica de apertura durante la fase inspiratoria; mantener esta presión de apertura por un período de tiempo

suficiente y, evitar el colapso alveolar durante la fase espiratoria con la aplicación de un nivel adecuado de PEEP.

Posterior a maniobra de reclutamiento, se realiza la titulación del PEEP. Este criterio se basa en aplicar la información obtenida directa o indirectamente de la curva P/V para asociar a los volúmenes corrientes bajos que evitan la sobre distensión del baby lung, un nivel de PEEP que proteja del cierre y apertura cíclica alveolar. Quienes defienden el reclutamiento máximo proponen asociar maniobra de reclutamiento, VC bajo (6 ml/kg) y nivel de PEEP escogido de acuerdo al criterio de mecánica pulmonar, para mantener el reclutamiento pulmonar logrado.

El objetivo es mantener el reclutamiento alveolar obtenido durante la fase inspiratoria del ciclo respiratorio inmediatamente anterior o luego de una Maniobra de Reclutamiento Alveolar. De esta manera, se evita el colapso de dichas unidades, manteniendo la homogenización pulmonar y protegiendo al pulmón de la lesión asociada a la ventilación mecánica.

Con niveles altos de PEEP el pulmón está sobredistendido, por lo cual el descenso de las presiones genera alivio de sobredistensión con mejoría de la complacencia de sistema respiratorio (Csr). Esto ocurre hasta que los alvéolos más inestables comienzan a colapsarse y la Csr comienza a empeorar. Existe una zona donde sobredistensión y colapso conviven en forma mínima; es aquí donde la Csr es mejor y la cantidad de pulmón funcional es mayor y, por ende, la presión de distensión o driving pressure es menor y la protección óptima.

Procedimiento: Modo PCV, paciente sedado, monitorizado, con estabilidad hemodinámica $\Delta P=10$ cm H₂O; FIO₂=1; Fr 15 rpm; relación I/E=1:2; PEEP=25 cm H₂O.. Descender PEEP de 2 cm H₂O cada 2-4 minutos. En cada nivel de PEEP se mide la compliance dinámica. La PEEP a utilizar será 2 cm H₂O por encima de la que genere la mejor CSR. (16,17)

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

En la unidad de cuidados intensivos del Hospital Juárez de México, el manejo del paciente con Síndrome de distrés respiratorio agudo es multidisciplinario, con respecto a la lesión pulmonar preexistente y la hipoxemia generada se busca incrementar la superficie alveolar disponible para el intercambio gaseoso, mejorar la oxigenación respectivamente con el menor daño posible secundario a la ventilación mecánica. Realizando las maniobras de reclutamiento y titulación alveolar, que al realizarlas de manera errónea pueden conllevar al desarrollo de sobre distensión alveolar.

Para la vigilancia y la valoración de las maniobras de reclutamiento que se realizan existen varios métodos de los cuales el Gold estándar es la tomografía de impedancia, como método de monitorización en el paciente crítico en ventilación mecánica, no siendo accesible para todos los centros hospitalarios de la ciudad de México, por lo que se utilizan múltiples herramientas basadas en estimaciones con parámetros obtenidos del ventilador mecánico. Para una monitorización de las alteraciones tanto a nivel ventilatorio como a nivel cardiovascular antes, durante y posterior a la maniobra de reclutamiento y titulación.

Situación que demuestra la posibilidad de establecer con estimaciones cuantitativas de bajo costo, fácil acceso, la sobre distensión pulmonar y prevenir sus complicaciones. al mismo tiempo que se guía el tratamiento de manera dinámica durante su estancia en el servicio de terapia intensiva

La fracción de espacio muerto pulmonar está considerada como un predictor independiente de la mortalidad, sin embargo, aún no es utilizado de forma constante durante el estudio de esta patología, a pesar de tener la ventaja que se puede calcular a la cama del paciente de manera rutinaria.

JUSTIFICACION

En el servicio de terapia intensiva del hospital Juárez de México en el periodo comprendido del mes de junio de 2021 a diciembre 2021 tuvo una incidencia de SIRA de aproximadamente: 63%.

Dentro del manejo multidisciplinario al que se someten los pacientes con SDRA severo, se encuentra el manejo de la ventilación mecánica invasiva, y dentro de este el uso de maniobras de reclutamiento alveolar para aumentar las áreas de superficie pulmonar disponibles para el intercambio de gases y disminución subsecuente del cortocircuito pulmonar.

Durante la realización de las maniobras de reclutamiento se pretende mantener las metas de protección alveolar establecidas, sin embargo, en aproximadamente un 12% de los pacientes sometidos a estas maniobras se presentan complicaciones asociadas a sobre distensión alveolar a pesar de realizar de manera adecuada el protocolo de reclutamiento.

Para la monitorización de la sobre distensión alveolar que estos pacientes pueden llegar a sufrir tomamos como parámetro el incremento en el ratio ventilatorio posterior a una maniobra de reclutamiento, siendo este comparado con el índice de estrés, ambos parámetros tomados como mediciones cuantitativas prácticas y útiles capaces de aplicarse a la cabecera del paciente, como una medida de respuesta a la maniobra de reclutamiento. Con la capacidad de disminuir las complicaciones asociadas a sobre distensión pulmonar.

Estableciendo las indicaciones claras y el beneficio o no del uso de las maniobras de reclutamiento el paciente con SDRA y por tanto impactar en la morbimortalidad de los pacientes durante su estancia en la unidad de cuidados intensivos del Hospital Juárez de México

OBJETIVOS

OBJETIVO PRIMARIO

- Conocer la relación de la sobre distensión e incremento del espacio muerto secundario a realización de maniobras de reclutamiento alveolar y titulación con el aumento en el valor del ratio ventilatorio, tomando como valor inicial el ratio ventilatorio previo a la maniobra de reclutamiento alveolar y posterior a titulación del mismo.

OBJETIVOS SECUNDARIOS

- Establecer la relación del índice de estrés y el ratio ventilatorio en un paciente posterior a maniobras de reclutamiento alveolar y titulación.
- Obtener el valor del delta del ratio ventilatorio tomando como parámetros de ratio ventilatorio los valores previos y posteriores a la maniobra de reclutamiento alveolar y titulación.
- Establecer la relación del daño pulmonar por el SDRA previo en el paciente y el valor del delta de ratio ventilatorio obtenido posterior a las maniobras de reclutamiento y titulación.
- Mortalidad de los pacientes a los 28 días posterior a las maniobras de reclutamiento
- Complicaciones asociadas.

PREGUNTA DE INVESTIGACIÓN

¿El uso inadecuado de maniobras de reclutamiento alveolar en el servicio de terapia intensiva, predispone a una sobre distensión alveolar e incremento del espacio muerto?

¿La comparación del Ratio Ventilatorio con índice de estrés, puede ser un predictor de sobre distensión durante la maniobra de reclutamiento alveolar en pacientes bajo ventilación mecánica invasiva?

HIPÓTESIS

Hipótesis nula (Ho): No existe relación en la alteración del delta del ratio ventilatorio posterior a maniobra de reclutamiento y titulación alveolar se llegue a correlacionar con incremento del espacio muerto y sobre distensión.

Hipótesis alterna (H1): No existe relación en la alteración del delta del ratio ventilatorio posterior a maniobra de reclutamiento y titulación alveolar se llegue a correlacionar con incremento del espacio muerto y sobre distensión.

MATERIAL Y METODOS

Diseño del estudio

El presente es un estudio prospectivo, longitudinal, observacional, en el cual se analizan datos obtenidos de pacientes en la unidad de cuidados intensivos del Hospital Juárez de México entre un periodo comprendido marzo 2020 a enero 2021.

Aspectos Éticos

El comité de investigación y el comité de ética en investigación del Hospital Juárez de México revisaran este protocolo.

Los pacientes que ingresan al servicio de terapia intensiva cuentan con consentimiento informado que autoriza la realización de procedimientos diagnósticos o terapéuticos durante su estancia y que no se realizaron intervenciones que modificaran el manejo habitual y adecuado de los pacientes ni que le causaran ningún daño.

Población y Muestra

Pacientes que ingresaron al área de medicina intensiva, en el Hospital Juárez de México y que se realizó reclutamiento alveolar, en el periodo comprendido entre periodo de 11 meses marzo 2020 a enero 2021, considerando nuestro universo de trabajo todo paciente que ingreso a terapia intensiva que ameritaron maniobra de reclutamiento y titulación, dado que estos pacientes cumplían con todos los criterios para ingreso al protocolo.

El análisis se llevará a cabo sobre una muestra de pacientes mayores de 18 años, de ambos sexos, que ingresen al servicio de terapia intensiva, con requerimiento de realizar maniobra de reclutamiento y titulación alveolar, con SDRA de cualquier etiología.

Criterios de inclusión

Pacientes mayores de 18 años con necesidad de reclutamiento alveolar

SDRA de cualquier etiología

Criterios de exclusión

Pacientes que no cumplan con índice de reclutabilidad.

Pacientes con patología pulmonar previa fibrótica.

Pacientes embarazadas.

Pacientes provenientes de otras áreas o servicio el cual ya hubiera sido reclutado previamente.

Pacientes con inestabilidad hemodinámica que condicione falla a la maniobra de reclutamiento

Criterios de eliminación

Expedientes incompletos

Que no se especifique la maniobra de reclutamiento y titulación

Sin registro de la mecánica ventilatoria.

Descripción de las variables.

a) Variables: cuantitativas

b) Escalas de medición: continua

c) Variable dependiente: mecánica ventilatoria

d) Variable independiente: maniobra de reclutamiento y titulación

Estrategias de recolección de la información.

La información sobre características sociodemográficas, así como de antecedentes médicos de importancia y lista de medicamentos de los pacientes ser obtenida a través de la historia clínica completa del expediente medico.

Se valora a través de sabana de enfermería la recolección de estudios de: taller gasométrico y valores programados del ventilador.

Descripción de variables

Variable	Definición conceptual	Definición operacional	Tipo de variables	Escala de medición y unidad de medición	Indicadores
Sobredistensión	Estiramiento o exagerado del	Medición bucle=Presión/volumen			Cóncava <1, convexa >1, recta 1.

	parénquima pulmonar. Que puede ocasionar VILI				
Ratio ventilatorio	Homogeneidad entre la ventilación y perfusión. Areas pulmonares que son ventiladas pero no perfundidas . Fracción de espacio muerto pulmonar	Ratio= (volumen minuto x CO2)/ 37.5x100x Peso predicho	Cuantitativa	Continua	mmHg
Índice de reclutabilidad	Relación entre la distensibilidad del pulmón reclutado y la del sistema respiratorio. Sugiriendo potencial pulmonar con respecto a la inflación pulmonar	Se ocupa una app de calculadora que solicita parámetros como PEEP máximo, mínimo, presión de apertura, volumen tidal, presión meseta. Dando un rango de <0.5 o >0.5	Cuantitativa	continua	
PAFIO2	Índice de oxigenación alveolar, relacionado con la fracción inspirada de oxígeno y la presión arterial de oxígeno	El cociente de la presión arterial de oxígeno y la fracción inspirada de oxígeno (PaO2/FIO2)	Cuantitativa	Continua	mmHg

CO2	Medición arterial de Dióxido de carbono	Medición arterial del dióxido de carbono medido en gasometría arterial	Cuantitativa	Continua	cmH2O
Presión de Conducción	Presión necesaria para mantener el sistema alveolar abierto	Diferencia entre la presión meseta y PEEP	Cuantitativa	Continua	cmH2O
Distensibilidad estática	Distensión o alargamiento de una estructura	Delta Volumen/ Delta presión	Cuantitativa	Continua	cmH2O
Poder mecánico	Grado de energía impuesto del ventilador hacia el pulmón	$0.098 \times \text{volumen minuto} (P_{\text{max}} - (P_{\text{meseta}} - \text{peep}) / DP)$	Cuantitativa	Continua	Joules
Edad	Los años de vida de un individuo	Los años totales de vida de un individuo	Cuantitativa	Continua	Años totales
Mortalidad	Cantidad de personas que mueren en un lugar y en un periodo de tiempo determinadas en relación con el total de la población		Cualitativa	Nominal	Si/No.
Días de estancia en UCI	Tiempo de estancia en UCI	Los días naturales contados desde el ingreso al egreso de la UCI	Cuantitativa	Continua	Días totales.

Variables cuantitativas:

Peso predicho, volumen minuto, CO₂, PO₂, PAFI, Sao₂, Presión de apertura de la vía aérea, PEEP, volumen tidal exhalado, presión meseta, presión pico, Ratio ventilatorio, índice de reclutabilidad, índice de estrés, poder mecánico, distensibilidad estática, distensibilidad dinámica, presión transpulmonar, presión transaérea, balón esofágico, diferencia alveolo arterial, diferencia arterio venosa.

Variables cualitativas

Edad, sexo, diagnostico, comorbilidades, patrón tomográfico.

TECNICA DE RECOLECCION DE DATOS

Se consulto la bitácora de terapia intensiva adultos del mes de marzo del 2020 a enero 2021, y se seleccionaron los pacientes con diagnóstico de síndrome de distrés respiratorio de cualquier etiología, a los que fueron sometidos a maniobras de reclutamiento y titulación alveolar.

RECURSOS Y FINANCIAMIENTO

Se conto con el equipo y material necesario en la Unidad de Cuidados Intensivos del Hospital Juárez de México, sin necesidad de inversión, ya que se utilizó la base de datos del servicio.

DESCRIPCIÓN DEL ESTUDIO

Se trata de un estudio prospectivo, observacional y descriptivo, realizado en el Hospital Juárez de México, en la unidad de cuidados intensivos, en un periodo comprendido 11 meses marzo 2020, enero 2021.

Universo de Trabajo

Población que ingresa a la unidad de cuidados intensivos. En el Hospital Juárez de México, que requieran de maniobra de reclutamiento alveolar, con una muestra aproximada de 100 pacientes, que lleguen a cumplir los criterios de inclusión.

Población

Pacientes que ingresen al servicio de terapia intensiva con requerimiento de maniobra de reclutamiento y titulación alveolar, en la unidad de cuidados intensivos del Hospital Juárez de México.

Muestra:

Se estima en un total de 100 pacientes.

Tiempo:

11 meses, marzo 2020 a enero 2021

Recursos humanos:

Medico residente, Medico Adscrito, personal de enfermería.

Recurso físico:

Papelería, plumas

Recursos Financieros:

No aplica.

Conflicto de intereses:

No aplica.

Aspectos de Bioseguridad

Durante la recolección de información cabe señalar que las actividades realizadas, no existe un procedimiento que pudieran ser peligroso, con riesgo mínimo, ya que se trata de procedimientos no invasivos.

ANALISIS ESTADISTICO

La captura de la información se realizó en una base de datos en formato Excel, donde se recolectaron las siguientes variables: **Ratio Ventilatorio basal**, que corresponde a la medición llevada a cabo antes de realizar la maniobra de reclutamiento y titulación de la PEEP óptima, Ratio Ventilatorio a los 30 minutos posterior a la maniobra de reclutamiento y Ratio Ventilatorio a las 24 horas posterior a la maniobra de reclutamiento, las cuales se midieron como variables numéricas continuas. Partiendo de estos valores se llevó a cabo la medición del Delta del Ratio Ventilatorio, tanto a los 30 minutos como a las 24 horas, ambos valores se midieron como variables numéricas continuas, las cuales se encontraron con una distribución normal. Por último, la medición de la mortalidad se realizó como variable categórica dicotómica.

El análisis estadístico se llevó a cabo realizando una prueba estadística ANOVA tomando en cuenta el ratio ventilatorio a los 30 minutos y el ratio ventilatorio a las 24 horas con el índice de mortalidad como factor independiente. El estudio estadístico se llevó a cabo en el software SPSS versión 25.

RESULTADOS

Se obtuvieron resultados de 337 pacientes. El número de supervivientes fueron 166 y 171 los fallecidos.

		Statistics					
		Defunción	DRV30	DRV24	Antes de Reclutamiento	30 min post recl	24 hrs post recl
N	Valid	337	337	337	337	337	337
	Missing	0	0	0	0	0	0
Mean		.51	.3065	.3433	2.0481	1.7415	1.7047
Median		1.00	.3000	.3000	2.0000	1.7000	1.7000
Mode		1	.40	.10	2.00	1.60	1.90
Percentiles	25	.00	.2000	.1000	1.9000	1.5500	1.4000
	50	1.00	.3000	.3000	2.0000	1.7000	1.7000
	75	1.00	.4500	.6000	2.1000	2.0000	1.9000

Tabla 1 Tabla descriptiva con el promedio, media y moda encontradas en el estudio.

Se encontró una media de ratio ventilatorio al ingreso de 2.04, mientras que a los 30 minutos fue de 1.7415 y a las 24 horas de 1.7047.

En ambos grupos existió un descenso del ratio ventilatorio posterior al pronóstico mas maniobra de reclutamiento y titulación reportado entre 0.1 a 0.7 a los 30 minutos posterior a la intervención ($p=0.491$) y un descenso entre el 0.1 a 1 a las 24 horas posteriores ($p=0.0001$).

ANOVA

		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
DRV30	Between Groups	.039	1	.039	.475	.491
	Within Groups	27.606	335	.082		
	Total	27.646	336			
DRV24	Between Groups	1.948	1	1.948	17.740	.000
	Within Groups	36.780	335	.110		
	Total	38.727	336			

Tabla 2 Prueba de ANOVA donde se comparó el comportamiento del delta ratio ventilatorio a los 30 minutos y a las 24hrs con el número de defunciones presentados en el estudio.

Se encontró una disminución del ratio ventilatorios a las 24 horas que se asoció de manera estadísticamente significativa a la tasa de mortalidad, encontrando que un delta ratio de 0.1 a 0.9 presenta un OR de 0.187 (IC95% 0.087 – 0.401) como factor protector.

(Hay que recordar que un Odds Ratio (OR) que es igual a 1 significa que no hay asociación significativa, un $OR > 1$ es un factor de riesgo y $OR < 1$ es un factor protector. Y lo más importante que en el intervalo de confianza nos dice el hay 95% de probabilidad de que el verdadero OR se encuentre entre los valores de 0.087 y 0.401, o sea, que aún así no es 1 ni mayor a 1).

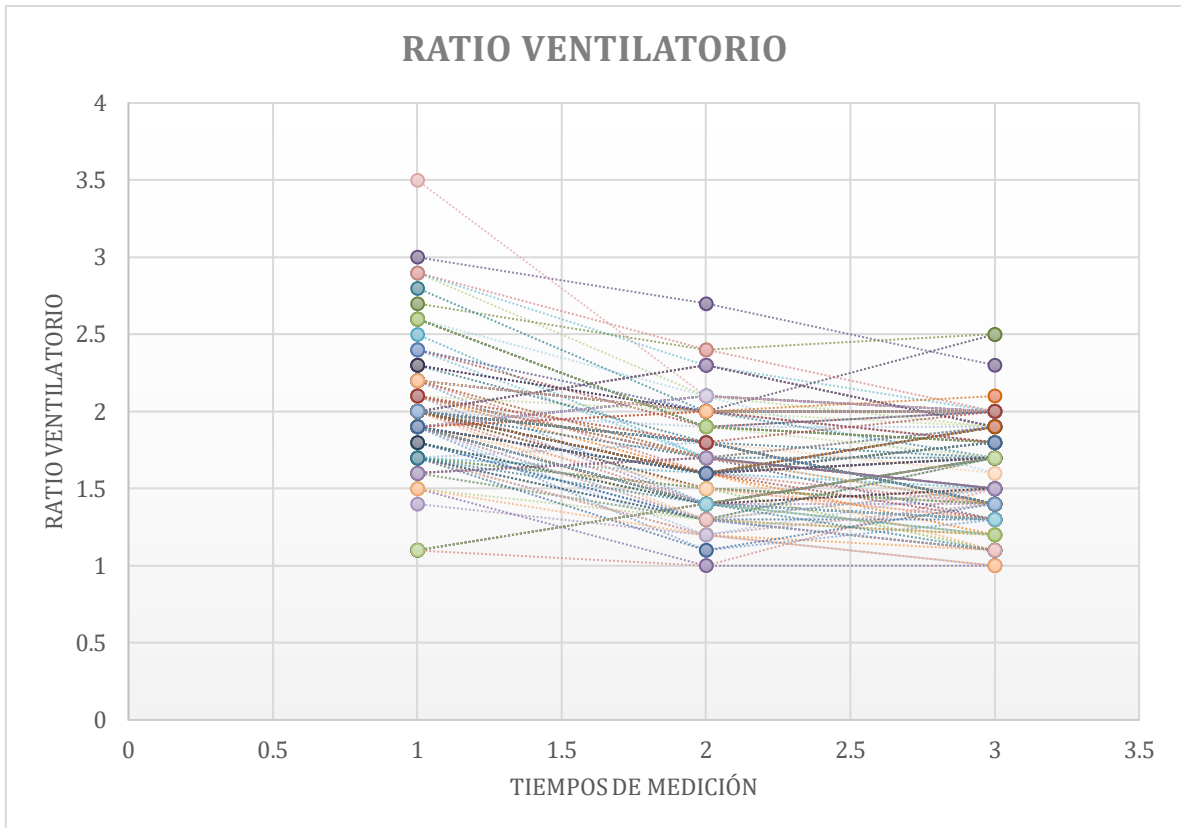


Figura 1 Comportamiento del ratio ventilatorio de acuerdo con los tiempos de medición del total de pacientes (N=337): Tiempo 1 = Antes de maniobra de reclutamiento y titulación de PEEP. Tiempo 2 = A los 30 minutos posterior a intervención. Tiempo 3 = A las 24 horas posterior a la intervención.

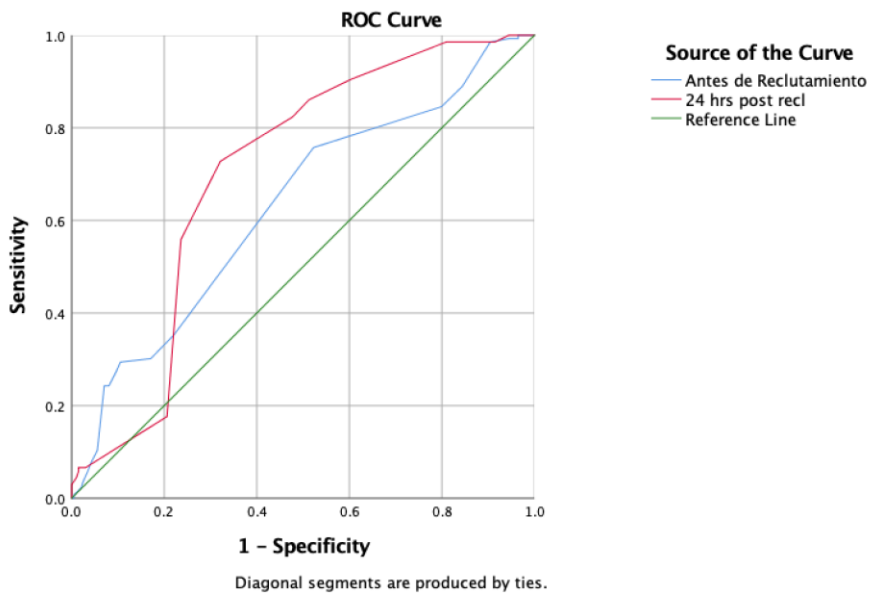


Figura 2 Curva de ROC, donde se valora los cambios de ratio ventilatorio antes del reclutamiento y 24hrs post reclutamiento.

Chi-Square Tests					
	Value	df	Asymptotic Significance (2-sided)	Exact Sig. (2-sided)	Exact Sig. (1-sided)
Pearson Chi-Square	188.744 ^a	1	.000		
Continuity Correction ^b	185.689	1	.000		
Likelihood Ratio	242.311	1	.000		
Fisher's Exact Test				.000	.000
Linear-by-Linear Association	188.183	1	.000		
N of Valid Cases	336				

a. 0 cells (0.0%) have expected count less than 5. The minimum expected count is 61.52.
b. Computed only for a 2x2 table

Tabla 3 Prueba de Chi cuadrada donde se comparó el promedio de defunciones antes y después de la maniobra de reclutamiento alveolar.

DISCUSIÓN

En este estudio se observó que un incremento del ratio ventilatorio se asoció a incremento de mortalidad, sin embargo, una disminución de mortalidad y mejoría. Estos pacientes con SDRA de origen multifactorial, requirieron de maniobras de reclutamiento y titulación alveolar. Siendo una de las maniobras que conlleva monitorización y vigilancia de la mecánica ventilatoria.

La mejoría de los pacientes con SDRA de cualquier etiología, traduce en una disminución del delta de ratio ventilatorio, siendo su cambio más significativo a las 24hrs posteriores a las maniobras en el grupo de los sobrevivientes.

Durante los estudios de ratio ventilatorio y pronóstico de la ventilación mecánica, se valoraron en pacientes con SDRA distintas variables asociadas con la mortalidad. Siendo estas variables heterogéneas. Estos pacientes fueron valorados durante sus primeros 3 días de ventilación, encontrando una asociación independiente del ratio ventilatorio con alto riesgo de mortalidad. En nuestro estudio no fue necesario valorar mayormente, sino las primeras 24hrs, en donde se vio un cambio asociado a reducción del ratio, ya que la maniobra de reclutamiento y titulación se llevó dentro del primer día de ingreso a la Unidad de Cuidados Intensivos. Sin embargo tanto en los estudios previos, como en nuestra valoración, pueden existir variables independientes de mortalidad, desde la edad, enfermedad renal, diabetes, obesidad y grado de severidad de ARDS (faltando en nuestro estudio la valoración demográfica, en búsqueda de otras causas de incremento del ratio ventilatorio). En nuestro estudio el ratio ventilatorio se puede deducir como una variable independiente, pero no única en nuestra población que pudiera verse influenciado en la mortalidad.

El ratio ventilatorio puede ser utilizado como un factor pronóstico utilizando los primeros datos del primer día de ingreso a Unidad de Cuidados Intensivos, teniendo en cuenta su variación desde la admisión incluyendo el manejo adecuado o inadecuado.

La magnitud del delta de ratio ventilatorio, en los sobrevivientes fue menor, que en los no supervivientes.

Es crucial determinar los factores pronósticos para detectar aquellos que son susceptibles de intervención médica.

Esta relación de ratio ventilatoria se encuentra elevada de manera inicial con los pacientes de ARDS. En los estudios de Antonio Torres et al. encontraron valores significativos más altos en pacientes fallecidos. Schenck et al, en 49 pacientes encontraron valores más altos durante los primeros 3 días. En los estudios de Morales Quintero et al, encontraron que un aumento del ratio ventilatorio al ingreso de la UCI se asoció a mortalidad hospitalaria. encontrando que el delta con cada unidad aumenta el riesgo creciente de muerte en un 5 %.

En pacientes con ARDS la causa del incremento del delta ratio puede estar sometido a cambios fisiopatológicos como edema intersticial, microtrombosis, alveolos hipoperfundidos.

Los volúmenes pulmonares o la compliance respiratoria no reflejan en su totalidad la enfermedad del parénquima. Los pacientes con incremento del espacio muerto, requieren un mayor incremento del volumen minuto para evitar la hipercapnia, lo que puede llevar a un incremento del poder mecánico y lesión pulmonar.

CONCLUSIONES

El ratio ventilatorio incrementado al ingreso se asoció a mortalidad y se evidenció un descenso del mismo, posterior a maniobra de reclutamiento y titulación óptima, probablemente debido a una disminución del espacio muerto alveolar.

Sin embargo, no hay una manera directa de poder asociarlo solo ese incremento del espacio muerto alveolar, a sobre distensión, parte del estudio que se pretendía evaluar ya que son variables visuales en el ventilador, a su vez se puede inferir que el incremento del espacio muerto se asocia a incremento de mortalidad.

Sin embargo, su medición desde el ingreso y su variación nos puede ayudar, para realizar medidas que pudiera mejorar el delta ratio, para tener una mejor comprensión del del pronóstico. Siendo un marcador sustituto del espacio muerto.

Es posible que el ratio ventilatorio creciente sea una consecuencia de la progresión de la enfermedad, pero también podría ser un parámetro que podríamos medir para monitorear la evolución del paciente al aplicar tratamientos y estrategias, como son el reclutamiento y titulación alveolar.

BIBLIOGRAFIA

1. Sinha, P., Fauvel, N., Singh, S., & Soni, N. (2009). Ventilatory ratio: a simple bedside measure of ventilation. *British Journal of Anaesthesia*, *102*(5), 692–697. <https://doi.org/10.1093/bja/aep054>
2. Liu, X., Liu, X., Xu, Y., Xu, Z., Huang, Y., Chen, S., Li, S., Liu, D., Lin, Z., & Li, Y. (2020). Ventilatory Ratio in Hypercapnic Mechanically Ventilated Patients with COVID-19-associated Acute Respiratory Distress Syndrome. *American Journal of Respiratory and Critical Care Medicine*, *201*(10), 1297–1299. <https://doi.org/10.1164/rccm.202002-0373le>
3. Bhalla, A. K., Dong, J., Klein, M. J., Khemani, R. G., & Newth, C. J. (2020). The Association Between Ventilatory Ratio and Mortality in Children and Young Adults. *Respiratory Care*, *66*(2), 205–212. <https://doi.org/10.4187/respcare.07937>
4. Santos, R. S. (2015). Recruitment maneuvers in acute respiratory distress syndrome: The safe way is the best way. *World Journal of Critical Care Medicine*, *4*(4), 278. <https://doi.org/10.5492/wjccm.v4.i4.278>
5. van der Zee, P., & Gommers, D. (2019). Recruitment Maneuvers and Higher PEEP, the So-Called Open Lung Concept, in Patients with ARDS. *Critical Care*, *23*(1). <https://doi.org/10.1186/s13054-019-2365-1>
6. Hess, D. R. (2015). Recruitment Maneuvers and PEEP Titration. *Respiratory Care*, *60*(11), 1688–1704. <https://doi.org/10.4187/respcare.04409>
7. Beloncle, F. M., Pavlovsky, B., Desprez, C., Fage, N., Olivier, P. Y., Asfar, P., Richard, J. C., & Mercat, A. (2020). Recruitability and effect of PEEP in SARS-Cov-2-associated acute respiratory distress syndrome. *Annals of Intensive Care*, *10*(1). <https://doi.org/10.1186/s13613-020-00675-7>
8. Chen, L., del Sorbo, L., Grieco, D. L., Junhasavasdikul, D., Rittayamai, N., Soliman, I., Sklar, M. C., Rauseo, M., Ferguson, N. D., Fan, E., Richard, J. C. M., & Brochard, L. (2020). Potential for Lung Recruitment Estimated by the Recruitment-to-Inflation Ratio in Acute Respiratory Distress Syndrome. A Clinical Trial. *American Journal of Respiratory and Critical Care Medicine*, *201*(2), 178–187. <https://doi.org/10.1164/rccm.201902-0334oc>
9. Sinha, P., Calfee, C. S., Beitler, J. R., Soni, N., Ho, K., Matthay, M. A., & Kallet, R. H. (2019). Physiologic Analysis and Clinical Performance of the Ventilatory Ratio in Acute Respiratory Distress Syndrome. *American Journal*

of Respiratory and Critical Care Medicine, 199(3), 333–341.
<https://doi.org/10.1164/rccm.201804-0692oc>

10. Kiss, T., & Pelosi, P. (2016). Lung recruitment techniques in the ICU. *Oxford Medicine Online*. Published.
<https://doi.org/10.1093/med/9780199600830.003.0120>
11. Goligher, E. C., Hodgson, C. L., Adhikari, N. K. J., Meade, M. O., Wunsch, H., Uleryk, E., Gajic, O., Amato, M. P. B., Ferguson, N. D., Rubenfeld, G. D., & Fan, E. (2017). Lung Recruitment Maneuvers for Adult Patients with Acute Respiratory Distress Syndrome. A Systematic Review and Meta-Analysis. *Annals of the American Thoracic Society*, 14(Supplement_4), S304-S311.
<https://doi.org/10.1513/annalsats.201704-340ot>
12. Pan, C., Chen, L., Lu, C., Zhang, W., Xia, J. A., Sklar, M. C., Du, B., Brochard, L., & Qiu, H. (2020). Lung Recruitability in COVID-19–associated Acute Respiratory Distress Syndrome: A Single-Center Observational Study. *American Journal of Respiratory and Critical Care Medicine*, 201(10), 1294–1297. <https://doi.org/10.1164/rccm.202003-0527le>
13. Lovas, A., & Szakmány, T. (2015). Haemodynamic Effects of Lung Recruitment Manoeuvres. *BioMed Research International*, 2015, 1–7.
<https://doi.org/10.1155/2015/478970>
14. Morales-Quinteros, L., Schultz, M. J., Bringué, J., Calfee, C. S., Camprubí, M., Cremer, O. L., Horn, J., van der Poll, T., Sinha, P., Artigas, A., & Bos, L. D. (2019). Estimated dead space fraction and the ventilatory ratio are associated with mortality in early ARDS. *Annals of Intensive Care*, 9(1).
<https://doi.org/10.1186/s13613-019-0601-0>
15. Sinha, P., Fauvel, N. J., Singh, P., & Soni, N. (2013). Analysis of ventilatory ratio as a novel method to monitor ventilatory adequacy at the bedside. *Critical Care*, 17(1), R34. <https://doi.org/10.1186/cc12541>.
16. Amato MBP, Barbas CSV, Carvalho CRR: Protective ventilation for the acuterespiratory distress syndrome. *N Engl J Med* 1998, 339:196-199.
17. Costa EL, Borges JB, Melo A, Suarez-Sipmann F, Toufen C Jr, Bohm SH, Amato MB. Bedside estimation of recruitable alveolar collapse and hyperdistension by electrical impedance tomography. *Intensive Care Med*. 2009 Jun;35(6):1132-7.

ANEXOS

Anexo 1.

Protocolo de Investigación

HOSPITAL JUÁREZ DE MÉXICO
UNIDAD DE CUIDADOS INTENSIVOS ADULTOS
HOJA DE EGRESO



Nombre				Edad	
Expediente		Sexo		Días de estancia	
Fecha ingreso		Fecha egreso		IMC	
Peso		Talla			

MOTIVO DE INGRESO _____

DIAGNÓSTICOS DE INGRESO _____

PRIORIDAD UCI _____

DIAGNÓSTICOS DE EGRESO _____

DIVISIÓN DE PROCEDENCIA				SERVICIO TRATANTE	Área de procedencia				
Medicina Interna	Cirugía General	Ginecología/ Obstetricia	Medicina Crítica		HOSP	URG	QUIROFANO	UTQ	Otro
DEFUNCION POR	MEJORIA		MAXIMO BENEFICIO		DEFUNCION		DEFUNCION TEMPRANA (<24H)		

CAUSAS DE DEFUNCIÓN:

1. _____
2. _____
3. _____

INFECCIONES		
ORIGEN	SITIO	CULTIVOS
Adquiridas en comunidad		
Nosocomial previo a UCI		
Nosocomial en UCI		

PROCEDIMIENTOS QUIRÚRGICOS DURANTE ESTANCIA EN UCI	FECHA

TIPO	#	SITIO	TIPO	#	SITIO
Unilumen			Mahurkar		
Bilumen			Arterial		
Trilumen			Vigileo		
Largos			Swan-Ganz		
Bulbo yugular			Termodilución		

VENTILACIÓN MECÁNICA							
INVASIVA	Si / No	Días		Horas		Fallo de extubación	Si / No
PRONO	Si / No	Fecha de inicio		Horas totales		Complicación	
TRAQUEOSTOMÍA	Si / No	Método		Complicación			
ALTO FLUJO	Si / No	Días		NO INVASIVA	Si / No	Días	Horas

# Electrocardiograma		# Gasometrías		Albúmina	Si / No		
Paquetes globulares		FFC		C. Plaquetario		Crioprecipitados	
TRR Intermitente		TRR Continua		Días		Horas	Filtros
Plasmaféresis		sesiones	Inmunoglobulina	dosis	Hipotermia		horas

ESCALA	INGRESO	24 horas	48 horas	72 horas	7 días	EGRESO
APACHE II						
SOFA						
MPM						
SAPS						
TISS						
PRE-DELIRIC						

Anexo 2.

PROTOCOLO DE INVESTIGACIÓN
HOSPITAL JUAREZ DE MEXICO
UNIDAD DE CUIDADOS INTENSIVOS
INSTRUMENTO DE RECOLECCION DE DATOS.

NOMBRE:			
EDAD		EXPEDIENTE	SEXO
FECHA DE INGRESO			
PESO:	TALLA:		

Maniobra de reclutamiento y titulación

PAO2/FIO2			
supino	prono	reclutamiento	titulacion

RATIO VENTILATORIO			
Supino	prono	reclutamiento	titulación