



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

FACULTAD DE MEDICINA
DIVISIÓN DE ESTUDIOS DE POSGRADO E INVESTIGACIÓN
SECRETARÍA DE SALUD

INSTITUTO NACIONAL DE ENFERMEDADES RESPIRATORIAS

ISMAEL COSÍO VILLEGAS

**“CORRELACIÓN DE VARIABLES CLÍNICAS,
TOMOGRÁFICAS Y DE MECÁNICA VENTILATORIA CON
PEEP ÓPTIMA EN PACIENTES CON SÍNDROME DE
INSUFICIENCIA RESPIRATORIA AGUDA SECUNDARIO A
INFECCIÓN POR SARS-COV-2”**

TESIS

PARA OBTENER EL GRADO DE MÉDICO ESPECIALISTA EN:
NEUMOLOGÍA

PRESENTA

DRA. CINTHIA SUSANA ALVAREZ MALDONADO

TUTOR

DR. EDGAR ALEJANDRO REYES GARCÍA

CO-TUTOR

DR. CRISTÓBAL GUADARRAMA PÉREZ



OCTUBRE DEL 2021, CIUDAD DE MÉXICO



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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

SE AUTORIZA EL PRESENTE TRABAJO COMO TESIS DE POSGRADO A LA
DRA CINTHIA SUSANA ALVAREZ MALDONADO

Dr. Juan Carlos Vázquez García
Director del Departamento de
Enseñanza
Instituto Nacional de Enfermedades
Respiratorias

Dra Estefanía Reyes Terrazas
Secretario
Instituto Nacional de Enfermedades
Respiratorias

Dr. Alejandro Reyes García
Médico Adscrito del Departamento de
Urgencias Respiratorias
Instituto Nacional de Enfermedades
Respiratorias
Tutor de tesis

Dr. Inti Rodríguez López
Médico Adscrito del Departamento de
Urgencias Respiratorias
Instituto Nacional de Enfermedades
Respiratorias
Sinodal

ÍNDICE

AGRADECIMIENTOS	4
RESUMEN	5
INTRODUCCIÓN	6-11
PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	12
JUSTIFICACIÓN	12-13
PREGUNTA DE INVESTIGACIÓN	13
OBJETIVOS	13-14
MATERIALES Y MÉTODOS	14-19
RESULTADOS	20-21
CONCLUSIONES	21
DISCUSIÓN	22-23
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	24-27
ANEXOS	28-36

AGRADECIMIENTOS

Gracias a mis padres, Margarita y Francisco, por su amor incondicional, por acompañarme en este camino y siempre apoyarme en mis sueños. Este logro es de ustedes y para ustedes.

A mis hermanas, Karen y Fanny, les agradezco por ser mis mejores amigas y por compartir conmigo todos estos momentos en mi vida profesional y personal.

Le agradezco a mis amigos, maestros y esta Institución por todos los buenos momentos, las enseñanzas y esta gran experiencia de vida.

RESUMEN

Introducción. El síndrome de insuficiencia respiratoria aguda (SIRA) es una de las complicaciones más graves de la COVID-19. Un elemento clave de la ventilación mecánica invasiva (VMI), piedra angular de tratamiento del SIRA, es la elección de una presión positiva al final de la espiración (PEEP) óptima. No existe la “PEEP ideal” ni un mejor método de titulación sobre otro. No contamos con información sobre correlación de variables del paciente con PEEP óptima.

Metodología. Estudio descriptivo y retrospectivo, se reclutaron sujetos ingresados en el Instituto Nacional de Enfermedades Respiratorias (INER) de febrero a noviembre del 2020 con SIRA por COVID-19 con VMI y titulación de PEEP por distensibilidad en posición supino y se seleccionaron variables de interés y se evaluó la afectación tomográfica. Se realizó una correlación de Pearson para identificar si existe una asociación entre la PEEP óptima y las variables elegidas.

Resultados. Se encontró una correlación significativa entre la PEEP óptima y la edad del paciente ($r -0.15$, $p=0.0099$), peso real ($r 0.28$, $p=0.0000$), IMC ($r 0.27$, $p=0.0000$), número de segmentos afectados por TC ($r 0.15$, $p=0.0190$) y porcentaje de afectación tomográfica ($r 0.15$, $p=0.0216$).

Conclusiones. Existe una correlación positiva leve entre la PEEP óptima y el peso real del paciente, número de segmentos y porcentaje de afectación tomográfica, así como con el patrón de consolidación tomográfica. Y una correlación negativa leve con la edad y la PEEP óptima.

Palabras clave. COVID-19, PEEP, SIRA, ventilación mecánica

INTRODUCCIÓN

En Diciembre de 2019 se presentó en Wuhan, provincia de Hubei, China un brote de neumonía atípica causada por una nueva cepa de Coronavirus. ⁽¹⁾ Este nuevo agente forma parte de la familia de Betacoronavirus del grupo 2B, con un 70% de similitud en la secuencia genética de SARS-CoV por lo que inicialmente fue nombrado por la OMS como 2019-nCoV⁽²⁾ y posteriormente el Comité Internacional de Taxonomía de Virus (ICTV) lo denominó virus SARS-CoV-2⁽³⁾, agente etiológico de la COVID-19.

El 20 de enero de 2020 se anunció la transmisión de persona a persona junto con el primer informe de infecciones entre los trabajadores de la salud en China⁽⁴⁾. El primer caso importado de COVID-19 en México fue detectado el 27 de febrero de 2020 en el Instituto Nacional de Enfermedades Respiratorias (INER), desde entonces, el INER ha sido el hospital en el cual se concentra la mayor cantidad de pacientes con COVID-19 grave y críticamente enfermos en el país.

Hasta el 17 de septiembre de 2021 se han reportado 3.5 millones de casos confirmados de infección por virus SARS-CoV-2 y 270,348 defunciones en México, de acuerdo con fuentes oficiales de la Organización Mundial de la Salud (OMS). México es el tercer país con mayor número de muertes en América, después de Estados Unidos de América y Brasil ⁽⁵⁾. La mortalidad hospitalaria en pacientes COVID-19 ventilados mecánicamente a nivel nacional es del 73.7%⁽⁶⁾.

La presencia de múltiples comorbilidades en la población mexicana incrementa el riesgo de ser infectado por SARS-CoV-2 e incrementa la probabilidad de ser hospitalizado por manifestaciones graves de la COVID-19. La obesidad es la comorbilidad más fuertemente asociada a infección por SARS-CoV-2 (OR=5.5 en mujeres y 4.72 Hombres) ⁽⁷⁾, edad avanzada (61-71 años) (OR=6.71)⁽⁸⁾, Diabetes Mellitus (OR=1.87), Género Masculino (OR= 1.55) y padecer hipertensión arterial sistémica (OR=1.52), son los factores de riesgo para padecer COVID-19 en México⁽⁹⁾.

Una de las principales complicaciones en pacientes con infección por SARS-COV-2, es el síndrome de insuficiencia respiratoria aguda (SIRA), el cual se define como lesión letal, aguda, difusa e inflamatoria pulmonar que causa un aumento de la permeabilidad capilar, edema y una pérdida de parénquima pulmonar ventilado ⁽¹⁰⁾. El SIRA se diagnostica con los cinco criterios de Berlín: inicio menor de una semana, radiopacidades bilaterales no explicadas por derrame pleural, atelectasia o nódulos pulmonares, falla respiratoria no causada por falla cardíaca o sobrecarga de líquidos (evaluación objetiva con ecocardiograma), PaO₂/FiO₂ menor de 300 mmHg con presión positiva al final de la espiración (PEEP) o CPAP >5 cmH₂O. La gravedad del SIRA se clasifica de acuerdo con el grado de hipoxemia, como leve (201-300 PaO₂/FiO₂), moderada (101-200 PaO₂/FiO₂) y grave (<100 PaO₂/FiO₂) ⁽¹¹⁾. Globalmente, el SIRA afecta aproximadamente 3 millones personas/año, 10% de admisiones en la unidad de cuidados intensivos (UCI), y 24% de pacientes con ventilación mecánica invasiva

(VMI) en UCI. Con una mortalidad alta de 35-46%. La piedra angular terapéutica es la VMI, la cual es crítica para la supervivencia del paciente, sin embargo, también puede ser dañina como con la lesión inducida por la ventilación (VILI). Una forma de evitar la VILI es manteniendo metas protección alveolar con volúmenes tidales bajos (4-8 ml/kg de peso predicho), presión Plateau <30 cmH₂O, Delta de presión <15 cmH₂O ⁽¹²⁾. Se ha demostrado que el uso de volúmenes tidales bajos (4-8 ml/kg de peso predicho) comparado con volúmenes tradicionales (10-15 ml/kg de peso predicho) pueden reducir la mortalidad hasta en un 30% ⁽¹³⁾. Las guías de ATS/ERS 2017 de ventilación mecánica invasiva en pacientes con SIRA recomiendan ventilación de protección pulmonar con volúmenes tidales bajos (4-8 ml/kg de peso predicho), presión plateau <30 mmHg, posición prono en pacientes con SIRA grave durante mínimo 12 horas al día, no usar la ventilación oscilatoria de alta frecuencia (HFOV), PEEP elevado en SIRA moderado y grave, uso de maniobras de reclutamiento en pacientes seleccionados, continuar con investigación con respecto al uso de la membrana de oxigenación extracorpórea veno-venosa (ECMO veno-venoso) en pacientes con SIRA grave ⁽¹³⁾.

La Presión Positiva al Final de la Espiración (PEEP) es un elemento clave de protección alveolar y rutinariamente aplicado en todos los pacientes con SIRA. Los objetivos del uso de PEEP es mantener una presión arterial de oxígeno (PaO₂) de 60 mmHg o mayor o saturación de oxígeno (Sao₂) mayor al 90%, reclutar alvéolos, restaurar la capacidad residual funcional y mejorar la oxigenación

tisular⁽¹⁴⁾. Actualmente no hay estándar de oro de titulación de PEEP, el objetivo de la titulación es llegar a un balance entre mantener el reclutamiento alveolar y evitar la sobredistensión alveolar, junto con la mayor oxigenación posible ⁽¹⁵⁾. Niveles altos de PEEP pueden mantener una oxigenación adecuada, disminuir la tensión y estrés pulmonar y mantener el reclutamiento alveolar (prevenir el atelectrauma). Sin embargo, también tienen sus riesgos potenciales como sobredistensión alveolar, aumento de shunt intrapulmonar, espacio muerto, y de resistencia vascular pulmonar provocando un cor pulmonale ⁽¹⁶⁾.

Existen distintos métodos de titulación de PEEP como la tabla ARDS-NET (Anexo 2), la cual usa combinaciones de FiO₂ y PEEP para mantener SpO₂ de 88-95% o PaO₂ de 55-88 mmHg, sin embargo, ha sido criticada ya que la elección de PEEP no es basada en mecánica pulmonar del paciente y está basada en opiniones de expertos y no en evidencia empírica ⁽¹⁷⁾.

Otras formas de titulación de PEEP son por curva de presión-volumen, con balón esofágico, por distensibilidad, por tomografía de impedancia eléctrica, ultrasonido pulmonar, entre otras. Múltiples estudios comparan los métodos de titulación como *Talmor et al* ⁽¹⁸⁾ compararon la titulación de PEEP por balón esofágico con la tabla de ARDS/NET en pacientes con SIRA donde no se encontró diferencia en mortalidad ni días de VMI, sin embargo, sí se encontró menos uso de terapia de rescate (prono, ECMO) en grupo de balón esofágico. Otro método de titulación de PEEP es por distensibilidad en el cual se demostró en el estudio de *Pintado et*

al⁽¹⁹⁾, menor proporción de disfunción orgánica múltiple, así como una diferencia en días de ventilación mecánica e inestabilidad hemodinámica en pacientes titulados por distensibilidad comparados por tabla ARDS/NET.

En nuestra institución se realiza titulación de PEEP por distensibilidad de manera ascendente o descendente, sin embargo, se ha cuestionado si el SIRA causado por COVID-19 difiere en fisiopatología y manejo ventilatorio comparado con SIRA de otras etiologías, Al respecto, *Gattinoni et al*⁽²⁰⁾ describieron dos fenotipos de SIRA secundarios a la COVID-19, (fenotipo H y L), los cuales difieren en hallazgos tomográficos, distensibilidad estática, elasticidad y reclutamiento alveolar, por lo que se propone que requieren diferentes valores de PEEP óptimo de acuerdo con el fenotipo. Así mismo *Grieco et al*⁽²¹⁾ realizaron un estudio comparativo de SIRA por COVID-19 y de otras etiologías, en dicho estudio se encontró una diferencia en PaO₂/FiO₂ con PEEP elevado y mayor distensibilidad en pacientes con COVID-19. Hallazgos diferentes fueron reportados por *Mittermaier et al*⁽²²⁾, quienes concluyen que no existe diferencia en respuesta a PEEP ni en mecánica ventilatoria en diferentes etiologías de SIRA.

Gattinoni et al⁽²³⁾ al concluyen que la “mejor PEEP” no existe, fundamentan que para obtener una mejor oxigenación se pueden utilizar niveles bajos de PEEP (5-10 cmH₂O) para SIRA leve, PEEP de 10-15 cmH₂O para SIRA moderado y 15-20 cmH₂O para SIRA grave, prestando atención en el estado hemodinámico y elasticidad pulmonar..

En la actualidad no contamos con suficiente evidencia bibliográfica con respecto a la mecánica ventilatoria y elección de PEEP en pacientes con SIRA secundario a SARS-COV-2. En octubre de 2021 *Grasselli et al*⁽²⁴⁾ realizaron una revisión panorámica de bases de datos (EMBASE, MEDLINE, PUBMED) de la evidencia actual sobre la ventilación mecánica invasiva en pacientes con COVID-19, se eligieron 26 artículos dentro de los cuales dos reportan la variable titulación de PEEP. La evidencia actual es que la VMI en pacientes con COVID-19 es heterogénea, sin embargo guarda cierta similitud en la reportada en SIRA “clásicos”, los pacientes bajo ventilación mecánica deben mantenerse en metas de protección alveolar, incluso en aquellos con PEEP elevado (media mínima de 9 cmH₂O y máxima de 16.5 cmH₂O). Sin embargo, no se ha estudiado si existe una correlación entre la PEEP óptima y variables tomográficas, clínicas y de mecánica ventilatoria, lo cual nos podría ayudar a predecir el nivel de PEEP necesario de acuerdo con las características del paciente previamente mencionado.

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

El SIRA es la complicación más grave de la COVID-19 y la mortalidad hospitalaria en pacientes con VMI en México es de hasta el 73%.

En el INER se recibe una gran cantidad de pacientes críticos con requerimientos de VMI, al no contar con método de titulación estándar realizamos la titulación de PEEP por distensibilidad ya que es personalizada con la mecánica ventilatoria de cada paciente. Existen métodos novedosos como la titulación de PEEP a partir de la medición de presión transpulmonar obtenida mediante la colocación de un balón esofágico, sin embargo no existe impacto en la mortalidad hospitalaria comparada con otros métodos, siendo más costoso y complejo de realizar.

El método de titulación de PEEP por distensibilidad, es un proceso sistemático que requiere tiempo y personal capacitado, siendo limitado en la presente pandemia por COVID-19.

JUSTIFICACIÓN

El método de titulación de PEEP por distensibilidad es un proceso sistemático que nos permite elegir la PEEP "Óptima" que genera una mayor ganancia en distensibilidad pulmonar, pero manteniendo al paciente dentro de metas de protección alveolar. Es un proceso sencillo, que no genera mayor costo, sin

embargo no se realiza a todos los pacientes que se ingresan por requerimiento de ventilación mecánica en nuestro centro respiratorio.

Buscar una asociación entre la PEEP óptima y variables clínicas, tomográficas y fisiológicas en pacientes con VMI por SIRA permitirá establecer un proceso que sea aplicado a todos los pacientes que ingresan al área de urgencias para ventilación mecánica por SIRA, esperando que pudiese tener implicaciones pronósticas e impacto en la disminución de la mortalidad hospitalaria.

PREGUNTA DE INVESTIGACIÓN

¿Existe correlación entre la PEEP óptima titulada por distensibilidad estática en posición supino y las variables clínicas, tomográficas y de mecánica ventilatoria en pacientes con SIRA por SARS-COV-2 atendidos en la unidad de Urgencias respiratorias del INER?

OBJETIVO PRIMARIO

Identificar la correlación entre la PEEP óptima titulada por distensibilidad en posición supino y las variables clínicas, tomográficas y de mecánica ventilatoria en pacientes con SIRA por SARS-COV-2 atendidos en la unidad de Urgencias respiratorias del INER.

OBJETIVOS SECUNDARIOS

- Describir características clínicas y demográficas de los pacientes bajo VMI con SIRA secundario a SARS-COV-2
- Describir el grado de afección y patrón tomográfico en pacientes bajo VMI con SIRA secundario a SARS-COV-2
- Identificar variables de mecánica respiratoria mediante titulación de PEEP en pacientes bajo VMI con SIRA secundario a SARS-COV-2

MATERIALES Y MÉTODOS

Tipo de estudio

Se trata de un estudio descriptivo y retrospectivo.

Población

En este estudio se reclutaron sujetos que ingresaron a la unidad de urgencias respiratorias del INER con diagnóstico de SIRA moderado-grave secundario a infección por SARS-COV-2 y que requirieron VMI durante el periodo comprendido del 27 de febrero al 30 de noviembre del 2020.

Criterios de inclusión:

- Pacientes >18 años
- Pacientes con VMI con titulación de PEEP por distensibilidad en posición supino.
- PCR para SARS-COV-2 positiva
- Que cursen las primeras 24 horas de VMI.

- SIRA moderado-grave ($PaO_2/FiO_2 < 200$ mmHg)
- Sedación profunda (RASS -5)
- Requerimiento de Bloqueo neuromuscular.

Criterios de exclusión:

- Inestabilidad hemodinámica (norepinefrina > 3 mcg/kg/min)
- Presencia de barotrauma (neumotórax, neumomediastino, enfisema subcutáneo)
- Enfisema por tomografía
- Traqueostomía
- Presencia de Sonda endopleural

Criterios de eliminación

- Inestabilidad hemodinámica durante titulación de PEEP.
- Paciente fuera de metas de protección alveolar con PEEP mínimo.

Procedimiento:

Los pacientes que ingresan al servicio de urgencias respiratorias del INER, se les realiza una evaluación inicial en el servicio de triage donde se monitorean signos vitales y se toma una gasometría arterial. Aquellos pacientes con insuficiencia respiratoria y catalogados como “Caso sospechoso de Infección por SARS-COV-2” se les realiza una tomografía de tórax simple (a excepción de aquellos que pasan directo a cama de choque por inestabilidad hemodinámica/respiratoria, obesos mórbidos) y PCR para SARS-COV-2 en exudado nasofaríngeo.

Los pacientes con requerimiento de Ventilación mecánica invasiva, a decisión de Neumólogo en turno, se ingresan al área de observación, son intubados mediante la secuencia rápida de intubación, y se inicia ventilación mecánica de acuerdo con recomendaciones internacionales; volumen corriente de 4–8 ml/kg de peso corporal predicho (recomendación A1) y buscando metas de protección alveolar con presiones de meseta de <30 cm H₂O, delta de presión <15 cmH₂O (recomendación A11). Se realiza titulación de PEEP óptimo por distensibilidad de manera ascendente o descendente en posición supino a los pacientes bajo sedación profunda y bloqueo neuromuscular, revisando que no tengan alguna contraindicación absoluta, posteriormente se toma gasometría arterial para calcular la PaO₂/FiO₂ y corroborar el equilibrio ácido-base.

El **método de titulación de PEEP** por distensibilidad se realiza de la siguiente manera: Se programa el ventilador en modo control por volumen, se establece un volúmen corriente (V_t) de 6-8 ml/kg de peso predicho, se corrobora que no existen asincronías. Se inicia titulación de manera ascendente (PEEP 6 a 20 cmH₂O) o descendente (PEEP 20 a 6), se realiza una evaluación transversal cada 5 minutos y se registran las variables: presión meseta, delta de presión, distensibilidad estática, presión pico, saturación de oxígeno, FiO₂, tensión arterial media, frecuencia cardiaca. Durante dicho procedimiento, el médico a cargo, realiza un monitoreo clínico y en caso de presentar inestabilidad hemodinámica (descenso de 20 mmHg de presión arterial sistólica) se detiene la titulación. Se incrementa

y/o disminuye 2 cmH₂O la PEEP cada 5 minutos y se registran las mismas variables en la Tabla de titulación (Anexo 3). Se elige como “PEEP ideal” el valor que nos permite obtener una mayor distensibilidad siempre que nos mantengamos dentro de parámetros de protección alveolar.

Tomografía computarizada de pulmón

Las tomografías de tórax se realizaron en un tomógrafo multidetector marca SIEMENS Sensation de 64 cortes, con software Syngo CT 2014A, el paciente se colocó en posición supina, en inspiración máxima, con adquisición volumétrica, en ventana pulmonar y mediastinal. Los principales parámetros de escaneo fueron los siguientes: voltaje del tubo = 120 kVp, con modulación automática de la corriente del tubo (70-120 mAs), Pitch de 1, espesor de corte de 1mm y matriz de 512 × 512. Todas las imágenes fueron reconstruidas con un algoritmo de alta resolución espacial.

La evaluación de severidad tomográfica por neumólogos expertos se realizó valorando cortes axiales en ventana de parénquima pulmonar, se clasificó por predominio de patrón tomográfico como A predominio de vidrio deslustrado, B predominio de crazy paving/ patrón en empedrado y C predominio de consolidación pulmonar. Posteriormente se cuantificó el porcentaje de afectación pulmonar valorando cada segmento pulmonar de acuerdo con la clasificación anatómica de Boyden, en 4 cortes axiales con estructuras anatómicas de referencia. Se cuantificó el número total de segmentos afectados en más del 50%

del área anatómica y posteriormente mediante una regla de 3, se obtuvo el porcentaje de afectación tomográfica (Anexo 4).

Variables de Estudio

Recolectamos las siguientes variables independientes; datos demográficos (edad, sexo, peso, talla, IMC), comorbilidades (enfermedades pulmonares crónicas, hipertensión arterial sistémica, diabetes mellitus, enfermedad arterial coronaria, obesidad, enfermedad renal crónica y VIH), mecánica ventilatoria (Presión pico, distensibilidad, presión meseta y delta de presión), de oxigenación (PaO₂/FiO₂ y FiO₂) y hallazgos en tomografía de tórax (vidrio deslustrado, crazy paving, consolidación, número de segmentos pulmonares afectados y porcentaje de afectación pulmonar). Como variable dependiente se valoró la “PEEP óptima”. Todas estas variables se obtuvieron de la revisión retrospectiva de todos los informes médicos en el expediente electrónico de los pacientes atendidos en el servicio de urgencias.

Aspectos bioéticos

El protocolo de estudio ha sido sometido a revisión por el comité Ética médica y el comité de investigación en salud del Instituto Nacional de Enfermedades Respiratorias “Ismael Cosío Villegas”, el cual se encuentra en proceso de revisión. La participación en este protocolo se considera de Investigación con Riesgo mínimo.

MÉTODO ESTADÍSTICO

Se identificaron las variables continuas, las cuales cumplieron los criterios de normalidad estadística mediante el test de Kolmogorov-Smirnov, dichas variables se expresaron mediante media y DE, las variables con distribución no paramétrica se expresaron en mediana y percentiles (p25-p75).

Debido a la naturaleza de nuestras variables, se eligió el método de correlación *Pearson*. Se estableció como variable dependiente (PEEP óptima) y como variables independientes (Edad, Peso real, Talla, Distensibilidad, presión Plateau, Porcentaje de afectación tomográfica y número de segmentos afectados).

Mediante una matriz de correlaciones se seleccionaron las variables clínicas, demográficas y fisiológicas que mejor se asociaron con la PEEP óptima, con una $p < 0.05$.

Se construyeron gráficos de LOWESS para establecer la magnitud de la asociación a un intervalo de confianza (IC) al 95%.

RESULTADOS

Durante el periodo comprendido del 27 de febrero al 30 de noviembre de 2020 se hospitalizaron 1376 sujetos en el Instituto Nacional de enfermedades Respiratorias. De los cuales 942 (68.4%) son del género masculino, la edad promedio fue 54.7 (± 13.8) y solo 363 (26.3%) se encontraba en rango de peso normal de acuerdo con el IMC. Las comorbilidades más frecuentes en los sujetos hospitalizados fueron la hipertensión arterial sistémica en 29.2% (n= 402), diabetes tipo 2 en un 28.7% (n= 395) y obesidad grado I en un 22.2% (n= 306), sin embargo, solo el 5.2% (n=72) de los sujetos padecía una enfermedad pulmonar crónica (Tabla 1 y 2).

Del total de sujetos hospitalizados solo el 64.8% requirió VMI. La mortalidad hospitalaria por todas las causas, fué del 31% y del 40% en sujetos que requirieron VMI, encontrando una diferencia significativa por género (30.6% vs 9.4%) (Tabla 3).

Se eligieron 286 sujetos, a conveniencia del investigador, los cuales cumplieron satisfactoriamente con el proceso de titulación de PEEP óptima, que representa el 31.9% de la población total. Se obtuvo un promedio de PEEP óptima de 11.2 (± 2.8), con una FiO₂ del 80% (± 2.8), PaO₂/Fio₂ 112.4 (± 45.5), Distensibilidad 35.0 (± 10.3). (Tabla 4).

Solo el 78% de los sujetos con titulación de PEEP contaron con tomografía de tórax a su ingreso. Se clasificó por categoría de acuerdo con los hallazgos tomográficos: Predominó el patrón de consolidación (C) en el 54% de los sujetos, seguido del patrón de vidrio deslustrado (A) en un 33.4%. El porcentaje de afectación pulmonar fué el 87% (± 17.8) y el número de segmentos pulmonares afectados de 17.4 (± 3.5) (Tabla 5).

Mediante el método de correlación de Pearson, se encontró una correlación significativa entre la PEEP óptima y la edad del paciente ($r -0.15$, $p=0.0099$), peso real ($r 0.28$, $p=0.0000$), IMC ($r 0.27$, $p=0.0000$), número de segmentos afectados por TC ($r 0.15$, $p=0.0190$) y porcentaje de afectación tomográfica ($r 0.15$, $p=0.0216$). (Tabla 6, Gráficos 1-6).

CONCLUSIONES

En nuestro estudio encontramos que existe una correlación positiva leve entre la PEEP óptima y la edad, peso real del paciente, número de segmentos y porcentaje de afectación tomográfica, así como con el patrón de consolidación tomográfica.

A partir de estos hallazgos podríamos hacer una predicción de una PEEP óptima con las variables con correlación positiva, con el objetivo de facilitar el trabajo del personal médico, acortar tiempo y universalizar el uso de una PEEP óptima en cualquier medio intrahospitalario.

DISCUSIÓN

Desde diciembre de 2019 en el mundo y en México, el sistema de salud se ha enfrentado a distintos retos debido a la pandemia por la COVID-19. La demanda de personal médico y su capacitación para el manejo del paciente crítico. La principal complicación de la COVID-19 es el síndrome de insuficiencia respiratoria (SIRA) y su piedra angular de tratamiento es la ventilación mecánica invasiva.

La evidencia actual ha mostrado que el manejo en pacientes con COVID-19 es similar a aquellos con SIRA de otras etiologías. Sin embargo, se ha demostrado que los pacientes con COVID-19 se benefician de niveles de PEEP mayores y pronación ya que la mayoría de ellos tienen hipoxemia grave. Así mismo, aplican los objetivos universales en ventilación mecánica en SIRA: mantener al paciente en metas de protección alveolar, volúmen corriente 6-8 ml/kg peso, prono continuo y terapias de rescate (ECMO).

Sí bien no existe una “PEEP Ideal”, tampoco existen diferencias entre métodos de titulación, el método de titulación de PEEP por distensibilidad es un procedimiento sencillo, sin costo extra, reproducible, que permite identificar el valor de presión positiva al final de la vía aérea con mayor ganancia de distensibilidad situándonos dentro de metas de protección alveolar. Es un método que puede ser aplicado en el área de urgencias respiratorias de nuestra unidad de manera estandarizada, contemplando que se requiere capacitación del personal médico.

En este estudio pudimos encontrar correlaciones significativas con la PEEP óptima y las variables clínicas, ventilatorias y tomográficas del paciente, a partir del cual es posible elegir objetivamente el valor de PEEP a programar al inicio de la ventilación mecánica, con el objetivo de facilitar el trabajo del personal médico durante esta pandemia acortando el tiempo de atención, y disminuyendo el riesgo de sobredistensión pulmonar y lesión inducida por ventilación mecánica.

Es de llamar la atención que en nuestro estudio encontramos una tendencia, a mayor peso real del paciente programamos en el ventilador una mayor PEEP óptima, lo cual no ha sido identificado en otros estudios. Esto puede ser explicado por una mayor proporción de obesidad en nuestra población.

Este estudio presenta limitaciones importantes, se basa en una recolección retrospectiva de las variables, así mismo, el método de reclutamiento es a conveniencia del investigador, con un posible sesgo de selección. El proceso de titulación de PEEP por distensibilidad proviene de una sola evaluación transversal, por lo que no contamos con evaluación de repetibilidad de la maniobra, así mismo las variables de mecánica ventilatoria son dinámicas y dependientes del tiempo de evolución del paciente. El proceso de evaluación de afectación tomográfica representa una propuesta interna en el servicio de urgencias, que representa la evaluación inicial por un Neumólogo experto en turno, sin embargo al momento no existe una evaluación de correlación intraclase, pudiendo estar implícita una variabilidad interobservador.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Zhou M, Zhang X, Qu J. Coronavirus disease 2019 (COVID-19): a clinical update. *Front Med* [Internet]. el 2 de abril de 2020 [citado el 24 de abril de 2020]; Disponible en: <https://doi.org/10.1007/s11684-020-0767-8>
2. The species Severe acute respiratory syndrome-related coronavirus : classifying 2019-nCoV and naming it SARS-CoV-2. *Nat Microbiol.* abril de 2020;5(4):536–44.
3. Cascella M, Rajnik M, Cuomo A, Dulebohn SC, Di Napoli R. Features, Evaluation and Treatment Coronavirus (COVID-19). En: *StatPearls* [Internet]. Treasure Island (FL): StatPearls Publishing; 2020 [citado el 24 de abril de 2020]. Disponible en: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK554776/>
4. Association of Public Health Interventions With the Epidemiology of the COVID-19 Outbreak in Wuhan, China [Internet]. [citado el 26 de enero de 2021]. Disponible en: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC7149375/>
5. PAHO Daily COVID-19 Update: 17 September 2021 - PAHO/WHO | Pan American Health Organization. (2021). Retrieved 18 September 2021, from <https://www.paho.org/en/documents/paho-daily-covid-19-update-17-september-2021>
6. Ñamendys-Silva SA, Gutiérrez-Villaseñor A, Romero-González JP. Hospital mortality in mechanically ventilated COVID-19 patients in Mexico. *Intensive Care Med.* el 1 de noviembre de 2020;46(11):2086–8.

7. Hernández-Garduño E. Obesity is the comorbidity more strongly associated for Covid-19 in Mexico. A case-control study. *Obes Res Clin Pract.* 2020;14(4):375–9.
8. Berumen J, Schmulson M, Alegre J, Guerrero G, Olaiz G, Wong-Chew RM, et al. Risk of infection and hospitalization by Covid-19 in Mexico: a case-control study. medRxiv. el 26 de mayo de 2020;2020.05.24.20104414.
9. Giannouchos TV, Sussman RA, Mier JM, Poulas K, Farsalinos K. Characteristics and risk factors for COVID-19 diagnosis and adverse outcomes in Mexico: an analysis of 89,756 laboratory–confirmed COVID-19 cases. *Eur Respir J* [Internet]. el 1 de enero de 2020 [citado el 23 de agosto de 2020]; Disponible en: <https://erj.ersjournals.com/content/early/2020/07/09/13993003.02144-2020>
10. Thompson, B., Chambers, R., & Liu, K. (2017). Acute Respiratory Distress Syndrome. *New England Journal Of Medicine*, 377(6), 562-572. doi: 10.1056/nejmra1608077
11. Acute Respiratory Distress Syndrome. (2012). *JAMA*, 307(23). doi: 10.1001/jama.2012.5669
12. Fan, E., Brodie, D., & Slutsky, A. (2018). Acute Respiratory Distress Syndrome. *JAMA*, 319(7), 698. doi: 10.1001/jama.2017.21907
13. Fan, E., Del Sorbo, L., Goligher, E., Hodgson, C., Munshi, L., & Walkey, A. et al. (2017). 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*, 195(9), 1253-1263. doi: 10.1164/rccm.201703-0548st

14. Cairo, J., & Pilbeam, S. (2020). *Pilbeam's mechanical ventilation* (7th ed., p. 961). New Orleans: Elsevier.

15. Matthay, M., Zemans, R., Zimmerman, G., Arabi, Y., Beitler, J., & Mercat, A. et al. (2019). Acute respiratory distress syndrome. *Nature Reviews Disease Primers*, 5(1). doi: 10.1038/s41572-019-0069-0

16. Fan, E., Del Sorbo, L., Goligher, E., Hodgson, C., Munshi, L., & Walkey, A. et al. (2017). 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*, 195(9), 1253-1263. doi: 10.1164/rccm.201703-0548st

17. Hess, D. (2015). Recruitment Maneuvers and PEEP Titration. *Respiratory Care*, 60(11), 1688-1704. doi: 10.4187/respcare.04409

18. Talmor, D., Sarge, T., Malhotra, A., O'Donnell, C., Ritz, R., & Lisbon, A. et al. (2008). Mechanical Ventilation Guided by Esophageal Pressure in Acute Lung Injury. *New England Journal Of Medicine*, 359(20), 2095-2104. doi: 10.1056/nejmoa0708638

19. Pintado MC, de Pablo R, Trascasa M, Milicua JM, Rogero S, Daguerre M, et al. Individualized PEEP setting in subjects with ARDS: a randomized controlled pilot study. *Respir Care* 2013; 58(9):1416-1423.

20. Gattinoni, L., Chiumello, D., Caironi, P., Busana, M., Romitti, F., Brazzi, L., & Camporota, L. (2020). COVID-19 pneumonia: different respiratory treatments for different phenotypes?. *Intensive Care Medicine*, *46*(6), 1099-1102. doi: 10.1007/s00134-020-06033-
21. Grieco, D., Bongiovanni, F., Chen, L., Menga, L., Cutuli, S., & Pintaudi, G. et al. (2020). Respiratory physiology of COVID-19-induced respiratory failure compared to ARDS of other etiologies. *Critical Care*, *24*(1). doi: 10.1186/s13054-020-03253-2
22. Mittermaier, M., Pickerodt, P., Kurth, F., de Jarcy, L., Uhrig, A., & Garcia, C. et al. (2020). Evaluation of PEEP and prone positioning in early COVID-19 ARDS. *Eclinicalmedicine*, *28*, 100579. doi:10.1016/j.eclinm.2020.100579
23. Gattinoni L, Carlesso E, Cressoni M. Selecting the “right” positive end-expiratory pressure level. *Curr Opin Crit Care* 2015;21(1):50-57.
24. Grasselli, G., Cattaneo, E., Florio, G., Ippolito, M., Zanella, A., & Cortegiani, A. et al. (2021). Mechanical ventilation parameters in critically ill COVID-19 patients: a scoping review. *Critical Care*, *25*(1). doi: 10.1186/s13054-021-03536-2

ANEXOS

ANEXO 1. DESCRIPCIÓN DE VARIABLES

	Cualitativa	Cuantitativa	Tipos
Edad		Años cumplidos	Discreta
Sexo	Hombre o mujer		Nominal
Peso real		Kg	Discreta
Peso predicho		Kg	Discreta
Talla		Cm	Discreta
Índice de Masa Corporal			Discreta
Diabetes Mellitus tipo 2	Si o No		Nominal
Hipertensión Arterial Sistémica	Si o No		Nominal
Enfermedades cardiovasculares	Si o No		Nominal
Asma	Si o No		Nominal
Enfermedad Pulmonar Obstructiva Crónica	Si o No		Nominal
Cáncer de pulmón	Si o No		Nominal
Neumopatía intersticial	Si o No		Nominal
SAOS	Si o No		Nominal
PaO ₂ /FiO ₂		(Presión arterial de oxígeno/ Fracción Inhalada de oxígeno)	Discreta
PEEP		cmH ₂ O	Discreta
Distensibilidad		ml/cmH ₂ O	Discreta
Presión plateau		cmH ₂ O	Discreta
Delta de presión		cmH ₂ O	Discreta
Presión pico		cmH ₂ O	Discreta
Afectación tomográfica		%	Discreta

ANEXO 2. TABLA ARDS/NET PARA TITULACIÓN DE PEEP

Lower PEEP/higher FiO₂

FiO₂	0.3	0.4	0.4	0.5	0.5	0.6	0.7	0.7
PEEP	5	5	8	8	10	10	10	12

FiO₂	0.7	0.8	0.9	0.9	0.9	1.0
PEEP	14	14	14	16	18	18-24

Higher PEEP/lower FiO₂

FiO₂	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.4	0.4	0.5
PEEP	5	8	10	12	14	14	16	16

FiO₂	0.5	0.5-0.8	0.8	0.9	1.0	1.0
PEEP	18	20	22	22	22	24

ANEXO 3. TABLA DE TITULACIÓN DE PEEP

FECHA _____

NOMBRE _____ CAMA _____ FN _____

EXPEDIENTE _____ POSICIÓN: SUPINO PRONO PESO _____ TALLA _____ PESO PREDICHO _____

VT: 4 _____ 5 _____ 6 _____ 7 _____ 8 _____

TITULACIÓN DE PEEP									
PEEP	PLATEAU	DELTA DE PRESIÓN	VOLUMEN	DISTENSIBILIDAD	PRESIÓN PICO	SATURACIÓN	FC	TAM	FIO2
20									
18									
16									
14									
12									
10									
8									
6									

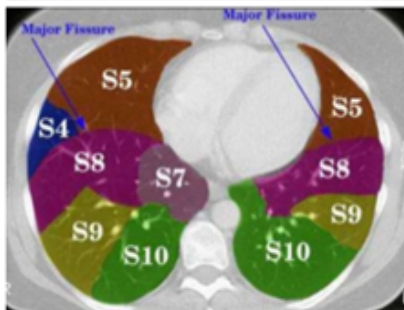
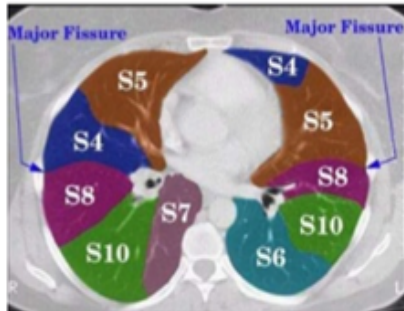
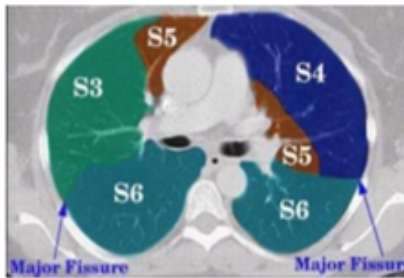
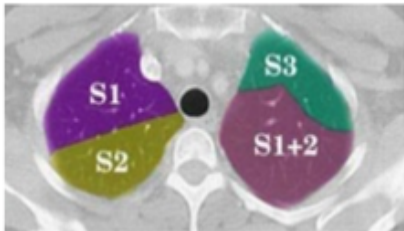
ANEXO 4. HOJA DE EVALUACIÓN DE AFECTACIÓN TOMOGRÁFICA

EVALUACIÓN DE SEVERIDAD TOMOGRÁFICA EN COVID-19

NOMBRE DE PACIENTE:

FECHA DE TOMOGRAFÍA:

1. CATEGORÍA: A= VIDRIO DESPULIDO
B= CRAZY PAVING
C= CONSOLIDACIÓN
2. PUNTAJE DE SEVERIDAD



Cuadro I. Segmentación pulmonar clasificación de Boyden

LOBULO	DERECHO BRONQUIO	SEGMENTO	IZQUIERDO BRONQUIO	SEGMENTO
SUPERIOR	B1 APICAL	S1	B1+2 APICOPOSTERIOR	S1+2
	B2 POSTERIOR	S2	B3 ANTERIOR	S3
	B3 ANTERIOR	S3	B4 LINGULAR SUPERIOR	S4
MEDIO	B4 LATERAL	S4	B5 LINGULAR INFERIOR	S5
	B5 MEDIAL	S5		
INFERIOR	B6 SUPERIOR	S6	B6 SUPERIOR	S6
	B7 MEDIAL	S7	B7+8 ANTEROMEDIAL	S7+8
	B8 ANTERIOR	S8		
	B9 LATERAL	S9	B9 LATERAL	S9
	B10 POSTERIOR	S10	B10 POSTERIOR	S10

Número de segmentos afectados:

Porcentaje de afectación

$\text{Número de segmentos afectados} \times 100 / 20 =$

NEUMÓLOGO QUE EVALUÓ:

TABLAS

Tabla 1. Cohorte de pacientes críticos atendidos en Urgencias INER

Total de pacientes Hospitalizados		n= 1376	
	n	Femenino	Masculino
Genero n (%)	1376 (100)	434 (31.5)	942 (68.4)
Edad (años)	54.7 (±13.8)	55.3 (±14.2)	54.3 (±13.6)
Peso (Kg)	81.7 (±17.9)	77.5 (±17.8)	83.6 (±17.6)
Talla (cm)	164.0 (±9.2)	156.2 (±8.0)	167.5 (±7.4)
IMC (kg/m2)	30.2 (±6.2)	31.5 (±6.9)	29.6 (±5.8)
Peso Normal (18.5- 24.9)	363 (26.3%)	107 (24.6%)	256 (27.1%)
Sobrepeso (25 - 29.9)	496 (36.0%)	134 (30.8%)	362 (38.4%)
Obesidad Grado I (30- 34.9)	306 (22.2%)	95 (21.8%)	211 (22.4%)
Obesidad Grado II (35 -39.9)	125 (9.0)	52 (11.9%)	73 (7.7%)
Obesidad Grado III (40 - 49.9)	74 (5.3%)	41 (9.4%)	33 (3.5%)
Obesidad Grado IV (>50)	12 (0.8%)	5 (1.1%)	7 (0.5%)
Procedencia:			
Ciudad de México n (%)	1053 (76.5)	343 (79.0)	710 (75.3)
Estado de México n (%)	229 (16.6)	68 (15.6)	161 (17.0)
Otro Estado n (%)	94 (6.8)	23 (5.3)	71 (7.5)

Tabla 2. Comorbilidades de sujetos hospitalizados por COVID-19

	n= 1376	Femenino	Masculino
Comorbilidades:			
Diabetes Mellitus tipo 2 n (%)	395 (28.7)	131 (30.1)	264 (28.3)
Hipertensión Arterial sistémica n (%)	402 (29.2)	155 (35.7)	247 (26.2)
Cardiovasculares n (%)	62 (4.5)	17 (3.9)	45 (4.7)
Enfermedad Renal Crónica n (%)	25 (1.8)	7 (1.6)	18 (1.9)
VIH n (%)	37 (2.6)	22 (5)	15 (1.5)
Enfermedades Pulmonares Crónicas n (%)	72 (5.2)	37 (8.5)	35 (3.7)
EPOC n (%)	24 (1.7)	9 (2.0)	15 (1.5)
Asma n (%)	41 (2.9)	15 (3.4)	26 (2.7)
Cáncer pulmón n (%)	0 (0)	0	0 (0)
Neumopatía Intersticial n (%)	17 (1.2)	11 (2.5)	6 (0.6)
SAOS n (%)	8 (0.4)	5 (1.1)	3 (0.3)

Tabla 3. Descripción de mortalidad hospitalaria

	<i>n</i>	<i>Femenino</i>	<i>Masculino</i>
Total de pacientes Hospitalizados <i>n</i> (%)	1376 (100)	434 (31.6)	942 (68.4)
Mortalidad Hospitalaria <i>n</i> (%)	427 (31)	111 (25.6)	316 (33.5)
Pacientes que Requirieron VMI <i>n</i> (%)	892 (64.8)	252 (28.2)	640 (71.7)
Mortalidad en Ventilados <i>n</i> (%)	357 (40.0%)	84 (9.4)	273 (30.6)

Tabla 4. Variables de mecánica ventilatoria en sujetos con titulación de PEEP

	N	Femenino	Masculino
Titulación de PEEP <i>n</i> (%)	286 (31.9)	76 (26.6)	210 (73.3)
PEEP	11.2 (±2.8)	11.0 (±2.7)	11.2 (±2.8)
FIO2	80 (±23)	80 (±24)	80 (±22)
Distensibilidad	35.0 (±10.3)	31.8 (±9.3)	36.1 (±10.5)
Presión Meseta	24.8 (±4.8)	22.9 (±3.9)	24.2 (±5.0)
Driving Pressure	12.7 (±4.5)	12.3 (±3.7)	12.8 (±4.7)
PaO2/Fio2	112.4 (±45.5)	114.1 (±41.8)	111.9 (±46.6)

Tabla 5. Evaluación tomográfica en sujetos con titulación de PEEP

	N	Femenino	Masculino
Tomografía Simple de Tórax	224 (78.3)	61 (27.2)	163 (72.7)
Categoría			
A (Vidrio Deslustrado) %	33.4	29.5	34.9
B (Crazy Paving) %	12.5	11.4	12.8
C (Consolidación) %	54	59	52.1
Número de segmentos afectados m (DE)	17.4 (±3.5)	16.3 (±4.3)	17.8 (±3.1)
Porcentaje de afectación (%)	87.0 (±17.8)	81.7 (±21.5)	89.0 (±15.8)

Tabla 6. Matriz de correlaciones entre variables Independientes con PEEP “Óptima”

VARIABLES INDEPENDIENTES:	PEEP “Óptima”	
	r	p
Genero	0.0401	0.5004
Edad	-0.1525*	0.0099
Talla	-0.0082	0.8942
Peso real	0.2806*	0.0000
IMC	0.2723*	0.0000
PaO2/Fio2	-0.0685	0.3075
Distensibilidad	0.2454*	0.0001
Presión meseta	0.2858*	0.0000
Categoría de TAC	-0.0258	0.7014
Número de Segmentos afectados en TAC	0.1570*	0.0190
Porcentaje de afectación Tomográfica	0.1538*	0.0216

* Significancia estadística < .05, destaca los coeficientes de correlación de Pearson significativos al nivel de 5% o mejor.

Gráfico 1. Correlación entre PEEP “Óptima” en función de la edad.

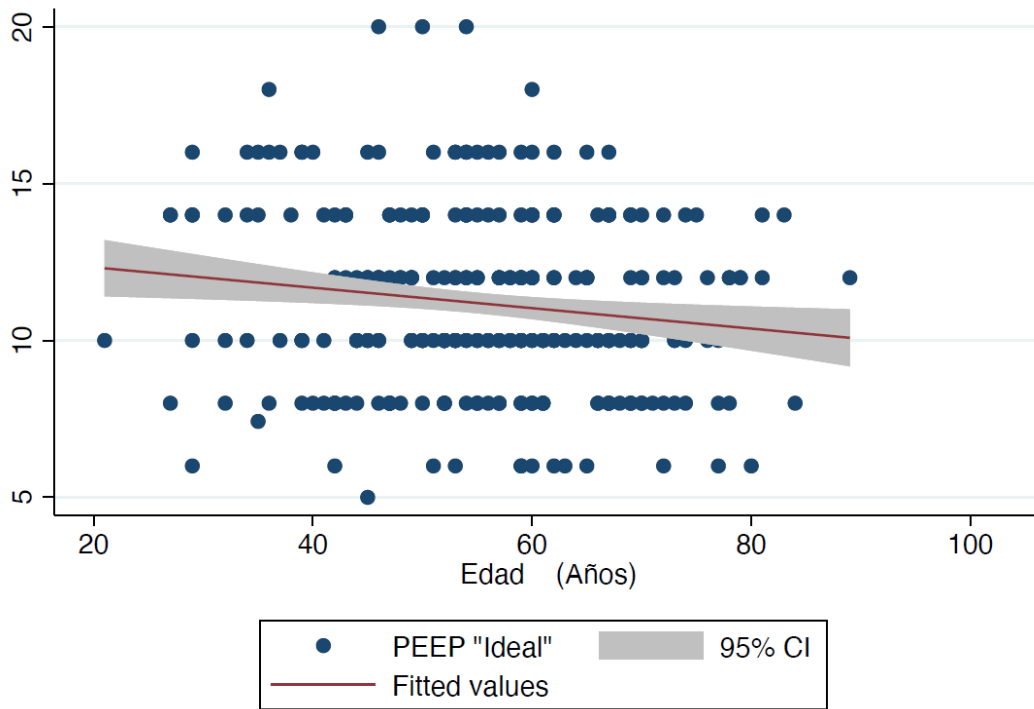


Gráfico 2. Correlación entre PEEP “óptima” en función del peso real.

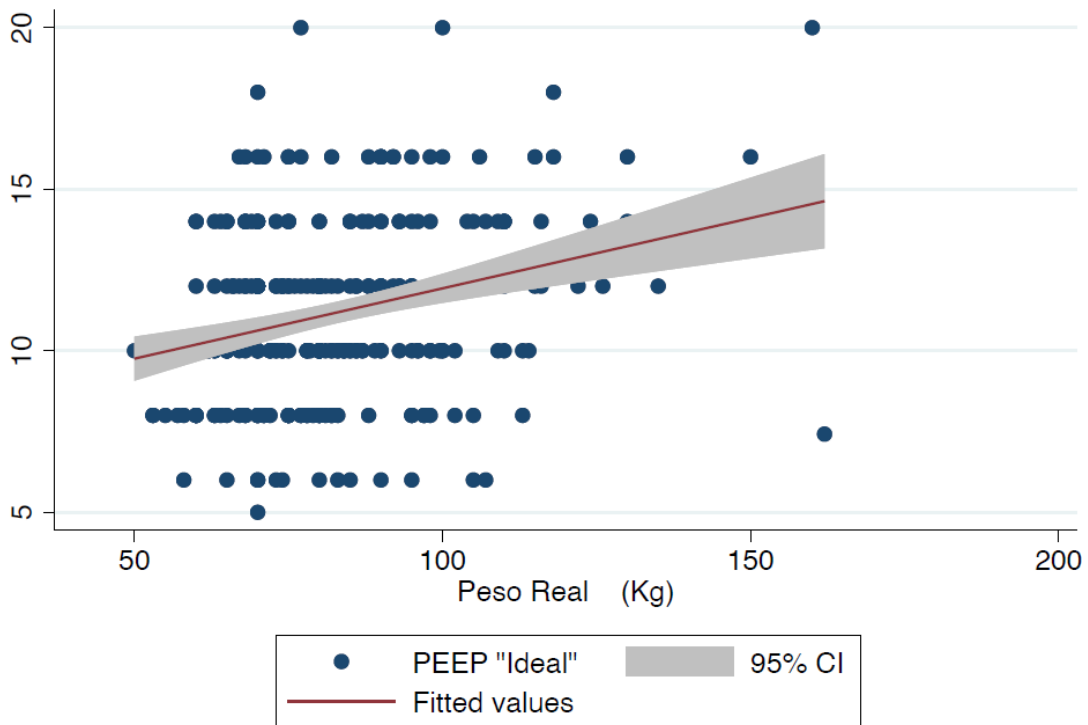


Gráfico 3. Correlación entre PEEP “óptima” y Distensibilidad pulmonar en función de la categoría tomográfica al ingreso.

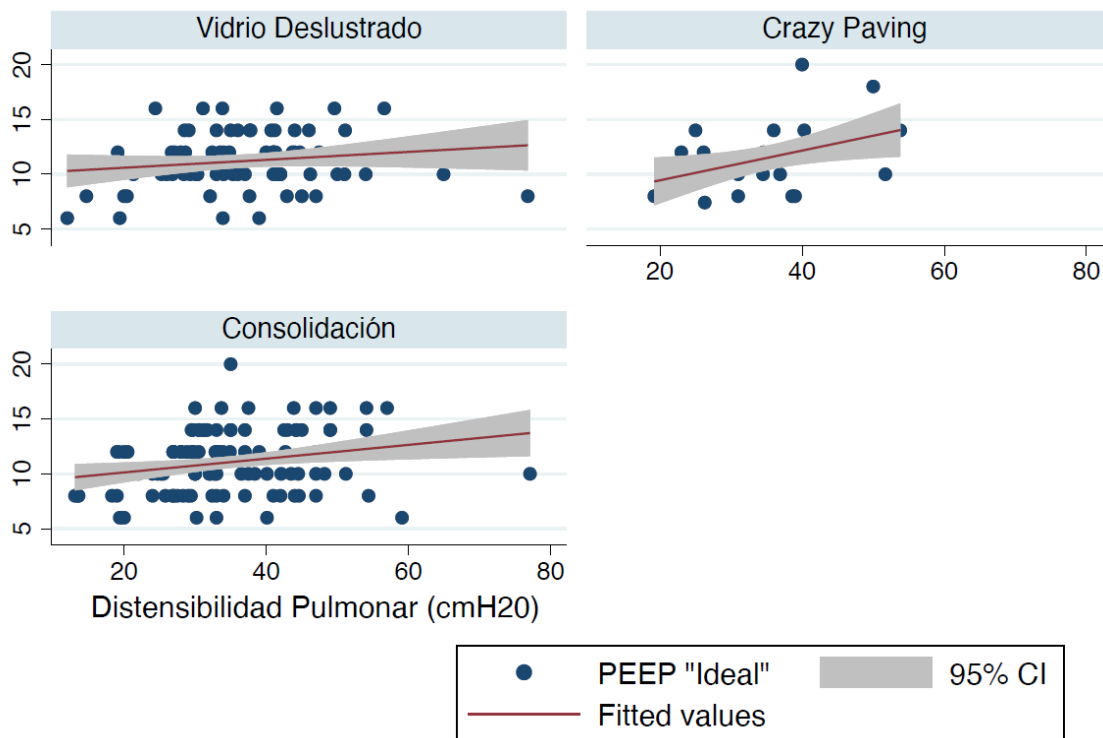


Gráfico 4. Correlación entre PEEP “Óptima” en función del Número de segmentos pulmonares afectados en la TC de Tórax.

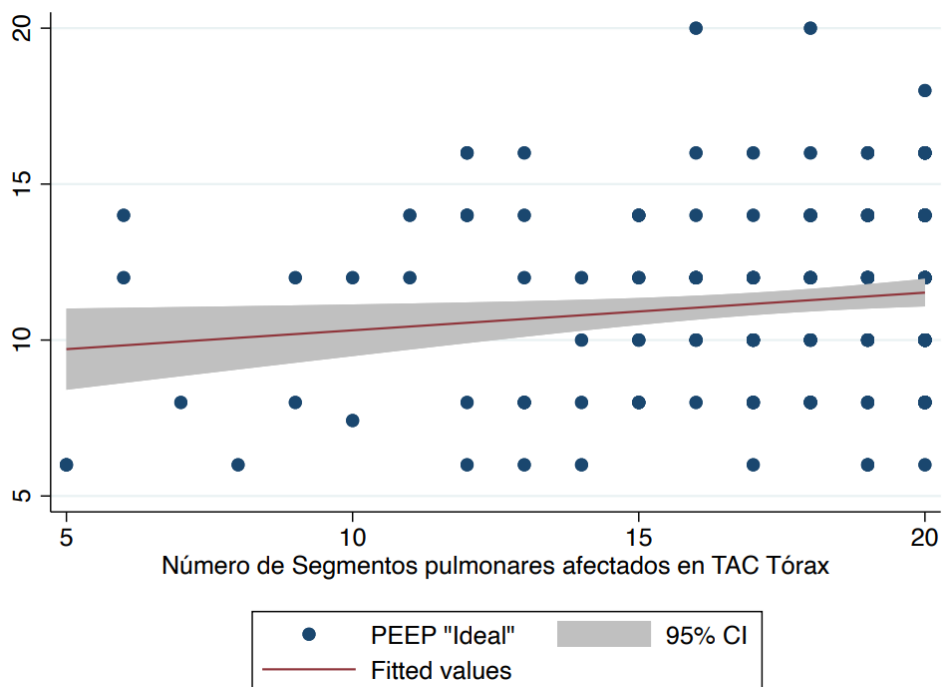


Gráfico 5. Correlación entre PEEP “Óptimo” en función del porcentaje de afectación tomográfica.

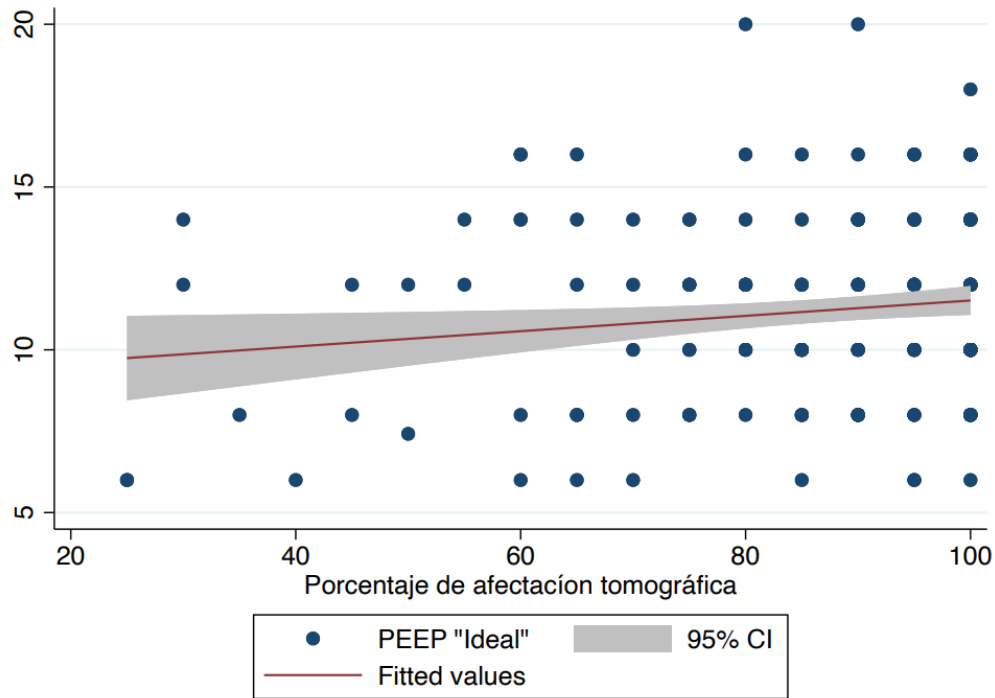


Gráfico 6. Correlación entre PEEP “Óptima” en función del porcentaje y categoría de afectación tomográfica.

