

Presión de distensión alveolar: su asociación a la mortalidad y protección pulmonar en pacientes ventilados

Alveolar distension pressure: association to mortality and pulmonary protection in ventilated patients

Arian Jesús Cuba Naranjo¹ <https://orcid.org/0000-0001-5913-313X>

Ariel Sosa Remón^{2*} <http://orcid.org/0000-0002-5128-4600>

Ildris Nuñez Verdecia¹ <https://orcid.org/0000-0002-7020-2893>

¹Hospital Universitario de Maracaibo, Venezuela.

²Instituto Nacional de Oncología y Radiobiología. La Habana, Cuba.

* Autor para la correspondencia: asosa@infomed.sld.cu

RESUMEN

Introducción: La ventilación mecánica artificial es una medida terapéutica de soporte vital aplicada en contextos clínicos como el síndrome de distrés respiratorio agudo. Por eso es necesario establecer parámetros de seguridad. La presión de distensión alveolar es una variable de interés en la protección pulmonar. Se usa para optimizar el volumen tidal de acuerdo con el tamaño del pulmón disponible durante el intercambio gaseoso. Refleja el grado de estiramiento pulmonar en cada ciclo respiratorio.

Objetivo: Actualizar contenidos referentes a la presión de distensión alveolar en pacientes ventilados con distrés respiratorio agudo.

Método: Se realizó una pesquisa en Google Scholar, Pubmed/Medline, SciELO regional entre otros, bajo los términos: ventilación de protección pulmonar/variables, presión de distensión alveolar durante la ventilación/medición, relación de la presión de distensión alveolar y mortalidad en SDRA/resultados. Se seleccionaron 65 referencias que cumplieron los criterios de inclusión.

Resultados: La evidencia actual asocia el hecho de mantener una excesiva presión de distensión alveolar, a la mortalidad en pacientes ventilados con síndrome de distrés respiratorio. Permite identificar el riesgo de daño inducido por la ventilación y complicaciones pulmonares en otros escenarios clínicos. Se logra así mejoría en los objetivos y metas en la ventilación mecánica artificial.

Conclusiones: La presión de distensión alveolar está asociada con cambios en la supervivencia y ha demostrado ser el mediador clave en los efectos de la ventilación mecánica sobre los resultados del síndrome de distrés respiratorio agudo.

Palabras clave: ventilación mecánica; síndrome agudo de dificultad respiratoria del adulto; COVID-19; mortalidad.

ABSTRACT

Introduction: Artificial mechanical ventilation is a life support therapeutic measure applied in clinical scenarios such as acute respiratory distress syndrome (ARDS). Therefore, to establish safety parameters is necessary. Alveolar distending pressure is a variable of interest in lung protection. It is used to optimize tidal volume according to the size of the lung available during gas exchange. It reflects the degree of lung stretch in each respiratory cycle.

Objective: To update contents concerning alveolar distending pressure in ventilated patients with acute respiratory distress.

Methods: A search was carried out in Google Scholar, Pubmed/Medline, regional SciELO, among others, under the terms *ventilación de protección pulmonar/variables* [lung-protective ventilation/variables], *presión de distensión alveolar durante la ventilación/medición* [alveolar distending pressure during ventilation/measurement], *relación de la presión de distensión alveolar* [relationship between alveolar distending pressure] and *mortalidad en SDRA/resultados* [ARDS mortality/results]. Sixty-five references that met the inclusion criteria were selected.

Results: Current evidence associates the maintenance of excessive alveolar distending pressure with mortality in ventilated patients with respiratory distress syndrome. It allows to identify the risk of ventilator-induced damage and pulmonary complications in other clinical scenarios. It thus achieves improved goals and objectives in artificial mechanical ventilation.

Conclusions: Alveolar distending pressure is associated with changes in survival and has been shown to be the key mediator in the effects of mechanical ventilation on acute respiratory distress syndrome outcomes.

Keywords: mechanical ventilation; adult acute respiratory distress syndrome; COVID-19; mortality.

Recibido: 14/12/2021

Aprobado: 16/01/2022

Introducción

La infección por el virus SARS-CoV-2 se caracteriza por poseer un amplio espectro de síntomas clínicos y enfermedad leve del tracto respiratorio superior. Algunos pacientes en su presentación clínica más grave desarrollan síndrome de dificultad respiratoria aguda (SDRA), representa el estado más crítico de la enfermedad, requiere el ingreso en la Unidad de Cuidados Intensivos (UCI) y el aporte de ventilación mecánica artificial (VMA) de preferencia invasiva.^(1,2)

Un informe reciente de colaboración entre China y la Organización Mundial de la Salud (OMS), reportó que de 555 mil 924 casos confirmados de COVID-19 en ese país, el 6,1 % presentó una condición muy crítica y el 13,8 % mostró manifestaciones clínicas tales como disnea, frecuencia respiratoria >30 respiraciones por minuto, aumento de infiltrados pulmonares >50 % en las primeras 48 h del inicio de los síntomas y bajos niveles en la

relación presión parcial de oxígeno (PaO_2) y fracción inspiratoria de O_2 (FiO_2) [$\text{PaO}_2/\text{FiO}_2$]. Lo que generó traslado y tratamiento en la UCI.⁽³⁾

La mortalidad de los pacientes con COVID-19 se ha concentrado fundamentalmente en los ingresados en estas unidades y muy especialmente en aquellos que requirieron ventilación mecánica por SDRA. Ferrando y otros⁽⁴⁾ señalaron que la mortalidad a los 28 días es del 32 % en una serie de 742 pacientes de 36 hospitales. Xie y otros⁽⁵⁾ encontraron una mortalidad a los 28 días del 53,8 % en una muestra de 733 pacientes/UCI de 19 hospitales.

Al igual que otros países, México comenzó a experimentar una tercera ola de hospitalizaciones por la enfermedad del COVID-19, por lo que ocupa el cuarto lugar a nivel mundial en número de muertes por la pandemia, después de Estados Unidos, Brasil e India. Desde finales de mayo hasta el 20 de agosto de 2021, durante la fase de crecimiento exponencial, en el análisis un total 65 952 pacientes el 8,5 % requirieron VMA ($p < 0,001$). La mortalidad hospitalaria de los pacientes con enfermedad por coronavirus 2019 que requirieron ventilación mecánica invasiva se mantuvo por encima del 82 %.^(6,7)

La IRA se define como la incapacidad del aparato respiratorio para mantener un adecuado intercambio gaseoso, necesario para satisfacer las necesidades metabólicas del organismo. Como forma de presentación de tal gravedad, se encuentra el SDRA, un daño pulmonar inflamatorio agudo y difuso, que conlleva al aumento de la permeabilidad vascular, del peso pulmonar, pérdida del tejido aireado, aumento del espacio muerto fisiológico y disminución de la distensibilidad pulmonar (DstP).⁽⁸⁾

Actualmente la VMA es la piedra angular para el tratamiento del SDRA. Sus inicios se remontan al concepto de respiración artificial descrito en el siglo XVI de mano de Andreas Vesalius. Sin embargo, es en el siglo XX cuando se promueve a utilizar como medida terapéutica. Sus ajustes son destinados a intentar restaurar parcialmente la pérdida en el volumen pulmonar aireado y revertir el deterioro en la oxigenación. Representa un método terapéutico que permite modificar las presiones intrapulmonares.^(9,10,11,12)

El objetivo de la VMA en el SDRA consiste en asegurar el adecuado intercambio de gases, minimizando el riesgo de daño pulmonar. Aunque es constante el flujo de estudios que intentan esclarecer el óptimo ajuste de los parámetros ventilatorios, continúa siendo un reto.⁽¹³⁾

La VMA no está exenta de efectos secundarios, por lo que es necesario establecer parámetros de seguridad para evitar complicaciones, como es la lesión pulmonar inducido por el ventilador (LPIV). Este fenómeno es clínicamente indistinguible de las lesiones producidas por otras causas. Los mecanismos principales del tipo de daño pulmonar son: volutrauma (aplicación de volúmenes tidal altos en la vía aérea), barotrauma (aplicación de presiones elevadas en la vía aérea), atelectrauma (daño pulmonar por colapso alveolar repetitivo), biotrauma y más recientemente descrito, el ergotrauma.⁽¹⁴⁾

La presión de distensión alveolar (driving pressure [DP] por sus siglas en inglés) es definida como la relación del volumen tidal (V_t) con la DstP, o sea, la relación entre el V_t y el tamaño funcional del pulmón, más que con el peso corporal ideal (IBW por sus siglas en inglés). Es una herramienta disponible para estimar la tensión dinámica del pulmón, además, se puede utilizar como variable complementaria para titular la presión positiva al final de la espiración (PEEP) evitando la sobre-distensión alveolar. Su utilización se ha asociado con la

sobrevida en pacientes ventilados con SDRA. También ayuda a identificar el riesgo de la LPiV. Se recomienda utilizar DP, no como un objetivo, sino como un parámetro de seguridad a estimar al lado del paciente para optimizar la ventilación mecánica.^(15,16)

Ante la necesidad de establecer estrategias de protección pulmonar que mejoren la sobrevida en pacientes ventilados con patologías pulmonares graves como el SDRA, se realiza esta revisión narrativa. Se sustenta en lo descrito sobre el tema a la luz de la medicina basada en la evidencia. Por tanto, el objetivo fue actualizar contenidos referentes a la DP en el SDRA y otros escenarios clínicos. Los elementos descritos pueden ser útiles en la implementación de esta variable en todas las instituciones hospitalarias del país.

Métodos

Estrategia de búsqueda y criterios de selección

Se realizó una revisión narrativa de la literatura mediante una búsqueda sin restricciones en idiomas español e inglés. El período de búsqueda incluyó los últimos 10 años.

Se realizó una pesquisa en las bases de datos de SciELO, Pubmed/Medline, Google académico, en los idiomas en español e inglés. Se utilizaron como descriptores los siguientes: “mechanic ventilation”, “acute respiratory distress syndrome”, “COVID-19”, “mortality” y sus traducciones al español.

Los criterios de inclusión fueron los artículos de acceso libre, originales, revisiones narrativas y sistemáticas (con/sin meta-análisis), ensayos clínicos, editoriales, casos clínicos, cartas al editor/director y documentos de consenso. Se excluyeron para la presente revisión los artículos resúmenes y aquellos que describen el tema en la población pediátrica.

Se seleccionaron 65 referencias que cumplieron con los criterios de selección.

Protección pulmonar en pacientes ventilados

La importancia de proteger al pulmón se enfatiza por las consecuencias de su daño. El término biotrauma se ha acuñado para describir el concepto de que el daño pulmonar puede contribuir a la lesión de órganos remotos y al fallo de órganos multisistémicos a través de liberación de factores inflamatorios y otros mediadores. Por lo tanto, la optimización de la configuración de la VMA puede tener beneficios más allá de la protección pulmonar y puede proteger la función sistémica de los órganos.^(17,18)

Durante la actual pandemia se ha evidenciado una mayor incidencia de complicaciones pulmonares durante la VMA como es el caso del barotrauma.⁽¹⁹⁾

Estudios realizados por *Xyang*⁽²⁰⁾ y *Yang*⁽²¹⁾ informan una incidencia de barotrauma de 3,1 % en pacientes ventilados con COVID-19, y de 3,8 % de los pacientes respectivamente. Ninguna de estas publicaciones realizó una serie de casos de barotrauma con informes detallados sobre su presentación, tratamiento o entornos ventilatorios.

Sin embargo, se ha demostrado que los pacientes con SDRA resultante de la neumonía por el virus SARS-Cov-2 pueden desarrollar barotrauma temprano, ya que generalmente requieren alta PEEP para mantener oxigenación, aumentando así el riesgo de esta complicación. Los informes de casos de China también describieron neumomediastino en pacientes con COVID-19.⁽²²⁾

Brochard y otros⁽²³⁾ describe el mecanismo del daño auto infligido y lo compara con el daño realizado por el ventilador al proporcionar grandes V_t . Este daño es generado por el mismo paciente, desarrollado en respuesta a la exigencia de un *drive* respiratorio hiperactivo con necesidad de satisfacer las demandas de oxigenación. A esto se suma una bomba respiratoria dispuesta a poner su mayor esfuerzo en lograr estos objetivos (Fig. 1).

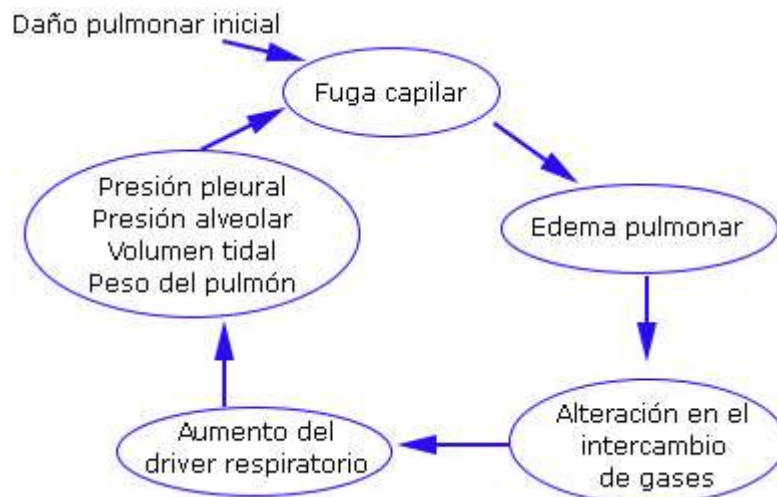


Fig. 1 - Daño pulmonar autoinfligido.

La multiplicidad de los factores responsables de la injuria pulmonar en el paciente con COVID-19 que es llevado a VMA obliga a establecer metas muy específicas durante el soporte respiratorio. Es recomendado en pacientes con SDRA, la vigilancia de variables como la presión meseta (P_m), el nivel de PEEP óptimo, la frecuencia respiratoria y la DP, esta última de gran importancia en la actualidad.⁽²⁴⁾

En el tratamiento del SDRA se ha abogado el uso de estrategias de protección pulmonar, de modo que se evite la LPIV, las cuales están destinadas a reducir las complicaciones de la ventilación mecánica. Tienen como objetivo mantener una ventilación en pulmones con $DstP$ baja, basados en los siguientes parámetros ventilatorios: presión plateau (P_{plt}) por debajo de 35 cmH_2O (idealmente por debajo de 30 cmH_2O), una $DP < 15 cmH_2O$ y un V_t bajo (6 ml/kg).^(25,26)

En el SDRA, la proporción de alvéolos disponibles para la ventilación se reduce notablemente. Se refleja una disminución de la compliance del sistema respiratorio (C_{rs}); por lo tanto, una relación del V_t según la C_{rs} sería un mejor predictor del pronóstico, comparado solo con el V_t . Esta relación se manifiesta como la DP, que puede ser obtenida fácilmente y de manera rutinaria en los pacientes que no están generando esfuerzo inspiratorio.

Presión de distensión alveolar, elementos fisiopatológicos de interés

La P_m o presión plateau (P_{plt}) representa la suma total de la presión entregada por el V_t y la PEEP. La DP refleja la presión a la que está sometida la vía aérea para vencer el retroceso elástico del sistema respiratorio a medida que el V_t es insuflado, por lo que permitiría estimar si el V_t aplicado con un nivel de PEEP dado es efectivamente protector.⁽²⁷⁾

El ajuste en la configuración mediante una DP específica ha avanzado, es un método que puede minimizar el posterior daño pulmonar y una clave determinante en el Vt entregado. La distinción entre la DP y presión trans-pulmonar (Ptp) es importante, ya que la primera refleja la diferencia de presión dentro del pulmón en una respiración, en contraposición a la última que refleja la diferencia de presión a través del pulmón. Se supone que ambos valores están implicados en el estrés pulmonar, aunque la presión transpulmonar transmite más directamente este concepto. La DP, aunque se mide directamente desde el ventilador, es una función tanto del Vt como de la DstP. El aumento del Vt y una disminución de la DstP (pulmón y pared torácica) pueden aumentar la DP. De manera similar, la DP aumenta con una Pm más alta, así como una PEEP más baja, en igualdad de condiciones. Por lo tanto, los médicos en la práctica deben conocer los componentes de la DP y considerar los mecanismos subyacentes en lugar de tratar una sola variable de forma aislada.⁽²⁸⁾

Medición de la DP

Para su medición es necesario el cálculo del valor de la Pm y el valor de la PEEP (Fig. 2).

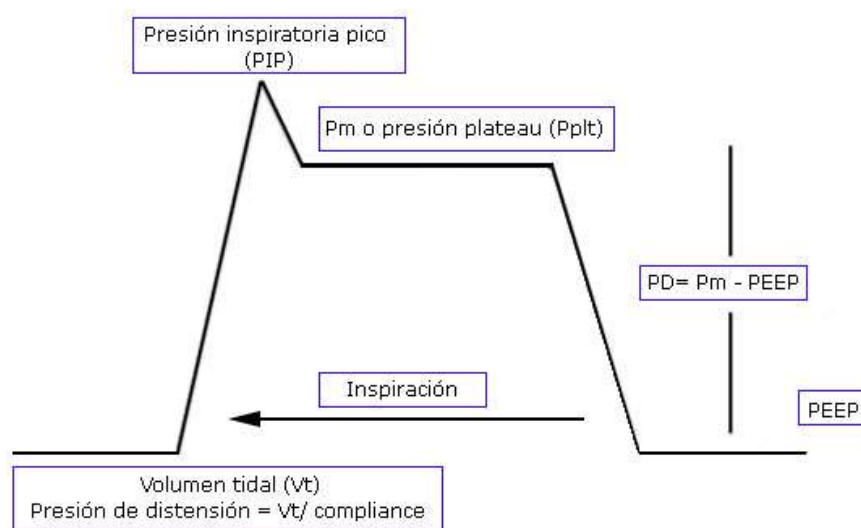


Fig. 2 - Diagrama de forma de onda inspiratoria durante la ventilación mecánica controlada por volumen. La Pm se basa en una pausa inspiratoria. La DP se puede ver como la diferencia entre Pm y la PEEP, además, se puede calcular como la relación entre Vt y la Crs.

Durante la ventilación controlada, cuando el paciente se encuentre sin esfuerzo respiratorio, sin asincronías y sin hiper-insuflación dinámica evidente, la DP se determina con mayor precisión, obteniéndose por la diferencia entre Pm menos PEEP. También puede ser expresada como el cociente del Vt entre la distensibilidad del sistema respiratorio (Vt/Crs). Una pausa inspiratoria de 2 a 3 segundos es suficiente para calcular la Pm, mientras que el valor del PEEP es el programado en lugar del PEEP total^(29,30) (Fig. 3).



Fig. 3 - Monitoreo gráfico de la Pm y PEEP, para el cálculo de la DP. Paciente con SDRA/COVID-19 severo, sin esfuerzo respiratorio, con VMA controlada por volumen. Se constata riesgo elevado de estrés pulmonar, con una DP calculada superior a 18 cmH₂O. Unidad de Cuidados Intensivos del Hospital Universitario de Maracaibo, Venezuela.

La Pm es la presión existente en los alvéolos cuando el flujo es igual a 0 cmH₂O, su máximo valor debe ser inferior a 30 cmH₂O. Se consigue dando una breve pausa tele inspiratoria al final de la inspiración. Si el valor de la DP es superior a 15 cmH₂O significa que el paciente está cursando con injuria pulmonar o problemas de la distensibilidad pulmonar, que pueden ser solucionadas con elevación de la PEEP, disminución del Vt o cambio en el modo ventilatorio donde la variable de control sea la presión. Una secuencia propuesta de protección alveolar en paciente con SDRA severo en VMA sería:⁽³¹⁾

- Programar modo de VMA Asisto-controlado por volumen (Vt: 6-8 mlKg de peso predicho y PEEP inicial: 5-8 cmH₂O).
- Medir Pm y DP (si DP ≤ 13 cmH₂O: Protección alveolar. si DP ≥ 13 cmH₂O: disminuir Vt, optimizar PEEP, considerar uso de decúbito prono y repetir la estrategia).

La DP puede ser una herramienta valiosa para la titulación de la PEEP, independientemente de la estrategia utilizada. Una disminución en la DP después de aumentar la PEEP reflejará reclutamiento y disminución de la tensión cíclica. Por el contrario, un aumento en la DP sugerirá un pulmón no reclutable, en el que prevalece la distensión sobre el reclutamiento. Se debe considerar el impacto sobre la DP cuando se realizan cambios en los niveles de PEEP.^(32,33,34)

En el contexto de la actual pandemia, donde la incidencia del SDRA es variable y las conductas ventilatorias son vitales para el manejo de pacientes en estado crítico, se han realizados enfoques de parámetros ventilatorios siguiendo las recomendaciones actuales

sobre la DP y conductas sobre el riesgo elevado de injuria pulmonar con valores superior a 15 cmH₂O. En la experiencia de los autores de esta comunicación, se han logrado metas de oxigenación y estabilidad ventilatoria, tras el reajuste de la PEEP, Vt y posición del paciente en el lecho, alcanzando una disminución en los días de soporte ventilatorio (Fig. 4).



Fig. 4 - Mismo paciente que en figura 3. DP de 13 cmH₂O, después del reajuste en la titulación de la PEEP y del Vt, cambio de la posición del paciente. Parámetros oxigenatorios, ventilatorios y hemodinámicos deseados.

Factores influyentes en la medición de la DP

La DP básicamente revela el grado de estiramiento pulmonar durante la entrega del Vt en cada respiración. Esta se ve afectada por la elastancia de la pared torácica, que puede variar marcadamente entre los pacientes. Por eso se debe realizar una meticulosa revisión de las variables mientras se evalúa la DP para estimar las características del pulmón.

Medir la DP en una modalidad ventilatoria asistida o espontánea puede no ser exacto en comparación con la ventilación controlada. La presiones de las vías respiratorias suministrada por el respirador artificial durante las respiraciones asistidas es siempre menor en comparación con una respiración totalmente controlada.⁽³⁵⁾

Fisiológicamente hay una fluctuación masiva en la presión transpulmonar durante cualquier esfuerzo espontáneo debido a una fuerza inspiratoria de esfuerzo, que puede contribuir a mostrar valores diversos. Sin embargo, cuando la DP se mide desde la Pm cuando el flujo no es cero, la presión trans pulmonar dinámica refleja las propiedades elásticas de la pared torácica, así como la resistencia de las vías respiratorias. Esto es evidencia de que la resistencia de las vías respiratorias varía considerablemente con los cambios en el flujo, lo que afectará la medición de la DP hasta cierto punto. En el transcurso de una respiración asistida, el paciente realiza una parte del trabajo respiratorio por lo tanto, la Pm medida puede limitar una medición indirecta de la DP.^(36,37)

La estimación de la DP cuando el paciente se encuentra ventilado en una modalidad asistida o espontánea y se realiza una pausa inspiratoria puede generar lo siguiente:⁽³⁰⁾

- Si el paciente no tiene esfuerzo espontáneo resulta en una disminución de la presión inspiratoria (que representa la presión generada por el volumen pulmonar estático).
- En cambio cuando se realiza la pausa inspiratoria durante presión positiva con esfuerzo espontáneo resulta en un incremento de la presión de las vías aéreas, el cual es la verdadera Pm (que refleja el tamaño del Vt y la contribución adicional escondida del esfuerzo espontáneo).

DP y su relación con la supervivencia en el SDRA

En pacientes con SDRA, en los que se aplicaron estrategias ventilatorias de acuerdo con lo propuesto por la ARDS-net, el uso de Vt bajos provocó una disminución de la DP y de la presión transpulmonar, argumentando que la limitación del Vt disminuye todos los mecanismos físicos implicados en la génesis de LPIV.^(38,39)

La DP proporciona una imagen de la mecánica pulmonar óptima en SDRA lo que estima el Vt corregido por compliance respiratoria en el estado de la enfermedad, en lugar de basarse únicamente en el IBW y demuestra una asociación entre DP y la mortalidad en el SDRA.^(40,41,42)

Ha recibido considerable atención la DP al ser la variable de 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. De acuerdo con este sustento, 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.^(27,29)

Las evidencias sobre la medición de la DP y los resultados de investigaciones han demostrado que está fuertemente asociado al riesgo de daño pulmonar y a la mortalidad en pacientes con SDRA en ventilación mecánica. *Blondonnet* y otros⁽⁴³⁾ publicaron recientemente un estudio observacional multicéntrico prospectivo de pacientes con riesgo de desarrollar SDRA mediante el análisis de la DP al inicio del estudio y a las 24 h siguientes. Se inscribieron 221 pacientes, de los cuales el 15 % desarrolló SDRA el día 7 (tiempo medio). Estos pacientes tuvieron mayor DP de referencia (media 15,6 cmH₂O, $p < 0,001$). El análisis sugiere que una DP $> 16,5$ cmH₂O es predictiva del desarrollo de SDRA ($p < 0,001$) con especificidad del 90 %. Del mismo modo, una DP de referencia $< 7,5$ cmH₂O fue muy sensible al predecir quiénes no desarrollarían SDRA. Este estudio apunta a la DP elevada como marcador de riesgo del daño pulmonar.

Se ha sugerido que la DP a través del sistema respiratorio sea el predictor más fuerte de mortalidad hospitalaria en pacientes con SDRA. En un informe realizado por *Amato* y otros donde hace mención de la DP y su asociación con la mortalidad; la DP adquiere validez demostrada no solo como parámetro de seguridad en pacientes con VMA, sino que fue el mejor predictor de mortalidad, al compararla con la Pm y la Crs. También se determinó que el aumento en la mortalidad fue significativamente mayor al superar el umbral de 15 cmH₂O, por lo que se sugirió mantener los valores de DP menores a esta cifra.^(40,44)

Cavalcanti y otros⁽⁴⁵⁾ realizaron 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. Otros objetivos fueron los días de estancia en UCI, la estadía

hospitalaria y los días libres de VMA. 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; sin embargo, disminuyó el número de días sin VMA (5,3 Vs 6,4 días, IC: 95 % 2,1- 0,1; $p=0,03$). En el análisis de las variables respiratorias durante los primeros siete días de la intervención, la DP fue más baja en los primeros (grupo experimental: 11,5, 11,7, 12,1 y 12,5 Vs 13, 13,5, 13,5 y 13,6 del grupo control). Por esta razón se infiere con el análisis de los resultados que mantener una PD más baja está asociado con la disminución de los días de ventilación mecánica en pacientes con SDRA.

El estudio observacional de Villar y otros⁽⁴⁶⁾ en 778 pacientes con SDRA moderado a grave tuvo como objetivo identificar los factores de riesgo asociados a la mortalidad según los valores de Vt, PEEP, Pm y DP estimados 24 h después del diagnóstico del SDRA mientras se ventilaba con ventilación protectora pulmonar estandarizada. Se derivó en modelos utilizando datos individuales de 478 pacientes con SDRA y se evaluó su replicabilidad en una cohorte separada de 300 pacientes con SDRA. El Vt y la PEEP no influyeron en la mortalidad, se identificó un valor de cohorte de Pm de 29 cmH₂O, por encima del cual un incremento ordinal iba acompañado de un incremento del riesgo de muerte. Además, la DP ≥ 19 cmH₂O estuvo acompañado de un riesgo mayor de mortalidad. Cuando se realizó una tabulación cruzada de pacientes con Pm mayor o igual y menor de 30 cmH₂O y una DP ≥ 19 cmH₂O, la Pm proporcionó una predicción del resultado ligeramente mejor que la DP tanto en cohorte de derivación como en la de validación ($p < 0,001$).

En un ensayo adicional del LUNG SAFE,⁽⁴⁷⁾ estudio centrado en los factores de riesgo potencialmente modificables para mortalidad en el SDRA se analizaron datos de 2377 pacientes ventilados de forma invasiva diagnosticado el día 1 (n=2243) o el día 2 (n=134) después el desarrollo de la falla y del inicio de la VMA. La mortalidad hospitalaria fue del 35 % en pacientes con SDRA leve, 40 % en SDRA moderado y 46 % en el severo. El análisis multivariado reveló que la Pm < 25 cmH₂O en el SDRA grave (RR: 0,69, IC 95 %: 0,49-0,97) y una DP ≤ 14 cmH₂O tanto en el SDRA moderado (RR: 0,75; IC 95 %: 0,59-0,96) como en grave (RR: 0,67; IC 95 %: 0,47-0,95) se asociaron a un menor riesgo de mortalidad.

Se han realizado varias investigaciones con la intención de demostrar que la DP se asocia a desenlaces clínicos relevantes en otros escenarios clínicos relacionados o no al SDRA.

Oxigenación por membrana extracorpórea (ECMO, siglas en inglés)

Durante los últimos años, el uso de ECMO se ha generalizado, es utilizada como terapia de rescate en pacientes con SDRA por la refractariedad de la hipoxemia. El proceder permite mejor oxigenación y eliminación de dióxido de carbono (CO₂), favorece la recuperación pulmonar y la resolución de la enfermedad subyacente.

Gruta y otros⁽⁴⁸⁾ en un estudio retrospectivo, tuvo como objetivo evaluar la asociación de la mortalidad con DP en pacientes en ECMO y comparar el cambio en DP antes y después del inicio de ECMO. En el análisis univariado, una DP más alto en ECMO fue asociado con un aumento en las probabilidades de mortalidad a 30 días (OR 1,09, CI 95 %: 1,03-1,16,

$p=0,002$) entre todos los pacientes con ECMO. Esa asociación fue significativa entre aquellos con SDRA (OR 1,10, IC 95 %: 1,00-1,21, $p=0,034$) y aquellos sin SDRA (OR 1,04; IC 95 %: 1,04-1,24, $p=0,004$). En el análisis multivariable, una DP más alto en pacientes con ECMO fue significativamente asociado con un aumento en la mortalidad después del ajuste de variables como edad, sexo, ECMO con acceso veno-arterial/veno-venosa (VA / VV-ECMO) y días en el hospital antes del inicio de ECMO, (OR: 1,15, IC 75 %: 1,07-1,24, $p \leq 0,001$).

Los datos interesantes de este estudio indican que todavía hay un potencial significativo de mejora mediante la corrección de factores modificables asociados con aumento de la mortalidad, incluida la DP.

Cheu y otros⁽⁴⁹⁾ en su estudio sobre pacientes con SDRA grave que recibieron ECMO, donde se analizaron los ajustes seriales del respirador mecánico antes y después de la ECMO y los factores asociados a la supervivencia; demostró que después del inicio del poyo con ECMO los no supervivientes tuvieron una DP significativamente mayor hasta el día 7 que los supervivientes, y que una DP más alta durante los primeros 3 días de con ECMO se asoció de forma independiente en la mortalidad en UCI (OR: 1,070; IC 95 %: 1,026-1,116; $p=0,002$).

Neurocríticos

En pacientes neurocríticos con VMA, el desarrollo del SDRA es un factor importante que contribuye a la morbi-mortalidad, por lo que es importante una estrategia de ventilación protectora. Se recomienda la administración de V_t de 6-7 ml/kg para mantener una P_m de menos de 25 cmH₂O y una DP de menos de 15 cmH₂O.⁽⁵⁰⁾

Tejerina E y otros⁽⁵¹⁾ en su análisis multivariado evaluaron la asociación del V_t , el nivel de PEEP y la DP con el desarrollo de SDRA en una población de pacientes con daño cerebral. Se incluyeron 986 pacientes ventilados mecánicamente por daño cerebral agudo (ictus hemorrágico, isquémico o traumatismo craneoencefálico). La incidencia de SDRA fue del 3 %, si bien la incidencia de SDRA era muy baja, se asoció con un aumento de la mortalidad, una mayor duración de la ventilación mecánica y una mayor duración de la estancia en la UCI. Los pacientes que desarrollaron SDRA presentaron niveles de PD por encima de 14 cmH₂O (OR 1,12; IC del 95 %: 1,01 a 1,23), mientras que no se observan asociación para el volumen corriente o nivel de PEEP, siendo un dato significativo al ser un factor que puede ser modificado.

Anestesia general

Los procedimientos quirúrgicos son intervenciones médicas muy comunes, pueden ser electivas o de emergencia, requiriendo anestesia general y soporte ventilatorio en un gran porcentaje de los casos.

Neto y otros⁽⁵²⁾ publicaron un meta-análisis de 17 ensayos controlados aleatorios de ventilación protectora ($n=2250$) en pacientes quirúrgicos. El análisis sugirió que la DP se asoció con el desarrollo de complicaciones pulmonares posoperatorias ($p<0001$), no así con el V_t ($p=0,179$) o la PEEP. La razón de probabilidades de las complicaciones pulmonares posoperatorias fue de 1,16 para cada aumento de 1 cmH₂O en la DP (IC 95 %: 1,13-1,19).

La DP fue el único mediador significativo de los efectos de la ventilación protectora sobre el desarrollo de complicaciones pulmonares ($p=0,027$). La PEEP alta con aumento de la DP se relacionó con un mayor riesgo de enfermedad pulmonar posoperatoria (OR: 3,11; IC 95 %: 1,39-6,96; $p=0,006$) en comparación con el grupo de PEEP baja. Una titulación alta de PEEP con disminución de la DP, se asoció a menor complicaciones pulmonares (OR: 0,19; IC 95 %: 0,02-1,50; $p=0,154$) en comparación con PEEP baja. Estos resultados demuestran que mantener niveles más bajos de DP se asocia con mejores resultados pulmonares en la etapa posquirúrgica. Lo que podría disminuir el tiempo de la VMA para este tipo de pacientes.

Recientemente se ha sugerido que la complicación pulmonar está relacionada con la DP más que cualquier otro parámetro ventilatorio.

Park y otros⁽⁵³⁾ en un ensayo aleatorizado y controlado incluyeron 292 pacientes programados para cirugía torácica electiva. Se comparó la ventilación protectora convencional ($n=147$) con la VMA guiada por DP ($n=145$). El grupo de ventilación protectora convencional durante la ventilación unipulmonar, se prefijó un V_t de 6 ml/kg de IBW, PEEP: 5 cmH₂O y maniobra de reclutamiento, el otro grupo recibió el mismo V_t y reclutamiento, pero con PEEP individualizada que producía una PD más baja durante la ventilación unipulmonar. Las complicaciones pulmonares medidas por la escala de Melbourne se presentaron en el 12,2 % con la ventilación de protección pulmonar convencional (18 de 147 pacientes, OR: 0,42; IC 95 %: 0,18 - 0,99; $p=0,047$), y solo el 5,5 % (8 de 145 pacientes) con la ventilación guiada por DP. El número de pacientes que desarrollaron neumonía o SDRa fue menor en el grupo de DP (10 de 145 pacientes) que en el grupo de ventilación protectora (22 de 147) [OR: 0,42; IC 95 %: 0,19-0,92; $p=0,028$].

Paciente crítico sin SDRa

Se ha propuesto que en pacientes sin SDRa que son sometidos a ventilación mecánica, la DP y la presión meseta inspiratoria son factores de riesgo para un aumento en la mortalidad y el desarrollo de SDRa.

La mayoría de pacientes que ingresan a la UCI no tienen SDRa. Se ha propuesto que en pacientes sin SDRa que son sometidos a ventilación mecánica, la DP y la presión meseta inspiratoria son factores de riesgo para un aumento en la mortalidad.⁽⁵⁴⁾

Wu y otros⁽⁵⁵⁾ en su estudio de 207 pacientes con neumonía grave sin distrés tuvieron el objetivo de evaluar la asociación de mortalidad a los 28 días y la DP mediante análisis de regresión logística. Fue registrada la DP diaria por 21 días o hasta ya no se requiriera asistencia respiratoria. Se pudo demostrar que los pacientes con una DP <19 cmH₂O el día uno, mostraron tasas de supervivencia significativamente más altas que aquellos con una DP de > 19 cmH₂O ($p=0,002$). La sensibilidad y especificidad de la DP para predecir la mortalidad a los 28 días fue 62,5 % y 60,9 % (OR, 1,110; IC del 95 %, 1.013 e 1.217, $p=0,026$).

Schmidt y otros⁽⁵⁶⁾ en un análisis retrospectivo de 5 UCIs y 622 pacientes adultos determinaron la asociación entre DP y los resultados en pacientes con VMA sin SDRa desde el primer día de VMA. Se constató que en pacientes sin SDRa en el día 1 de VMA, la

DP no se asoció de forma independiente con la mortalidad hospitalaria (OR: 1,01; IC 95 %: 0,97-1,05).

Múltiples estudios deben generarse a fin de dilucidar mejor esta relación.

Hipertensión abdominal (HIA)

La HIA afecta tanto la funcionalidad de los órganos de la cavidad abdominal como fuera de ella. Además tiene gran impacto en la mecánica respiratoria ya que incrementa las presiones intra-torácicas, reduce la compliance de la pared torácica y disminuye los volúmenes pulmonares.

Mazzinari y otros⁽⁵⁷⁾ estudiaron pacientes con neumo-peritoneo para cirugía laparoscópica, con el objetivo evaluar los efectos de la PEEP sobre la DP a diferentes niveles de presión intra-abdominal (PIA). La PEEP dirigida fue 10, 14 y 17 cmH₂O a una presión intra-abdominal de 8, 12 y 15 mmHg, respectivamente. En comparación con la PEEP estándar, la PEEP dirigida dio como resultado una DP transpulmonar media más baja a una PIA de 8 mmHg (7 [5 a 8] frente a 9 [7 a 11] cmH₂O; $p=0,010$; diferencia 2 [IC 95 %: 0,5 a 4 cmH₂O]); 12 mmHg (7 [4 a 9] frente a 10 [7 a 12] cm H₂O; $p=0,002$; diferencia 3 [1 a 5] cmH₂O); y 15 mmHg (7 [6 a 9] frente a 12 [8 a 15] cmH₂O; $p<0,001$; diferencia 4 [2 a 6] cmH₂O). Los efectos de la PEEP dirigida en comparación con la PEEP estándar sobre la DP del sistema respiratorio fueron comparables a los efectos sobre la presión de conducción transpulmonar, aunque la DP del sistema respiratorio fue más alta que la presión de conducción transpulmonar en todos los niveles de presión intra-abdominal. La DP aumenta con un aumento en la presión intra abdominal, un efecto que puede contrarrestarse con la PEEP dirigida.

Paciente obeso

La admisión a UCI de pacientes obesos se ha incrementado progresivamente, ya sea por causas médicas o quirúrgicas. El soporte ventilatorio es una de las principales indicaciones del ingreso. En un estudio reciente, retrospectivo y unicéntrico, no se encontró asociación entre DP y mortalidad a 90 días en pacientes obesos ventilados con SDRA.⁽⁵⁸⁾

La titulación de niveles de PEEP en estos pacientes es controversial. La aplicación de PEEP alta podría asegurar una buena oxigenación, sin embargo, dicha titulación no debería resultar en un incremento del DP. Aunque no haya estudios sobre que rangos de DP son protectores. Los expertos sugieren limitarlo en este subgrupo, tanto en SDRA como no, a niveles menores de 15 cm H₂O.^(59,60)

El paciente oncológico crítico

La falla respiratoria aguda es actualmente la principal causa de ingreso en la UCI en el paciente con cáncer, incluso por encima que cualquier otra complicación respiratoria que requiera ingreso en pacientes no oncológicos. Su incidencia va de un 5 a un 55 % en pacientes con malignidad hematológica y tumores sólidos y de un 42 a 88 % entre aquellos sometidos a trasplante medular.⁽⁶¹⁾

Datos reportados por *Martos-Benítez* y otros^(62,63) desde la UCI oncológica del Instituto Nacional de Oncología y Radiobiología de la Habana, Cuba, detallan una tasa de incidencia

del 15,8 % en pacientes que recibieron VMA. Algunos factores como el tumor cerebral (OR: 14,54; IC 95 %: 3,86-54,77; $p < 0,0001$), la etapa IV del cáncer (OR: 3,47; IC 95 %: 1,26-9,54; $p = 0,016$), la sepsis (OR: 2,28; IC 95 %: 1,14-4,56; $p = 0,020$) y la escala APACHE II ≥ 20 puntos (OR: 5,38; IC 95 %: 1,92-15,05; $p = 0,001$) fueron factores de riesgo independientes para desarrollar el evento. Se asoció con una mayor estancia en la UCI ($p < 0,0001$), así como con una menor tasa de supervivencia en UCI ($p < 0,0001$) y hospitalaria ($p < 0,0001$). Estudios recientes han asociado la VMA en oncológico crítico con la mortalidad (OR: 18,70; CI 95 %: 9,93-35,21; $p < 0,0001$).

Al igual que en el no oncológico, la práctica de la VMA protectora y las terapias de rescate pulmonar ante la hipoxemia refractaria representan recomendaciones que deben aplicarse en este subgrupo de pacientes.⁽⁶⁴⁾

El uso de la DP en el contexto predictivo durante la VMA en esta subpoblación no ha sido ampliamente estudiado. El estudio de cohorte más grande en pacientes con cáncer bajo ECMO fue publicado como parte del gran ensayo clínico IDEA.⁽⁶⁵⁾ Un análisis retrospectivo y multicéntrico de 225 pacientes inmunocomprometidos bajo VMA y ECMO, el 30 % presentó hemopatías malignas y el 19 % tumores sólidos. Variables como un nivel elevado de DP, entre otras, fue asociado como un factor independiente de mal pronóstico.

Estos resultados, aunados a la elevada mortalidad del SDRA en el paciente con neoplasia infieren en la necesidad de continuar investigando sobre el tema a fin de obtener mejores resultados en la supervivencia del enfermo oncológico.

La DP es un parámetro disponible a la cabecera del enfermo que ayuda a identificar el desarrollo potencial de LPIV. Está fuertemente asociada con cambios en la supervivencia y ha demostrado ser mediador clave de los efectos de la VMA en el resultado del SDRA. Los datos publicados sugieren un mayor riesgo de muerte en pacientes con DP superior a 14 cmH₂O, aunque aún no se ha identificado un umbral bien tolerado para este parámetro. La posición en decúbito prono junto con simples ajustes ventilatorios para facilitar la eliminación de CO₂ pueden ayudar a reducir la DP.

Su monitoreo es de gran utilidad en el paciente con SDRA asociado a COVID-19 teniendo en cuenta la alta respuesta inflamatoria que tiene el pulmón durante la infección.

Se requieren futuras investigaciones que ayuden a minimizar los sesgos y estandarizar su uso como estrategia de monitoreo ventilatorio.

Referencias bibliográficas

1. Zhou F, Yu T, Du R, Fan G, Liu Y, Liu Z, *et al.* Clinical course and risk factors for mortality of adult in patients with COVID-19 in Wuhan, China: a retrospective cohort study. *Lancet.* 2020;395(10229):1054-62. DOI: [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(20\)30566-3](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(20)30566-3)
2. Carter C, Osborn M, Agagah G, Aedy H, Notter J. COVID-19 disease: invasive ventilation. *Clinics in Integrated Care.* 2020;1:100004. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.intcar.2020.100004>
3. WHO-China Joint Mission. Report of the WHO-China Joint Mission on Coronavirus Disease 2019 (COVID-19). World Health Organization. 2019[acceso: 11/09/2021].

Disponible en: <https://www.who.int/docs/default-source/coronaviruse/who-chinajoint-mission-on-covid-19-final-report.pdf>

4. Ferrando C, Suarez-Sipmann F, Mellado-Artigas R, Hernández M, Gea A, Arruti E, *et al.* COVID-19 Spanish ICU Network. Clinical features, ventilator management, and outcome of ARDS caused by COVID-19 are similar to other causes of ARDS. *Intensive Care Med.* 2020;29:1-12. DOI: <http://dx.doi.org/10.1007/s00134-020-06192-2>
5. Xie J, Wu W, Li S, Hu Y, Hu M, Li J, *et al.* Clinical characteristics and outcomes of critically ill patients with novel coronavirus infectious disease (COVID-19) in China: A retrospective multicenter study. *Intensive Care Med.* 2020;46:1863-72. DOI: <http://dx.doi.org/10.1007/s00134-020-06211-2>
6. Dirección General de Epidemiología. Bases de Datos Históricas COVID-19. 2021[acceso: 11/09/2021]. Disponible en: http://datosabiertos.salud.gob.mx/gobmx/salud/datos_abiertos/historicos/2021/08/datos_abiertos_covid19_20.08.2021.zip. Accessed August 21, 2021
7. Ñamendys-Silva SA. Patients with coronavirus disease 2019 requiring invasive mechanical ventilation in Mexico in the first, second, and exponential growth phase of the third wave of the coronavirus disease 2019 pandemic. *Crit Care Explor.* 2021;3(10):e556. DOI: <https://doi.org/10.1097/CCE.0000000000000556>
8. Yuki K, Fujiogi M, Koutsogiannaki S. COVID-19 pathophysiology: A review. *Clin. Immunol.* 2020;215:108427. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.clim.2020.108427>
9. O'Gara B, Talmor D. Perioperative lung protective ventilation. *BMJ.* 2018;362:k3030. DOI: <https://doi.org/10.1136/bmj.k3030>
10. Pettenuzzo T, Fan E. 2016 Year in review: mechanical ventilation. *Respir Care.* 2017;62(5):629-35. DOI: <https://doi.org/10.4187/respcare.05545>
11. Pham T, Brochard LJ, Slutsky AS. Mechanical ventilation: State of the Art. *Mayo Clin Proc.* 2017;92(9):1382-400. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.mayocp.2017.05.004>
12. López R, Sánchez B, Lorenzo M. Manejo del síndrome de distrés respiratorio agudo (SDRA). ¿Qué hay de nuevo? *Revista Electrónica Anestesia R.* 2020;12(8)3. DOI: <https://doi.org/10.30445/rear.v12i8.848>
13. Monsalve-Naharro JA. Ventilación mecánica en pacientes con síndrome de distrés respiratorio agudo. Lo que ya sabíamos. *Rev Electrónica Anestesia R.* 2020[acceso: 11/09/2021];10(3):2. Disponible en: <http://revistaanestesar.org/index.php/rear/article/view/686>
14. Amado Rodríguez L, del Busto C, García Prieto E, Albaiceta GM. Mechanical ventilation in acute respiratory distress syndrome: The open lung revisited. *Med Intensiva.* 2017;41(9):550-58. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.medin.2016.12.012>
15. Vaporidi K, Akoumianaki E, Telias I, Goligher EC, Brochard L, Georgopoulos D. Respiratory drive in critically ill patients. Pathophysiology and clinical implications. *Am J Respir Crit Care Med.* 2020;201(1):20-32. DOI: <https://doi.org/10.1164/rccm.201903-0596SO>
16. 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):747-55. DOI: <https://doi.org/10.1056/NEJMsa110639>

17. Hepokoski M, Englert JA, Baron RM, Crotty Alexander LE, Fuster MM, Beitler JR, *et al.* Ventilator-induced lung injury increases expression of endothelial inflammatory mediators in the kidney. *Am J Physiol Renal Physiol.* 2017;312(14):654-60. DOI: <https://doi.org/10.1152/ajprenal.0523.2016>
18. Imai Y, Parodo J, Kajikawa O, de Perrot M, Fischer S, Edwards V, *et al.* Injurious mechanical ventilation and endorgan epithelial cell apoptosis and organ dysfunction in an experimental model of acute respiratory distress syndrome. *JAMA.* 2003;289(16):2104-12. DOI: <https://doi.org/10.1001/jama.289.16.2104>
19. Yao W, Wang T, Jiang B, Gao F, Wang L, Zheng H, *et al.* Emergency tracheal intubation in 202 patients with COVID-19 in Wuhan, China: lessons learnt and international expert recommendations. *Br J Anaesth.* 2020;125(1):e28-e37. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.bja.2020.03.026>
20. Yang X, Yu X, Yu J, Shu H, Xia J, Liu H, *et al.* Clinical course and outcomes of critically ill patients with SARS-CoV-2 pneumonia in Wuhan, China: a single centered retrospective, observational study. *Lancet Respir Med.* 2020;8(5):475-81. DOI: [https://doi.org/10.1016/S2213-2600\(20\)30079-5](https://doi.org/10.1016/S2213-2600(20)30079-5)
21. Yang F, Shi S, Zhu J, Shi J, Dai K, Chen X. Analysis of 92 deceased patients with COVID-19. *J. Med. Virol.* 2020;92(11):2511-15. DOI: <https://doi.org/10.1002/jmv.25891>
22. Zhou C, Gao C, Xie Y, Xu M. COVID-19 with spontaneous pneumomediastinum. *Lancet Infect Dis.* 2020;20(4):510. DOI: [https://doi.org/10.1016/S1473-3099\(20\)30156-0](https://doi.org/10.1016/S1473-3099(20)30156-0)
23. Brochard L, Slutsky A, Pesenti A. Mechanical ventilation to minimize progression of lung injury in acute respiratory failure. *Am J Respir Crit Care Med.* 2017;195(4):438-42. DOI: <https://doi.org/10.1164/rccm.201605-1081 CP>
24. Marini JJ. Evolving concepts for safer ventilation. *Crit Care.* 2019;23(1):114. DOI: <https://doi.org/10.1186/s13054-019-2406-9>
25. Rubenfeld GD, Shankar-Hari M. Lessons from ARDS for non-ARDS research: Remembrance of trials past. *JAMA.* 2018;320(18):1863-65. DOI: <https://doi.org/10.1001/jama.2018.14288>
26. Mc-Guinness G, Zhan C, Rosenberg N, Azour L, Wickstrom M, Mason DM, *et al.* High incidence of barotrauma in patients with COVID-19 infection on invasive mechanical ventilation. *Radiology.* 2020. DOI: <https://doi.org/10.1148/radiol.2020202352>
27. Grieco DL, Chen L, Dres M, Brochard L. Should we use driving pressure to set tidal volume? *Curr Opin Crit Care.* 2017;23(1):38-44. DOI: <https://doi.org/10.1097/MCC.0000000000000377>
28. Meier A, Sell R, Malhotra A. Driving pressure for ventilation of patients with acute respiratory distress syndrome. *Anesthesiology.* 2020;132:1569-76 DOI: <https://doi.org/10.1097/ALN.00000000000003195>
29. Sreedharan JK. Driving pressure: clinical applications and implications in the intensive care units. *Indian Journal of Respiratory Care.* 2018;2:62-66. DOI: https://doi.org/10.4103/ijrc.ijrc_12_18
30. Bellani G, Grassi A, Sosio S, Foti G. Plateau and driving pressure in the presence of spontaneous breathing. *Intensive Care Med.* 2019;45(1):97-98. DOI: <https://doi.org/10.1007/s00134-018-5311-9>

31. Pérez Nieto OR, Deloya Tomás E, Lomelí J, Pozo K, Monares E, Poblano M. Presión de distensión (driving pressure): principal objetivo para la protección alveolar. *Neumol Cir Torax*. 2018[acceso: 11/09/2021];77(3):222-27. Disponible en: http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0028-37462018000300222&lng=es
32. 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(1):32-42. DOI: <https://doi.org/10.1097/CCM.0000000000001383>
33. Bugeo 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. DOI: <https://doi.org/10.1186/s13054-017-1779-x>
34. Marini JJ. Should we embrace the “Open Lung” Approach? *Crit Care Med*. 2016;44(1):237-8. DOI: <https://doi.org/10.1097/CCM.0000000000001489>
35. Vaporidi K, Xirouchaki N, Georgopoulos D. Should we care about driving pressure during assisted mechanical ventilation? *J Intensive Crit Care*. 2017;31:3:2.
36. Mauri T, Langer T, Zanella A, Grasselli G, Pesenti A. Extremely high transpulmonary pressure in a spontaneously breathing patient with early severe ARDS on ECMO. *Intensive Care Med*. 2016;42(12):2101-03. DOI: <https://doi.org/10.1007/s0013-016-4470-9>
37. Mauri T, Grasselli G, Suriano G, Eronia N, Spadaro S, Turrini C, *et al*. Control of respiratory drive and effort in extracorporeal membrane oxygenation patients recovering from severe acute respiratory distress syndrome. *Anesthesiology*. 2016;125(1):159-67. DOI: <https://doi.org/10.097/ALN.0000000000001103>
38. Bugeo 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. DOI: <https://doi.org/10.1186/s13054-017-1779-x>
39. Yoshida T, Fujino Y, Amato MB, Kavanagh BP. Fifty years of research in ARDS: spontaneous breathing during mechanical ventilation. Risks, mechanisms, and management. *Am J Respir Crit Care Med*. 2017;8:985-92. DOI: <https://doi.org/10.1164/rccm.201604-0748CP>
40. Thompson BT, Chambers RC, Liu KD. Acute respiratory distress syndrome. *N Engl J Med*. 2017;377(6):562–572. DOI: <https://doi.org/10.1056/NEJMra1608077>
41. Aoyama H, Pettenuzzo T, Aoyama K, Pinto R, Englesakis M, Fan E. Association of driving pressure with mortality among ventilated patients with acute respiratory distress syndrome: a systematic review and meta-analysis. *Crit Care Med*. 2018;46(2):300-06. DOI: <https://doi.org/10.1097/CCM.0000000000002838>
42. Gong K, Chen L, Xia H, Dai H, Li X, Sun L, *et al*. Driving forces of disaggregation and reaggregation of peanut protein isolates in aqueous dispersion induced by high-pressure microfluidization. *Int J Biol Macromol*. 2019;130:915-21. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2019.02.123>
43. Blondonnet R, Joubert E, Godet T, Berthelin P, Pranal T, Roszyk L, *et al*. Driving pressure and acute respiratory distress syndrome in critically ill patients. *Respirology*. 2019;24(2):137-45. DOI: <https://doi.org/10.1111/resp.13394>

44. 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. DOI: <https://doi.org/10.21037/atm.2017.07.08>
45. Cavalcanti AB, Suzumura ÉA, Laranjeira LN, Paisani DM, Damiani LP, Guimarães HP, *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):1335-45. DOI: <https://doi.org/10.1001/jama.2017.1171>
46. Villar J, Martín Rodríguez C, Domínguez Berrot AM, Fernández L, Ferrando C, Soler JA, *et al.* A quantile analysis of plateau and driving pressures: effects on mortality in patients with acute respiratory distress syndrome receiving lung-protective ventilation. *Crit Care Med.* 2017;45(5):843-50. DOI: <https://doi.org/10.1097/CCM.0000000000002330>
47. Laffy JG, Bellani G, Pham T, Fan E, Madotto F, Bajwa EK, *et al.* LUNG SAFE Investigators and the ESICM Trials Group: Potentially modifiable factors contributing to outcome from acute respiratory distress syndrome: The LUNG SAFE study. *Intensive Care Med.* 2016;42(12):1865-76. DOI: <https://doi.org/10.1007/s00134-016-4571-5>
48. Gruta E, Awsare B, Hirose H, Caarocchi N, Baram M. Don't drive blind: driving pressure to optimize ventilator management in ECMO. *Lung.* 2020;198(5):785-92. DOI: <https://doi.org/10.1007/s00408-020-00381-y>
49. 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(1):12. DOI: <https://doi.org/10.1186/s13613-017-0236-y>
50. Stevens RD, Piran P. Lung-protective ventilation and adjunctive strategies to manage respiratory failure: Are they safe in the neurological patient? *Current Opinion in Critical Care.* 2021;27:115-19. DOI: <https://doi.org/10.1097/MCC.0000000000000809>
51. Tejerina E, Pelosi P, Muriel A, Penuelas O, Sutherasan Y, Frutos-Vivar F, *et al.* Association between ventilator settings and development of acute respiratory distress syndrome in mechanically ventilated patients due to brain injury. *J Crit Care.* 2017;38:341-45. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.crc.2016.11.010>
52. Neto AS, Hemmes SN, Barbas CS, Beiderlinden M, Fernández 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):272-80. DOI: [https://doi.org/10.1016/S2213-2600\(16\)00057-6](https://doi.org/10.1016/S2213-2600(16)00057-6)
53. Park M, Ahn HJ, Kim JA, Yang M, Heo BY, Choi JW, *et al.* Driving pressure during thoracic surgery: A randomized clinical trial. *Anesthesiology.* 2019;130(3):385-93. DOI: <https://doi.org/10.1097/ALN.0000000000002600>
54. Marín Martínez AD. Impacto de diferentes estrategias de ventilación mecánica sobre el driving pressure y el poder mecánico en pacientes sometidos a cirugía abdominal mayor bajo anestesia general. [Tesis de post grado] Universidad Autónoma de Puebla. Facultad de Medicina, Puebla. 2019. Disponible en: <https://repositorioinstitucional.buap.mx/bitstream/handle/20.500.12371/10180/20200728130033-1602-T.pdf?sequence=1>

55. Wu HP, Hu HC, Chu CM, Kao KC. The association between higher driving pressure and higher mortality in patients with pneumonia without acute respiratory distress syndrome. *J Formos Med Assoc.* 2021;120(1):204-11. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jfma.2020.04027>
56. Schmidt MFS, Amaral ACKB, Fan E, Rubenfeld GD. Driving pressure and hospital mortality in patients without ARDS: A cohort study. *Chest.* 2018;153(1):46-54. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.chest.2017.10.004>
57. Mazzinari G, Díaz Cambronero O, Alonso Iñigo JM, García Gregorio N, Ayas Montero B, Ibañez JL. Intraabdominal pressure targeted positive end-expiratory pressure during laparoscopic surgery: an open-label, nonrandomized, crossover, clinical trial. *Anesthesiology.* 2020;132(4):667-77. DOI: <https://doi.org/10.1097/ALN.0000000000000316>
58. De Jong A, Wrigge H, Hedenstierna G, Gattinoni L, Chiumello D, Frat JP, *et al.* How to ventilate obese patients in the ICU. *Intensive Care Med.* 2020;46(12):2423-35. DOI: <https://doi.org/10.1007/s00134-020-06286-x>
59. De Jong A, Cossic J, Verzilli D, Monet C, Carr J, Conseli M, *et al.* Impact of the driving pressure on mortality in obese and non-obese ARDS patients: a retrospective study of 362 cases. *Intensive Care Med.* 2018;44(7):1106-14. DOI: <https://doi.org/10.1007/s00134-018-5241-6>
60. Schetz M, De Jong A, Deane AM, Druml W, Hemelaar P, Pelosi P, *et al.* Obesity in the critically ill: a narrative review. *Intensive Care Med.* 2019;45(6):757-69. DOI: <https://doi.org/10.1007/s00134-019-05594-1>
61. Apolinário D. Epidemiology of mechanical ventilation and acute respiratory failure in cancer patients. En: Esquinas AM, Soubani AO, Pravinkumar SE editores. *Mechanical ventilation in critically ill cancer patients. Rationale and practical approach.* Springer International Publishing AG. 2018. p: 3-7. DOI: https://doi.org/10.1007/978-3-319-49256-8_1
62. Martos Benítez FD, Gutiérrez Noyola A, Badal M, Dietrich NA. Risk factors and outcomes of severe acute respiratory failure requiring invasive mechanical ventilation in cancer patients: A retrospective cohort study. *Med Intensiva.* 2018;42(6):354-62. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.medin.2017.08.004>
63. Martos Benítez FD, Soto García A, Gutiérrez Noyola A. Clinical characteristics and outcomes of cancer patients requiring intensive care unit admission: a prospective study. *J Cancer Res Clin Oncol.* 2018;144(4):717-23. DOI: <https://doi.org/10.1007/s00432-018-2581-0>
64. Sears SP, Carr G, Bime C. Acute and chronic respiratory failure in cancer patients. En: Nates JL, Price KJ editores. *Oncologic Critical Care.* Springer Nature Switzerland AG 2020. p: 445-75. DOI: https://doi.org/10.1007/978-3-319-74588-6_43
65. Schmidt M, Schellongowski P, Patroniti N, Taccone FS, Reis Miranda D, Reuter J, *et al.* IDEA Study Group collaborators are as follows. Six-Month outcome of immunocompromised patients with severe acute respiratory distress syndrome rescued by extracorporeal membrane oxygenation. An international multicenter retrospective study. *Am J Respir Crit Care Med.* 2018;197(10):1297-1307. DOI: <https://doi.org/10.1164/rccm.201708-1761OC>

Conflicto de intereses

Los autores declaran que no existe conflicto de intereses.