



Impacto de la presión de distensión alveolar en los pacientes con síndrome de distrés respiratorio agudo (SDRA): revisión narrativa

Impact of alveolar distention pressure on days under mechanical ventilation in patients with acute respiratory distress syndrome (SDRA)

Impacto da pressão da distensão alveolar em pacientes com síndrome do desconforto respiratório agudo (SDRA): revisão narrativa

Marco Antonio Cardoso-Ramírez,* Irma González-Prado,* Aldo Giovanni Martínez-Medel,* Edgar Islas-Mejía,* Ernesto Deloya-Tomás,† Orlando Rubén Pérez-Nieto,‡ Eder Iván Zamarrón-López,§ Manuel Alberto Guerrero-Gutiérrez,|| Raúl Soriano-Orozco†

RESUMEN

Introducción: El síndrome de distrés respiratorio agudo (SDRA) se caracteriza por una heterogeneidad del daño en el parénquima pulmonar; la asociación entre el volumen tidal (Vt) y la distensibilidad pulmonar estática (Cst) puede ser evaluada mediante la presión de distensión (PD). Se desconoce hasta el día de hoy si el control de la PD impacta en otros objetivos, tales como la disminución de los días bajo ventilación mecánica.

Material y métodos: Se realizó una revisión de artículos médicos científicos en Pubmed, EMBASE y Medigraphic con las siguientes palabras clave: «driving pressure» y «acute respiratory distress syndrome» para relacionar la PD y los días libres de ventilación mecánica en los principales estudios sobre SDRA; se analizaron las variables respiratorias reportadas por estas publicaciones y se tomaron estudios de revisión, revisiones sistematizadas y metaanálisis, lo cual fue evaluado por seis de los autores principales.

Resultados: Se encontró en la revisión sistematizada la siguiente relación: los pacientes ventilados con SDRA y PD < 15 cmH₂O se asociaban con menos días de ventilación mecánica con un valor de p = 0.03; los pacientes ventilados con SDRA y PD < 15 cmH₂O, al comparar la mortalidad a 90 días, la disminuían, tomando un valor de p ≤ 0.0001; los pacientes sin SDRA y PD < 15 cmH₂O, comparando la mortalidad a 28 días con una p = 0.005, las complicaciones pulmonares postoperatorias, la PD < 15 cmH₂O y los valores de PD mayores a 15 cmH₂O se asociaron con barotrauma, infecciones pulmonares postoperatorias, con una p ≤ 0.0001; en supervivencia y mortalidad a los 90 días, se correlacionó con una razón de momios (RM) de 0.60 a favor de PD < 15 cmH₂O, y en mortalidad a 28 días con una RM de 0.29 a favor de la PD menor, al valor de corte.

Conclusión: La PD se asocia con mortalidad de manera directamente proporcional y los valores más bajos de PD se asocian con menos días de ventilación mecánica.

Palabras clave: Presión de distensión, síndrome de distrés respiratorio agudo, ventilación mecánica, lesión inducida por ventilador.

ABSTRACT

Introduction: ARDS is characterized by a heterogeneity of damage in the lung parenchyma and the association between tidal volume (Vt) and static lung compliance (Cst) can be evaluated by DP. Most studies on DP and ARDS focus on mortality, showing a lower percentage of survival while the level of DP is higher, however, it is unknown until today whether the control of DP impacts on other objectives such as decrease of days under mechanical ventilation.

Material and methods: A systematic review of medical articles in Pubmed, EMBASE and Medigraphic was carried out with key words: driving pressure and acute respiratory distress syndrome to relate DP and days free of mechanical ventilation in the main studies on ARDS, analyzing the respiratory variables reported by these publications.

Results: The relationship was found in the systematized review; that patients ventilated with ARDS and DP < 15 cmH₂O was associated with fewer days of mechanical ventilation with a p = 0.03, patients with ARDS and DP < 15 cmH₂O comparing mortality at 90 days, decreased their mortality with p ≤ 0.0001, patients without ARDS and PD < 15 cm cmH₂O comparing mortality at 28 days with p = 0.005, patients with ARDS and DP association of postoperative pulmonary complications and DP < 15 cmH₂O, DP values greater than 15 cmH₂O was associated with barotrauma, postoperative pulmonary infections, with a p ≤ 0.0001 of, in survival and mortality at 90 days, correlated with a odds ratio (OR) of 0.60 in favor of DP less than 15 cmH₂O and in mortality at 28 days with an OR of 0.29, in favor of DP below 15 cmH₂O. **Discussion:** DP is associated with mortality in a directly proportional way.

Conclusion: Lower values of DP are associated with fewer days of mechanical ventilation.

Keywords: Driving pressure, acute respiratory distress syndrome, mechanical ventilation, ventilator-induced lung injury.

RESUMO

Introdução: A SDRA é caracterizada pela heterogeneidade do dano do parênquima pulmonar e a associação entre volume corrente (Vt) e complacência pulmonar estática (Cst) pode ser avaliada por pressão de distensão alveolar (PD). Não se sabe até hoje se o controle da PD afeta outros objetivos, como redução de dias sob ventilação mecânica.

Material e métodos: Foi realizada uma revisão de artigos médicos científicos no Pubmed, EMBASE e Medigraphic com palavras-chave: pressão de distensão e síndrome do desconforto respiratório agudo para relacionar PD e dias sem ventilação mecânica nos principais estudos de SDRA, analisando as variáveis relatados por essas publicações, realizando estudos de revisão, revisões sistemáticas e meta-análises, sendo avaliados por 6 dos principais autores.

Resultados: A relação foi encontrada na revisão sistemática; que ventilaram pacientes com SDRA e PD < 15 cmH₂O estiveram associados a menos dias de ventilação mecânica com p = 0.03, pacientes ventilados com SDRA e PD < 15 cmH₂O comparando a mortalidade em 90 dias, sua mortalidade diminuiu com p ≤ 0.0001, pacientes sem SDRA e PD < 15 cm cmH₂O comparando mortalidade em 28 dias com p = 0.005, associação de complicações pulmonares pós-operatórias e PD < 15 cmH₂O, valores de PD maiores que 15 cmH₂O foram associados a traumatismo barro, infecções pulmonares pós-operatórias , com p ≤ 0.0001 de, na sobrevida e mortalidade aos 90 dias, foi correlacionada com uma Odds Ratio (RM) de 0.60 a favor da PD menor que 15 cmH₂O e na mortalidade aos 28 dias com uma RM de 0.29, a favor da PD menor que o valor de corte.

Conclusão: a PD está associada à mortalidade de maneira diretamente proporcional. e valores mais baixos de PD estão associados a menos dias de ventilação mecânica.

Palavras-chave: Pressão de distensão, síndrome do desconforto respiratório agudo, ventilação mecânica, lesão induzida por ventilador.

INTRODUCCIÓN

Se ha sugerido que la presión de distensión (PD) a través del sistema respiratorio sea el predictor más fuerte de mortalidad hospitalaria en pacientes con síndrome de dificultad respiratoria aguda (SDRA). El primer informe que hace mención de la PD y su asociación con la mortalidad proviene del estudio de Amato y colaboradores,

* Hospital Central de la Cruz Roja Mexicana. Especialista en Medicina Crítica.

† Hospital General de San Juan del Río, Querétaro. Especialista en Urgencias Médico Quirúrgicas y Medicina Crítica.

§ Hospital CEMAIN, Tampico, Tamaulipas. Especialista en Urgencias Médico Quirúrgicas y Medicina Crítica.

|| Instituto Nacional de Cancerología. Residente de primer año de Medicina Crítica.

¶ Unidad de Cuidados Intensivos. Unidad Médica de Alta Especialidad T1, León, Guanajuato.

el cual data de 1998; sin embargo, en la revisión de este mismo autor, la cual fue publicada posteriormente en el 2015, la PD adquiere una validez demostrada no sólo como un parámetro de seguridad en pacientes ventilados mecánicamente, sino que además fue el mejor predictor de mortalidad, si se compara con la presión plateau (Pplat) y la distensibilidad (CRS). También se determinó que el aumento en la mortalidad fue significativamente mayor al superar el umbral de 15 cmH₂O, por lo que se sugiere mantener los valores de PD menores.^{1,2}

Como se mencionó, la mayoría de los ensayos clínicos que se han realizado sobre PD tiene como objetivo primario su asociación con la mortalidad en pacientes con SDRA; en algunos de ellos se evalúa como objetivo secundario los días libres de ventilación mecánica entre los grupos de estudio, por lo que proponemos determinar una asociación entre mantener los valores de PD < 15 cmH₂O y el incremento de los días libres de ventilación mecánica, con base en los análisis de las variables respiratorias reportadas. El objetivo de esta revisión es determinar una asociación entre mantener los valores de *driving pressure* propuestos por Amato y los días libres de ventilación mecánica.

MATERIAL Y MÉTODOS

Se realizó una revisión sistematizada a través de las bases electrónicas de PubMed, OvidSP, Science Direct y Medigraphic. En la búsqueda avanzada se emplearon los términos «*driving pressure*», «*free days of mechanical ventilation*», «*driving pressure and mortality*», «*driving pressure and VILI*» que estuvieran incluidos en el título, en el resumen o en las palabras clave, hasta junio de 2018. Los artículos se clasificaron de acuerdo con la relevancia de los autores; posteriormente se hizo una revisión minuciosa de la *driving pressure* que estuvo asociada con los días libres de ventilación y se incluyeron las variables respiratorias reportadas en los suplementos.

Generalidades

La presión de distensibilidad (*driving pressure*) es la relación del volumen corriente y la distensibilidad del sistema respiratorio y es una herramienta disponible para estimar la tensión dinámica del pulmón. Matemáticamente se ha descrito como la diferencia entre la presión de la vía aérea al final de la inspiración y la presión positiva al final de la expiración (*Figura 1*).³⁻⁵

$$\text{PD} = \text{presión meseta} - \text{PEEP}$$

La PD ha recibido considerable atención al ser la variable con mejor correlación con la supervivencia en los pacientes que padecen SDRA, pues representa la

ecuación física y fisiológica del movimiento que rige el desplazamiento de gases durante la ventilación controlada.⁶ De acuerdo con este sustento, ésta se considera como un límite de seguridad más que un objetivo, al interpretar el Vt corregido para la distensibilidad estática pulmonar y al disminuir la tensión mecánica suscitada durante la ventilación. A su vez el cumplimiento de la distensibilidad estática del sistema respiratorio es el coiciente entre Vt y la PD.⁷

$$\text{CRS} = \text{Vt} / \text{Ppl} - \text{PEEP} = \text{Vt} / \text{PD}; \text{PD} = \text{Vt} / \text{CRS}$$

CRS: Distensibilidad del sistema respiratorio, Vt: Volumen corriente, Ppl: Presión pleural, PEEP: Presión positiva espiratoria final.

Durante la ventilación espontánea, las mediciones de la PD subestiman la distensibilidad real del sistema respiratorio, induciendo a un error en su medición.⁸ En pacientes con SDR, en los que se aplicaron estrategias ventilatorias de acuerdo con lo propuesto por la ARDSnet, el uso de Vt bajos provocó una disminución de la PD y de la presión transpulmonar, argumentando que la limitación del Vt disminuye todos los mecanismos físicos implicados en la génesis de VILI.⁹

Las fuerzas mecánicas, la anatomía patológica del pulmón y las características no ventilatorias contribuyen a cambios en el parénquima pulmonar (*stress, strain, stretch y shear*). Esta fuerza aplicada se presenta por cada ciclo respiratorio, pudiendo desarrollar lesión a nivel alveolar, lo que a nivel histopatológico se evidencia como una ruptura de las paredes alveolares, desencadenando la liberación de mediadores inflamatorios que provocan lesión en los órganos a distancia. A nivel celular se presenta una transducción de señales en una secuencia química a partir de la

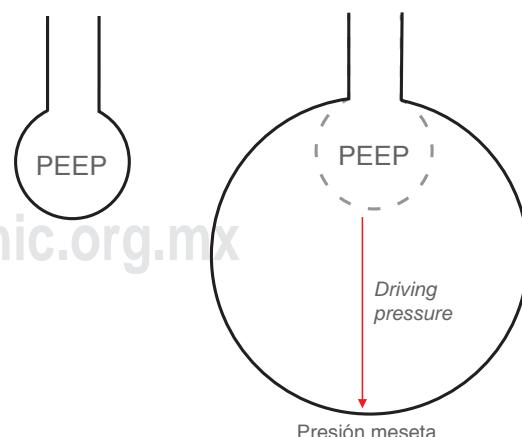


Figura 1: Presión de distensibilidad de la vía aérea (*driving pressure*) = presión meseta-PEEP.

Tomado de: Pérez-Nieto OR, et al. Presión de distensión (*driving pressure*): principal objetivo para la protección alveolar. Neumol Cir Tórax. 2018;77(3):222-227.

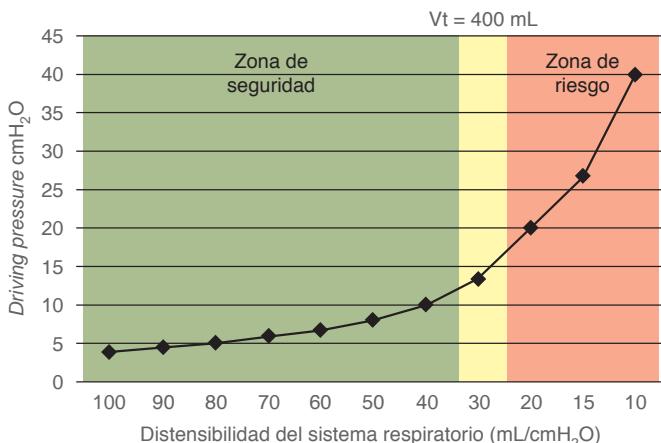


Figura 2: Curva que muestra la relación entre la presión de distensión y la distensibilidad del sistema respiratorio. Gráfico de mecánica respiratoria con un volumen corriente supuesto de 400 mL donde se observa una relación teórica inversamente proporcional entre la distensibilidad del sistema respiratorio y la presión de distensión.

Tomado de: Pérez-Nieto OR, et al. Presión de distensión (*driving pressure*): principal objetivo para la protección alveolar. *Neumol Cir Tórax*. 2018;77(3):222-227.

distorsión de la membrana alveolocapilar y la matriz extracelular; este fenómeno se define como mecano-transducción.^{10,11}

La mayoría de reportes de PD han sido realizados en pacientes con SDRA. Específicamente en el grupo de pacientes con sepsis, se encontró que una PD menor de 14 cmH₂O se asocia con una menor mortalidad, debido a los factores potencialmente modificables, incluyendo el poder mecánico, el cual incluye a la PD.^{12,13}

Los primeros estudios de protección alveolar identificaron las variables de la ventilación mecánica de manera aislada (volumen tidal, PEEP), sin asociar que las modificaciones de estas variables generan un impacto directo sobre la distensibilidad pulmonar, ya que al aumentar el volumen tidal o PEEP podría aumentar la presión de meseta de forma significativa, dependiendo directamente de la distensibilidad pulmonar, como se propone la curva de relación entre la presión de distensión y la distensibilidad del sistema respiratorio, la cual fue propuesta en la revisión de Orlando Pérez-Nieto y colaboradores (*Figura 2*).¹⁴

Con base en estos conceptos de adecuación de las variables ventilatorias (como el volumen tidal y PEEP) en la distensibilidad pulmonar, se ha sugerido un algoritmo de protección alveolar mediante la corrección de estas variables para lograr objetivos de presión de conducción; éstas están asociadas con la reducción de la mortalidad en pacientes con SDRA (*Figura 3*).

DISCUSIÓN

Las estrategias de la ventilación mecánica protectora tienen la finalidad de reducir la tensión mecánica en

el pulmón, la cual se cree que es responsable de la aparición de la lesión pulmonar asociada con la ventilación mecánica. Se ha propuesto que los niveles bajos de presión meseta, el volumen tidal (4 a 8 mL/kg de peso predicho) y PEEP altos son parte fundamental de la protección pulmonar como se demostró en los estudios ARMA y ALVEOLI de la ARDSnet. El análisis de estos estudios con mayor o menor volumen tidal y PEEP sugiere que la PD –más que el volumen tidal– es mejor predictor de VILI y mortalidad (*Tablas 1 y 2*).¹⁵

Diversos estudios apoyan a la *driving pressure* como predictor de mortalidad. En 1998 Amato y colaboradores tomaron al azar a 53 pacientes con SDRA y establecieron dos grupos, uno con ventilación mecánica convencional y otro con ventilación protectora. En el grupo de ventilación convencional se mantenía una PEEP de 6.2-9.3 mmH₂O, una presión meseta entre 29.5-37.8 mmH₂O, un volumen tidal de 12 mL/kg de peso corporal y niveles normales de CO₂ (35 a 38 mmHg). El grupo de ventilación protectora tuvo una PEEP por encima del punto de inflexión más bajo en la curva estática de presión-volumen, un volumen corriente inferior a 6 mL/kg, *driving pressure* menor a 20 cmH₂O y preferentemente un uso de modo ventilatorio limitado por la presión. El objetivo primario fue evaluar la mortalidad a los 28 días; se encontró una mortalidad de 38% en el grupo de ventilación protectora en comparación con una mortalidad de 71% en el grupo de ventilación convencional (*p* < 0.001). Como objetivo secundario se obtuvo una tasa

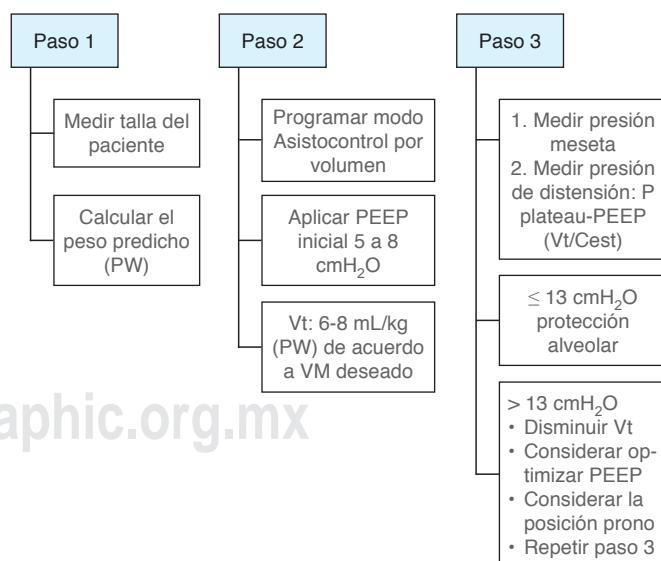


Figura 3: Abordaje del manejo ventilatorio en el paciente con síndrome de distrés respiratorio agudo.

PW = peso predicho; PEEP = presión al final de la inspiración; VM = volumen minuto; Vt = volumen tidal; DP = presión de conducción.

Tomado de: Pérez-Nieto OR, et al. Presión de distensión (*driving pressure*): principal objetivo para la protección alveolar. *Neumol Cir Tórax*. 2018;77(3):222-227.

Tabla 1: Características de los estudios incluidos en la revisión sistemática. Resultados expresados en media \pm desviación estándar o razón de momios y su intervalo de confianza de 95%.

Autor	Año y revista	Tipo de estudio	Número de pacientes	Objetivo	Comparación	Resultado
Boisser ²⁵	2013 <i>Intensive Care Medicine</i>	Cohortes	226	En pacientes con SIRA y <i>cor pulmonale</i> se buscó el factor de riesgo PD altas bajos	<i>Cor pulmonale agudo/ sin cor pulmonale</i>	$17 \pm 5, 15 \pm 5,$ $p < 0.01$
Mekontso ²⁶	2015 <i>Intensive Care Medicine</i>	Cohortes	718	En pacientes con SIRA y <i>cor pulmonale</i> se buscó factor de riesgo, PD altos PD bajo	<i>Cor pulmonale agudo/ sin cor pulmonale</i>	$17 \pm 5, 15 \pm 5,$ $p < 0.01$
Brunet ²⁷	2017 <i>Respiratory Care</i>	Cohortes	41	Escalas de mortalidad en SIRA refractario	Mortalidad a 90 días PD bajo/PD alto	$14.5 \pm 2.7, 21.1 \pm 5.7,$ $p = 0.001$
Serpa ¹⁹	2016 <i>Lancet</i>	Metaanálisis	2,250	Asociación PD y complicaciones postoperatorias	PD altos se asocia con barotrauma, daño pulmonar e infecciones pulmonares	OR 1.16 (1.13-1.19), $p < 0.0001$
Fuller ²⁸	2018 <i>Shock</i>	Cohortes	1,705	Mortalidad en paciente VMI sin SIRA	Mortalidad 28 días, PD bajo/PD alto	$14.9 \pm 4.4, 15.9 \pm 5.4,$ $p = 0.005$

p = probabilidad de error alfa; SIRA= síndrome de insuficiencia respiratoria aguda; PD = presión de distensión; VMI = ventilación mecánica invasiva.

de destete de la ventilación mecánica de 66% en el grupo de ventilación protectora y de 29% en el grupo de ventilación convencional ($p = 0.005$).¹⁶

Así también lo demuestra el ensayo clínico aleatorizado multicéntrico ARMA, el cual fue realizado en 10 centros hospitalarios de la ARDSnet y en el que se incluyeron 821 pacientes. Se compararon las estrategias ventilatorias con el volumen tidal tradicional (12 mL/kg) con la terapia de volumen tidal bajo (6 mL/kg) de acuerdo con el peso corporal predicho en pacientes ventilados mecánicamente con ALI/SDRA durante 28 días. El uso de un Vt menor disminuyó la *driving pressure* de la vía aérea (11.6 ± 2.2 versus 22.7 ± 5.4 , $p < 0.01$) y la presión transpulmonar (8.1 ± 2.2 versus 16.8 ± 6.0 , $p < 0.01$). Basta decir que la limitación de Vt disminuyó los mecanismos físicos implicados en la génesis de VILI, documentando menor mortalidad en el grupo tratado con volúmenes tidales bajos comparado con el grupo tratado con volúmenes tidales tradicionales (31.0 versus 39.8%, $p = 0.007$). También, durante los primeros 28 días hubo un mayor número de días sin el uso del ventilador en el grupo de volúmenes tidales bajos (media [12 ± 11 frente a 10 ± 11]; $p = 0.007$) donde el grupo control mantuvo una *driving pressure* menor de 19.¹⁷

El grupo ART realizó un estudio controlado, aleatorizado y multicéntrico de 1010 pacientes, cuyo objetivo primario fue evaluar la mortalidad a los 28 días de los pacientes con SDRA moderado a severo. Tuvieron como objetivos secundarios los días de estancia en UTI, los días de estancia hospitalaria y los días libres de ventilación. Para ello, emplearon una estrategia experimental con una maniobra de reclutamiento pulmonar y titulación de PEEP, según la mejor distensibilidad pulmonar, o bien, una estrategia de control con PEEP bajo. Los resultados demostraron que la estrategia del grupo experimental aumentó la mortalidad a los seis meses, sin embargo, disminuyó el número de días sin ventila-

ción mecánica (5.3 versus 6.4), con una diferencia de -1.1 (IC: 95%, -2.1 a -0.1; $p = 0.03$). En el análisis de las variables respiratorias durante los primeros siete días de la intervención, se reportan valores más bajos de *driving pressure* a la hora, y al día 1, 3 y 7 (en el grupo experimental 11.5, 11.7, 12.1 y 12.5 versus 13, 13.5, 13.5 y 13.6 del grupo control). Por esta razón se infiere con el análisis de los resultados del grupo ART que mantener una *driving pressure* más baja está asociado con la disminución de los días de ventilación mecánica en pacientes con SDRA.¹⁸

Un metaanálisis de pacientes sin SDRA de Ary Serpa Neto y colaboradores analizó los datos de los pacientes de 17 estudios controlados y aleatorizados de ventilación protectora durante la anestesia general para cirugía; en éste se incluyeron a 2,250 pacientes y su objetivo principal fue el desarrollo de complicaciones pulmonares postoperatorias (lesión pulmonar postoperatoria, infección pulmonar o barotrauma). Se obtuvo en el análisis multivariado que los niveles más elevados de *driving pressure* se asocian con el desarrollo de complicaciones pulmonares postoperatorias (*odds ratio [OR]* para un aumento unitario de la *driving pressure* 1.16, IC 95% 1.13-1.19; $p < 0.0001$). En el análisis, la *driving pressure* fue el único mediador significativo de los efectos de la ventilación protectora sobre el desarrollo de complicaciones pulmonares ($p = 0.027$). Estos resultados de pacientes sin la presencia de SDRA demuestran que mantener niveles más bajos de *driving pressure* (10.3) se asocia con mejores resultados pulmonares en la etapa postquirúrgica, lo que podría disminuir el tiempo de la ventilación mecánica para este tipo de pacientes.¹⁹

En el metaanálisis realizado por Amato y colaboradores, se utilizó una herramienta estadística de análisis de mediación multinivel para estudiar los datos individuales de 3,562 pacientes con SDRA inscritos en nueve ensayos aleatorizados informados previamente. Se examinó

a la *driving pressure* como una variable independiente asociada con la supervivencia, obteniendo que un incremento en la *driving pressure* de 1 desviación estándar ($7 \text{ cmH}_2\text{O}$) se asocia con un aumento de la mortalidad (riesgo relativo 1.41; [IC] de 95%, 1.31 a 1.51; $p < 0.001$). Los cambios individuales en el volumen tidal o PEEP no se asociaron independientemente con la supervivencia; sólo se asoció el volumen si las modificaciones en estos parámetros llevaban a reducciones en la *driving pressure*. Así se concluyó que ésta fue la variable de ventilación que mejor estratificó el riesgo.²⁰

El ensayo EXPRESS tuvo como finalidad comparar el resultado de dos estrategias: la primera para establecer PEEP dirigida a aumentar el reclutamiento alveolar y limitar la hiperinflación, y la segunda encaminada a minimizar la distensión alveolar en pacientes con lesión pulmonar aguda (estrategia de máximo reclutamiento frente a estrategia de mínima distensión), teniendo como objetivo primario conocer la mortalidad a los 28 días y como objetivo secundario conocer los días libres de ventilación. Llama la atención que la estrategia de máximo reclutamiento no redujo significativamente la mortalidad, sin embargo, mejoró la función pulmonar y redujo la duración de la ventilación mecánica, en comparación con el grupo de mínima distensión, al tener significativamente más días libres de ventilación (mediana, 7 [IQR, 0-19] versus 3 [IQR, 0-17]; $p = 0.04$). Al revisar las variables respiratorias utilizadas durante los primeros siete días de tratamiento (presión plateau y PEEP) y al calcular la PD podemos observar que en el grupo de máximo reclutamiento se obtuvo una PD media de 12 frente a 12.9 obtenida en el grupo de mínima distensión, lo que sugiere que mantener una PD por debajo de 15 puede disminuir los días de ventilación mecánica.²¹

El análisis del estudio LOV tuvo como objetivo primario evaluar la mortalidad y como uno de los objetivos secundarios analizar los días libres de ventilación mecánica, comparando una estrategia de ventilación con volumen tidal bajo frente a una estrategia experimental que combina el volumen tidal bajo, maniobras de reclutamiento alveolar y PEEP alta (a pulmón abierto). Ellos concluyeron que no existen diferencias respecto a la mortalidad y los días libres de ventilación mecánica en-

tre ambos grupos. En este ensayo no se calculó ni se reportaron los valores de PD, por lo que tomamos las medias de presión plateau (30.2 versus $24.4 \text{ cmH}_2\text{O}$) y PEEP (15.6 versus $10.1 \text{ cmH}_2\text{O}$) entre ambos grupos; al hacer una inferencia con los valores señalados logramos el cálculo de la PD, obteniendo una media de $14.6 \text{ cmH}_2\text{O}$ para el grupo control y $14.3 \text{ cmH}_2\text{O}$ para el experimental. Con estos valores no logramos asociar la PD y los días libres de ventilación, aunque destacamos que en ambos grupos se mantuvo en valores menores de $15 \text{ cmH}_2\text{O}$.²²

Claude Guerin y colaboradores, del grupo PROSEVA (*Proning Severe ARDS Patients*) realizaron un ensayo clínico aleatorizado, multicéntrico y prospectivo en el que asignaron a 466 pacientes con SDRA severo a sometimiento de sesiones de posicionamiento prono durante por lo menos 16 horas en el grupo experimental o a mantenerlos en decúbito supino en el grupo control. Definieron SDRA severo como una relación de presión parcial de oxígeno y fracción inspirada de oxígeno (FiO_2) menor a 150 mmHg . Ambos grupos fueron ventilados mecánicamente en modalidad controlada por volumen con flujo inspiratorio constante, con un volumen objetivo de 6 mL/kg de peso predicho y el nivel de PEEP seleccionado de una tabla PEEP/ FiO_2 . Se debería mantener con estos parámetros y una presión plateau no mayor a $30 \text{ cmH}_2\text{O}$ y pH arterial de 7.20 a 7.45. El objetivo primario fue evaluar la mortalidad a los 28 días posteriores a la inclusión y como uno de los objetivos secundarios analizar los días libres de ventilación. Los resultados fueron concluyentes en cuanto a la disminución de la mortalidad al día 28 (16 versus 32.8%, OR 0.42, IC 95% 0.26-0.66, $p < 0.001$) y de los días libres de ventilación a los 28 días (10 ± 10 versus 14 ± 9 , $p < 0.001$) y 90 días (43 ± 38 versus 57 ± 34 , $p < 0.001$) para el grupo experimental.

Se reportó en la medición de las variables respiratorias de la primera semana de la inclusión que el PEEP y FiO_2 fueron significativamente más bajos en el grupo del posicionamiento prono así como una presión meseta 2 cmH_2O más baja al día tres para este grupo. Por ello, en el análisis de las variables respiratorias mostradas en el suplemento original y, al inferir la *driving pressure*

Tabla 2: Características de los estudios incluidos en el metaanálisis. Resultados expresados en razón de momios (OR) y su intervalo de confianza de 95%.

Autor	Año y revista	Tipo de estudio	Número de pacientes	Comparación	Objetivo	Resultado
Guérin y cols. ²³	2016 <i>Critical Care</i>	Cohortes	787	PD alto ($> 13 \text{ cmH}_2\text{O}$) versus PD bajo ($< 13 \text{ cmH}_2\text{O}$)	Sobrevida a 90 días	OR 0.64 (0.48-0.87) a favor de PD bajo
Chiu y cols. ²⁹	2017 <i>Critical Care</i>	Cohortes	158	PD alto ($> 14 \text{ cmH}_2\text{O}$) versus PD bajo ($< 14 \text{ cmH}_2\text{O}$)	Mortalidad a 28 días	OR 0.29 (0.15-0.58) a favor de PD bajo
Laffey cols. ³⁰	2017 <i>Critical Care</i>	Cohortes	729	PD alto ($> 21 \text{ cmH}_2\text{O}$) frente a PD bajo ($< 21 \text{ cmH}_2\text{O}$)	Mortalidad a 90 días	OR 0.60 (0.44-0.81) a favor de PD bajo

PD = presión de distensión.

obtenidas con base al cálculo de los valores promedio de presión meseta y PEEP reportados a los días tres, cinco y siete posteriores a la inclusión, se obtuvieron los valores de 14.7, 15.1 y 15.5 para el grupo supino versus 13.4, 13.9 y 13.9 en el grupo de posicionamiento prono. En conclusión, podemos asociar que el mantener la *driving pressure* más baja en el grupo de posicionamiento prono coincide con el resultado secundario de disminuir los días libres de ventilación en pacientes con SDRA y que reciben posicionamiento prono.²³

Karina Rosas y colaboradores realizaron un estudio prospectivo, observacional, transversal y analítico en 40 pacientes que ingresaron a la Unidad de Terapia Intensiva. Su objetivo primario fue determinar la asociación entre el poder mecánico (PM) y los días libres de ventilación mecánica invasiva. Recabaron los antecedentes de los pacientes y los datos demográficos del expediente clínico; los datos clínicos se obtuvieron de los registros de enfermería y la información de las gasometrías arteriales y la programación de la ventilación mecánica se tomaron a intervalos de cuatro horas durante las primeras 24 horas de estancia del paciente. Posteriormente, se calculó el promedio de las mediciones. Para el cálculo de las variables ventilatorias fueron utilizadas las siguientes fórmulas: PD = presión meseta-PEEP, Cest = volumen tidal/PD; el cálculo del PM se llevó a cabo con la fórmula simplificada propuesta por Gattinoni y su equipo, en el que $PM = 0.098 * (\text{frecuencia respiratoria}) * (\text{volumen tidal}) * [\text{presión pico} - (\text{PD}/2)]$. Ellos concluyeron que existe una relación inversa con la magnitud intermedia entre la PM y los días libres de ventilación mecánica invasiva (OR 2.07, IC 95% 1.10-4.09, $p = 0.010$) y que hay una adecuada capacidad predictiva para los días libres de ventilación mecánica invasiva, con un punto de corte en 13 J/min (sensibilidad 80% y especificidad 65%, área dentro de la curva 0.75%). En el estudio de las características generales de la población que fueron reportadas por esta publicación observamos que la media de PD para la población total fue de 12 ± 1.4 ; se encontró que en los valores de PD reportados para los grupos estudiados no hubo una diferencia significativamente estadística entre ellos (12 ± 1.3 en el grupo de más días libres de ventilación mecánica versus 12 ± 1.4 en el de menos días, $p = 0.280$); con estos resultados podemos asociar que valores PD < 15 están relacionados con más días libres de ventilación mecánica invasiva, así como una tendencia a ser menor en este grupo.²⁴

CONCLUSIÓN

La presión de distensibilidad (*driving pressure*) es un parámetro sugerido como límite de seguridad en pacientes con SDRA y ventilación mecánica; actualmente

existe una clara asociación: mantener valores por debajo de 13-15 cmH₂O disminuye la mortalidad de manera significativa.

No encontramos hasta este momento un ensayo clínico que, de forma concluyente, determine si mantener la PD en los valores señalados aumente los días libres de ventilación mecánica. Sin embargo, los ensayos clínicos más representativos de pacientes con SDRA y su asociación con la mortalidad han permitido analizar la medición de variables respiratorias, demostrando que existe una tendencia hacia el mantener la PD en los rangos recomendados que pudiera aumentar los días libres de ventilación.

BIBLIOGRAFÍA

1. Tonetti T, Vasques F, Rapetti F, Maiolo G, Collino F, Romitti F, et al. Driving pressure and mechanical power: new targets for VILI prevention. *Ann Transl Med.* 2017;5(14):286.
2. Thompson B, Chambers R, Liu K. Acute respiratory distress syndrome. *N Engl J Med.* 2017;377:562-572.
3. Chiumento D, Carlesso E, Brioni M, Cressoni M. Airway driving pressure and lung stress in ARDS patients. *Crit Care.* 2016;20:276.
4. Kacmarek RM, Villar J, Sulemanji D, Montiel R, Ferrando C, Blanco J, et al. Open lung approach for the acute respiratory distress syndrome: a pilot, randomized controlled trial. *Crit Care Med.* 2016;44:32-42.
5. Terragni PP, Rosboch G, Tealdi A, Corno E, Menaldo E, Davini O, et al. Tidal hyperinflation during low tidal volume ventilation in acute respiratory distress syndrome. *Am J Respir Crit Care Med.* 2007;175:160-166.
6. Sreedhara JK, Algahtani JS. Driving pressure: clinical applications and implications in the intensive care units. *Indian J Respir Care.* 2018;7:62-66.
7. Domenico LG, Lu CH, Martin, Laurent B. Should we use driving pressure to set tidal volume? *Curr Opin Crit Care.* 2017;23(1):38-44.
8. Bugedo G, Retamal J, Bruhn A, Driving pressure: a marker of severity, a safety limit, or a goal for mechanical ventilation? *Crit Care.* 2017;21(1):199.
9. Yoshida T, Fujino Y, Amato MB, Kavanagh BP. Spontaneous breathing during mechanical ventilation. risks, mechanisms, and management. *Am J Respir Crit Care Med.* 2017;195(8):985-992.
10. Bruhn A, Bugedo G, Riquelme F, Varas J, Retamal J, Besa C, et al. Tidal volume is a major determinant of cyclic recruitment in acute respiratory distress syndrome. *Minerva Anestesiol.* 2011;77(4):48-26.
11. Goligher EC, Ferguson ND, Brochard LJ. Clinical challenges in mechanical ventilation. *Lancet.* 2016;387:1856-1866.
12. Marini JJ, Jaber S. Dynamic predictors of VILI risk: beyond the driving pressure. *Intensive Care Med.* 2016;42(10):1597-600.
13. Simonis FD, Barbas CS, Artigas-Raventós A, Canet J, Determann RM, Anstey J, et al. Potentially modifiable respiratory variables contributing to outcome in ICU patients with ARDS: a secondary analysis of PROVENT. *Ann Intensive Care.* 2018;8(1):39.
14. Pérez-Nieto OR, Deloya-Tomás E, Lomelí-Terán J, Pozos-Cortés K, Monares-Zepeda E, Poblano-Morales M. Presión de distensión (*driving pressure*): principal objetivo para la protección alveolar. *Neumol Cir Tor.* 2018;77(3):222-227.
15. Carrasco R, Villamizar G, Medel N. Ventilator-induced lung injury (VILI) in acute respiratory distress syndrome (ARDS): volutrauma and molecular effects. *Open Respir Med J.* 2015;9:112-119.
16. Passos AM, Valente BC, Machado MD, Borges MR, Pinto SG, Lorenzi-Filho G, et al. Effect of a protective-ventilation strategy on mortality in the acute respiratory distress syndrome. *N Engl J Med.* 1998;338(6):347-354.

17. Acute Respiratory Distress Syndrome Network, Brower RG, Matthay MA, et al. Ventilation with lower tidal volumes as compared with traditional tidal volumes for acute lung injury and the acute respiratory distress syndrome. Ventilation with lower tidal volumes as compared with traditional tidal volumes for acute lung injury and the acute respiratory distress syndrome. *N Engl J Med.* 2000;342(18):1301-1308.
18. Cavalcanti AB, Suzumura EA, Laranjeira LN, Damiani LP, Guimarães LP, Romano ER, et al. Effect of lung recruitment and titrated positive end-expiratory pressure (peep) vs low peep on mortality in patients with acute respiratory distress syndrome: a randomized clinical trial. *JAMA.* 2017;318(14):1335-1345.
19. Serpa NA, Hemmes SN, Barbas CS, Beiderlinden M, Fernandez-Bustamante A, Futier E, et al. Association between driving pressure and development of postoperative pulmonary complications in patients undergoing mechanical ventilation for general anaesthesia: a meta-analysis of individual patient data. *Lancet Respir Med.* 2016;4(4):272-280.
20. Amato MB, Meade MO, Slutsky AS, Brochard L, Costa EL, Schoenfeld DA, et al. Driving pressure and survival in the acute respiratory distress syndrome. *N Engl J Med.* 2015;372(8):747-755.
21. Meade MO, Cook DJ, Guyatt GH, Slutsky AS, Arabi YM, Cooper DJ, et al. Ventilation strategy using low tidal volumes, recruitment maneuvers, and high positive end expiratory pressure for acute lung injury and acute respiratory distress syndrome: a randomized controlled trial. *JAMA.* 2008;299(6):637-645.
22. Mercat A, Richard JC, Vieille B, Jaber S, Osman D, Diehl JL, et al. Positive end-expiratory pressure setting in adults with acute lung injury and acute respiratory distress syndrome: a randomized controlled trial. *JAMA.* 2008;299(6):646-655.
23. Guérin C, Reignier J, Richard JC, Beuret P, Gacouin A, Boulain T, et al. Prone positioning in severe acute respiratory distress syndrome. *N Engl J Med.* 2013;368:2159-2168.
24. Rosas K, Gutiérrez D, Cerón U. Asociación y valor predictivo del poder mecánico con los días libres de ventilación mecánica. *Med Crit.* 2017;31(6):320-325.
25. Boissier F, Katsahian S, Razazi K, Thille AW, Roche-Campo F, Leon R. Prevalence and prognosis of *Cor pulmonale* during protective ventilation for acute respiratory distress syndrome. *Intensive Care Med.* 2013;39:1725-1733.
26. Mekontso DA, Boissier F, Charron C, Bégot E, Repessé X, Legras A, et al. Acute Cor Pulmonale during protective ventilation for acute respiratory distress syndrome: prevalence, predictors and clinical impact. *Intensive Care Med.* 2016;42:862-870.
27. Brunet J, Valette X, Buklas D, Lehoux P, Verrier P, Sauneuf B, et al. Predicting survival after extra corporeal membrane oxygenation for ARDS: an external validation of RESP and PRESERVE Scores. *Respir Care.* 2017;62:912-919.
28. Fuller BM, Page D, Stephens RJ, Roberts BW, Drewry AM, Ablordeppey E, et al. Pulmonary mechanics and mortality in mechanically ventilated patients without acute respiratory distress syndrome: a cohort study. *Shock.* 2018;49:311-316.
29. Chiu LC, Hu HC, Hung CY, Chang CH, Tsai FC, Yang CT, et al. Dynamic driving pressure associated mortality in acute respiratory distress syndrome with extracorporeal membrane oxygenation. *Ann Intensive Care.* 2017;7:12.
30. Laffey JG, Bellani G, Pham T, Fan E, Madotto F, Bajwa EK, et al. Potentially modifiable factors contributing to outcome from acute respiratory distress syndrome: the lung safe study. *Critical Care Intensive Care Med.* 2016;42:1865-1876.

Correspondencia:

Manuel Alberto Guerrero Gutiérrez

E-mail: manuelguerreromd@gmail.com