



# Driving Pressure, bases fisiológicas y aplicaciones clínicas

Dr. Jorge Montoya Zumaeta, Dr. Rodrigo Cornejo Rosas

## RESUMEN

La ventilación mecánica es una intervención médica utilizada en diversos escenarios clínicos que provee beneficios relevantes, pero no está exento de producir complicaciones, por lo que es necesario establecer parámetros de seguridad. Driving pressure es una variable que se puede estimar al lado del paciente, que es definida como el ratio del volumen tidal con la distensibilidad pulmonar por lo que relaciona mejor el volumen tidal con el tamaño funcional pulmonar y no por el peso ideal; además se puede utilizar como herramienta complementaria para titular el PEEP evitando la sobredistensión alveolar. A pesar de no existir estudios clínicos randomizados, la evidencia demuestra que esta fuertemente asociado a sobrevida especialmente en SDRA (menor de 15 cmH<sub>2</sub>O) y además ayuda a identificar riesgo de VILI y complicaciones pulmonares en otros escenarios clínicos, por lo que recomendamos utilizar el driving pressure, no como un objetivo, sino como un parámetro de seguridad para optimizar la ventilación mecánica.

## INTRODUCCIÓN

La ventilación mecánica (VM) es una terapia de soporte vital que es aplicada diariamente en diversos contextos clínicos, desde cirugías electivas programadas hasta situaciones con riesgo vital como el síndrome de distrés respiratorio agudo (SDRA); <sup>(1)</sup>. Desde el reconocimiento del potencial daño inducido por el ventilador mecánico (o VILI, del inglés “*Ventilator-induced lung injury*”), uno de los objetivos principales de la VM es prevenir el VILI, así como evitar la disfunción diafragmática inducida por el ventilador (o VIDD, del inglés “*Ventilator-induced diaphragmatic dysfunction*”) <sup>(2)</sup>. La identificación de estos efectos deletéreos ha tenido un impacto en la manera de como se ventila a los pacientes <sup>(3)</sup>, siendo la ventilación mecánica con bajos volúmenes corrientes la principal estrategia protectora, derivada del estudio ARDSnet que demostró que el ventilar con un volumen tidal (Vt) de 6ml/kg de peso

ideal, manteniendo una presión meseta (Pm) < 30 cmH<sub>2</sub>O, disminuye la mortalidad y los días libres de VM en relación a la ventilación con Vt de 12 ml/kg de peso ideal <sup>(4)</sup>. Otra estrategia empleada con el objetivo de protección pulmonar durante la VM es la aplicación de PEEP, considerando el reconocimiento del atelectrauma como uno de los mecanismos promotores de VILI. No obstante, la evidencia es confusa respecto al rol protector de mayores niveles de PEEP <sup>(5)</sup>.

Variaciones significativas de la presión transpulmonar (Ptp) y mayores niveles de Vt tienen como consecuencia un exceso de stress (tensión en las paredes alveolares) y strain (deformación del parénquima pulmonar) en regiones aireadas del pulmón. Desafortunadamente, no se dispone de parámetros simples que permitan predecirlos; así por ejemplo, en un estudio de Chiumello y cols se

<sup>1</sup> Médico Becado Programa de Formación de Medicina Intensiva de Adultos Universidad de Chile, Unidad de Pacientes Críticos, Departamento de Medicina, Hospital Clínico Universidad de Chile.

Médico Residente

<sup>2</sup> Jefe Unidad de Pacientes Críticos, Departamento de Medicina, Hospital Clínico Universidad de Chile. Profesor Asociado Universidad de Chile.

desestimó a la Pm y el volumen corriente de acuerdo al peso ideal como subrogantes adecuados para el stress y strain pulmonar <sup>(6)</sup>.

El concepto de driving pressure (DP), como un subrogante de la Ptp durante la ventilación mecánica, es una variable que podría servir para monitorizar y mejorar la protección pulmonar al optimizar el Vt de acuerdo con el tamaño del pulmón disponible para el intercambio gaseoso. Esto fue propuesto por Amato y cols, en un innovador análisis de varios estudios clínicos previos, donde el DP tuvo mejor correlación con mortalidad que el Vt y PEEP <sup>(7)</sup>.

En esta revisión explicaremos el significado fisiológico del DP cómo medirlo en las diferentes modalidades ventilatorias y su utilización como variable de seguridad en diferentes escenarios clínicos.

## **SIGNIFICADO FISIOLÓGICO DEL DRIVING PRESSURE**

Driving pressure fundamentalmente refleja el grado de estiramiento pulmonar durante un ciclo respiratorio <sup>(8)</sup>. En ese contexto tiene relación con el strain dinámico; a mayor DP existe mayor strain dinámico del parénquima pulmonar y consecuentemente una mayor respuesta inflamatoria a nivel alveolar <sup>(9)</sup>. Tanto el Vt como el PEEP pueden modificar el driving pressure y generar mayor strain pulmonar dinámico y estático, respectivamente; no obstante, el daño pulmonar tiene mayor correlación con el strain dinámico que con el estático <sup>(10)</sup>.

Gattinoni analizó, por medio de tomografía computarizada, los pulmones de los pacientes con SDRA y realizó dos hallazgos importantes: primero que los pulmones con SDRA no eran rígidos sino de menor volumen (concepto de “baby lung”) y segundo, que la distensibilidad pulmonar es proporcional al pulmón sano residual <sup>(11)</sup>. El DP es la gradiente entre presión meseta y PEEP (DP = Presión meseta – PEEP), pero también se puede expresar como el cociente entre el Vt y la distensibilidad pulmonar (DP = Vt/Crs). Con estos antecedentes, es posible aseverar que DP es la variable que mejor relaciona el Vt con el tamaño funcional pulmonar y no el Vt por peso ideal.

DP representa la presión a la que esta sometida la vía aérea para vencer el retroceso elástico del

sistema respiratorio a medida que el Vt es insuflado. La presión meseta representa la suma total de la presión entregada por el Vt y PEEP. El DP permitiría estimar si el Vt aplicado con un nivel de PEEP dado es efectivamente protector <sup>(12)</sup>. Si al aumentar el nivel de PEEP el DP permanece en rango similar o se reduce, es probable que ese nivel de PEEP no necesariamente sea delétere, incluso podría disminuir el riesgo de VILI <sup>(13)</sup>.

## **MEDICIÓN DEL DRIVING PRESSURE**

Durante ventilación controlada, cuando el paciente se encuentre sin esfuerzo respiratorio, sin asincronías y sin hiperinsuflación dinámica evidente, el DP se obtiene de la diferencia entre Pm menos PEEP, y también puede ser expresada como el cociente del Vt entre la distensibilidad del sistema respiratorio (Vt/Crs). Los estudios disponibles muestran que una pausa inspiratoria de 0.5 segundos es suficiente para calcular la Pm, mientras que el valor del PEEP es el programado en lugar del PEEP total. <sup>(14)</sup>

La estimación del DP puede ser inexacta cuando el paciente se encuentra ventilado en una modalidad asistida o espontánea. Cuando se realiza una pausa inspiratoria puede suceder lo siguiente: <sup>(15)</sup>

- 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 la vía aérea, el cual es la verdadera Pm (que refleja el tamaño del Vt y la contribución adicional escondida del esfuerzo espontáneo).

## **DRIVING PRESSURE EN SDRA**

A fines de la década de los 90, Amato y cols describen el impacto clínico del Open Lung Approach (referencia Amato 1998); dentro de esa estrategia que comprendía uso de bajo Vt y mayores niveles de PEEP según la curva presión/volumen a flujo lento, se introdujo el concepto y potencial beneficio del DP en pacientes con SDRA. Diecisiete años después, el mismo autor publica el resultado de un análisis estadístico profundo e innovador empleando los estudios clínicos aleatorizados previos de VM en SDRA, demostrando que el DP se asocia a supervivencia en pacientes ventilados con

SDRA. En este estudio se describe que el incremento del PEEP sin disminución del DP no se traducían en beneficios clínicos, lo cual podría ser la razón de que los estudios realizados con una estrategia ventilatoria con PEEP alto no han sido concluyentes en disminuir la mortalidad. No obstante, si los pacientes mantenían una presión meseta menor de 30, pero presentaban mayor DP, su probabilidad de morir era significativamente mayor de los pacientes con la misma presión meseta que mantenían un menor DP. En el mismo sentido, al comparar pacientes con el mismo nivel de PEEP, el incremento de DP fue la única variable que se relacionó con un peor desenlace. Los autores encontraron que el nivel de DP sobre el cual aumentaba el riesgo era cercano a 15 cmH<sub>2</sub>O.<sup>(7)</sup> Hay que tener en cuenta que esta asociación entre DP y mortalidad se determinó en forma indirecta, mediante una “mediación causal”, considerando que el DP depende de dos variables importantes como es el Vt y del PEEP.

El estudio LUNG SAFE también encontró una asociación entre DP y mortalidad en pacientes ventilados mecánicamente con SDRA en el día 1 de VM. (16). Esta misma asociación se encontró en los resultados de una revisión sistemática y metanálisis, pero los valores de corte fueron variables.<sup>(17)</sup>

Aún existe controversia para determinar que niveles de PEEP utilizar en caso de SDRA moderado a severo, ya que esto ayuda a mejorar la oxigenación y evitar atelectrauma, pero en el estudio ART de Cavalcanti et al., que mostró que una estrategia de titulación de PEEP para lograr una mejor distensibilidad (y así disminuir DP) se asoció a mayor mortalidad<sup>(18)</sup>

## **DRIVING PRESSURE EN OTROS ESCENARIOS CLÍNICOS**

Después de la publicación de Amato y cols, se han realizado varios estudios con la intención de demostrar que el DP se asocia a desenlaces clínicos relevantes en diferentes escenarios clínicos, los cuales se describen a continuación:

### **a. Paciente crítico sin SDRA**

La mayoría de pacientes que ingresan a la UCI no tienen SDRA, por lo que proporcionar una estrategia ventilatoria para prevenir el VILI es fundamental.

Un análisis secundario de 1705 pacientes ventilados sin SDRA, encontró que disminuir el DP <15 cmH<sub>2</sub>O se asociaba a menor mortalidad y menor progresión

a VILI.<sup>(19)</sup> Sin embargo, otro estudio no encontró asociación entre mortalidad y DP en pacientes ventilados sin SDRA en el día 1, pero es necesario resaltar que tanto en el grupo de sobrevivientes como el de no sobrevivientes los valores promedio de DP eran de 13 cmH<sub>2</sub>O, manteniéndose en un rango de aparente seguridad.<sup>(20)</sup>

### **b. 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. Un metaanálisis, que incluyó 17 estudios clínicos aleatorizados, reportó el impacto que tiene una estrategia de ventilación protectora intraoperatoria, sugiriendo que tanto niveles elevados de DP, como cambios en el nivel de PEEP que condicionen un incremento del DP estaban asociados a mayores complicaciones pulmonares postoperatorias, definidas como injuria pulmonar, infecciones pulmonares o barotrauma. Aunque el DP no fue un objetivo, esta reducción de complicaciones se observó al reducir el DP, en lugar de ser proporcionales a los cambios del Vt o PEEP.<sup>(21)</sup>

### **c. Fibrosis pulmonar idiopática (FPI)**

FPI se caracteriza por deterioro de la estructura del parénquima pulmonar, los pacientes sufren exacerbaciones agudas que conducen a una falla respiratoria hipoxémica, compartiendo características comunes con el SDRA, por lo que pueden requerir soporte ventilatorio invasivo.

La elastancia pulmonar se encuentra alterada y el DP, al ser el radio entre el Vt y la distensibilidad del sistema respiratorio, se correlaciona con la severidad de la injuria pulmonar, se sugiere utilizar como eje de una estrategia ventilatoria protectora Vt bajos, pudiendo utilizar el DP como herramienta para ajustar tanto Vt y titular el PEEP.<sup>(22)</sup>

### **d. 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 intratorácicas, reduce la compliance de la pared torácica y disminuye los volúmenes pulmonares. Hasta la fecha no se han publicado estudios que valoren la asociación entre DP y desenlaces en pacientes con HIA, pero los expertos sugieren mantener niveles bajo 14 cmH<sub>2</sub>O,

siendo el DP una variable más útil en titular el PEEP en este contexto clínico, evitando un nivel de PEEP excesivo. <sup>(23)</sup>

### e. Neurocríticos

Los pacientes neurocríticos que requieren soporte ventilatorio, son una población importante dentro de la UCI y no están extentos de desarrollar complicaciones pulmonares como atelectasias, neumonía, VILI, SDRA, entre otras, que podrían aumentar la morbilidad y empeorar el pronóstico, por lo que es importante una estrategia de ventilación protectora.

En un estudio observacional prospectivo en pacientes con patologías neurológicas que estaban en ventilación mecánica invasiva, se encontró que si bien la incidencia de SDRA era muy baja, precisamente los pacientes que desarrollaron SDRA presentaron niveles de DP por encima de 14 cmH<sub>2</sub>O, siendo dato significativo al ser un factor que puede ser modificado. <sup>(24)</sup>

### f. Obesos

La admisión a UCI de pacientes adultos obesos se ha incrementado progresivamente, ya sea por causas médicas o quirúrgicas, siendo el soporte ventilatorio una de las principales intervenciones donde poner énfasis y así evitar complicaciones.

En un estudio reciente retrospectivo y unicéntrico, no se encontró asociación entre DP y mortalidad a 90 días en pacientes obesos ventilados con SDRA <sup>(25)</sup>.

La titulación de niveles de PEEP en estos pacientes es controversial, pero la aplicación de PEEP altos podría asegurar una buena oxigenación, sin embargo esta titulación esto no debería resultar en un incremento del DP <sup>(26)</sup>. Aunque no haya estudios sobre que rangos de DP son protectores, los expertos sugieren limitarlo en este subgrupo, tanto en SDRA como no SDRA, a niveles menores de 15 cm H<sub>2</sub>O <sup>(27)</sup>.

### g. Ventilación monobronquial

Un estudio evaluó el DP como herramienta para guiar la ventilación en pacientes que fueron sometidos a cirugía torácica requiriendo ventilación mecánica monobronquial, titulando el PEEP de acuerdo a la mejor compliance. Los autores reportan que hubo menos complicaciones pulmonares postoperatorias en pacientes que mantuvieron un menor nivel de DP. Aunque el rango de corte no fue definida la mayoría de pacientes presentaron valores <15 cmH<sub>2</sub>O, pero

también se reportó que pequeños incrementos de DP (1 cmH<sub>2</sub>O) eran más importantes que el valor per se. <sup>(28)</sup>

### h. ECMO

Durante los últimos años, el uso del ECMO se ha generalizado, siendo utilizada como terapia de rescate en pacientes con SDRA con hipoxemia refractaria, permitiendo la oxigenación y la eliminación de dióxido de carbono, pudiendo favorecer la recuperación pulmonar y la resolución de la enfermedad subyacente. Sin embargo, no existe un consenso con respecto al ajuste del ventilador mecánico durante ECMO. En 2015 se realizó un estudio que analizó si la programación del ventilador podría tener impacto en la sobrevida; los autores reportaron, a pesar que al inicio de ECMO los pacientes presentan Vt y Pm bajos, la reducción del DP era el único parámetro ventilatorio que se asociaba a disminución de mortalidad intrahospitalaria. <sup>(29)</sup>

## CONCLUSIONES

Driving pressure representa el Vt corregido a la distensibilidad pulmonar, esto es al tamaño del pulmón aireado y se correlaciona con la presión transpulmonar. Además es una variable que podría ayudar a determinar el mejor PEEP. La estimación se realiza al lado de la cama del paciente y se obtiene de la diferencia de la Pm menos PEEP, y aunque sea más confiable la medición de la Pm durante ventilación controlada (cuando el paciente no tiene esfuerzo respiratorio), también es posible medirla en ventilación espontánea.

Aunque no existan estudios clínicos, utilizar el DP, como parámetro de seguridad y no un objetivo, para optimizar la ventilación mecánica en diferentes escenarios clínicos es fisiológicamente razonable, ya que ayuda a ajustar el Vt de acuerdo a la distensibilidad pulmonar, especialmente en SDRA. Además es una herramienta complementaria para titular el PEEP evitando la sobredistensión alveolar y su repercusión en la hemodinamia.

## REFERENCIAS

1. Pham T, Brochard L, Slutsky A. Mechanical ventilation: state of art. *Mayo Clin Proc.* September 2017;92(9):1382-1400.

2. Goligher EC, Ferguson ND, Brochard LJ. Clinical challenges in mechanical ventilation. *Lancet*. 2016;387(10030):1856–66.
3. Slutsky AS. History of mechanical ventilation: from Vesalius to ventilator-induced lung injury. *Am J Respir Crit Care Med*. 2015; 191(10):1106-1115.
4. The Acute Respiratory Distress Syndrome Network. Ventilation with lower tidal volumes as compared with traditional tidal volumes for acute lung injury and the acute respiratory distress syndrome. The Acute Respiratory Distress Syndrome Network. *N Engl J Med* 2000; 342:1301 – 1308.
5. Gattinoni L, Collino F, Maiolo G, Rapetti F, Romitti F, Tonetti T, Vasques F, Quintel M. Positive end expiratory pressure: how to set it at the individual level. *Ann Transl Med*. 2017;5(14):288.
6. Chiumello D, Carlesso E, Cadringer P, et al. Lung stress and strain during mechanical ventilation for acute respiratory distress syndrome. *Am J Respir Crit Care Med*. 2008;178:346–355.
7. 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
8. Vaporidi K, Xirouchaki N, Georgopoulos D. Should we care about driving pressure during assisted mechanical ventilation? *J Intensive Crit Care* 2017;3:2.
9. González-López A, García-Prieto E, Batalla-Solís E, Amado-Rodríguez L, Avello N, Blanch L, Albaiceta GM. Lung strain and biological response in mechanically ventilated patients. *Intensive Care Med*. 2012;38(2):240–7.
10. Protti A, Andreis DT, Monti M, Santini A, Sparacino CC, Langer T, et al. Lung stress and strain during mechanical ventilation: any difference between statics and dynamics? *Crit Care Med*. 2013;41(4):1046-55.
11. Gattinoni L, Marini JJ, Pesenti A, et al. The 'baby lung' became an adult. *Intensive Care Med* 2016; 42:663 – 67
12. Grieco DL, Chen L, Dres M, et al. Should we use driving pressure to set tidal volume? *Curr Opin Crit Care* 2017;23:38-44.
13. Briel M, Meade M, Mercat A, et al. Higher vs lower positive end-expiratory pressure in patients with acute lung injury and acute respiratory distress syndrome: systematic review and meta-analysis. *JAMA* 2010; 303:865 – 873
14. Sreedharan JK. Driving pressure: clinical applications and implications in the intensive care units. *Indian Journal of Respiratory Care* 2018; 7 (2): 62-66
15. Bellani G, Grassi A, Sosio S, et al. Plateau and driving pressure in the presence of spontaneous breathing. *Intensive Care Med* 2018.
16. Bellani G, Laffey JG, Pham T, et al. Epidemiology, patterns of care, and mortality for patients with acute respiratory distress syndrome in intensive care units in 50 countries. *JAMA*. 2016;315(8):788–800.
17. Aoyama H, Pettenuzzo T, Aoyama K, et al. Association of Driving Pressure With Mortality Among Ventilated Patients With Acute Respiratory Distress Syndrome: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Crit Care Med* 2018;46:300-6.
18. Cavalcanti AB, Suzumura ÉA, Laranjeira LN, et al. ; Writing Group for the Alveolar Recruitment for Acute Respiratory Distress Syndrome Trial (ART) Investigators . 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. 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*. 2017;49:311–6.
20. Schmidt MFS, Amaral A, Fan E, et al. Driving Pressure and Hospital Mortality in Patients Without ARDS: A Cohort Study. *Chest* 2018; 153: 46–54.
21. Neto AS, Hemmes SNT, Barbas CSV, 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;4:272-80.
22. Marchioni A, Tonelli R, Ball L, et al. Acute exacerbation of idiopathic pulmonary fibrosis: lessons learned from acute respiratory distress syndrome? *Crit Care* 2018; 22: 80.
23. Regli, Adrian & Pelosi, Paolo & L. N. G. Malbrain, Manu. (2019). Ventilation in patients with intra-abdominal hypertension: what every critical care physician needs to know. *Annals of Intensive Care*. 9;52.
24. Tejerina E, Pelosi P, Muriel A, Penuelas O, Sutherasan Y, Frutos-Vivar F, et al. Association between ventilatory settings and development of acute respiratory distress syndrome in mechanically ventilated patients due to brain injury. *J Crit Care*. 2017;38:341–5.
25. De Jong A, Cossic J, Verzilli D, 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).
26. Ball, Lorenzo & Pelosi, Paolo. How I ventilate an obese patient. *Critical Care* (2019). 23: 176
27. Schetz M, De Jong A, Deane AM, et al. Obesity in the critically ill: a narrative review. *Intensive Care Med*. (2019) 45: 757
28. Mi Hye Park, Hyun Joo Ahn, Jie Ae Kim, Mikyung Yang, Burn Young Heo, Ji Won Choi, Yung Ri Kim, Sang Hyun Lee, HeeJoon Jeong, Soo Joo Choi, In Sun Song; Driving Pressure during Thoracic Surgery: A Randomized Clinical Trial. *Anesthesiology* 2019;130(3):385-393.
29. Serpa Neto A, Schmidt M, Azevedo LC, Bein T, Brochard L, Beutel G, et al. Associations between ventilator settings during extracorporeal membrane oxygenation for refractory hypoxemia and outcome in patients with acute respiratory distress syndrome: a pooled individual patient data analysis: Mechanical ventilation during ECMO. *Intensive Care Med*. 2016;42:1672–84.