

**UNIVERSIDAD AUTONOMA DEL ESTADO DE MÉXICO
FACULTAD DE MEDICINA
COORDINACIÓN DE INVESTIGACIÓN Y ESTUDIOS AVANZADOS
DEPARTAMENTO DE ESTUDIOS AVANZADOS
COORDINACIÓN DE LA ESPECIALIDAD EN MEDICINA DEL ENFERMO EN
ESTADO CRÍTICO
DEPARTAMENTO DE EVALUACIÓN PROFESIONAL**



**EVALUACIÓN ULTRASONOGRÁFICA DE LA AIREACIÓN PULMONAR Y SU
COMPORTAMIENTO CON LA MANIOBRA DE RECLUTAMIENTO ALVEOLAR EN EL
PACIENTE CON SÍNDROME DE DISTRES RESPIRATORIO AGUDO SEVERO
SECUNDARIO A COVID-19 EN LA UNIDAD DE CUIDADOS INTENSIVOS DEL
HOSPITAL GENERAL LAS AMÉRICAS**

**INSTITUTO DE SALUD DEL ESTADO DE MÉXICO
HOSPITAL GENERAL LAS AMERICAS**

TESIS

**QUE PARA OBTENER EL DIPLOMA DE ESPECIALISTA EN
MEDICINA DEL ENFERMO EN ESTADO CRÍTICO**

PRESENTA:

M.C. CARLOS AARÓN RIOS RAMÍREZ

DIRECTOR

E. EN M.E.E.C. FELIPE DE JESUS MONTELONGO

CO-DIRECTOR

E. EN M.E.E.C. MARIA MAGDALENA REYES PEREZ

REVISORES

E. EN M.E.E.C. ABAD QUETZALCOATL ORTEGA PÉREZ

E. EN M.E.C. ÁNGEL GONZALEZ VARGAS

E. EN M.E.E.C. EDGAR ORTIZ JUAREZ

E. EN M.E.E.C. CLARA VANESSA LÓPEZ FLORES

TOLUCA ESTADO DE MÉXICO 2021

Título

“Evaluación ultrasonográfica de la aireación pulmonar y su comportamiento con la maniobra de reclutamiento alveolar en el paciente con síndrome de distres respiratorio agudo severo secundario a COVID-19 en la Unidad de Cuidados Intensivos del Hospital General Las Américas”

Índice

1. Índice	3
2. Resumen	4
3. Marco teórico	6
4. Planteamiento del Problema	44
5. Justificaciones	46
6. Hipótesis	47
7. Objetivos	48
8. Métodos	49
a. Diseño del estudio	49
b. Universo de trabajo y muestra o población de estudio (Criterios de inclusión, exclusión y eliminación)	49
c. Operacionalización de variables	51
9. Implicaciones éticas	58
10. Resultados	63
11. Discusión	71
12. Conclusiones	74
13. Recomendaciones	75
14. Bibliografía	76
15. Anexos	84

1. Resumen

Introducción: El síndrome de distres respiratorio agudo (SDRA) produce una alteración en el intercambio gaseoso. El uso de presión positiva al final de la espiración (PEEP) mantiene abiertas las regiones reclutadas previamente no aireadas, lo que mejora la oxigenación. El sello distintivo del SDRA es la hipoxemia y en algunos casos hipoxemia refractaria. El reclutamiento alveolar se refiere a la apertura de los alveolos colapsados por medio de maniobras en el ventilador; Las maniobras de reclutamiento alveolar no deberían usarse de manera rutinaria; aunque se pueden considerar si hay hipoxemia refractaria. Gracias a la ultrasonografía pulmonar se pueden identificar patrones de aireación, normal o líneas A (N), líneas B (B1, B2) y consolidación (C) y que pueden ser monitorizadas con las maniobras de reclutamiento. **Objetivo:** Evaluar la aireación pulmonar mediante ultrasonografía en el paciente con SDRA severo secundario a neumonía severa por COVID-19 y su comportamiento con la maniobra de reclutamiento alveolar. **Material y métodos:** Se realizó un estudio prospectivo, transversal y de tipo correlacional causal, con pacientes que presentaron SDRA severo, secundario a COVID-19 que son potencialmente reclutables y que ingresaron a la unidad de cuidados intensivos del Hospital General de Ecatepec Las Américas. Mediante transductores lineal, convexo y sectorial se insono el torax anterior obteniendo un patrón de aireación; posteriormente, se realizó una maniobra de reclutamiento alveolar y se calculó el score de aireación. **Resultados:** De 26 pacientes que se evaluaron, con una $p < 0.036$ que confirma la asociación entre el Score Final de Aireación y la Maniobra de Reclutamiento, lo que demuestra una ganancia en la aireación en el 61.5%. **Conclusión:** El uso de ultrasonido pulmonar parece una herramienta segura y rápida a la cabecera del enfermo crítico para guiar la maniobra de reclutamiento en este tipo de pacientes. **Palabras clave:** Maniobra de reclutamiento, aireación pulmonar, score de aireación, ultrasonido pulmonar.

1. Summary

Introduction: The acute respiratory distress syndrome (ARDS) produces an alteration in gas exchange. The use of positive end-expiratory pressure (PEEP) keeps previously recruited non-aerated regions open, improving oxygenation. The hallmark of ARDS is hypoxemia and in some cases refractory hypoxemia. Alveolar recruitment refers to the opening of the collapsed alveoli by means of maneuvers in the ventilator; Alveolar recruitment maneuvers should not be used routinely; although they can be considered if there is refractory hypoxemia. Thanks to pulmonary ultrasound, aeration patterns can be identified, normal or lines A (N), lines B (B1, B2) and consolidation (C) and that can be monitored with recruitment maneuvers. **Objective:** To evaluate pulmonary aeration by ultrasonography in patients with severe ARDS secondary to severe pneumonia due to COVID-19 and their behavior with the alveolar recruitment maneuver. **Material and methods:** A prospective, cross-sectional and causal correlational study was conducted with patients who presented severe ARDS secondary to COVID-19 who are potentially recruitable and who were admitted to the intensive care unit of the General Hospital of Ecatepec Las Americas. Using linear, convex, and sector transducers, the anterior thorax was insolated, obtaining an aeration pattern; subsequently, an alveolar recruitment maneuver was performed and the aeration score was calculated. **Results:** Of 26 patients that were evaluated, with a $p < 0.036$ that confirms the association between the Final Score of Aeration and the Recruitment Maneuver, which shows a gain in aeration in 61.5%. **Conclusion:** The use of pulmonary ultrasound seems a safe and fast tool at the bedside of the critically ill patient to guide the recruitment maneuver in this type of patient. **Key words:** Recruitment maneuver, lung aeration, aeration score, lung ultrasound.

2. Marco teórico

Generalidades SARS CoV2

Una vez más la población mundial ha sido agredida por un nuevo agente viral, se conoce la presencia de virus, bacterias, hongos y protozoarios forman parte de nuestro entorno desde la aparición del Homo sapiens en la tierra (1).

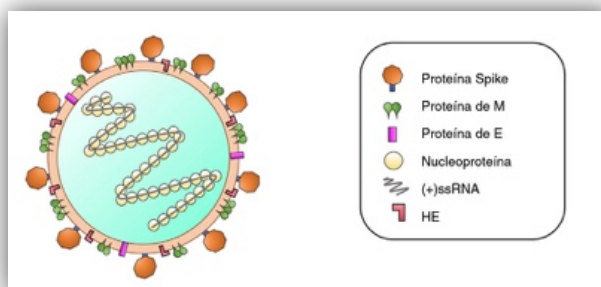
A lo largo de la historia las pandemias han arrasado con poblaciones enteras e incluso, de manera paradójica abrieron las puertas para la innovación de avances médicos. La palabra plaga viene del latín Plaga (herida profunda) y está relacionada con la raíz indoeuropea Plak (pegar, golpear), en algunos casos usado el término para describir una enfermedad febril contagiosa virulenta que genera una alta mortalidad (2).

Taxonomía SARS CoV2

En esta nueva pandemia, el agente causal SARS-CoV2 (COVID 19), pertenece a una especie existente o nueva (aún por establecerse), caso similar sucedió con el síndrome respiratorio agudo grave (SARS) y con el síndrome respiratorio del Medio Oriente (MERS). El virus se colocó en la taxonomía utilizando información derivada de una clasificación familiar basada en su secuencia. La clasificación actual de coronavirus reconoce 39 especies en 27 subgéneros, cinco géneros y dos subfamilias que pertenecen a la familia Coronaviridae, suborden Coronavirineae, orden Nidovirales y reino Riboviria (3).

Se denominan coronavirus por la apariencia bajo el microscopio, parecido a una corona. Es un virus envuelto, diámetro aproximado de 125 nm, genoma ARN de cadena simple, sentido positivo. Se considera el genoma más grande de los virus ARN, el virus codifica cuatro proteínas estructurales que incluyen glicoproteína espiga (S), envoltura (E), membrana (M) y nucleocápside (N) y otras 16 proteínas no estructurales que participan en la transcripción y replicación viral como es la helicasa y la ARN polimerasa dependiente de ARN (Figura 1) (4,5).

Figura 1. Estructura de coronavirus (4)



Se han identificado varios coronavirus humanos (HC), HCoV-229E, HCoV-OC43, HCoV-NL63 y HCoV-HKU1 con distribución a nivel mundial, fueron identificados en 1966, 1967, 2004 y 2005 respectivamente; así mismo forma parte de estos HC SARS-CoV y MERS-CoV, causas de resfriado común. SARS-CoV y MERS-CoV, altamente patógenos y de gran transmisión; SARS-CoV reportado en 2003 en una provincia de China, nombrado coronavirus del síndrome respiratorio agudo severo y una década después en 2012 en Arabia Saudita se aisló el coronavirus del síndrome respiratorio del Medio Oriente (MERS-CoV) (4).

Caso sospechoso y confirmado SARS CoV2

En diciembre de 2019 se identificó un número de casos nuevos de neumonía por coronavirus en Wuhan, en el centro de China; los primeros 4 pacientes se vincularon al mercado de mariscos de Huanan, de manera inicial identificados como neumonía de etiología desconocida, secundario a mecanismos empleados en la epidemia de SARS en 2003. Las definiciones iniciales empleadas en esta población china para sospecha de neumonía asociada a coronavirus se basó en casos de SARS y MERS según lo recomendado por la Organización Mundial de la Salud (OMS) en el año 2003 y 2012. Se definió un caso sospechoso como una neumonía que cumplió con los siguientes 4 criterios: fiebre, evidencia radiográfica de neumonía, recuento bajo o normal de leucocitos o recuento bajo de linfocitos y la ausencia de mejora de los síntomas posterior al tratamiento antibiótico por 3 días (6). En relación a la pandemia por SARS-CoV2, la Organización Mundial de la Salud el 10 de febrero de 2020 emite la definición de caso sospechoso como un paciente con infección respiratoria aguda severa (con fiebre, resfriado y que necesita ser hospitalizado) y sin otra etiología que explique completamente las manifestaciones clínicas y que haya viajado a China, o residido en ese país en los 14 días anteriores al inicio de los síntomas, o bien un paciente con cualquier enfermedad respiratoria aguda y en el que se cumpla al menos una de las siguientes condiciones en los últimos 14 días anteriores al inicio de los síntomas: haber estado en contacto con un caso confirmado o probable de infección por el virus de la COVID-19 o bien haber trabajado o estado en un centro de atención sanitaria en el que se estuviese tratando a pacientes con infección

confirmada o probable por el virus de la COVID-19. Caso probable: Un caso sospechoso en el que los resultados de las pruebas de infección por el virus COVID 19 son positivos y en el que no han podido confirmar mediante otras pruebas de laboratorio otros patógenos respiratorios. Caso confirmado: Persona con infección por COVID-19 confirmada mediante pruebas de laboratorio independientemente de signos y síntomas (7). Cabe mencionar la definición de caso sospechoso es modificada el 20 de marzo de 2020 por la OMS teniendo en cuenta un caso sospechoso: Paciente con enfermedad respiratoria aguda (fiebre y al menos un signo/síntoma de enfermedad respiratoria, por ejemplo tos, dificultad para respirar) y un historial de viaje o residencia en un lugar que informa transmisión por COVID-19 durante los últimos 14 días (8). A nivel nacional el 28 de febrero de 2020 se confirma el primer caso de coronavirus en un masculino de 35 años de edad en la ciudad de México (9); El Instituto Nacional de Salud Pública establece como caso sospechoso a persona de cualquier edad que en los últimos 7 días haya presentado al menos dos de los siguientes signos y síntomas: tos, fiebre o dolor de cabeza, acompañado de al menos uno de los siguientes signos o síntomas: Dificultad para respirar, dolor de articulaciones, dolor muscular, dolor de garganta, escurrimiento nasal, conjuntivitis, dolor de pecho; Caso confirmado: Persona que cumpla con definición operacional de caso sospechoso y que cuente con diagnóstico confirmado por la red nacional de laboratorios de salud pública reconocidos por el InDre (Instituto de Diagnóstico y Referencia Epidemiológicos) (10).

Con base al patrón de transmisión se debe tener en cuenta que animales domésticos y salvajes, como camellos, vacas, gatos y murciélagos sirven como anfitriones del coronavirus; se considera que los coronavirus animales no se propagan entre humanos, aunque hay excepciones como SARS y MERS. Es por eso que se identifican tres rutas principales de transmisión 1) transmisión por gotitas, 2) transmisión de contacto directo y 3) transmisión por aerosol (11). Con base en la encuesta epidemiológica actual, el periodo de latencia es generalmente 3-7 días, con un máximo de 14 días (12).

Se debe tener en cuenta que los ancianos y personas con enfermedades subyacentes muestran afecciones más graves después de la infección;

se identificaron a su vez las principales enfermedades subyacentes en los primeros 41 casos confirmados de Wuhan, tal es el caso de diabetes, hipertensión y enfermedades cardiovasculares (12).

Patología y Fisiopatología SARS-CoV2

En estudios de biopsia o autopsia, la patología pulmonar de pacientes con COVID-19 de fase temprana y tardía mostró daño alveolar difuso con la formación de membranas hialinas, células mononucleares y macrófagos infiltrando espacios aéreos, y un engrosamiento difuso de la pared alveolar. Se observaron partículas virales en las células epiteliales bronquiales y alveolares tipo 2 mediante microscopía electrónica; Además, la atrofia del bazo, la necrosis de los ganglios linfáticos hiliares, la hemorragia focal en el riñón, el agrandamiento del hígado con infiltración inflamatoria de las células, el edema y la degeneración dispersa de las neuronas en el cerebro estaban presentes en algunos pacientes. El SARS-CoV-2 puede atacar directamente otros órganos además del pulmón, especialmente aquellos órganos con alta expresión de la enzima convertidora de angiotensina 2 (ECA 2) y órganos con L-SIGN como posibles receptores celulares alternativos para el SARS-CoV-2 (13).

La infección por SARS-CoV-2 puede ocurrir a través de partículas inhaladas incluso menores a 5 μm ; capaces de ser inhaladas fácilmente hacia los pulmones y los alvéolos. Estas partículas inhaladas se depositan principalmente en la cavidad nasal o por inoculación directa del epitelio respiratorio. Como el 90% de la inspiración es a través de la nariz, es razonable que las cavidades nasales puedan ser sitios importantes para la infección inicial por SARS-CoV-2. De hecho, se supone que la infección por SARS-CoV-2 a través de los ojos ocurre a través del drenaje de lágrimas cargadas de virus en la cavidad nasal a través del conducto nasolagrimal. Se ha demostrado que el SARS-CoV-2 utiliza su glicoproteína de espiga S1, presente en la envoltura del virus para la unión y la infección de las células objetivo del huésped. La ECA 2 sirve como receptor de la superficie celular para SAR-CoV-2, que se une a la glucoproteína espiga S1 y es necesaria para la entrada celular del virus a través de la endocitosis. Una segunda proteína, conocida como serin

proteasa transmembrana (TMPRSS2), es una proteasa que reside en el compartimento endosómico y es necesaria para la preparación-escisión de la glucoproteína espiga S1, que luego permite la fusión de la envoltura viral con el compartimento endosómico lo que genera la introducción al citoplasma del contenido viral, incluyendo material genético, lo que permite la síntesis de proteínas virales y ARN. Al sintetizar proteínas estructurales se lleva a cabo la finalización del ensamblaje con la liberación de partículas virales. Se ha demostrado que ECA 2, el receptor de la superficie de la célula huésped para el SARS-CoV-2, se expresa en todo el tracto aerodigestivo, así como riñón y corazón (14).

Cuadro Clínico

Las manifestaciones clínicas presentan un amplio espectro, desde una afección leve hasta una severa, los síntomas comúnmente reportados son fiebre, tos, mialgia, fatiga, neumonía y disnea, los síntomas menos comunes incluye dolor de cabeza, diarrea, hemoptisis, secreción nasal y tos purulenta (11). Teniendo en cuenta lo reportado en la literatura y con base a los primeros informes de esta entidad, tal es el caso de los 41 casos confirmados en Wuhan los síntomas predominantes fueron fiebre (98%), tos (76%), y mialgia o fatiga (44%); síntomas menos comunes son esputo (28%), cefalea (8%), hemoptisis (5%) y diarrea (1%); el 55% desarrollo disnea. La mediana del tiempo de inicio de síntomas hasta el primer ingreso hospitalario fue 7 días, hasta el síndrome de distres respiratorio agudo (SDRA) que se presentó en 9 días; la necesidad de requerir ventilación mecánica se presentó a los 10.5 días así como para la admisión en la unidad de cuidados intensivos (UCI) (15).

Ante un paciente sospechoso de coronavirus se deberá aislar en el primer punto de contacto, teniendo en cuenta las definiciones ya comentadas de caso sospechoso y caso confirmado; considerar que la mayoría de los pacientes presenta una infección leve en un 81%, algunos presentaran una enfermedad grave que requiere oxigenoterapia en un 14% y el 5% requerirá tratamiento en unidades de cuidados intensivos. Se deberá tener en cuenta los síndromes clínicos asociados a COVID 19 (16) (Tabla 1).

Tabla 1. Síndromes clínicos asociados a COVID-19

Enfermedad leve	Infección respiratoria sin complicación del tracto respiratorio, presenta síntomas inespecíficos (fiebre, fatiga, tos, anorexia, malestar general, mialgias, odinofagia, disnea, congestión nasal)
Neumonía	Adulto con neumonía pero sin signos de gravedad y sin necesidad de oxígeno suplementario.
Neumonía Severa	Fiebre o sospecha de infección respiratoria más uno de los siguientes: Frecuencia respiratoria >30, disnea severa, $SO_2 < 93\%$ al aire ambiente
Síndrome de diestres respiratorio agudo	Inicio de síntomas dentro de una semana con síntomas respiratorios nuevos o que empeoren Estudio de imagen (Tomografía computarizada, Radiografía Torax o USG) con opacidades bilaterales no explicadas por sobrecarga de volumen. Los infiltrados pulmonares no deben explicarse completamente por insuficiencia cardíaca o sobrecarga con líquidos Oxigenación: leve $PaO_2/FiO_2 < 300$ mmHg, moderado $PaO_2/FiO_2 100-200$ mmHg y severo PaO_2/FiO_2 menor a 100mmHg; con PEEP al menos de 5cmH ₂ O
Sepsis	Disfunción orgánica potencialmente mortal causada por una respuesta disregulada del huésped a una infección sospechosa o comprobada.
Choque Séptico	Hipotensión persistente a pesar de la reanimación de volumen, que requiere vasopresores para mantener PAM > 65 mmHg y nivel sérico de lactato < 2 mmol/L.

Diagnóstico por laboratorio SARS CoV2

En relación a pacientes en quienes se sospeche de infección por SARS CoV2 la OMS así como la guía sobreviviendo a la sepsis para pacientes con enfermedad por coronavirus recomienda que se recolecten muestras del tracto respiratorio superior (TRS) (nasofaríngea y orofaríngea) y cuando persista la sospecha clínica y las muestras de TRS sean negativas, recolecte muestras del tracto respiratorio inferior (TRI) cuando estén fácilmente disponibles (esputo expectorado, aspirado endotraqueal o lavado broncoalveolar en ventilación mecánica) para la prueba del virus COVID-19 mediante RT-PCR y tinciones/cultivos bacterianos para adultos intubados y ventilados mecánicamente con sospecha de COVID-19. Para las pruebas de diagnóstico, sugerimos obtener muestras del tracto respiratorio inferior en lugar de muestras del tracto respiratorio superior (nasofaríngeo u orofaríngeo). Recomendación débil, evidencia de baja calidad. Con respecto a las muestras de las vías respiratorias inferiores, sugerimos obtener aspirados endotraqueales con preferencia a las muestras de lavado bronquial o lavado broncoalveolar. Recomendación débil, evidencia de baja calidad. (16-17)

Tratamiento SARS-CoV2

Es importante señalar la estadificación propuesta en la guía de tratamiento para enfermedad por Coronavirus 2019 NIH, en la que se simplifica los síndromes causados por COVID-19, en esta guía se establece un paciente con enfermedad leve: personas que tienen cualquiera de los diversos signos y síntomas (p. ej., fiebre, tos, dolor de garganta, malestar, dolor de cabeza, dolor muscular) sin dificultad para respirar, disnea o imágenes anormales; Enfermedad moderada: personas que tienen evidencia de enfermedad de las vías respiratorias inferiores mediante evaluación clínica o imágenes y una saturación de oxígeno (SpO₂) > 93% en el aire de la habitación al nivel del mar; Enfermedad grave: personas que tienen frecuencia respiratoria > 30 respiraciones por minuto, SpO₂ ≤ 93% en el aire de la habitación al nivel del mar, relación PaO₂/FiO₂ <300, o infiltrados pulmonares > 50% y enfermedad crítica: personas con insuficiencia respiratoria, shock séptico y / o disfunción orgánica múltiple (18).

La clasificación previa permite decidir posiblemente la intensidad de tratamiento. Los Pacientes que dan positivo para SARS CoV2 pero son asintomáticos deben aislarse, si persisten asintomáticos pueden interrumpir el aislamiento 7 días después de la fecha de su primera prueba positiva. De igual forma los pacientes con síntomas leves, quienes su tratamiento es ambulatorio manteniendo control por visitas remotas o bien telemedicina. Los pacientes con enfermedad moderada deben ser hospitalizados para una estrecha vigilancia, si se sospecha de neumonía bacteriana o sepsis se deberá iniciar antibiótico empírico. Pacientes con enfermedad grave deben recibir oxigenoterapia de manera inmediata usando canula nasal o bien oxígeno a alto flujo; de igual forma amerita antimicrobiano empírico en caso de neumonía. Los pacientes catalogados con enfermedad crítica ampliamente asociados con SDRA y choque séptico deben recibir tratamiento específico en el paciente en estado crítico (18).

Los fármacos que se utilizaron en SARS y MERS son candidatos potenciales para tratar el COVID-19. (19) Por lo anterior se genera la siguiente revisión.

La cloroquina e hidroxiclороquina, tratamiento para la malaria y enfermedades inflamatorias crónicas como Lupus y artritis reumatoide. Se puede explicar su mecanismo de acción mediante el bloqueo de la entrada viral inhibiendo la glucosilación de los receptores del huésped, el procesamiento proteolítico y la acidificación endosómica; presenta también efectos inmunomoduladores al inhibir la producción de citocinas (19). Se ha estudiado el papel de la hidroxiclороquina y cloroquina encontrando una reducción de la carga viral con una dosis recomendada de hidroxiclороquina; los estudios revelan una adecuada respuesta a dosis de 200mg cada 8h por 10 días en combinación con azitromicina (20).

Azitromicina es significativamente más efectiva en combinación con la hidroxiclороquina para la eliminación viral, los estudios apoyan el uso de 500mg dosis de carga y posterior 250mg cada 24h por 5-7 días (20).

Lopinavir/ritonavir al inhibir la proteasa similar a 3 quimiotripsina; según estudios al recibir dosis de 400mg/100mg respectivamente cada 12h por 14 días no se demostró beneficio en comparación con grupos control (19, 20, 21). No se ha comprobado que medicamentos antivirales sean efectivos por lo que probablemente

deberían considerarse para el tratamiento de SARS CoV2 (Grado 2 recomendación débil) (22).

Tocilizumab es un anticuerpo monoclonal que se une al receptor celular de la IL-6, lo que reduce la tormenta de citocinas (19, 21).

La terapia con plasma convaleciente probablemente debería usarse para pacientes graves y en estado crítico (Grado 2, recomendación débil) aunque de momento no se ha demostrado beneficio (19, 22).

En relación a los esteroides, aunque su uso sistemático en neumonía por influenza y MERS se asoció a mayor mortalidad, por lo que no se recomienda su uso en neumonía asociada a SARS-CoV2 (21). No se permite definir el uso de esteroides en SDRA viral; aunque el uso de hidrocortisona en el choque séptico podría permitirse (23).

Líquidos y reanimación

La estrategia conservadora de líquidos probablemente debería considerarse para pacientes con COVID-19 con SDRA mientras se garantiza la perfusión tisular (Grado 2, recomendación débil) (21). Considerar los cristaloides para la reanimación de pacientes críticos con COVID 19 (grado 2, recomendación débil) (21). Considerar el uso de soluciones balanceadas o ringer lactado, en su defecto cloruro de sodio 0.9% (23).

Se recomienda el uso de norepinefrina como fármaco de primera línea en el tratamiento del choque cardiogénico o séptico, teniendo como segunda opción vasopresina y adrenalina (23).

Sedación y analgesia

Se considera que los fármacos esenciales para el manejo de sedación, analgesia, delirium y relajación muscular en pacientes críticamente enfermos en la UCI debe incluir sedantes benzodiazepínicos (midazolam) así como no benzodiazepínicos (propofol), antipsicóticos (haloperidol), relajantes neuromusculares y opioides (23).

Ventilación, oxigenación, Prono, maniobras de reclutamiento y ECMO

Pacientes que ingresen a un área crítica con datos de dificultad respiratoria, hipoxemia o inestabilidad hemodinámica deben recibir oxigenoterapia durante la reanimación para mantener una $SO_2 >94\%$, se recomienda inicio con canula nasal a 5LPM, ajustar con base a SO_2 (Saturación de Oxígeno) meta y progresar a mascarilla facial con bolsa repertorio a 10 litros por minuto; una vez estable el paciente debe mantener $SO_2 >90\%$ y en embarazadas $>92-95\%$ (21).

La ventilación no invasiva y canula nasal de alto flujo deberían usarse para el SDRA inducido por COVID 19 con $PaO_2/FiO_2 > 150\text{mmHg}$ (Grado 2, recomendación débil); teniendo en cuenta la vigilancia estrecha en este tipo de tratamiento y evitar retrasar la intubación (opinión de expertos) (22).

La estrategia de protección pulmonar se debe utilizar en SDRA inducido por COVID 19 (Grado 1 recomendación fuerte) (22).

Las mediciones a la cabecera del enfermo deberían usarse para la evaluación de la capacidad de reclutamiento pulmonar (Grado 2, recomendación débil) (22).

La baja capacidad de reclutamiento en SDRA inducido por COVID 19 probablemente no debería utilizar presión positiva al final de la espiración (PEEP) alta por lo que el uso de PEEP se debe basar en el intercambio de gases, hemodinámica, capacidad de reclutamiento pulmonar y driving pressure (Grado 2, recomendación débil) (22).

Se recomienda el uso de Prono en pacientes con COVID-19 grave (Grado 1, recomendación fuerte) (22).

Se recomienda la oxigenación por membrana extracorpórea (ECMO) temprano en pacientes con COVID 19 con hipoxemia o hipercapnia refractaria que hayan recibido ventilación mecánica y posición prona (Grado 1, recomendación fuerte) (22).

Síndrome de Distres Respiratorio Agudo

Es importante señalar que la infección por SARS CoV 2 puede generar un síndrome de distres respiratorio agudo en sus tres grados de severidad por lo que se realizó una revisión de este síndrome así como opciones generales de tratamiento.

La definición de SDRA ha evolucionado a lo largo de los años, conservando la descripción inicial de Ashbaugh en 1967 (24). Histologicamente se identifica un daño alveolar difuso en el 40-58% ya acuñado por Katzenstein, el cual describió un rápido desarrollo de congestión capilar, atelectasia, hemorragia intraalveolar y edema alveolar, seguido mas tarde de la formación de una membrana hialina, hiperplasia de células epiteliales y edema intersticial (25). Según el estudio LUNG SAFE se reporta una prevalencia de SDRA del 10.4% en las admisiones a la UCI y 23.4% de los que requirieron ventilación mecánica. La prevalencia del SDRA leve según reporte de este gran estudio multicentrico es 30% para SDRA leve, 46.6% para SDRA moderado y 23.4% para SDRA severo. En relación a la mortalidad hospitalaria, para el SDRA leve fue del 34.9%, SDRA moderado 40.3% y SDRA severo 46.1%, cabe mencionar esta mortalidad no es muy diferente a la reportada para la UCI. Es importante que esta patología conlleva periodos de ventilación mecánica prolongados, que en promedio se reportan de 8-9 días para SDRA moderado y severo (24, 26). Los criterios diagnósticos se resumen en la tabla 2.

La patogénesis del SDRA se caracteriza por una respuesta inicial del pulmón, denominada fase exudativa del SDRA (Figura 2), caracterizada por el daño de la inmunidad innata celular a la barrera endotelial y epitelial alveolar lo que ocasiona la perdida de la misma con acumulación de líquido rico en proteínas dentro del intersticio alveolar, los macrófagos alveolares secretan citocinas proinflamatorias lo que recluta neutrófilos y macrófagos, activación de células epiteliales alveolares y células T efectoras que promueven la inflamación. Específicamente se libera factor de necrosis tumoral (TNF) el cual regula la expresión del factor titular, promoviendo la agregación plaquetaria y la formación de microtrombos así como coagulación intraalveolar con formación de membrana hialina. Las células epiteliales alveolares tanto tipo I como tipo II sufren necrosis y apoptosis por esta cascada de citocinas liberadas, TNF, interleucina 1, interleucina 6 e interleucina 8 (25).

Criterios	Razón fundamental
Inicio dentro de los 7 días posteriores a una lesión clínica conocida o síntomas respiratorios nuevos o que empeoran	El SDRA se desarrolla dentro de las 72h en la mayoría de los pacientes
Opacidades bilaterales que son “consistentes con edema pulmonar” en radiografías de tórax o TC	Las opacidades no deben explicarse completamente por derrames, atelectasias lobulares o pulmonares
Categorización de la gravedad del SDRA 1) Leve 2) Moderado 3) Severo	1) Leve: PaO ₂ /FiO ₂ 201-300 mmHg, mortalidad del 27% 2) Moderado: PaO ₂ /FiO ₂ 101-200 mmHg, mortalidad del 32% 3) Severo: PaO ₂ /FiO ₂ <100mmHg, mortalidad del 45%
PEEP o CPAP mínimo de 5cmH ₂ O	La estimación de FiO ₂ no es precisa con sistemas de suministro de O ₂ que no sea ventilación invasiva o no invasiva, con la excepción de la CNAF

Tabla 2. Definición de SDRA según Berlin 2012

En la segunda fase de esta entidad, llamada proliferativa (Figura 3) los procesos de reparación se inician, lo que podrá restaurar la homeostasis del tejido, hay una expansión de los fibroblastos de manera temporal lo que genera una matriz celular provisional y proliferación de células progenitoras de las vías respiratorias y células epiteliales tipo II, con diferenciación en células epiteliales tipo I. Por último se identifica una fase final o fibrótica (Figura 3), la reepitelización es inadecuada lo que conduce al desarrollo de fibrosis, esta fase no ocurre en todos los pacientes pero se relaciona con ventilación mecánica prolongada y mayor mortalidad (25).

Figura 2. Fase exudativa del SDRA (25)

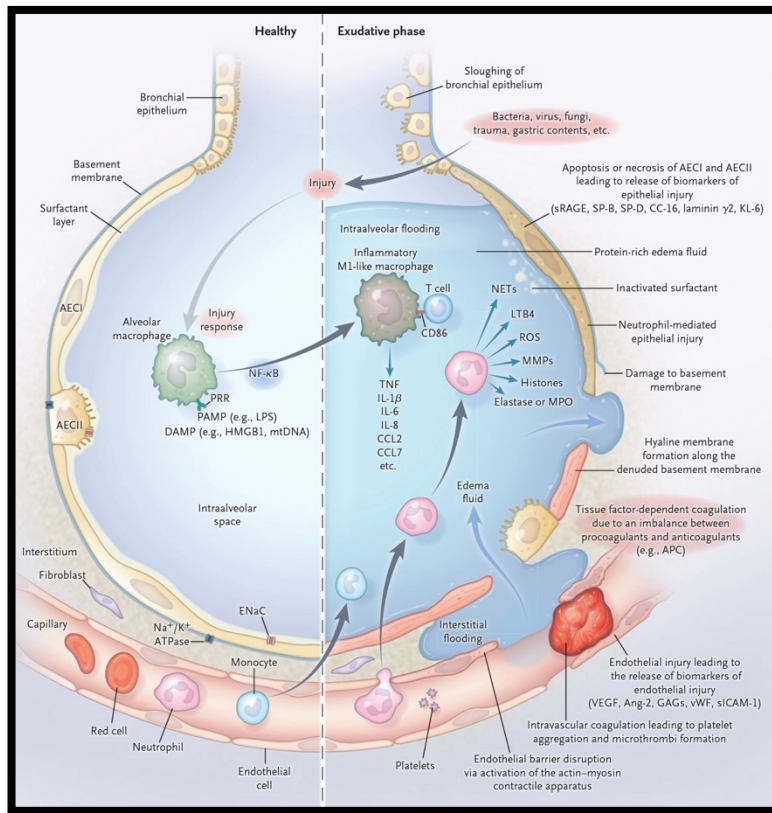
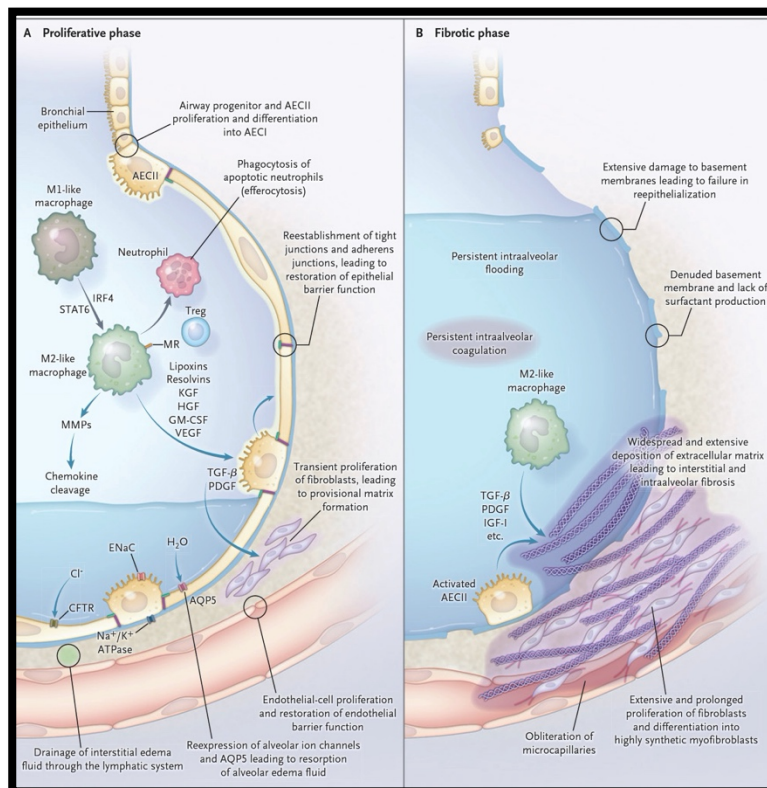


Figura 3. Fase proliferativa y fibrotica del SDRA (25)



El SDRA produce una alteración en el intercambio gaseoso, disminución de la distensibilidad pulmonar, aumento del peso pulmonar con afección generalizada del pulmón; el daño referido previamente genera un nuevo concepto propuesto por el Dr Gattinoni y colaboradores donde identifican dos áreas pulmonares en este tipo de pacientes, una con pulmón sano de dimensiones similares al de un bebe ("pulmón de bebe"), y una segunda área con colapso y consolidaciones, la cual compromete la oxigenación. Este concepto de "pulmón de bebe" se origina a partir de observaciones de tomografía computarizada (TC) en pacientes con SDRA las cuales mostraron que las densidades se distribuían preferentemente en las regiones pulmonares dependientes, mientras que regiones no dependientes estaban libres, siendo esta pequeña área la que tiene que satisfacer las necesidades fisiológicas de un cuerpo adulto (27).

La distensibilidad de este "pulmón de bebe" es casi normal, aunque se ha demostrado mediante tomografía por emisión de positrones que el agua extravascular pulmonar aumenta de manera difusa en el SDRA, incluso se refiere que en el "pulmón de bebe" hay inflamación con aumento en la permeabilidad de la barrera endotelio-epitelial importante. Se creía que el pulmón de bebe era un área bien definida, incluso con ubicación espacial (área no dependiente) y con características mecánicas normales, sin embargo se demostró mediante TC por emisión de positrones en pacientes con SDRA y prono que estas densidades se redistribuían desde las porciones dorsales a ventrales, lo que se conoció como "modelo de esponja", por lo anterior al pulmón de bebe ya no se considera un área anatómica sino un área funcional que puede cambiar de ubicación con la aplicación de PEEP o posición prono. La posición prono aumenta la elastancia total de la pared torácica lo que afecta la presión transpulmonar y disminuye el gradiente de presión. Esta distribución más homogénea de la presión transpulmonar mediante prono en pacientes con SDRA es lo que establece un reclutamiento posicional (27).

El uso de PEEP mantiene abiertas las regiones reclutadas previamente no aireadas, lo que aumenta el pulmón de bebe y mejora la oxigenación. Un concepto

importante, el reclutamiento, este proceso ocurre durante toda la inspiración siguiendo la trayectoria de la relación presión volumen del sistema respiratorio; por lo tanto, lo que puede permanecer abierto con PEEP es el tejido que fue abierto en la inspiración precedente, de otra manera referido es, si la presión inspiratoria final previa es baja el reclutamiento obtenido mediante una PEEP dada será menor. A niveles de PEEP por encima de 10-15 cmH₂O y presión meseta mayor a 30 cmH₂O la cantidad de reapertura y colapso del pulmón durante el ciclo fue mínima. Un tamaño pequeño de pulmón de bebe a baja presión se deberá aplicar un mayor PEEP (27).

Se sugiere que la distensibilidad es un indicador de tamaño del pulmón de bebe y es mejor que el peso corporal ideal cuando se adapta el volumen corriente para evitar un esfuerzo excesivo (27).

Como es sabido el sello distintivo del SDRA es la hipoxemia que en algunas ocasiones es refractaria a la oxigenoterapia, se han propuesto dos umbrales para la hipoxemia severa, una relación PaO₂/FiO₂ < 150 o < 100 mmHg, ambos asociados a mayor mortalidad y mayor lesión pulmonar; en el SDRA la presencia de edema pulmonar conlleva incremento del peso pulmonar y la presión pleural genera un aumento de presión hidrostática en todo el pulmón, se reduce el volumen de gas pulmonar promoviendo áreas no aireadas, predominantemente las regiones dependientes (28).

La definición de hipoxemia refractaria puede ser algo difícil ya que no ésta establecida estrictamente una definición universal, según la primera encuesta llevada a cabo a médicos intensivistas en 2015, el 68% de ellos la describe como una relación PaO₂/FiO₂ de <100 mmHg, de igual forma como estrategias de tratamiento el 80% prefiere un volumen tidal de 4-6 mL/kg de peso ideal como parte del tratamiento y la mayoría de los médicos ajusto el PEEP con base a tablas ARDSnet; llama la atención que un 50% de los encuestados refiere el uso de inflación sostenida de alta presión para realizar maniobras de reclutamiento y solo un 11% no realiza estas maniobras. Mas de la mitad de médicos prefiere el uso de bloqueadores neuromusculares. (29)

Citando nuevamente el estudio LUNG SAFE se identificó en relación al tratamiento que a mayor severidad del SDRA se emplearon mayor numero de medidas terapéuticas, de las que destacan, el bloqueo neuromuscular en un 37.8%, maniobras de reclutamiento alveolar en 32.7%, posición prono en 16.3% y esteroide en 23.3%. (26) Mismas de las cuales se abordara de manera general mas adelante.

De manera general se establecen como metas ventilatorias en pacientes con SDRA las siguientes: Volumen tidal 4-6 mL/kg de peso predicho, presión Plateau menor a 27 cmH₂O, PEEP alta si PaO₂/FiO₂ menor a 200 mmHg, delta de presión menor a 15 cmH₂O, pCO₂ menor a 48 mmHg, pO₂ mayor a 60 mmHg (24). Parte de estas estrategias de tratamiento para SDRA se comentaran a continuación.

Ventilación mecánica no invasiva

La ventilación no invasiva (VNI) debe reservarse para pacientes con SDRA sin fallas en órganos extrapulmonares y debe proporcionarse en la UCI donde la vigilancia es mayor, aunque no hay estudios que apoyen al 100% esta maniobra; la canula nasal de alto flujo (CNAF) pueden aumentar el volumen pulmonar al final de la espiración, reducir el trabajo respiratorio y mejorar la eliminación de CO₂ (Dióxido de carbono); aun con esta técnica el riesgo de fracaso e intubación es de aproximadamente el 40% (28).

PEEP y maniobras de reclutamiento

La presión positiva al final de la espiración (PEEP) y el reclutamiento pulmonar son procedimientos altamente relacionadas, para reclutar un pulmón (inflar regiones pulmonares colapsadas) se debe superar la presión superpuesta generada por la masa pulmonar y la pared torácica; se han propuesto muchas maniobras reclutamiento (MR), el suspiro en el cual se entrega una gran cantidad de volumen tidal, la inflación sostenida, con incremento de la presión de la vía aérea aplicada por 20-40 segundos, el suspiro extendido en el que se aplica un aumento gradual de PEEP. En la mayoría de pacientes la MR puede mejorar la oxigenación por cierto periodo pero por si mismas no se asocian a menor mortalidad. La PEEP tiene una

gran importancia al impedir el cierre y apertura alveolar. Teniendo en cuenta las diferentes cantidades de edema pulmonar se encontró que la capacidad de reclutamiento mediante un estudio tomográfico de tórax oscila entre 0-70% del peso pulmonar total; hasta el momento la tomografía computarizada (TC) sigue siendo el estándar de oro para calcular esta capacidad de reclutamiento; el ultrasonido pulmonar es una opción prometedora. En relación al PEEP tanto ALVEOLI como LOV no mostraron diferencia en el resultado entre una estrategia con PEEP alto y uno bajo, aunque a mayor gravedad el uso de un nivel más alto de PEEP disminuyó significativamente la mortalidad. El enfoque más usado para el PEEP óptimo es teniendo en cuenta la tabla de ARDSnet aunque también tener en cuenta que el PEEP óptimo no existe. En caso de SDRA grave la capacidad de reclutamiento debe calcularse mediante TC o ultrasonido pulmonar, aplicando niveles altos de PEEP (>15 cmH₂O) según la tabla PEEP/FiO₂ del estudio LOV; en contraparte SDRA leve a moderado los niveles de PEEP <10 cmH₂O pueden aplicarse de manera segura (28).

Las maniobras de reclutamiento aumentan la presión transpulmonar a fin de reabrir unidades alveolares mal aireadas, estas maniobras pueden mejorar la oxigenación en 29-50% de los pacientes con SDRA (24).

Las maniobras de reclutamiento no deberían usarse de manera rutinaria (considerarse en caso de aspiración endotraqueal, desconexión del circuito ventilatorio no planificada o re-intubación); si la PaO₂/FiO₂ <100 se puede considerar esta maniobra. La presión de la vía aérea no debe superar los 40-40 cmH₂O; hasta el momento no hay evidencia de mayor barotrauma (30).

En relación al PEEP, se debe tener en cuenta lo siguiente, al comparar PEEP alto vs PEEP bajo la mortalidad hospitalaria y a 28 días disminuye al emplear PEEP alta en pacientes con SDRA severo; la PEEP disminuye el riesgo de VILI al disminuir la contractilidad del tejido pulmonar expuesto al cierre y apertura alveolar; aunque también se debe tener en cuenta que un PEEP alto aumenta el volumen pulmonar inspiratorio final lo que incrementa el riesgo de volutrauma,

empeoramiento hemodinámico por disminución de la precarga y aumento en la poscarga del ventrículo derecho (30, 31).

Volumen tidal

A menor volumen corriente y/o mayor volumen en reposo menor será el estrés pulmonar generado. De ésta forma se debe tener en cuenta que pacientes con volumen Vidal bajo mas una presión de la vía aérea mas baja (<30 cmH₂O) mostró una menor mortalidad a diferencia de un volumen tidal alto (28). Es importante tener en cuenta que a menor volumen tidal se presentara retención de CO₂, la hipercapnia permisiva, la cual permite niveles altos de CO₂ sin que estos alteren el pH, sin embargo estudios refieren que a mayor pCO₂ mayor vasoconstricción pulmonar y disfunción de ventrículo derecho. pCO₂ >48 mmHg se considera factor de riesgo independiente de mortalidad y una pCO₂ > 60mmHg se asocia a Cor pulmonale agudo (24).

Estudios que compararon volumen tidal alto vs volumen tidal bajo mas PEEP bajo tuvieron como resultado una mortalidad mayor a 60 días en pacientes con volumen tidal bajo y PEEP baja a diferencia de los pacientes con volumen tidal bajo mas PEEP alta vs volumen tidal bajo mas PEEP baja en los que se identifico una mortalidad menor en pacientes que emplearon volumen tidal bajo y PEEP alta, tanto en la UCI como a 28 días y en su hospitalización (31).

Por lo anterior se recomienda un volumen tidal de 6 mL/kg de peso predicho, en ausencia de acidosis respiratoria, tener en cuenta que si incrementa la pCO₂ deberá incrementar la frecuencia respiratoria de 25-30 aunque esto pudiera condicionar hiperinsuflacion dinámica, es aceptable una pCO₂ menor a 50 mmHg. En relación a esto, solo incrementar el volumen si hay hipercapnia considerable y persiste a pesar de reducir el espacio muerto y aumento de la frecuencia respiratoria (30).

Modo ventilatorio

Se han realizado revisiones sobre que modo ventilatorio es el mejor (controlado por volumen o controlado por presión) sin identificar una diferencia en la mortalidad o el riesgo de barotrauma entre los dos (24).

Objetivo de Oxigenación y CO₂

El objetivo recomendado de O₂ es 88 y 95% aunque se ha tolerado bien la estrategia mas liberal de O₂ de 88 y 92%. La hipercapnia puede aumentar el impulso respiratorio aunque si no hay insuficiencia cardiaca derecha o síndrome de craneo hipertensivo se puede tolerar pCO₂ de hasta 70 mmHg y un pH mayor a 7.2 (24).

Bloqueo neuromuscular

Usado frecuentemente para abolir el esfuerzo respiratorio a fin de mejorar la sincronía paciente ventilador, pueden además reducir el estrés y la tensión en el pulmón; la contraparte de esta terapéutica incluye el mayor riesgo de debilidad adquirida en la UCI prolongando así la ventilación mecánica (28).

Disminuye la mortalidad en la UCI a 28 días, se sugiere el empleo de cisatracurio por 48 horas (31). Se debe considerar el bloqueo neuromuscular en PaO₂/FiO₂ < 150 mediante infusión continua, según estudios como ACURASYS recomienda una dosis de carga de 15mg seguida de una infusión continua de 37 mg/h (30). Cabe mencionar que el estudio PETAL pudiera discernir de la opinión previamente comentada (32, 33)

Posición Prono

Genera una redistribucion de las densidades pulmonares con un reclutamiento de regiones dorsales, aumento en la elastancia de la pared torácica, una reducción en los shunts pulmonares y por tanto mejor ventilación.

Se debe realizar si el paciente presenta una PaO₂/FiO₂ <150, realizar sesiones de al menos 16h, se ha demostrado que sesiones mayores a 12h disminuyen la

mortalidad; en el estudio PROSEVA se revela una disminución de la mortalidad si el paciente presenta $PaO_2/FiO_2 < 150$, $FiO_2 > 60\%$, PEEP de 5 cmH₂O y volumen tidal de 6 mL/kg (30, 34).

Los criterios para respuesta a prono son los siguientes: Incremento de pO_2/FiO_2 por mas de 20 mmHg, decremento de pCO_2 por 1 mmHg (24)

Sistema de Oxigenación por membrana extracorporea (ECMO)

Aparentemente este tipo de terapéutica disminuye la mortalidad aunque aumenta el riesgo de sangrado; no se recomienda su uso rutinario y solo deberá usarse en pacientes con SDRA severo. Es una terapia que disminuye de manera importante la lesión pulmonar asociada al ventilador (31). Considerarse esta terapia si el paciente presenta una $PaO_2/FiO_2 < 80$ o cuando la ventilación aumente la presión meseta incluso con las maniobras ya referidas (30).

Fluidoterapia

Se recomienda una estrategia conservadora de fluidoterapia ya que se reporta una disminución de la mortalidad a 60 días (31).

Ultrasonido Pulmonar

El ultrasonido en áreas críticas es una herramienta invaluable, en relación a la ecografía pulmonar se remonta sus inicios en áreas críticas en estudios del Dr D. Lichtenstein y O. Axler en 1991 donde se realizo ecografía sistemática a 150 pacientes ingresados a una UCI en Paris Francia; se reportó que el ultrasonido identificó hallazgos ultrasonográficos en el 22% de la población lo que influyo en su diagnóstico y tratamiento, es en este estudio donde se identificaron las primeras lesiones mediante ecografía pulmonar (35).

Anteriormente se consideraba que la ecografía pulmonar era limitada; Cabe mencionar que la ecografía pulmonar se había limitado solo al diagnóstico de derrame plural, por lo que se emprendió una tarea de demostrar que el pulmón fuera considerado un órgano digno del ultrasonido a la cabecera del enfermo

crítico. Daniel A. Lichtenstein en 2007 analizó los artefactos que produce el aire en los tejidos, en los espacios pleurales o dentro del pulmón. Se identificó que todos los patrones pulmonares surgen de la línea pleural, por lo que el ultrasonido pulmonar se basa en el análisis de artefactos; se describe en esta bibliografía la técnica de exploración ultrasonográfica teniendo como referencia las líneas axilares anterior y posterior lo que limita el área anterior (Zona 1), lateral (Zona 2) y posterior (Zona 3) del hemitorax; identificó también el signo normal básico, líneas A, así como líneas B, en relación a estas últimas se hace referencia a una separación de aproximadamente 7mm entre líneas B, lo que indica un engrosamiento de los tabiques interlobulares, mientras que una separación de 3mm se correlaciona con lesiones en vidrio esmerilado; una o dos líneas B parece no tener significado patológico (36). Este artefacto (Línea B) descrito desde 1997 como "cola de cometa" permitió el diagnóstico del síndrome alveolo intersticial (37). En 2007 se evalúa el potencial de la ecografía pulmonar para el diagnóstico de la insuficiencia respiratoria aguda y se crea el protocolo BLUE, lo que permitió el diagnóstico de insuficiencia respiratoria aguda en el 90.5% de los casos lo que ahorra tiempo y alivio para los pacientes con disnea grave (38). Posteriormente se han realizado revisiones incluso consensos de expertos que dictan recomendaciones internacionales basadas en la evidencia para la ecografía pulmonar (39).

Con base a estudios publicados por Bouhemad la ecografía pulmonar permite identificar 4 patrones de aireación, áreas normales de aireación o líneas A (N), líneas B que representan una disminución moderada y severa de la aireación como resultado del síndrome alveolo intersticial (B1 con separación de 7mm y B2 con separación de 3mm respectivamente) y consolidación (C) (Figura 4) que representa una pérdida completa de la aireación; Bouhemad comenta que el examen ecográfico pulmonar (LUS) permite un diagnóstico rápido y confiable de consolidación pulmonar, derrame pleural y síndrome alveolo intersticial; para realizar un protocolo sistemático de evaluación pulmonar se utiliza la línea axilar anterior y posterior para identificar tres áreas (anterior, lateral y posterior),

cada área se divide en dos, superior e inferior divididas por el 4to espacio intercostal lo que permite identificar 6 áreas en cada hemitorax (Figura 5) (40, 41, 42).

Figura 4. Patrones de aireación, A patrón N, B patrón B1, C patrón B2 y D patrón C. (40)

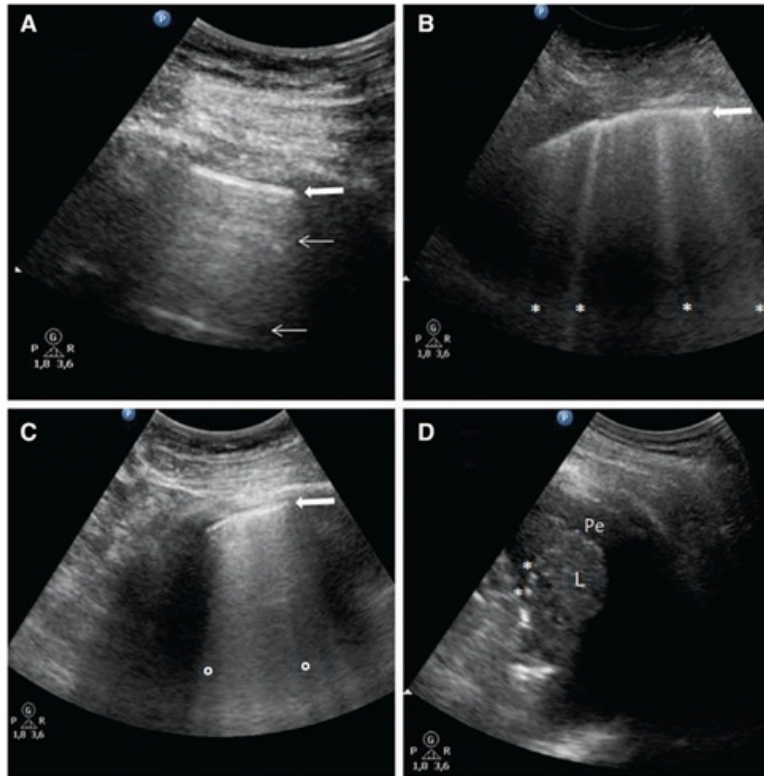
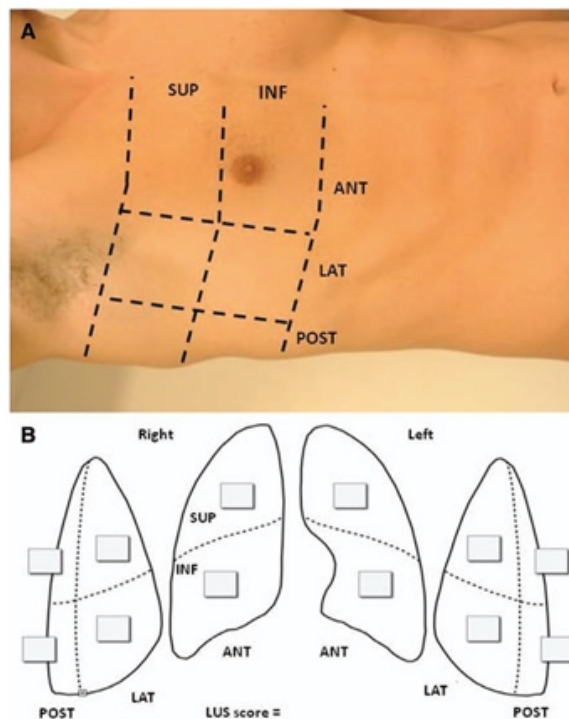


Figura 5. Áreas de exploración ecográfica pulmonar (41, 42)



En una evaluación de ecografía pulmonar inicial se genera un escore de aireación pulmonar lo que asigna a N un valor de 0 puntos, líneas B1 un puntaje de 1, líneas B2 un puntaje de 2 y la consolidación con puntaje de 3 lo que conlleva un puntaje mínimo de 0 y un puntaje máximo de 36 en ambos hemitorax (Figura 6). Posterior a esta evaluación ecográfica pulmonar inicial se realiza una maniobra que permitiera mejorar la aireación pulmonar con lo que se calculara el escore de aireación pulmonar (Figura 7) (40, 41, 42).

Figura 6. Patrón de Aireación Pulmonar

PATRÓN DE AIREACIÓN PULMONAR		
N	Normal	0 puntos
B1	Disminución de aireación moderada (Líneas B >7mm)	1 punto
B2	Disminución de aireación severa (Líneas B <3mm)	2 puntos
C	Consolidación	3 puntos

Figura 7. Escore de aireación pulmonar

Socore de Aireación Ultrasonografico					
Cuantificación de aireación			Cuantificación de perdida de aireación		
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

Las áreas de exploración pulmonar siempre serán tema de controversia, Jambrik explora 28 zonas, Volpicelli explora 8 zonas y con base a lo ya referido el protocolo BLUE propuesto por Daniel A. Lichtenstein explora 6 zonas para cada hemitorax; de igual forma desde lo ya propuesto por Bouhemad y su patrón de aireación se genera la inquietud de un protocolo a nivel nacional para evaluar la aireación en la unidad de cuidados intensivos "Las Américas", estableciendo el protocolo Américas enfocado a valorar la aireación pulmonar posterior a una maniobra de reclutamiento

alveolar (Figura 8) y un algoritmo de manejo (Figura 9) (43), cabe mencionar este protocolo será utilizado con sus ajustes pertinentes con base a estándares internacionales para fines de este protocolo.

El ultrasonido pulmonar en pacientes COVID-19 ha generado protocolos para la optimización de la atención de este tipo de pacientes, tal es el caso de lo propuesto por Soldati G. quien decide escanear 14 áreas en ambos hemitorax (3 posteriores, 2 laterales y 2 anteriores); llama la atención, que este protocolo se debe realizar en pacientes que tengan la capacidad de estar sentados; lo que en pacientes críticamente enfermos se vuelve difícil de evaluar, por lo que se realiza un ajuste en el cual se omiten las 6 áreas posteriores y solo se insona las áreas laterales y anteriores identificando los artefactos previamente comentados y estableciendo una puntuación de aireación (0-3) con base a la gravedad (44). El ultrasonido representa una adecuada correlación entre la clínica del paciente y la tomografía de tórax; Manivel V. propone escanear el tórax en 12 regiones (R1-R6 y L1-L6); cabe mencionar que para el escaneo de áreas posteriores el medico debe sentarse a la espalda del paciente, si el paciente no puede moverse las áreas posteriores se reemplazan por áreas de exploración posteriores a la línea axilar posterior, es justo esta flexibilidad, lo que permite el ajuste pertinente en las áreas a explorar en el presente protocolo (45).

Figura 8. Protocolo Américas (45)

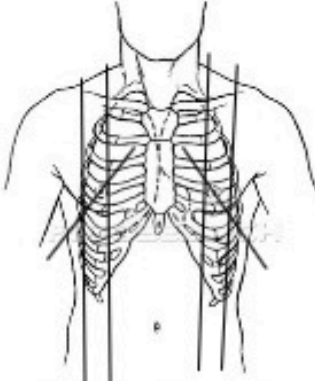
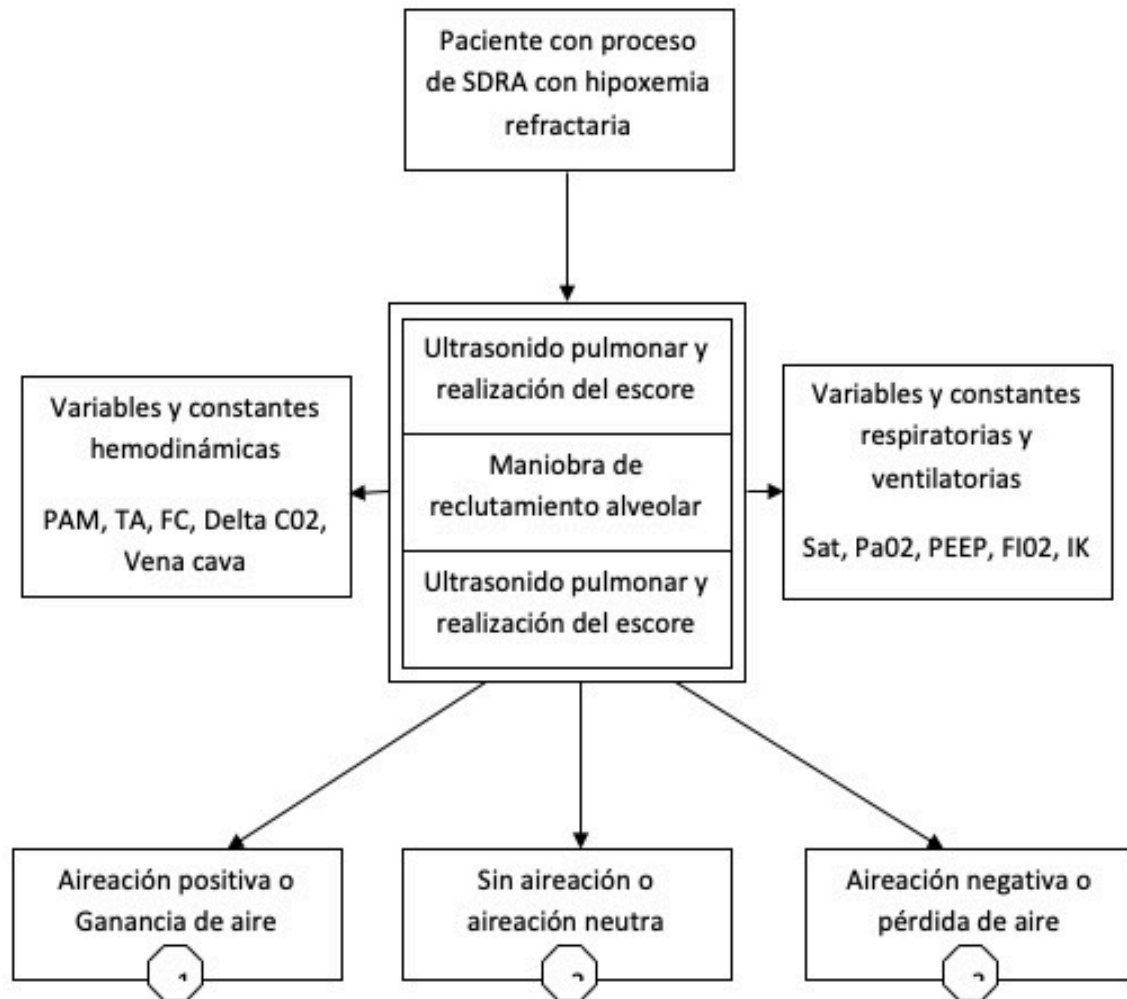
NOMBRE DEL PACIENTE: _____ CAMA: _____ NUMERO DE EXPEDIENTE: _____ FECHA: _____ EDAD: _____					
DIAGNOSTICOS: _____ APACHE: _____ SOFA: _____ SPIRO: _____ CURB65: _____					
PARAMETROS DE VENTILADOR ACTUALES: _____ HEMODINAMICOS: _____ PARAMETROS DE GASOMETRIA ANTES/DESPUES DEL PROCEDIMIENTO: _____					
SATUROMETRIA DE PULSO Y CAPNOGRAFIA:					
R3	R2	R1	L1	L2	L3
R4	R5	R6	L6	L5	L4
Marque en el esquema la región estudiada, como se indica R1, R2, etc. Protocolo Américas				TOTAL PRE 1: _____ ↓ Maniobra de Reclutamiento ↓ TOTAL POST 2: _____	
R3	R2	R1	L1	L2	L3
R4	R5	R6	L6	L5	L4
SCORE DE AIREACION ULTRASONOGRAFICA					
Cuantificación de la aireación o aire reclutado			Cuantificación de la perdida de la aireación		
+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
De 1 a 4 puntos = de 75 a 200 ml de aire reclutado. De 5 a 7 puntos = de 201 a 400 ml de aire reclutado. De 8 a mas puntos = de 401 a más de 900 ml reclutado. De 0 a 0 puntos = de 75 a -75 ml de aire De -1 a -10 puntos = de 75 a 400 ml de aire perdido. De -11 a -20 puntos = de más de 401 ml de aire perdido.					

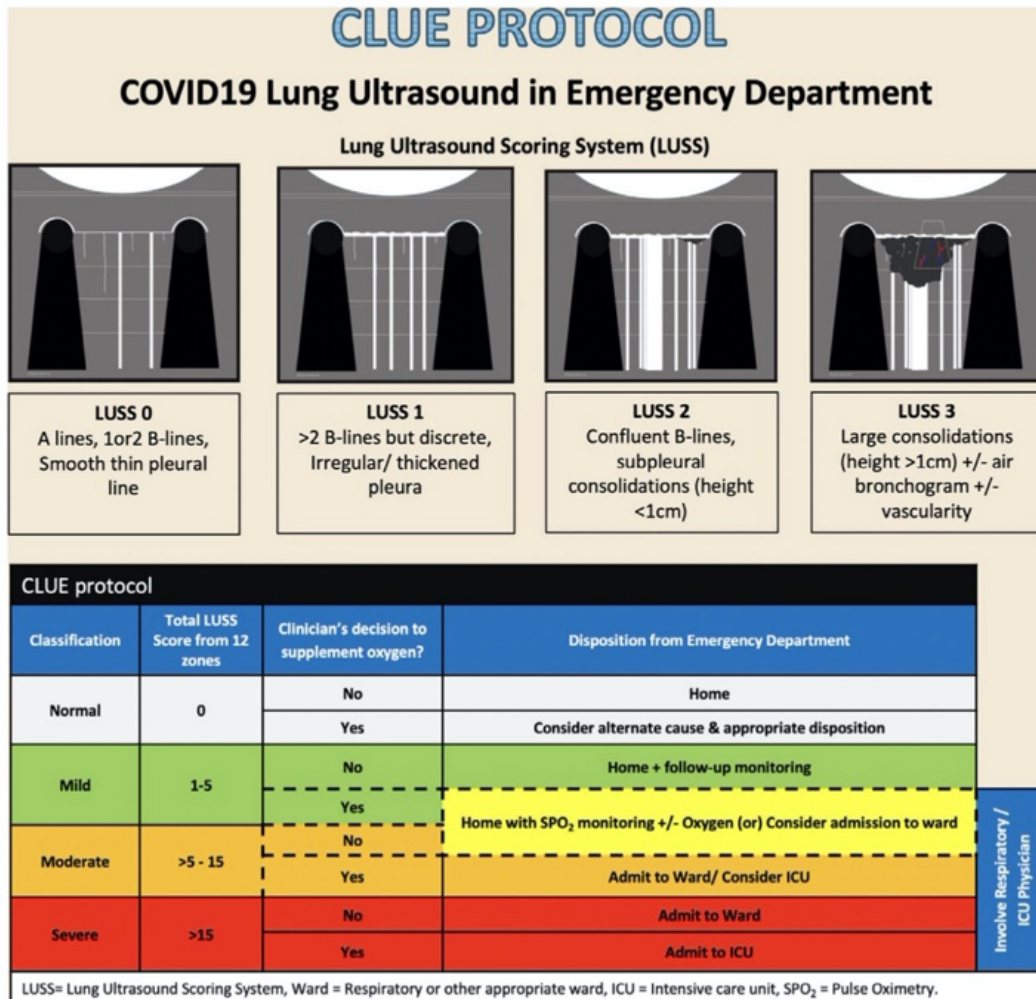
Figura 9. Algoritmo de manejo unidad de terapia intensiva del Hospital General Las Américas



- 1.-Se considera exitosa o "respondedora" a la maniobra de reclutamiento alveolar.
- 2.-Se considera no exitosa o "no respondedora" a la maniobra de reclutamiento alveolar.
- 3.-Se contraindica se sigan realizando maniobras de reclutamiento alveolar, aun si las variables y constantes respiratorias mejoren.

El LUS (Lung Ultrasound Score) es una herramienta valida para evaluar la aireación pulmonar regional y global en el SDRA. Esta bibliografía es hasta el momento la única que puede detecta un grado de severidad, leve 1-5 puntos, moderada 5-15 puntos y severa > 15 puntos, es claro referir que un pulmón sano obtendrá un puntaje de 0 (45) (Figura 10).

Figura 10. Protocolo CLUE (45)



Hipoxemia refractaria

Hasta la fecha no hay una definición estándar de hipoxemia refractaria (46), lo cual dificulta aun más su diagnóstico; incluso podríamos decir que en pacientes con medidas de protección alveolar se entiende como hipoxemia refractaria a PaO₂/FiO₂ menor a 100, o SO₂ menor a 88%, o PaO₂ <60 mmHg con FiO₂ mayor 80% (47). Teniendo en cuenta ésta falta de uniformidad con la definición de hipoxemia refractaria se realizó un estudio prospectivo que incluía una encuesta con 15 reactivos realizado a médicos intensivistas, se obtuvo como definición predominante de hipoxemia refractaria en un 68% a la PaO₂/FiO₂ menor a 100, aunque el 55% de los médicos refirieron como definición PaO₂ < 60 mmHg persistente mientras se usa una FiO₂ >70% (o FiO₂ del 100% referido en el estudio LOVS) por al menos una hora, a pesar de utilizar una PEEP de al menos 15 cmH₂O (29). Es importante mencionar que la bibliografía actual recalca como hipoxemia refractaria a la presencia de PaO₂/FiO₂ menor a 100, pero para fines de este estudio tomaremos en cuenta todas estas definiciones ya referidas.

Maniobras de reclutamiento

El SDRA es una enfermedad hipóxica, no homogénea, caracterizada por atelectasia focal, enfisema focal y derivaciones intrapulmonares (48). El reclutamiento alveolar se refiere a la apertura de los alveolos colapsados; de otra manera referido el reclutamiento continuo es lo opuesto a la atelectasia. Una maniobra de reclutamiento consiste en un aumento transitorio de la presión alveolar a niveles superiores a una ventilación protectora, este reclutamiento depende de la duración de la maniobra, existencia de tejido pulmonar reclutable, respuesta hemodinámica, balance entre áreas reclutadas colapsadas y sobredistensión de áreas sanas (49).

La formación de atelectasias en el pulmón con SDRA puede reducir la proporción de pulmón aireado disponible para ventilación; el segmento pulmonar no aireado se puede airear aplicando un nivel de presión apropiado al pulmón. La maniobra de reclutamiento que implica un aumento transitorio de la presión traspulmonar, tiene como objetivo reabrir unidades alveolares, a éste aumento de presión se agrega el

efecto del PEEP el cual los mantendrá abiertos. Las maniobras de reclutamiento son de bajo costo, simples y factibles; puede asociarse a mejora en la oxigenación y distensibilidad pulmonar así como a deterioro hemodinámico, esto secundario a que una presión intratorácica mas alta implica un gasto cardiaco mas bajo, un aumento en la resistencia vascular pulmonar lo que altera el gasto cardiaco derecho (50).

Aspectos fisiopatológicos de las maniobras de reclutamiento alveolar

Como se ha comentado previamente las maniobras de reclutamiento mejora la atelectasia, pero que sucede con el edema alveolar; se demostró que las maniobras de reclutamiento tienen un impacto biológico significativo, con una disminución rápida y transitoria en la forma soluble en plasma del receptor para el producto final de la glicación avanzada (sRAGE) en pacientes con SDRA; en un modelo experimental con un pulmón humano perfundido aislado, se vio que a mayor sRAGE menor tasa de aclaramiento del liquido alveolar, de allí la importancia de su disminución con la maniobra de reclutamiento, aunque los mecanismos por los cuales las maniobras de reclutamiento restauran el aclaramiento siguen siendo especulativos. Una de las teorías es que al aumentar el área de superficie aumentará la reabsorción de liquido de los espacios alveolares; una segunda teoría es por efecto mecánico, secundario a un aumento de la presión alveolar que acompaña al reclutamiento se puede reducir la cantidad de líquido que ingresa al alveolo al oponerse al gradiente de presión capilar alveolar. El reclutamiento podría inducir una regulación positiva de bombas de Na-K ATPasa o un reclutamiento de acuaporina 5 (AQP 5). Las maniobras de reclutamiento no son para todos los pacientes, Grasso y colaboradores demostraron que la aplicación de maniobras de reclutamiento tiene éxito en mejorar la oxigenación solo en pacientes con SDRA temprano y sin deterioro de la mecánica de la pared torácica (51, 52).

Es importante recordar, que realizar una MR implica elevar la presión transpulmonar a niveles incluso patológicos. En un estudio español se ha identificado que las presiones transpulmonares de sobredistension y apertura máxima se alcanzan a los 30 cmH₂O, y sin embargo, si mantenemos la presión de ciclado (delta de presión)

constante no aparece neumotorax hasta alcanzar los 60 cmH₂O de presión transpulmonar. En los estudios realizados de presión alveolar, la producción de neumotorax no ha aparecido nunca a menos de 75-90 cmH₂O. En relación a las maniobras de reclutamiento y la repercusión hemodinámica se sabe que de manera inicial se produce un descenso inicial transitorio del gasto cardiaco durante segundos o minutos, mismo que se normaliza cuando cede la presión de apertura o duración de la maniobra. Como se ha comentado ésta disminución del gasto cardiaco es por disminución de la precarga y al aumento simultáneo de la postcarga del ventrículo derecho, lo que repercute en el llenado del ventrículo izquierdo; si se consigue abrir todo el pulmón colapsado, a los 15-20 minutos el gasto cardiaco se normaliza e incluso mejora por disminución de las resistencias vasculares pulmonares al revertir la vasoconstricción hipóxica (53).

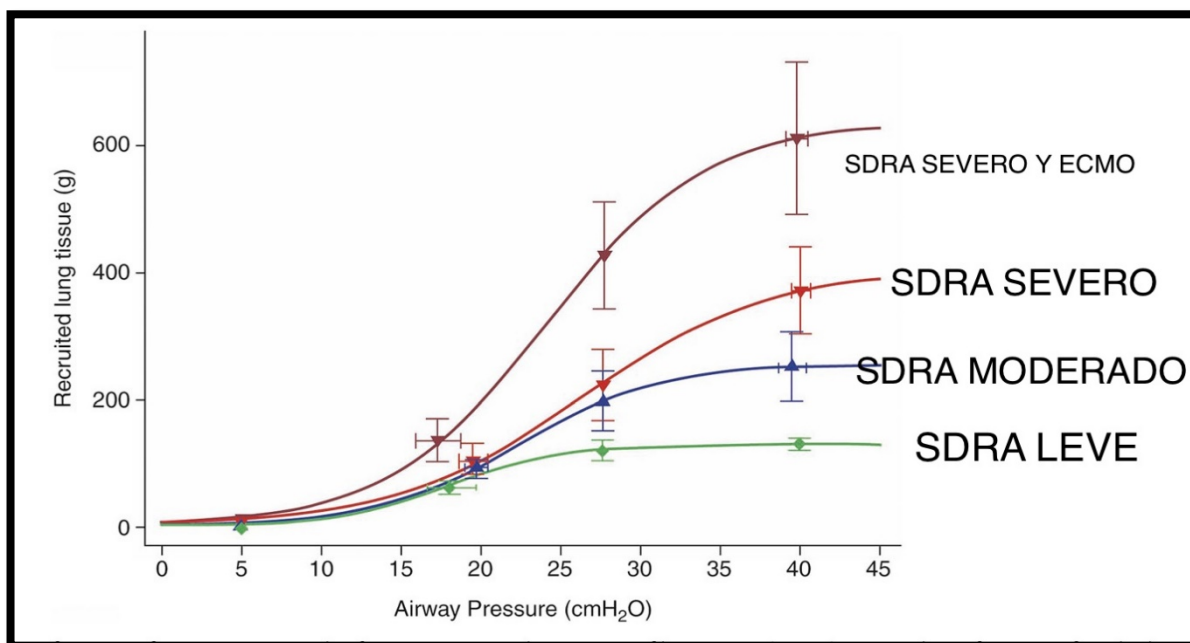
En las zonas dependientes en decúbito supino a nivel dorsal hay peor aireación que en las no dependientes (a nivel esternal) lo que genera un llenado alveolar heterogéneo. La maniobra de reclutamiento tiene 2 componentes fundamentales, el nivel de presión aplicado y el tiempo durante el que se mantendrá esa presión. El aumento de la presión traspulmonar, mas exactamente transalveolar dara lugar a la apertura de las unidades alveolares terminales según su presión crítica, siendo muy variable según su localización. Se ha observado que la presión crítica de apertura es baja en regiones no dependientes, alta en las dependientes e intermedia en los territorios limítrofes. Se considera que en la fase precoz del SDRA toda la masa pulmonar podría ser reabierto si se aplica la presión suficiente, según modelos matemáticos y experimentales para conseguir un reclutamiento completo es necesario aplicar presiones en la vía aérea mayor a 40 cmH₂O. Se ha observado según estudios del Dr Gattinoni la relación entre el porcentaje de pulmón potencialmente reclutable (medido por tomografía), observaron que el porcentaje de pulmón potencialmente reclutable varia de persona a persona, teniendo un porcentaje del 13% mas/menos y dicho parámetro se relaciona con la respuesta a PEEP; los pacientes con mayor tejido reclutable tenían peor oxigenación y distensibilidad. Se hace referencia a un reclutamiento anatómico y otro funcional, el anatómico es el tejido que se logra reabrir posterior al colapso y el fisiológico se

relaciona con la mejora del shunt pulmonar; por tanto airear áreas que estaban colapsadas no generará una mejora de la oxigenación ya que durante el reclutamiento la perfusión se desvía a otras áreas; por lo que los cambios en la oxigenación dependerá de cambios en la relación ventilación-perfusión (54).

Uno de los objetivos principales de la ventilación mecánica es reducir el riesgo de VILI (51); la ventilación mecánica perjudicial en modelos experimentales produce daño alveolar difuso, que incluye edema intersticial y alveolar, formación de membrana hialina e infiltración celular, en resumen la ventilación mecánica mal empleada produce un daño indistinguible al producido en el SDRA; desde el estudio ARDSNet en el que se demostró que una estrategia de ventilación con un volumen corriente bajo y una presión meseta limitada (Presión meseta < 30cmH₂O) redujo la tasa de mortalidad. Lachmann propuso reducir el ateletrauma mediante maniobras de reclutamiento y el uso posterior de una PEEP mas alta, el conocido concepto de "pulmón abierto"; este concepto asociado a un bajo volumen tidal parece un modelo experimental prometedor; de acuerdo a la Ley de LaPlace ($P=2\gamma/r$) donde P es presión, γ es la tensión superficial de la pared alveolar y r es el radio del alveolo, se requiere más presión para abrir un alveolo colapsado que un alveolo abierto. Además la presión de apertura de los alveolos colápsados tiene que superar la fuerza de retracción alveolar y la fuerza de compresión sobre el alveolo por el tejido circundante; la suma de estas presiones se estima entre 45-60 cmH₂O en pacientes con SDRA. Cressoni y colaboradores investigaron si la ventilación mecánica con presión meseta de 30 cmH₂O realmente recluto el pulmón, se incluyeron 33 pacientes con SDRA leve a grave, se realizaron 4 exploraciones por TC, una con PEEP a 5 cmH₂O y tres a presión meseta de 19, 28 y 40 cmH₂O durante un episodio de respiración menor a 5 segundos; se encontró que la cantidad de tejido pulmonar reclutado en SDRA leve moderado fue insignificante con presión meseta de 30-45 cmH₂O, a diferencia de la misma presión ya referida en pacientes con SDRA severo en el cual el pulmón reclutado fue mas significativo, ver figura 11. El tiempo es una variable importante en el reclutamiento alveolar, la aplicación de 30 cmH₂O a un pulmón inflado a 5 cmH₂O por 2 segundos abre aproximadamente el 75% de los alveolos, 30 cmH₂O por 40 segundos aumenta gradualmente la

proporción de los alveolos abiertos en un 85%. En resumen este estudio concluyó que se puede manejar este concepto de pulmón abierto en pacientes con SDRA grave e hipoxemia refractaria bajo el protocolo de ARDSNet pero solo si el paciente responde a reclutamiento y si no responde se valorará ECMO veno venoso (55, 56).

Figura 11. Reclutamiento pulmonar en función de la presión de la vía aérea.



¿Es seguro realizar maniobras de reclutamiento?

La piedra angular del tratamiento del SDRA ha sido la ventilación pulmonar protectora con bajo volumen tidal, PEEP, y en muchos casos la posición prono asociado al bloqueo neuromuscular. Se han propuesto estrategias de ventilación que tenían por objetivo abrir unidades alveolares colapsadas para aumentar la capacidad funcional residual y también reducir el colapso alveolar cíclico, a pesar de estudios preliminares prometedores el estudio ART, que incluyó a 1010 pacientes con SDRA moderado severo y ventilación tradicional con bajo volumen tidal, PEEP con base a tabla de PEEP baja del ensayo ALVEOLI (Grupo ARDSNet), no logro encontrar un efecto beneficioso del uso temprano de maniobras de reclutamiento alveolar con titulación de PEEP en pacientes con

SDRA moderado severo, en este ensayo las maniobras de reclutamiento guiadas por mejor distensibilidad pulmonar después de la titulación del PEEP se asociaron a mayor mortalidad a pesar de una disminución de la presión de la vía aérea y mejora en la oxigenación (55, 57, 58, 59); cabe mencionar en el estudio ART, el PEEP empleado en la maniobra de reclutamiento fue el siguiente, se inicio con presión inspiratoria de 15 cmH₂O, se inicio con PEEP 25 cmH₂O por 1 minuto, luego PEEP de 35 cmH₂O por un minuto, luego PEEP 45 cmH₂O por dos minutos; posterior se inicio el descenso del PEEP y se mantuvo en volumen control con PEEP 23 cmH₂O; los niveles de PEEP disminuyeron en pasos de 3 cmH₂O hasta un mínimo de 11 cmH₂O, cada disminución de PEEP duro 4 minutos midiendo la mejor distensibilidad durante este descenso; después se realizó la segunda maniobra de reclutamiento con PEEP inicial de 45 cmH₂O por 2 minutos y se redujo al PEEP optimo. Es importante tener en cuenta que esta maniobra de reclutamiento inicial se modifico en junio de 2015 a incrementos de PEEP de 25, 30 y 35 cmH₂O por un minuto teniendo una presión meseta máxima de 50 cmH₂O (de manera inicial se considero una presión meseta máxima de 60 cmH₂O, lo que después de 3 paradas cardiacas se decidió reducir a 50 cmH₂O) (59). En el análisis secundario del estudio ART reveló que solo un grupo de pacientes (pacientes con SDRA secundario a neumonía y que usaban vasopresores) se asoció a mayor mortalidad después de recibir la maniobra ART en comparación con la ventilación ARDSNet. Esta estrategia de PEEP alta condujo a un aumento en la mortalidad a 28 días; es importante tener en cuenta que de esos 1010 pacientes 599 (59.3%) tenían SDRA moderado, lo que en estudios futuros se demostró que el pulmón reclutado con este grado de severidad es mínimo a costa de sobredistensión, el análisis de subgrupos identificó que la mayor mortalidad ocurrió en este tipo de pacientes, mientras que la mortalidad fue similar en pacientes con SDRA severo (55, 57, 58, 59).

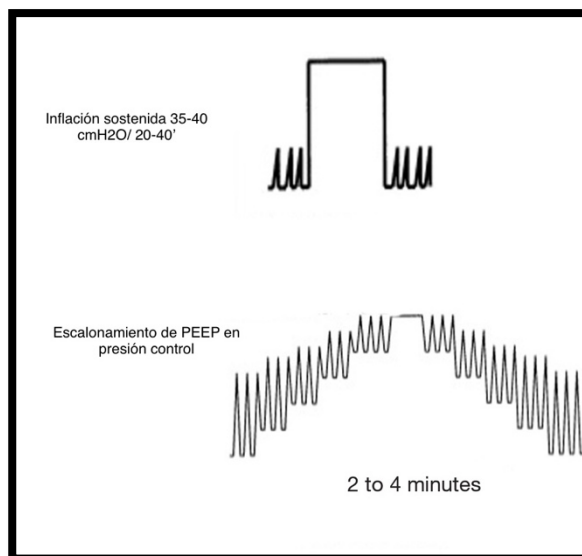
Resultados igual de negativos que los reportados en el estudio ART se reflejaron en el estudio ALVEOLI. Un dato importante es que en el estudio ALVEOLI en 2004 las maniobras de reclutamiento empleadas a los pacientes del grupo de presión alta se

aplico presión continua (CPAP) 35-40 cmH₂O por 30 segundos y no una maniobra escalonada (58).

Tipos de maniobras de reclutamiento

Se han descrito una variedad de maniobras, incluida la presión positiva continua alta de la vía aérea (30-40 cmH₂O), incrementos progresivos de PEEP o presión soporte constante y altas presiones de conducción (Figura 12). Las maniobras de reclutamiento están asociadas a mejora fisiológica a corto plazo incluida disminución de Shunt pulmonares y aumento de distensibilidad pulmonar, la maniobra de reclutamiento puede disminuir la lesión pulmonar asociada al ventilador ya que disminuye el número de atelectasias, mismas que aumentan el estrés y la tensión alveolar durante la ventilación; se realizó una revisión sistemática de ensayos aleatorios con estrategias de ventilación protectora que incorporó maniobras de reclutamiento y se evaluó la disminución de la mortalidad; se concluyó que la maniobra de reclutamiento mejora la oxigenación, particularmente cuando se combina con PEEP alta lo que reduce los episodios de rescate, las maniobras de reclutamiento son seguras y bien toleradas, aunque se requiere de más investigación para evaluar su papel en el manejo del SDRA (60).

Figura 12. Tipos de Maniobra de reclutamiento (60)



Hay una variedad importante de maniobras de reclutamiento dentro de las cuales alguna literatura prefiere dividir las en 4 grupos: 1) CPAP sostenida en la cual se alcanza una presión determinada por 20-40 segundos, normalmente 35-50 cmH₂O. La maniobra mas común es la aplicación de 40 cmH₂O por 40 segundos, durante ese tiempo dejar en 0 cmH₂O la presión soporte para evitar barotrauma. 2) Suspiros, aumento de volumen corriente o PEEP durante una o varias respiraciones ajustados para alcanzar una presión meseta específica. 3) Suspiros prolongados, considera la interacción entre la presión y el tiempo; se trata de un aumento progresivo del PEEP junto con disminución del volumen tidal durante un tiempo más prolongado. 4) Ventilación presión control, manteniendo un delta de presión (comúnmente 15 cmH₂O) que garantice el volumen corriente, con incrementos progresivos del PEEP. En los últimos años se ha observado en trabajos experimentales que realizar las maniobras de reclutamiento de forma mas lenta y progresiva, subiendo la presión a lo largo de varios pasos o en forma de rampa hasta alcanzar la meta, ofrece un mejor resultado y menor afección hemodinámica (54).

Una maniobra de reclutamiento escalonada con PEEP y una presión de conducción estable puede reclutar la mayor parte del pulmón colapsado. En relación a esta técnica de reclutamiento se realizó un estudio prospectivo aleatorizado realizado en 4 UCI en Taiwán desde marzo de 2009 a febrero de 2012, se incluyó a pacientes con SDRA que estuvieron en ventilación mecánica al menos 72h y con una relación PaO₂/FiO₂ menor a 250, se asignó al azar a pacientes para recibir maniobra de reclutamiento con ventilación protectora o un grupo que solo recibió ventilación protectora (ventilación controlada por presión, con Volumen tidal de 6-8 mL/kg y una presión meseta menor a 30 cmH₂O), para el grupo experimental los pacientes fueron sedados antes de la maniobra de reclutamiento y se administró un agente de bloqueo neuromuscular, se aseguro la estabilidad hemodinámica, se realizó la MR en modo controlado por presión y con una presión máxima de la vía aérea de 35 cmH₂O, PEEP de 20 cmH₂O, FiO₂ 100%, frecuencia respiratoria 15 rpm, relación I:E 1:1. La PEEP se incrementó en 3 cmH₂O cada 3 respiraciones hasta una presión máxima de 50 cmH₂O y una vez en esta presión se mantuvo por 2 minutos, posteriormente se bajó la PEEP hasta 25

cmH₂O y se descendió 1 cmH₂O de PEEP cada 3 respiraciones hasta que se identificó una distensibilidad dinámica máxima, una vez identificada ésta PEEP que genera una distensibilidad dinámica máxima se aumentó la PEEP a 35 cmH₂O por 2 minutos, luego se volvió a 2 cmH₂O por encima del PEEP óptimo ya identificado previamente, finalmente se ajustó la FiO₂ y frecuencia respiratoria para mantener meta de oxigenación. Estas maniobras se realizaron cada 8 horas hasta mantener FiO₂ menor a 40% y PEEP menor a 1. Este estudio demostró que una MR temprana escalonada combinada con ventilación protectora mejoró los resultados de los pacientes, con menos días de ventilación mecánica y menor estancia en la UCI, pero no modificó la mortalidad a 28 días (48).

Las maniobras con uso de CPAP o insuflación sostenida, siendo las maniobras que inicialmente se recomendaron como la famosa técnica 40 cmH₂O por 40 segundos, demostró en estudios anatomopatológicos que son más lesivas que las maniobras de escalonamiento; Se ha visto también que generan más repercusión hemodinámica en el paciente que las maniobras de escalonamiento; la otra gran desventaja de este tipo de maniobras con CPAP es que no sirven para titular el PEEP. Por lo anterior las únicas maniobras que se aconseja realizar son las maniobras escalonadas o de múltiples escalones consecutivos; se deben realizar estas últimas en presión control, dejar mantenida una diferencia de presión fija de 15 cmH₂O e ir incrementando la PEEP en escalones de 5 en 5 cmH₂O, hasta llegar a un máximo de presión de 35-40 cmH₂O y una PEEP establecida de 15-20 cmH₂O, se pasará al siguiente escalón cada de 3 respiraciones; una vez logrado el grado máximo de presión se permanecerá en el por 5-10 respiraciones y después disminuir las presiones de forma escalonada hasta encontrar la PEEP que genera una mejor distensibilidad dinámica y menor delta de presión. Cabe mencionar una vez alcanzada la presión máxima se puede pasar a un modo controlado por volumen, con un volumen tidal de 6 mL/kg o seguir en presión control con un delta de presión de 10 cmH₂O; finalmente se realiza nuevamente la maniobra de reclutamiento ya descrita y se deja el PEEP donde se consiguió la mejor distensibilidad y menor delta de presión; la FiO₂ durante el procedimiento se mantendrá al 100%. La reapertura pulmonar es un proceso dependiente

exclusivamente de la presión transpulmonar máxima y del tiempo en que esta presión máxima se aplique; estas maniobras son seguras siempre y cuando no se aumente la presión transpulmonar mas de 55-60 cmH₂O o 70-80 cmH₂O de presión alveolar (53).

Un artículo mexicano encontró que las maniobras mas utilizadas son CPAP entre 30-40 cmH₂O por un periodo de 30-40 segundos y ventilación en modo controlado por presión y elevación de la PEEP hasta 30-40 cmH₂O con presiones pico no superiores a 50-60 cmH₂O. La maniobra con CPAP de 30-40 cmH₂O produce descensos mas marcados del gasto cardiaco y la tensión arterial. Estudios sugieren que el reclutamiento alveolar ocurre desde que se inicia la inflación hasta el final de la misma por tanto se establece que se lleva a cabo en la inspiración, de este modo la PEEP no da un reclutamiento sino que evita el colapso alveolar, se ha descrito que una PEEP alta mas presión meseta alta y volumen tidal bajo produce mayor reclutamiento que un volumen tidal alto y PEEP baja. La manera mas confiable de valorar el reclutamiento es mediante TAC y es la oxigenación el método mas empleado para valorar la respuesta al reclutamiento; estudios como ART refiere que respuesta a reclutamiento, se entiende como un cambio en la relación PaO₂/FiO₂ > 50; mientras que en el estudio ALVEOLI el criterio de respuesta fue, el ascenso del 5-9% de la SO₂ (ambos estudios con maniobras de reclutamiento distintas) (49).

Recomendación de las maniobras de reclutamiento

El beneficio de las maniobras de reclutamiento y PEEP podría estar relacionado con el potencial de reclutamiento alveolar en pacientes con SDRA. Cabe mencionar que el reclutamiento alveolar se puede lograr sin una maniobra de reclutamiento, por ejemplo la extracción de un tapón mucoso promoverá el reclutamiento de alveolos colpasados distalmente, misma situación con la posición prono. (56)

Aun queda la duda de recomendar este tipo de terapéutica, por lo que se realizó este metaanálisis para evaluar el efecto de las maniobras de reclutamiento sobre la mortalidad en pacientes con SDRA. Esta revisión incluyó a 747 artículos de los

cuales al final solo quedaron 14 estudios controlados aleatorizados con un total de 3185 pacientes de 7 países, se analizaron 1517 pacientes en el grupo de maniobra de reclutamiento y 1668 en el grupo sin maniobra de reclutamiento, el resultado de mortalidad a 28 días se informo en los 14 estudios. No se mostró diferencia significativa en la mortalidad a los 28 días con o sin maniobras de reclutamiento; por lo anterior como conclusión de este metánesis sugieren que en pacientes con SDRA el uso sistemático de maniobras de reclutamiento no mejora significativamente la mortalidad a 28 días, o la mortalidad hospitalaria o la estancia en la UCI, sin embargo estas maniobras se asociaron a efectos positivos como mejora en la oxigenación, disminución de la presión de la vía aérea y un uso menos frecuente de terapias de rescate. Por lo anterior se respalda un uso individualizado en lugar de sistemático para la realización de maniobras de reclutamiento. (50)

Las guías ATS/European society of intensive care medicine sugieren que los pacientes adultos con SDRA deben recibir maniobras de reclutamiento (recomendación condicional) (61).

La guía formal de SDRA 2019 refiere que las maniobras de reclutamiento probablemente no deberían usarse de manera rutinaria en pacientes con SDRA (30).

3. Planteamiento del Problema

El SARS CoV2, pandemia que vino a establecerse a nivel mundial desde el 2019 y unos meses después en la población mexicana como un compañero en nuestras actividades cotidianas; pandemia que además, permitió evidenciar la fragilidad y las debilidades que se tienen en el sistema de salud a nivel mundial y de manera específica en nuestro país. Esta entidad generada por este agente viral permitió identificar varios escenarios clínicos, desde el paciente con síntomas leves, paciente con síntomas moderados y el paciente con síntomas severos, estableciendo a su vez un síndrome de distres respiratorio agudo severo, grupo en el cual se evidencian aun mas el deficit de conocimiento relacionado a esta entidad y su terapéutica con sustento o nivel de evidencia. Debemos tener en cuenta que no hay estudios que de momento determinen un fundamento epidemiológico y terapéutico relacionadas a la infección por SARS CoV2 por lo que las guías actuales hacen referencia al tratamiento establecido y tal vez aprobado para un síndrome de distres respiratorio agudo “convencional”.

Tal como se ha establecido en la literatura actual, desde lo referido en el estudio LUNG SAFE en 2016 se tiene afortunadamente una baja incidencia del síndrome de distres respiratorio agudo severo, mismo que se asocia a una alta mortalidad así como alto costo en la unidades hospitalarias, de ahí la importancia de establecer mejores medidas terapéuticas e identificar herramientas de bajo costo que se tienen en las unidades de cuidados intensivos de nuestra población, tal es el caso del ultrasonido pulmonar, incluso llamado el quinto eslabón de la exploración física en el paciente; como ya se ha establecido, el ultrasonido pulmonar es una herramienta magnífica y rápida de realizar a la cabecera del enfermo en estado critico lo que facilita la toma de decisiones oportunas en este tipo de pacientes en tiempo real; al establecer un patrón de aireación pulmonar mediante la ultrasonografía en el paciente que ingresa a la unidad de cuidados intensivos y con base a ello poder determinar los cambios que se presentan en un pulmón enfermo posterior a realizar una maniobra de reclutamiento alveolar, lo que podría determinar ganancia o perdida de aireación pulmonar; que si bien es cierto la bibliografía y evidencia actual no niega o

contraindica el uso de este tipo de terapéutica en un paciente bien seleccionado. Al tener una ganancia en la aireación, se identifica de manera simultánea una mejora en la oxigenación sistémica misma que se espera mantener con el manejo ventilatorio y/o farmacológico empleado. De ahí la importancia de investigar la aireación pulmonar en este tipo de pacientes en donde, los conocimientos son insuficientes.

Por lo que surge la siguiente pregunta de investigación

¿La evaluación ultrasonográfica pulmonar es útil para determinar la ganancia o pérdida en la aireación posterior al empleo de maniobras de reclutamiento alveolar en los pacientes con síndrome de diestres respiratorio agudo severo secundario a COVID 19 en la unidad de cuidados intensivos del Hospital General Las Américas?

4. Justificaciones

Los pulmones de pacientes con SDRA presentan grandes alteraciones, colapso secundario al aumento del peso pulmonar, edema dentro del alveolo e inflamación ya sea localizada o diseminada lo que ocasiona disminución de la aireación pulmonar (48). La manera más exacta de evaluar el grado de aireación es mediante estudio tomográfico (49), lo que implica un traslado del paciente crítico y mayor tiempo para la toma de decisiones en este tipo de pacientes. En cambio el ultrasonido pulmonar es una herramienta rápida a la cabecera del enfermo, que permite evaluarlo en tiempo real. Por medio de la ultrasonografía pulmonar se han identificado 4 patrones de aireación pulmonar con base a lo referido por Bouhemad en 2011 (40, 41, 42), patrón N o normal en el que se presenta una aireación pulmonar normal, patrones que revelan disminución de la aireación como es un patrón B1, patrón B2 (disminución de aireación moderada y severa) y patrón C o consolidación que revela una pérdida completa de la aireación; es importante mencionar que una pérdida de la aireación pulmonar conlleva una pérdida del área funcional para llevar a cabo un intercambio gaseoso adecuado, lo que disminuirá la concentración de O₂ a nivel sanguíneo perpetuando el daño celular y un metabolismo anaerobio incrementado, lo que culmina con un incremento en la mortalidad. Una maniobra de reclutamiento alveolar en un paciente bien seleccionado detecta una ganancia o pérdida de la aireación según sea el caso, ya que en los pacientes con ganancia en la aireación evidenciará una mejora en la oxigenación celular así como una disminución de la lesión pulmonar asociada a la ventilación (50), entendiendo esto como una posible mejora en la mortalidad y uso de recursos humanos y monetarios por la institución.

5. Hipótesis

Hipótesis de investigación (Hi):

La ultrasonografía pulmonar es una herramienta útil para evaluar la ganancia o pérdida de aireación pulmonar posterior a la maniobra de reclutamiento alveolar en pacientes con Síndrome de Distres Respiratorio Agudo severo secundario a COVID 19, en la unidad de cuidados intensivos las Américas

Variable independiente (Causa): Maniobra de reclutamiento alveolar

Variable dependiente (Consecuencia): Ganancia en la aireación pulmonar

Hipótesis nula (Ho):

La ultrasonografía pulmonar no es una herramienta útil para evaluar la ganancia o pérdida de aireación pulmonar posterior a la maniobra de reclutamiento alveolar en pacientes con Síndrome de Distres Respiratorio Agudo severo secundario a COVID 19, en la unidad de cuidados intensivos las Américas

6. Objetivos

Objetivo general:

Evaluar la aireación pulmonar mediante ultrasonografía en el paciente con síndrome de insuficiencia respiratoria aguda severa por infección por COVID 19 y su comportamiento con la maniobra de reclutamiento alveolar en pacientes de la unidad de cuidados intensivos “Las Americas”

Objetivos específicos:

1. Determinar si al realizar una maniobra de reclutamiento se presenta una ganancia o pérdida en la aireación pulmonar evaluada mediante USG pulmonar.
2. Determinar que comorbilidades se asocian mas frecuentemente a infección por COVID 19
3. Determinar que genero se ve mas afectado en ese tipo de población infectada por COVID 19
4. Evaluar si la presencia de comorbilidades se asocia a un mayor deterioro en la oxigenación (PaO_2/FiO_2) de manera inicial.

7. Métodos

Sitio de Estudio: Se realizó de marzo de 2020 hasta agosto de 2020 en el Hospital General “Las Américas”, Ecatepec, Estado de México. Perteneciente al Instituto de Salud del Estado de México, considerado de 2do nivel de atención y ubicado en una zona urbana.

Tipo de estudio

Prospectivo, transversal y correlacional-causal

Tipo de muestreo

No probabilístico por conveniencia que incluyó a todo paciente que cumplió con los criterios de inclusión y que presentó un síndrome de distres respiratorio agudo severo secundario a COVID-19 en el periodo de marzo de 2020 a agosto de 2020 en la Unidad de Cuidados Intensivos del Hospital General Las Américas”

Tamaño de la muestra

Se seleccionó a todo paciente con síndrome de distres respiratorio agudo severo secundario a COVID-19 con fenotipo H para obtener al menos el 95% de la población en la Unidad de Cuidados Intensivos del Hospital General Las Américas” que ingresó por diagnóstico probable o confirmado de infección por SARS-CoV 2.

Población

Se integró por todo paciente con síndrome de distres respiratorio agudo severo secundario a COVID-19 en la Unidad de Cuidados Intensivos del Hospital General Las Américas” que ingresó en el periodo de marzo de 2020 a agosto de 2020. Se recolectó la información en Anexo 2

Criterios de inclusión

Pacientes mayores de 16 años. Paciente con síndrome de distres respiratorio agudo severo con base a definición Berlin 2012 secundario a neumonía severa, paciente con definición operacional para caso sospechoso COVID-19, ya sea por criterios tomograficos o PCR-RT para SARS CoV2 positiva que ingrese a la Unidad de Cuidados Intensivos del Hospital General Las Américas”. Paciente que se encuentren con volumen tidal entre 4-6mL/kg de peso ideal, PEEP de al menos 5cmH2O y máximo 25 cmH2O. Paciente con hipoxemia refractaria. Paciente potencialmente reclutable ó fenotipo H de la enfermedad.

Criterios de exclusión

Hipertensión intracraneal, síndrome compartimental abdominal, evidencia de neumotorax, PEEP 0-4 cmH2O. Tensión arterial media menor a 65 mmHg y/o inestabilidad hemodinámica. Embarazo

Variables

Tabla 1 Definición conceptual de variables

Variable	Definición conceptual	Definición operacional	Tipo de variable	Escala de medición
Comorbilidades	Situación de padecer dos o más enfermedades al mismo tiempo	Condición medica en la que un paciente presenta mas de una enfermedad asociada a la patología a estudiar tal como Diabetes mellitus, Hipertensión arterial, Obesidad, Tabaquismo, Cardiopatía, Cáncer y Otras	Cualitativa nominal	0. Ausente 1. Presente
Edad	Tiempo transcurrido desde el nacimiento a la fecha de que se trate	Años cumplidos al momento del estudio	Cuantitativa ordinal	a. 18-30 b. 31-40 c. 41-50 d. 51-60 e. 61-70 f. >70

Genero	Estatus biológico de una persona en cuanto a hombre y mujer	Concepto social que involucra las funciones y comportamientos propios para hombres y mujeres	Cualitativa dicotómica	<ul style="list-style-type: none"> a. Hombre b. Mujer
Patrón de aireación	Aire identificado mediante ultrasonido en una región pulmonar evaluada	Mediante sonda de ultrasonido lineal y convexa se insonaron 6 áreas del hemitorax derecho (R1-R6) y 6 areas del hemitorax izquierdo (L1-L6), de los cuales se establece un patrón de aireación pulmonar al cual se le puede otorgar un valor numérico con base al tipo de patrón presentado	Cualitativa ordinal	<ul style="list-style-type: none"> 0. N = Normal, 0 puntos 1. B1 = Lineas B espaciadas 7mm, 1 punto 2. B2 = Lineas B espaciadas 3mm, 2 puntos 3. C= Consolidación, 3 puntos

Relación PaO₂/FiO₂	Cociente que mide de manera indirecta la lesión pulmonar lo que permite evaluar el grado de hipoxemia	Se toma una gasometría arterial antes y después de la maniobra de reclutamiento y se toma este valor de PaO ₂ como el divisor y el FiO ₂ que se le esta administrando al paciente en ese momento como el dividendo para obtener un cociente	Cuantitativa continua de Razón	<ol style="list-style-type: none"> 1. Leve > 200 mmHg 2. Moderado 100-200 mmHg 3. Severo < a 100 mmHg
Maniobra de reclutamiento	Apertura de los alveolos colapsados, gracias a un aumento sostenido en la presión de la vía respiratoria; de otra manera referido, el reclutamiento continuo es lo opuesto a la atelectasia.	CPAP sostenida: consiste en mantener la presión soporte de 20-40 cmH ₂ O por 20-40 segundos.	Cualitativa categorica	<ol style="list-style-type: none"> a. CPAP sostenida b. Otra

Escore de aireación pulmonar	Aire identificado mediante ultrasonido en una región pulmonar evaluada posterior a realizar una intervención médica, en este caso una maniobra de reclutamiento	Mediante sonda de ultrasonido lineal y convexa se insonaron 6 áreas del hemitorax derecho (R1-R6) y 6 areas del hemitorax izquierdo (L1-L6), de los cuales se establece nuevamente un patrón de aireación pulmonar y se realiza una comparación con el patron de aireación pulmonar obtenido previamente a la maniobra de reclutamiento alveolar lo que generara una diferencia de patrones, al cual se le aplicara un puntaje con base	Cualitativa ordinal	0. 1 punto (B1 a N, B2 a B1 y C a B2) 1. 3 puntos (B2 a N y C a B1) 2. 5 puntos (C a N) 3. -1 punto (N a B1, B1 a B y B2 a C) 4. -3 puntos (N a B2 y B1 a C) 5. -5 puntos (N a C)
-------------------------------------	---	---	---------------------	--

		al score de aireación, ya sea de ganancia (de 1 punto a 5 puntos en la aireación) ó pérdida de la aireación pulmonar (de -1 punto a -5 puntos)		
Ganancia o Pérdida de la aireación pulmonar	Hace referencia a la ganancia o pérdida de aire pulmonar posterior a una intervención medica, en este caso una maniobra de reclutamiento alveolar	Posterior a la maniobra de reclutamiento alveolar se determinara una ganancia de aire pulmonar con base al puntaje obtenido posterior a realizar el score de aireación (de 1-4 puntos de 75-200 mL de aire, de 5-7 puntos de 201-400 mL de aire y mas de 8 puntos de 401 a mas de 900 mL	Cualitativa ordinal	<ol style="list-style-type: none"> 1. Aireación positiva o ganancia de aire 2. Sin aireación o aireación neutra 3. Aireación negativa o pérdida de aire

		de aire reclutado) ó bien una pérdida de la aireación pulmonar (de -1 a -10 puntos de -75 a -400 mL de aire, de -11 a – 20 puntos de > - 400 mL de aire perdido)		
--	--	--	--	--

8. Implicaciones éticas

A lo largo de la historia de la medicina existieron individuos encargados de proteger a los pacientes de acciones indebidas por parte de sus médicos tratantes; tan antiguo es esto que desde Hipócrates en su máxima “no harás daño a tus pacientes” fue un principio fundamental de la ética médica. Históricamente el código de Núremberg fue el primero en definir los principios éticos que deben regir la investigación médica con seres humanos, en dicho tratado se señala que el consentimiento voluntario es esencial para la experimentación.

En la actualidad, las normas y reglamentos éticos para llevar a cabo la investigación biomédica en humanos han sido desarrollados y establecidos en guías internacionales, entre las que se incluyen, la declaración de Helsinki, creada por la Asociación Médica Mundial con última actualización en 2002 Washington como una propuesta de principios éticos que sirvan para orientar a los médicos y a otras personas que realizan investigación médica en seres humanos. Por lo anterior toda investigación médica tiene por deber proteger la vida, la intimidad y la dignidad del ser humano. Las guías éticas internacionales para investigación biomédica que involucra a seres humanos del CIOMS y de la OMS, y las guías para buena práctica clínica

A nivel institucional tenemos la Norma que establece las disposiciones para la investigación en salud en el Instituto Mexicano del Seguro Social, con fundamento en lo dispuesto por los artículos 2 Fracción VII, 68 fracción IV, 96 a 103, 115 fracción V, 119 fracción I, 141, 160, 164, 168 fracción VI, 174 fracción I, 186, 189, fracción I y 238, 249, 262, 342, 350bis3, 350bis6, 391bis fracción V y 465 de la Ley General de Salud, y sus reformas publicadas en el Diario Oficial de la Federación el 28 de junio de 2005 y el 14 de julio de 2008; Reglamento de la Ley General de Salud en Materia de Investigación para la Salud, del 23 de diciembre de 1986; Ley del Seguro Social, publicada en el Diario Oficial de la Federación el 21 de Diciembre de 1995. Incluye reformas y adiciones por decretos publicados en el mismo Órgano el 21 de Noviembre de 1996 y 20 de Diciembre de 2001; Ley de Ciencia y Tecnología, publicada en el Diario Oficial de la Federación el 5 de junio de 2002 y sus reformas

publicadas en el Diario Oficial de la Federación el 1 de septiembre de 2004 y el 21 de agosto de 2008; Ley de la Propiedad Industrial y sus reformas publicadas en el Diario Oficial de la Federación el 2 de agosto de 1994, el 26 de diciembre de 1997 y el 17 de mayo de 1999. Cabe mención también el reglamento de la ley general de salud en materia de investigación para la salud, nuevo reglamento publicado en el diario oficial de la federación el 6 de enero de 1987, última reforma publicada dof 02-04-2014. Con base en su Título segundo, el cual se denomina “De los Aspectos Éticos de la Investigación en Seres Humanos”, CAPITULO I Disposiciones Comunes se enumeran los siguientes artículos de importancia.

ARTICULO 13.- En toda investigación en la que el ser humano sea sujeto de estudio, deberán prevalecer el criterio del respeto a su dignidad y la protección de sus derechos y bienestar.

ARTICULO 14.- La Investigación que se realice en seres humanos deberá desarrollarse conforme a las siguientes bases:

- I. Deberá adaptarse a los principios científicos y éticos que justifican la investigación médica, especialmente en lo que se refiere a su posible contribución a la solución de problemas de salud y al desarrollo de nuevos campos de la ciencia médica;
- II. Se fundamentará en la experimentación previa realizada en animales, en laboratorios o en otros hechos científicos;
- III. Se deberá realizar sólo cuando el conocimiento que se pretenda producir no pueda obtenerse por otro medio idóneo;
- IV. Deberán prevalecer siempre las probabilidades de los beneficiados esperados sobre los riesgos predecibles;
- V. Contará con el consentimiento informado del sujeto en quien se realizará la investigación, o de su representante legal, en caso de incapacidad legal de aquél, en términos de lo dispuesto por este Reglamento y demás disposiciones jurídicas aplicables;

- VI. Deberá ser realizada por profesionales de la salud a que se refiere el artículo 114 de este Reglamento, con conocimiento y experiencia para cuidar la integridad del ser humano, bajo la responsabilidad de una institución de atención a la salud que actúe bajo la supervisión de las autoridades sanitarias competentes y que cuente con los recursos humanos y materiales necesarios, que garanticen el bienestar del sujeto de investigación;
- VII. Contará con el dictamen favorable de los Comités de Investigación, de Ética en Investigación y

de Bioseguridad, en los casos que corresponda a cada uno de ellos, de conformidad con lo

dispuesto en el presente Reglamento y demás disposiciones jurídicas aplicables;
- VIII. Se llevará a cabo cuando se tenga la autorización del titular de la institución de atención a la salud y, en su caso, de la Secretaría, de conformidad con los artículos 31, 62, 69, 71, 73, y 88 de este Reglamento;
- IX. Deberá ser suspendida la investigación de inmediato por el investigador principal, en el caso de sobrevenir el riesgo de lesiones graves, discapacidad o muerte del sujeto en quien se realice la investigación, así como cuando éste lo solicite, y
- X. Será responsabilidad de la institución de atención a la salud en la que se realice la investigación proporcionar atención médica al sujeto de investigación que sufra algún daño, si estuviere relacionado directamente con la investigación, sin perjuicio de la indemnización que legalmente corresponda.

ARTICULO 15.- Cuando el diseño experimental de una investigación que se realice en seres humanos incluya varios grupos, se usarán métodos aleatorios de selección para obtener una asignación imparcial de los participantes en cada grupo y deberán tomarse las medidas pertinentes para evitar cualquier riesgo o daño a los sujetos de investigación.

ARTICULO 16.- En las investigaciones en seres humanos se protegerá la privacidad del individuo sujeto de investigación, identificándolo sólo cuando los resultados lo requieran y éste lo autorice.

ARTICULO 17.- Se considera como riesgo de la investigación a la probabilidad de que el sujeto de investigación sufra algún daño como consecuencia inmediata o tardía del estudio. Para efectos de este Reglamento, las investigaciones se clasifican en las siguientes categorías:

I. Investigación sin riesgo: Son estudios que emplean técnicas y métodos de investigación documental retrospectivos y aquéllos en los que no se realiza ninguna intervención o modificación intencionada en las variables fisiológicas, psicológicas y sociales de los individuos que participan en el estudio, entre los que se consideran: cuestionarios, entrevistas, revisión de expedientes clínicos y otros, en los que no se le identifique ni se traten aspectos sensitivos de su conducta;

II. Investigación con riesgo mínimo: Estudios prospectivos que emplean el riesgo de datos a través de procedimientos comunes en exámenes físicos o psicológicos de diagnósticos o tratamiento rutinarios, entre los que se consideran: pesar al sujeto, pruebas de agudeza auditiva; electrocardiograma, termografía, colección de excretas y secreciones externas, obtención de placenta durante el parto, colección de líquido amniótico al romperse las membranas, obtención de saliva, dientes deciduales y dientes permanentes extraídos por indicación terapéutica, placa dental y cálculos removidos por procedimiento profilácticos no invasores, corte de pelo y uñas sin causar desfiguración, extracción de sangre por punción venosa en adultos en buen estado de salud, con frecuencia máxima de dos veces a la semana y volumen máximo de 450 ml. en dos meses, excepto durante el embarazo, ejercicio moderado en voluntarios sanos, pruebas psicológicas a individuos o grupos en los que no se manipulará la conducta del sujeto, investigación con medicamentos de uso común, amplio margen terapéutico, autorizados para su venta, empleando las indicaciones, dosis y vías de administración establecidas y que no sean los

medicamentos de investigación que se definen en el artículo 65 de este Reglamento, entre otros, y

III.- Investigación con riesgo mayor que el mínimo: Son aquellas en que las probabilidades de afectar al sujeto son significativas, entre las que se consideran: estudios radiológicos y con microondas, ensayos con los medicamentos y modalidades que se definen en el artículo 65 de este Reglamento, ensayos con nuevos dispositivos, estudios que incluyan procedimientos quirúrgicos, extracción de sangre mayor al 2% del volumen circulante en neonatos, amniocentesis y otras técnicas invasoras o procedimientos mayores, los que empleen métodos aleatorios de asignación a esquemas terapéuticos y los que tengan control con placebos, entre otros.

El protocolo de investigación fue evaluado y autorizado por el Comité de Investigación del Hospital General de Ecatepec “Las Americas” (Anexo 1)

9. Resultados

Se realizó un estudio prospectivo, transversal de tipo correlación causal, en el Instituto de la Secretaría de Salud del estado de México en el Hospital General de Ecatepec Las Américas, en pacientes con síndrome de distres respiratorio agudo severo secundario a COVID-19 en el periodo de marzo de 2020 a agosto de 2020.

La muestra incluyó a 26 pacientes donde se realizó análisis bivariado se calculó Chi Cuadrada con la finalidad de confirmar la asociación entre las variables “Maniobra de Reclutamiento” versus el “Escore Final” según las frecuencias observadas como se muestra en la Tabla No. 1. Se obtiene una $p < 0.036$ que confirma la asociación entre el Escore Final de Aireación y la Maniobra de Reclutamiento lo que demuestra que es significativa la ganancia de aire identificada mediante ultrasonido en la región pulmonar evaluada desde 75 a 900 ml posterior a realizar una intervención médica, en este caso la maniobra de reclutamiento.

Tabla No. 1. Tabla de Contingencia entre las variables de estudio “Maniobra de Reclutamiento” CPAP Sostenida versus el “Score Final” en pacientes con síndrome de distres respiratorio agudo severo secundario a COVID-19.

Escore de aireación final	Maniobra de reclutamiento (CPAP sostenida)
Ganancia de aireación 401-900 ml	3
Ganancia de aireación 201-400 ml	5
Ganancia de aireación 75-200 ml	8
Sin aireación 75 - (-400) ml	1
Pérdida de aireación 74-(-74) ml	5
Pérdida de aireación -75 a (-400) ml	4
Total	26

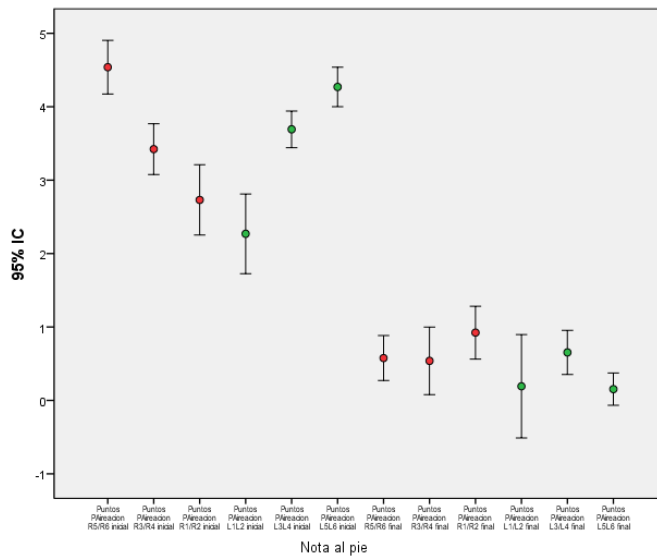
En el caso de la variable Patrón de Aireación determinado por Ultrasonido se calcularon las medidas de tendencia central de los Puntos de Aireación R5/R6, R3/R4 R1/R2 así como los L1/L2, L3/L4, L5/L6 en su fase inicial y se registraron las mismas variables en la fase final, posterior a la maniobra de reclutamiento. Con lo que se obtuvo una comparación del rango, valor mínimo máximo, media, desviación estándar y varianza, se puede observar que la media más alta se ubica en los Puntos del Patrón de Aireación R5/R6 y L5/L6 al inicio, con 4.54, 4.27 y final 0.58, 0.15 respectivamente, como se muestra en la Tabla No. 2. La distribución poblacional se muestra en la Grafica No. 1 con los gráficos con sus intervalos de errores típicos.

Tabla No. 2. Estadísticos descriptivos en tendencia central para las variables: Puntos de Patrón de Aireación por zonas pulmonares, según pacientes con síndrome de distres respiratorio agudo severo secundario a COVID-19.

Puntos Patrón Aireación	N	Rango	Mínimo	Máximo	Media	Desv. típ.	Varianza
Puntos P. Aireación R5/R6 inicial	26	3	3	6	4.54	0.905	0.818
Puntos P. Aireación R3/R4 inicial	26	3	2	5	3.42	0.857	0.734
Puntos P. Aireación R1/R2 inicial	26	4	0	4	2.73	1.185	1.405
Puntos P. Aireación L1L2 inicial	26	4	0	4	2.27	1.343	1.805
Puntos P. Aireación L3L4 inicial	26	2	2	4	3.69	0.618	0.382
Puntos P. Aireación L5L6 inicial	26	2	3	5	4.27	0.667	0.445
Puntos P. Aireación R5/R6 final	26	2	0	2	0.58	0.758	0.574
Puntos P. Aireación R3/R4 final	26	5	-1	4	0.54	0.140	1.298
Puntos P. Aireación R1/R2 final	26	4	0	4	0.92	0.891	0.794
Puntos P. Aireación L1/L2 final	26	8	-2	6	0.19	1.744	3.042
Puntos P. Aireación L3/L4 final	26	2	0	2	0.65	0.745	0.555
Puntos P. Aireación L5L6 final	26	2	-1	1	0.15	0.543	0.295

Fuente: Base de Datos: Base PatrónUSGCovid-19.sav

Gráfica No. 1. Tendencia central Patrón de Aireación, según pacientes con síndrome de distres respiratorio agudo severo secundario a COVID-19.



Fuente: Base de Datos: Base PatrónUSGCovid-19.sav

Dado que la asociación estadística fue significativa entre “Escore Final de Aireación por Ultrasonido y la Maniobra de Reclutamiento en los pacientes atendidos con diagnóstico de diestres respiratorio agudo por COVID-19, se realizó como parte del análisis inferencial una prueba de T de Student para muestras relacionadas que ayudó a probar la igualdad, el incremento o decremento de las medias poblacionales con relación a los puntos de aireación por ultrasonido de las zonas pulmonares al inicio y al final de su estancia hospitalaria.

Por lo que se diseñó un análisis por pares entre las variables en secuencia lógica de su atención ultrasonográfica, encontrando correlaciones significativas en los pares integrados por:

1er Par: Puntos Patrón Aireación R5/R6 inicial VS. Puntos Patrón Aireación R5/R6 final

2do. Par: Puntos Patrón Aireación R3/R4 inicial VS. Puntos Patrón Aireación R3/R4 final

3er. Par: Puntos Patrón Aireación R1/R2 inicial VS. Puntos Patrón Aireación R1/R2 final

4to Par: Puntos Patrón Aireación L1L2 inicial VS: Puntos Patrón Aireación L1/L2 final

5to. Par: Puntos Patrón Aireación L3L4 inicial VS. Puntos Patrón Aireación L3/L4 final

6to. Par: Puntos Patrón Aireación L5L6 inicial VS: Puntos Patrón Aireación L5L6 final

7to. Par: Puntos de Patrón Aireación Inicial VS. Puntos de Patrón Aireación Final.

Los valores encontrados en los siguientes pares de variables muestran la media y desviación estándar (DS) como se detalla en la Tabla No. 3.

Tabla No. 3. Análisis Inferencial, según estadístico prueba T para los pares de variables relacionados al diagnóstico de síndrome de distres respiratorio agudo severo secundario a COVID-19.

Pares de Variables		Media	Desviación típ.	Error típ. de la media
Par 1	Puntos P. Aireación R5/R6 inicial	4.54	0.905	0.177
	Puntos P. Aireación R5/R6 final	0.58	0.758	0.149
Par 2	Puntos P. Aireación R3/R4 inicial	3.42	0.857	0.168
	Puntos P. Aireación R3/R4 final	0.54	1.140	0.223
Par 3	Puntos P. Aireación R1/R2 inicial	2.73	1.185	0.232
	Puntos P. Aireación R1/R2 final	0.92	0.891	0.175
Par 4	Puntos P. Aireación L1/L2 inicial	2.27	1.343	0.263
	Puntos P. Aireación L1/L2 final	0.19	1.744	0.342
Par 5	Puntos P. Aireación L3/L4 inicial	3.69	0.618	0.121
	Puntos P. Aireación L3/L4 final	0.65	0.745	0.146
Par 6	Puntos P. Aireación L5/L6 inicial	4.27	0.667	0.131
	Puntos P. Aireación L5/L6 final	0.15	0.543	0.107
Par 7	Puntos P. Aireación INICIAL TOTAL	20.92	4.156	0.815
	Puntos P. Aireación FINAL TOTAL	3.00	3.709	0.727

La prueba t de Student para muestras relacionadas permitió comparar las medias de dos series de mediciones realizadas sobre las mismas unidades estadísticas en el momento de inicio y final de la maniobra de reclutamiento, lo que permitió demostrar un cambio en las puntuaciones de los promedios de las puntuaciones de los patrones de aireación por ultrasonido en los dos momentos.

Por lo anterior decimos que están “relacionadas”, y que existen diferencias significativas con una $p < 0.05$ en cada uno de los pares estudiados, confirmando la efectividad de la intervención de reclutamiento ya que presento un incremento significativo en el patrón final de aireación final por ultrasonido, como se observa en la tabla No. 4.

Tabla No. 4. Análisis Inferencial, según estadístico prueba T para los pares de variables relacionados al diagnóstico de síndrome de distres respiratorio agudo severo secundario a COVID-19.

Prueba T Student	Media	Desviación típ.	Error típ. de la media	95% Intervalo de confianza para la diferencia		t	gl	Sig.
				Inferior	Superior			
Par 1 Puntos P. Aireación R5/R6 inicial - Puntos P. Aireación R5/R6 final	3.962	1.248	0.245	3.457	4.466	16.181	25	.000
Par 2 Puntos P. Aireación R3/R4 inicial - Puntos P. Aireación R3/R4 final	2.885	1.306	0.256	2.357	3.412	11.261	25	.000
Par 3 Puntos P. Aireación R1/R2 inicial - Puntos P. Aireación R1/R2 final	1.808	1.357	0.266	1.260	2.356	6.792	25	.000
Par 4 Puntos P. Aireación L1/L2 inicial - Puntos P. Aireación L1/L2 final	2.077	1.623	0.318	1.421	2.732	6.525	25	.000
Par 5 Puntos P. Aireación L3/L4 inicial - Puntos P. Aireación L3/L4 final	3.038	1.076	0.211	2.604	3.473	14.395	25	.000
Par 6 Puntos P. Aireación L5/L6 inicial - Puntos P. Aireación L5/L6 final	4.115	0.952	0.187	3.731	4.500	22.044	25	.000
Par 7 Puntos P. Aireación INICIAL TOTAL – Puntos P. Aireación FINAL TOTAL	17.923	6.164	1.209	15.433	20.413	14.827	25	.000

Fuente: Base de Datos: Base PatrónUSGCovid-19.sav

La muestra incluyó a 26 pacientes donde se indentifico en el análisis univariado que se aplicó a la variable cualitativa nominal “Sexo” que de la población mas prevalente fue el genero masculino en un 69.2% y 30.8% pacientes del genero femenino. En la variable “Comorbilidad”, se observa que la hipertensión arterial es la comorbilidad mas prevalente en un 38.5% seguido de diabetes mellitus en un 34.6% tal como se representa en la tabla 5.

Tabla 5. Características generales de pacientes con síndrome de distres respiratorio agudo severo secundario a COVID-19.

Variables	N =26	%
Edad		
• 31-40 años	3	(11.5%)
• 41-50 años	8	(30.8%)
• 51-60 años	6	(23.1%)
• 61-70 años	5	(19.2%)
• Más de 70 años	4	(15.4%)
Sexo		
• Masculino	18	(69.2%)
• Femenino	8	(30.8%)
Comorbilidades		
• Hipertensión	10	(38.5%)
• Diabetes	9	(34.6%)
• Obesidad	3	(11.5%)
• Tabaquismo	3	(11.5%)
• Cardiopatía	2	(7.7%)

Fuente: Base de Datos: Base PatrónUSGCovid-19.sav

En la tabla 6 se comparan las variables gasométricas, PEEP, FiO2 y relación PaO2/FiO2 iniciales y después de realizar la maniobra de reclutamiento identificando significancia estadística con una $P < 0.05$ en todas las variables excepto en la pCO2. Lo que se representa en las gráficas de tendencia central Gráfica 2, 3, 4 y 5.

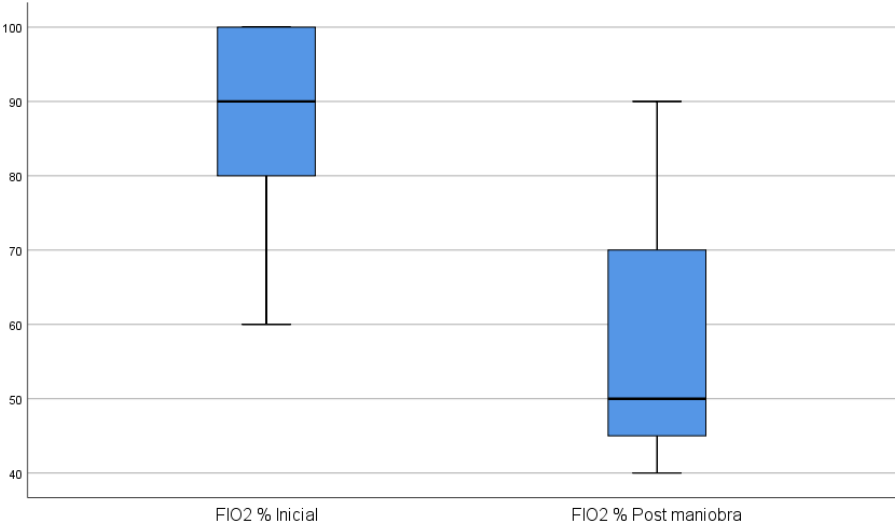
Tabla 6. Comparación de variables pre maniobra y post maniobra en pacientes con síndrome de distres respiratorio agudo severo secundario a COVID-19.

VARIABLES	VALORES INICIALES	VALORES FINALES	P
FiO2 (%)	90 (80,100)	50 (45,72)	0.001
PaO2 (mmHg)	66.5 (56.50,72.25)	78 (69.75,84.25)	0.002
PaCO2 (mmHg)	43 (\pm 12.23)	41.31 (\pm 7.43)	0.524
PEEP	10 (10,12)	11 (10,12)	0.027
PaO2/FiO2	74.50(69.25,91.75)	156 (98.5,182)	0.001

Valor expresado en media y desviación estandar, con Prueba t student para muestras relacionadas

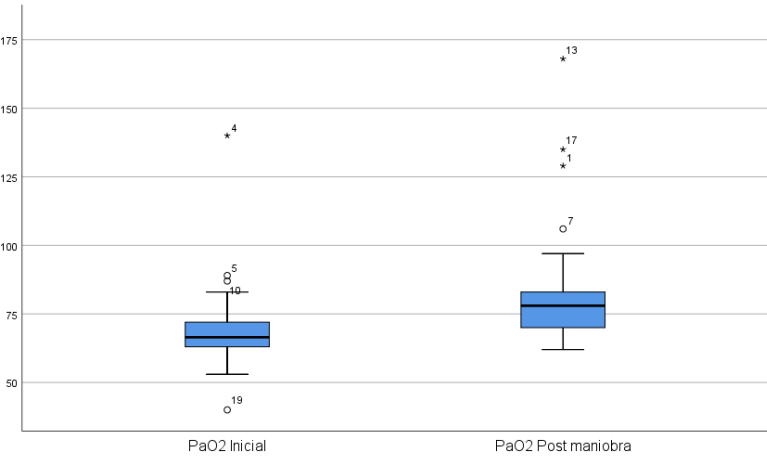
Valor expresado en mediana y RIQ con prueba de Wilcoxon para muestras relacionadas

Gráfica No. 2. Tendencia central de FiO2 inicial y posterior a la maniobra de reclutamiento, en pacientes con síndrome de distres respiratorio agudo severo secundario a COVID-19.



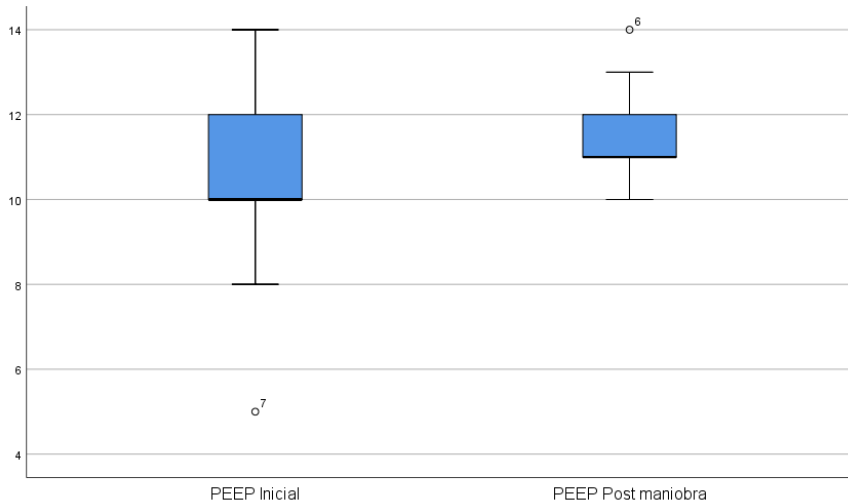
Fuente: Base de Datos: Base PatrónUSGCovid-19.sav

Gráfica No. 3. Tendencia central de pO2 inicial y posterior a la maniobra de reclutamiento en pacientes con síndrome de distres respiratorio agudo severo secundario a COVID-19.



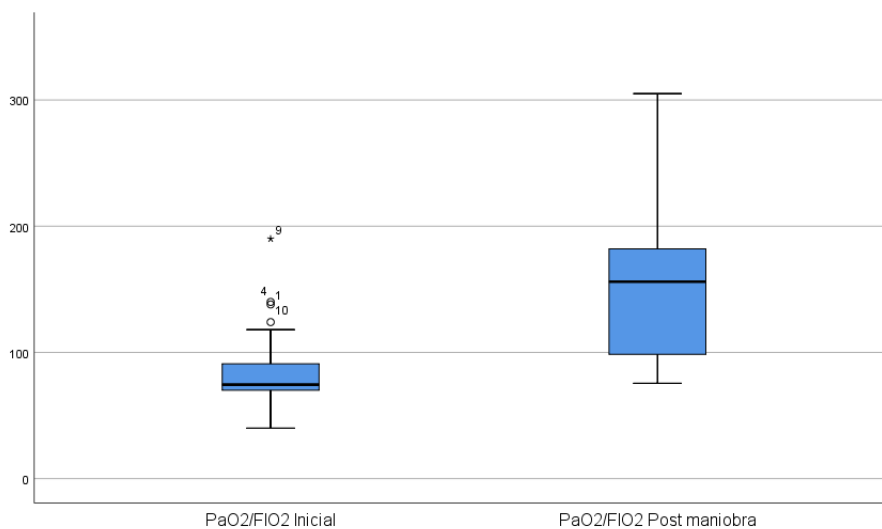
Fuente: Base de Datos: Base PatrónUSGCovid-19.sav

Gráfica No. 4. Tendencia central de PEEP inicial y posterior a la maniobra de reclutamiento en pacientes con síndrome de distres respiratorio agudo severo secundario a COVID-19.



Fuente: Base de Datos: Base PatrónUSGCovid-19.sav

Gráfica No. 5. Tendencia central de pO2/FiO2 inicial y posterior a la maniobra de reclutamiento en pacientes con síndrome de distres respiratorio agudo severo secundario a COVID-19.



Fuente: Base de Datos: Base PatrónUSGCovid-19.sav

Para el análisis bivariado se calculó Chi Cuadrada con la finalidad de confirmar la asociación estadística entre “Comorbilidad” y la variable Relación PaO₂/FiO₂ en sus dos modos de expresión de severidad categorizados como: “Moderado 200-100 mmHg” y “Severo menor a 100 mmHg”, según las frecuencias observadas como se muestra en la Tabla No. 7.

Tabla No. 7. Tabla de Contingencia entre número de Comorbilidad y Relación del Coeficiente PaO₂/FiO₂ en pacientes con síndrome de distres respiratorio agudo severo secundario a COVID-19.

Comorbilidad	Relación PaO ₂ /FiO ₂		Total
	Moderado 200- 100mmHg	Severo < a 100mmHg	
Ninguna	0	8	8
Hipertensión	0	3	3
Diabetes	1	3	4
Obesidad	0	2	2
Tabaquismo	0	1	1
Otra	1	0	1
HAS, DM	1	2	3
HAS, Otras	1	0	1
HAS,DM, Tabaquismo	0	1	1
HAS, DM, Cardiopatía, Tabaquismo	1	0	1
HAS, Obesidad	0	1	1
Total	5	21	26

Fuente: Base de Datos: Base PatrónUSGCovid-19.sav

Por medio de Chi Cuadrada se obtuvo una $p < 0.047$ que confirma la asociación entre la Comorbilidad y la Relación de PaO₂/FiO₂ en los dos Grupos de Pacientes categorizados en el Coeficiente como: Moderado 200-100 mmHg y Severo $< a 100$ mmHg lo que mide de manera indirecta a la lesión pulmonar y permitió demostrar que el grado de hipoxemia y por ende el deterioro de la relación PaO₂/FiO₂ en los pacientes con diestres respiratorio agudo severo es mayor con la presencia de comorbilidades y el número de ellas. La razón de verosimilitud de 17 a 10 grados de libertad confirma el riesgo asociado a la comorbilidad con una significancia confirmada por una $p < 0.048$.

10. Discusión

A partir de los hallazgos encontrados se establece que la evaluación de la aireación del tejido pulmonar mediante ultrasonido en el paciente con síndrome de distres respiratorio agudo severo secundario a COVID-19 posterior a una maniobra de reclutamiento genera una ganancia en la aireación pulmonar.

De momento no es posible realizar una comparación con estudios previos o estudios similares referidos en la literatura medica que evalúen el patrón de aireación inicial y final, posterior a una maniobra de reclutamiento; así mismo no es posible comparar un score de aireación final mediante ultrasonido en pacientes con SDRA severo secundario a COVID-19 que se hayan sometido a maniobras de reclutamiento alveolar para evaluar la ganancia o pérdida de la aireación a nivel pulmonar. Si bien, múltiples estudios durante esta pandemia se han realizado en torno al papel del ultrasonido pulmonar en pacientes con enfermedad por COVID-19 donde se intenta establecer un grado de severidad de la lesión pulmonar, tal como se refiere en el trabajo de Lichter Y. (25) en el cual identificó una correlación con la puntuación de LUS y la gravedad, de manera específica se identificó que a mayor puntuación de LUS se tenía una mayor necesidad de ventilación mecánica e incluso mortalidad. Si bien, los patrones de aireación por grado de severidad utilizan una puntuación similar al de LUS, y las áreas de exploración son similares a las implementadas por Bouhemad (16, 17, 18) en su score de ganancia de aire, desafortunadamente no se ha determinado una evaluación por patrones de aireación tanto inicial y final, posterior a la aplicación de alguna maniobra de reclutamiento alveolar y por tanto, una escala de aireación final.

Con base a los resultados obtenidos se identificó que los pacientes que recibieron la intervención medica establecida, de manera específica una maniobra de reclutamiento, en su modalidad CPAP sostenida tuvieron ganancia en la aireación con base al score de aireación (16) final con una $p < 0.036$; claramente se identifica una ganancia en la aireación de 75-900 mL en un 61.5% de los pacientes estudiados; Garcia J. (26) menciona en relación a los tipos de maniobras de reclutamiento, que las maniobras con uso de CPAP sostenida se ha demostrado en

estudios anatomopatológicos que son mas lesivas que las maniobras de escalonamiento, incluso presentan mas repercusión hemodinámica, estableciendo que las maniobras con ventilación con presión control son mas benéficas; esto ultimo contrarresta con lo establecido por Alhazzani (10) en las guías para la campaña sobreviviendo a la sepsis en pacientes con enfermedad por COVID-19, donde solo se justifica el uso de la maniobra CPAP sostenida (Maniobra de Amato); evidentemente en la actualidad aun con muchas sombras en relación al empleo de maniobras de reclutamiento y aun mas con algun tipo especifico de ellas. Se identificó como complicaciones el enfisema subcutáneo en el 11% de los pacientes intervenidos, mismo que se presento a las 12-24 horas posterior a la maniobra de reclutamiento y la cual se resolvió en forma espontanea en todos los casos.

Se identificó también, que al determinar las medidas de tendencia central para los patrones de aireación inicial obtenidos mediante ultrasonografía pulmonar en su fase inicial y el registro de los patrones de aireación posterior a la maniobra de reclutamiento en su fase final presenta una marcada disminución de la puntuación en relación al patrón de aireación inicial. Se demuestra la relación entre maniobra de reclutamiento y patrón de aireación con una significancia de $p < 0.05$ en cada uno de los pares estudiados confirmado la efectividad de la intervención de reclutamiento.

El genero masculino fue el mas afectado en nuestra población en un 69.2%, la media de edad de la población estudio fue de 53.9 años con un limite mínimo de 35 años y un máximo de 72 años; a nivel internacional se muestra como edad mas afectada aquella entre los 35 y 55 años según Poudel S. (20), dato que también coincide en lo referido por Sun K. (21) quien identifica los 46 años como media de edad. El genero masculino se muestra como el mas afectado en múltiples estudios internacionales hasta en un 67%.

En relación a las comorbilidades se identifico que al menos el 42.2% de los pacientes presento alguna comorbilidad, 30.8% no presento comorbilidad asociada y un 26.7% presentó mas de una comorbilidad, la comorbilidad mas expresada en los pacientes fue la hipertensión arterial en un 38.4 % seguida de la diabetes mellitus

en un 34.6 % lo cual concuerda con lo reportado en la literatura medica internacional donde Siordia J. (22) identifican a la hipertensión arterial en el 30.7% de los pacientes seguida de diabetes mellitus en un 14%; incluso pudiera encontrarse en una mayor porcentaje teniendo en cuenta lo reportado por Temet M. (23) quien identifica en 167 pacientes a la hipertensión arterial en un 74% y a la diabetes mellitus en un 38%.

No es posible realizar un comparación con la literatura medica internacional en pacientes con COVID-19, en relación a las modificaciones que presenta el paciente en sus constantes gasometricas, así como relación la PaO₂/FiO₂ posterior a la realización de una intervención, como es el caso de la maniobra de reclutamiento; en nuestro estudio se muestra un incremento en la PaO₂ así como en la relación PaO₂/FiO₂, incluso con un descenso en la FiO₂, esto, posterior a la aplicación de maniobras de reclutamiento alveolar. Las tres variables con una p estadísticamente significativa menor a 0.05.

La presencia de comorbilidades en pacientes con COVID-19 y su asociación PaO₂/FiO₂ inicial identificó que la preexistencia de comorbilidad se asocia a una mayor severidad de la PaO₂/FiO₂ con una P < 0.047. De manera especifica los pacientes que presentaron comorbilidades presentaron una PaO₂/FiO₂ menor 100 mmHg en un 50% y si el paciente no presento comorbilidad la relación PaO₂/FiO₂ menor a 100 mmHg fue del 30%. Esta relación se refleja a nivel mundial, estos hallazgos son similares en lo referido por Ejaz H. (24) donde hay mas situaciones criticas en pacientes con comorbilidades (Hipertensión, diabetes, enfermedad pulmonar obstructiva crónica) en relación a la infección por SARS-CoV2.

11. Conclusiones

La investigación realizada determinó que el género más afectado es el masculino, así mismo se identificó que la presencia de comorbilidades se asocia a un mayor deterioro de la oxigenación, de ellas, la más prevalente es la hipertensión arterial sistémica seguido de diabetes mellitus.

Al evaluar la aireación pulmonar mediante sus patrones de aireación gracias al apoyo de la ultrasonografía pulmonar a la cabecera del enfermo y de manera posterior a una maniobra de reclutamiento (CPAP sostenida) como intervención terapéutica, generó una ganancia de aireación pulmonar de hasta 900 mililitros así como una marcada reducción de la severidad en el patrón de aireación final. De manera específica, permitió demostrar que evaluar los patrones de aireación pulmonar tanto inicial como posterior a una intervención médica mediante ultrasonografía permite un monitoreo dinámico, de bajo costo y de fácil acceso para el paciente crítico con COVID-19. Mismo beneficio se identificó al evaluar las constantes gasométricas finales, donde hay un marcado incremento de pO_2 y PO_2/FiO_2 , incluso con menor requerimiento de O_2 suplementario.

Si bien, es importante mencionar que nuestra muestra de estudio fue pequeña, por lo que se debería continuar con investigaciones futuras que permitan corroborar la efectividad de una maniobra de reclutamiento activa para generar un cambio en la severidad del patrón de aireación y mejoras en su oxigenación. Recalcar que una maniobra de reclutamiento es lesiva, por lo que los pacientes sometidos a ellas deben ser muy bien seleccionados por el médico de la unidad de cuidados intensivos.

12. Recomendaciones

Con base a los resultados obtenidos se debe continuar la monitorización de pacientes críticamente enfermos mediante ultrasonografía pulmonar, lo que permitirá determinar su patrón de aireación inicial y en algunos casos emplearlos como un índice de gravedad y pronóstico para este tipo de pacientes; si bien, la ultrasonografía pulmonar no sustituye a la tomografía simple de tórax como método estándar para determinar pérdida o ganancia de aireación, pero siempre será una herramienta fundamental, de bajo costo y de fácil acceso en el monitoreo a la cabecera del enfermo crítico, lo que generara menor cantidad de riesgos que el estudio tomográfico.

Parte fundamental es establecer firmemente que las maniobras de reclutamiento son una herramienta en el paciente con hipoxemia refractaria siempre y cuando se cumpla con requisitos hemodinámicos y ventilatorios para la realización de la misma, e importante recalcar, las maniobras de reclutamiento alveolar no deben realizarse a todo tipo de pacientes, mas bien a pacientes bien seleccionados que se verán beneficiados de las mismas.

Aun quedan muchas sombras en el conocimiento relacionado a la infección por SARS CoV2 por lo que se deberá continuar el interés por esta enfermedad que a cobrado miles de vidas a nivel mundial.

13. Bibliografía

- 1) Moreno F, Coss M, Alonso M, Elizondo A. Las grandes epidemias que cambiaron al mundo. *Anales Médicos México* 2018; 63 (2): 151-156
- 2) Huremovic D. Chapter 2 Brief History of Pandemics (Pandemics throughout history). *Psychiatry of Pandemics*. Springer nature Switzerland 2019. 7-35.
- 3) Coronaviridae study group of international committee on taxonomy of viruses. The species Severe acute respiratory syndrome-related coronavirus: classifying 2019-nCoV and naming it SARS-CoV2. *Nature microbiology*, March 2020 Volumen 5, 536-544.
- 4) Aragon R, Vargas I, Miranda M. COVID-19 por SARS- CoV-2: la nueva emergencia de salud. *Revista mexicana de pediatría* 2019; 86 (6); 213-218.
- 5) Palacios M, Santos E, Velazquez M, Leon M. COVID 19 una emergencia de salud publica mundial. *Revista clínica española* 2020. RCE 1815 Pages 7.
- 6) Li Qun and cols. Early transmission dynamics in Wuhan, China, of novel coronavirus-infected penumonia. *The new england journal of medicine*, March 2020, Vol 382, no 13 1199-1207.
- 7) Protocolo de investigación de los primeros casos y sus contactos directos (FFX) de la enfermedad por coronavirus 2019 (COVID-19). Organización mundial de la salud, febrero 2020, 1-83
- 8) Global surveillance for COVID-19 caused by human infection with COVID-19 virus. World Health Organization, March 2020
- 9) 6 de abril del 2020. Gobierno de México. Aviso epidemiológico. Enfermedad COVID 19 por SARS-CoV2 . CONAVE 09. Recuperado de https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/537581/AvisoEpidemiol_gi_co_COVID19_27022020_FINAL.pdf

- 10) 9 de julio de 2020. Instituto nacional de salud pública. Signos, síntomas y prevención. Recuperado de <https://www.insp.mx/nuevo-coronavirus-2019/signos-sintomas-prevencion.html>
- 11) Poodle S, Meng S and cols. Epidemiology, causes, clinical manifestation and diagnosis, prevention and control of coronavirus disease (COVID-19) during the early outbreak period: a scoping review. *Infectious Diseases of Poverty*. Wuhan China 2020 9:29, 1-12
- 12) Jin Y, Cai L. And cols. A rapid advice guideline for the diagnosis and treatment of 2019 novel coronavirus (2019-nCoV) infected pneumonia (standard version). *Military medical research Wuhan China* 2020 7: 4. 1-23
- 13) Li H, Zhang D, Huaping X, Tang N, Cao B. SARS-CoV2 and viral sepsis: observation and hypotheses. Department of pulmonary and critical care medicine, China. *The lancet* April 2020, 1-4
- 14) Gengler I, Wang J, Speth M, Sedaghat A. Sinonasal pathophysiology of SARS-CoV2 and COVID 19: A systematic review of the current evidence. *Laryngoscope investigative otolaryngology*. March 2020; 1-6
- 15) Huang C, Wang Y, and cols. Clinical features of patients infected with 2019 novel coronavirus in Wuhan, China. *The Lancet*, Wuhan China, January 2020; 395: 497-506
- 16) Clinical management of severe acute respiratory infection (SARI) when COVID-19 disease is suspected. 13 March 2020. 1-19
- 17) Alhazzani W, Hylander M. Surviving sepsis campaign: guidelines on the management of critically ill adults with coronavirus disease 2019 (COVID-19). *Intensive care Med*, March 2020. 1-34
- 18) Coronavirus disease 2019 (COVID 19) treatment guidelines. National institute of health. May 2020. 1-124

- 19) Sanders J, Monogue M, Jodlowski T, Cutrell J. Pharmacologic treatment for coronavirus disease 2019 (COVID-19) a review. American medical association. JAMA April 2020. 1-13
- 20) Grupo de colaboradores del COMMEC. Guia para la atención del paciente crítico con infección por COVID-19 colegio mexicano de medicina crítica. Medicina critica de México Marzo 2020. 34 (1) 7-42
- 21) Perez O, Zamarron E y colaboradores. Protocolo de manejo para la infección por COVID-19. Med Crit Mex 2020; 34 (1): 43-52
- 22) Shang Y, Pan C and cols. Management of critically ill patients with COVID-19 in ICU: Statement front-line intensive care expert in Wuhan, China. Ann. Intensive care 2020; 10:73. 1-24
- 23) Mordujovich P y colaboradores. Lista de medicamentos esenciales para el manejo de pacientes que ingresan a unidades de cuidados intensivos con sospecha o diagnostico confirmado de COVID-19. Organización mundial de la salud/organización panamericana de la salud. Centro universitario de farmacológica. Marzo 2020. 1-15
- 24) Amezcua M, Montoya J, Castañon J, and cols. The maximum expression of hypoxemia and hypoventilation: acute respiratory distress syndrome. Revista medica del hospital general de México 2017; 1-12
- 25) Thompson T, Chambers R, Lui K. Acute respiratory distress syndrome. The new england journal of medicine august 2017, 562-572
- 26) Bellani G, Laffey J, Pham T and cols. Epidemiology, patterns of care, and mortality for patients with acute respiratory distress syndrome in intensive care units in 50 countries. JAMA February 2016, volumen 315, number 8, 788-800.
- 27) Gattinoni L, Marini J, Pesenti A, Quintel M, Jordi M, Brochard L. The “Baby lung” became an adult. Intensive Care Med January 2016. 1-11

- 28) Chiumello D, Brioni M. Severe hypoxemia: which strategy to choose. *Critical Care* 2016. 20:132. 1-9
- 29) Alhurani R, Moreno P, Jenkins S, Gajic O, Pannu S. Refractory hypoxemia and use of rescue strategies. *Annals ATS* July 2016, vol 13 numero 7. 1105-1114
- 30) Papazian L, Aubron C, Brochard L and cols. Formal guidelines: management of acute respiratory distress syndrome. *Ann Intensive Care* 2019, 9:69. 1-18
- 31) Griffiths M, Barrett N, Blackwood B and cols. Guidelines on the management of acute respiratory distress syndrome. *The faculty of intensive care medicine, intensive care society*. July 2018. 1-54
- 32) The national heart, lung and blood institute PETAL clinical trials. Early neuromuscular blockade in the acute respiratory distress syndrome. *The new England journal of medicine* May 2019, Vol 380, number 21. 1997-2008.
- 33) Papazian L, Forel J, Gacouin A and cols. Neuromuscular blockers in the acute respiratory distress syndrome. *The new England journal of medicine* September 2010, Vol 363, number 12. 1107-1116.
- 34) Guerin C, Reingnier J, Richard J and cols. Prone positioning in severe acute respiratory distress syndrome. *The new England journal of medicine* June 2013, Vol 368, number 23. 2159-2168.
- 35) Lichtenstein D, Axler O. Intensive use of general ultrasound in the intensive care unit. *Intensive care medicine* 1993, 19:353-355.
- 36) Lichtenstein D. Ultrasound in the management of thoracic disease. *Crit Care Med* May 2007. vol 35, number 5. 250-261
- 37) Lichtenstein D and cols. The comet-tail artifact an ultrasound sign of alveolar interstitial syndrome. *AM J Respir Crit Care Med* 1997; 156. 1640-1646.

- 38) Lichtenstein D, Meziere G. Relevance of the lung ultrasound in the diagnosis of acute respiratory failure. The BLUE protocol. CHEST July 2008, 134, 1. 117-125.
- 39) Volpicelli G and cols. International evidence-based recommendations for point of care lung ultrasound. Intensive Care Med 2012. 38: 577-591
- 40) Bouhemad B and cols. Ultrasound assessment of antibiotic-induced pulmonary reservation in the ventilator-associated pneumonia. Crit Care Med 2010. 38 (1): 84-92.
- 41) Bouhemad B and cols. Bedside ultrasound assessment of positive end-expiratory pressure-induced lung recruitment. Am J Respir Crit Care Med 2011, 1; 183 (3): 341-347.
- 42) Bouhemad B and cols. Ultrasound for “Lung Monitoring” of ventilated patients. Anesthesiology 2015; 122: 437-447.
- 43) Rincon J 2014. Reclutamiento alveolar guiado por ultrasonido. Montelongo J. Manual de ultrasonido en terapia intensiva y emergencias segunda edición. Editorial Prado.
- 44) Soldati G, Smargiassi A, Inchingolo R. Proposal for international standardization of the use of lung ultrasound for patients with COVID-19. J ultrasound med 2020; 39 1413-1419.
- 45) Marivel V, Lesnewski A, Shamim S and cols. CLUE: COVID-19 lung ultrasound in emergency department. Australasian College for emergency medicine 2020, 32, 694-696.
- 46) Clear D, Hazy C. Refractory hypoxemia and acute respiratory distress syndrome adjunctive therapies: an open question?. Annals ATS 2017, volume 14, number 12. 1768.1769.

- 47)Chawla R. 2020. Management of refractory hypoxemia in acute respiratory distress syndrome. Jog S. Patel D. Antonelli M. ICU protocols second edition. Springer.
- 48)Kung S, Hung Y, Chen W, Chang H. Effects of stepwise lung recruitment maneuvers in patients with early acute respiratory distress syndrome: a prospective, randomized, controlled trial. J. Clinic Med 2019, 8, 231. 1-11.
- 49)Lomeli M, Dominguez L, Torres L, Chavarria u, Poblano M, Tendillo F, Mancebo j. Reclutamiento alveolar agresivo en el SDRA: más sombras que luces. Medicina intensiva 2020. 1-6.
- 50)Persier J, Jong A, Hajjej Z, Molinar N and cols. Effect of lung recruitment maneuver on oxygenation, physiological parameters and mortality in acute respiratory distress syndrome patients: a systematic review and meta-analysis. Intensive Care Med 2019. 1-12.
- 51)Constantin J, Godet T, Jabaudon M, Futier E. Recruitment maneuvers in acute respiratory distress syndrome. Annals of translational medicine 2017; 5 (14): 290. 1-6
- 52)Aranha E, Brito M, Biasi A. Understanding recruitment maneuvers. Cardio Pulmonary department, pulmonary division, heart institute, university of sao Paulo Brazil. 2015. 1-3.
- 53)Garcia J, Romero A, Blanco A, Gonzalez P, Abad A, Bergese S. Maniobras e reclutamiento en anestesia ¿qué mas excusas paras no usarlas?. Revista española de anestesiología y reanimación 2018, 892, 1-9
- 54)Algaba A. Maniobras de reclutamiento alveolar en el síndrome de distrés respiratorio agudo. Medicina intensiva. 2013; 37 (5): 355-362.
- 55)Van der Zee P, Gommers D. Recruitment maneuvers and higher PEEP, the So-called open lung concept, in patients with ARDS. Critical Care 2019 23:73. 2-7.

- 56) Hess D. Recruitment maneuvers and PEEP titration. *Respiratory care*, November 2015, vol 60, number 11. 1688-1704.
- 57) Zampieri F, Costa E, Iwashyna T. Heterogeneous effect of alveolar recruitment in acute respiratory distress syndrome: a machine learning reanalysis of the alveolar recruitment for acute respiratory distress syndrome trial. *British journal of anaesthesia* 2019. 1-8.
- 58) The national heart, lung and blood institute ARDS clinical trials network. Higher versus lower positive end-expiratory pressure in patients with the acute respiratory distress syndrome. *The new England journal of medicine* July 2004, Vol 351, number 04. 327-336.
- 59) Writing group for the alveolar recruitment for acute respiratory distress syndrome (ART) investigator. Effect of lung recruitment and titrated positive end expiratory pressure (PEEP) vs low PEEP on mortality in patients with acute respiratory distress syndrome. *JAMA* 2017, volumen 318, number 14. 1335-1345.
- 60) Goligher E, Hodgson C, Adhikari N and cols. Lung recruitment maneuvers for adult patients with acute respiratory distress syndrome. *Analí ATS* 2017, volume 17, supplement 4. 304-311.
- 61) Fan Eddy, Sorbo L, Goligher E and cols. An official American thoracic society/european society of intensive care medicine/society of critical care medicine clinical practice guideline: mechanical ventilation in adult patients with acute respiratory distress syndrome. *American Journal of respiratory and critical care medicine* 2017, volume 195, number 9. 1253-1263.

14. Anexos

Hoja de recolección de datos



Universidad Autónoma del Estado de México
 Facultad de Medicina
 Instituto de Salud del Estado de México
 Hospital General "Las Américas"
 Unidad de Cuidados Intensivos y Neurointensivos



"Evaluación ultrasonográfica de la aireación pulmonar y su comportamiento con la maniobra de reclutamiento alveolar en el paciente con síndrome de distres respiratorio agudo severo secundario a COVID-19 en la Unidad de Cuidados Intensivos del Hospital General Las Américas"

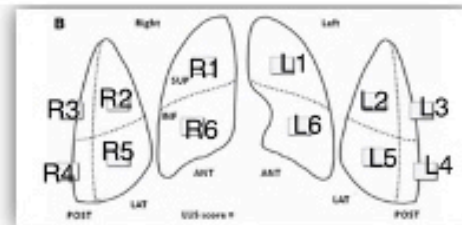
1. Datos Generales

Nombre:
 Género:
 Edad:
 Peso:

Fecha de inicio de síntomas:
 Fecha de ingreso hospitalario:
 Fecha de ingreso a UCI:
 Fecha de realización de MR

2. Antecedentes personales patológicos

PATRÓN DE AIREACIÓN PULMONAR		
N	Normal	0 puntos
B1	Disminución de aireación moderada (líneas B >7mm)	1 punto
B2	Disminución de aireación severa (líneas B <3mm)	2 puntos
C	Consolidación	3 puntos



3. Monitoreo inicial

Gasometría	Frecuencia cardíaca	
pH	Frecuencia Respiratoria	
pCO2	Tension Arterial	
HCO3	SO2	FI02
pO2	Modo Ventilatorio	
SO2	PEEP	

3. Evaluación ultrasonográfica pulmonar inicial

R3	R2	R1	L1	L2	L3
R4	R5	R6	L6	L5	L4

4. Maniobra de reclutamiento

5. Monitoreo secundario

Gasometría	Frecuencia cardíaca	
pH	Frecuencia Respiratoria	
pCO2	Tension Arterial	
HCO3	SO2	FI02
pO2	Modo Ventilatorio	
SO2	PEEP	

5. Evaluación ultrasonográfica pulmonar posterior a MR

R3	R2	R1	L1	L2	L3
R4	R5	R6	L6	L5	L4

Score de Aireación Ultrasonografico

Cuantificación de aireación			Cuantificación de pérdida de aireación		
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

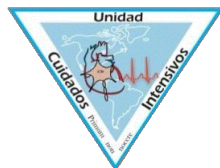
6. Resultado (Escore de aireación pulmonar)

Hemitorax derecho	Hemitorax izquierdo
TOTAL FINAL:	

7. Algoritmo de manejo

- (1) AIREACIÓN POSITIVA O GANANCIA DE AIRE (Se considera maniobra exitosa o respondedor)
- (2) SIN AIREACIÓN O NEUTRO (Se considera no exitosa o no respondedora)
- (3) AIREACIÓN NEGATIVA O PERDIDA DE AIRE (Se contraindica realizar maniobra de reclutamiento)

Carta de consentimiento informado



Instituto de Salud del Estado de México

Hospital General “Las Americas”
Unidad de Cuidados Intensivos y Neurointensivos

“Evaluación ultrasonografica de la aireación pulmonar y su comportamiento con la maniobra de reclutamiento alveolar en el paciente con síndrome de diestres respiratorio agudo severo secundario COVID-19 en la Unidad de Cuidados Intensivos del Hospital General Las Americas”

CARTA DE CONSENTIMIENTO INFORMADO

Estado de México a _____ del mes de _____ del 2020

Nombre del Paciente:

Genero:

Edad:

El médico tratante de la Unidad de Cuidados intensivos me ha informado de mis padecimientos por lo que necesito someterme a tratamiento médico específico considerandose como indispensables para recuperar mi salud.

Procedimiento a realizar:

1) **Ultrasonido pulmonar** con transductor lineal y convexo en las 12 áreas pulmonares, seis áreas de lado derecho (R1-R6) y seis áreas de lado izquierdo (L1-L6) lo que permitira evaluar el patron de aireación pulmonar. Mediante este procedimiento no invasivo se espera la **ausencia de complicaciones**.

2) **Maniobra de reclutamiento alveolar** previa sedación y bloqueo neuromuscular optimo con RASS -4. Es oportuno resaltar que mediante esta tecnica se espera obtener una ganancia en la oxigenación en paciente con síndrome de diestres respiratorio agudo asociado a hipoxemia refractaria. Se debe tener en cuenta la posibilidad de las siguientes **complicaciones, neumotórax, neumomediastino, disfunción de ventrículo derecho y muerte**.

Nombre y firma del medico.

Nombre y firma del paciente y/o familiar



Carta de Consentimiento Informado

UNIDAD MÉDICA: Hospital General "Las Américas"	LUGAR: Estado de México, Ecatepec de Morelos	FECHA:	HORA:
---	---	--------	-------

NOMBRE DEL PACIENTE (APELLIDO PATERNO, APELLIDO MATERNO Y NOMBRE(S))	No. DE EXPEDIENTE:
--	--------------------

EDAD:	GÉNERO: <input type="checkbox"/> MASCULINO <input type="checkbox"/> FEMENINO	OCUPACIÓN:	ESTADO CIVIL:
-------	---	------------	---------------

DOMICILIO (CALLE, NÚMERO, COLONIA, LOCALIDAD, MUNICIPIO, ESTADO)
Avenida Simón Bolívar 1, Fraccionamiento las Américas, Código Postal 55076, Ecatepec de Morelos México

El médico tratante del servicio de Unidad de Cuidados Intensivos, me ha informado de mi(s) padecimiento(s), por lo que necesito someterme a estudios de laboratorio, gabinete, histopatológicos y/o de procedimientos anestésicos, así como de tratamiento(s) médico(s) y/o quirúrgico(s) considerados como indispensables para recuperar mi salud.

Los médicos me informaron de los riesgos y de las posibles complicaciones de los medios de diagnóstico y tratamientos médicos y/o quirúrgicos, por lo que por este medio, libremente y sin presión alguna acepto someterme a:

Síndrome de Distres Respiratorio Agudo Severo/Neumonía Atípica SARS CoV2/Hipoxemia refractaria
Diagnóstico(s) clínico(s) _____

Estudios de laboratorio, gabinete e histopatológicos _____

Actos anestésicos _____

Tratamiento(s) médico(s) Maniobra de reclutamiento alveolar/Rastreo ultrasonográfico Pulmonar

Tratamiento(s) quirúrgico(s) _____

Riesgos y complicaciones
Neumomediastino, Neumotórax a tensión, Lesión pulmonar asociada a la ventilación mecánica, disfunción de ventrículo derecho y Muerte

He sido informado de los riesgos que conlleva el procedimiento, por lo que acepto que se lleve a cabo el (los) procedimiento (os). Autorizo a los médicos de este hospital para que realicen los estudios y tratamientos convenientes. En igual sentido, autorizo ante cualquier complicación o efecto adverso durante el procedimiento, especialmente ante una urgencia médica, que se practiquen las técnicas y procedimientos necesarios para mi tratamiento. Tengo la plena libertad de revocar la autorización de los estudios y tratamientos en cualquier momento, antes de realizarse. En caso de ser menor de edad o con capacidades diferentes, se informó y autoriza el responsable del paciente.

Nombre y Firma del Médico Tratante

Nombre y Firma del Paciente y/o Familiar que autoriza

Nombre y Firma del Testigo 1

Nombre y Firma del Testigo 2