



## PUNTO DE VISTA

# Pausa inspiratoria y espiratoria durante la ventilación con presión de soporte: Maniobras que debemos incorporar en la práctica clínica

## Inspiratory and expiratory pause during pressure support ventilation: Maneuvers that we should incorporate into clinical practice

N. Pavez<sup>a</sup> y L.F. Damiani<sup>b,\*</sup>

<sup>a</sup> Sección Medicina Intensiva, Departamento de Medicina Interna, Universidad de Concepción, Concepción, Chile

<sup>b</sup> Departamento Ciencias de la Salud, Carrera de Kinesiología, Facultad de Medicina, Pontificia Universidad Católica de Chile, Santiago, Chile

Recibido el 25 de mayo de 2021; aceptado el 5 de noviembre de 2021

Disponibile en Internet el 20 de diciembre de 2021

### Introducción

La ventilación con presión de soporte (PSV) es utilizada durante la retirada progresiva de la ventilación mecánica (VM) o para favorecer la ventilación espontánea, cuyos potenciales beneficios (mejor oxigenación y evitar la atrofia diafragmática) deben contraponerse a sus potenciales efectos perjudiciales, tales como sobredistensión en zonas pulmonares dependientes y daño diafragmático por sobrecarga en presencia de esfuerzos respiratorios excesivos o lesión pulmonar severa. La presión de distensión (PD) (como señal de ventilación protectora o perjudicial) es frecuentemente utilizada durante la VM asistida/controlada, sin embargo, su evaluación en modos espontáneos ha sido poco descrita en la literatura. Además, es difícil reconocer a simple vista en la PSV la contribución del esfuerzo generado por la musculatura respiratoria, a menos que se cuente con un balón esofágico.

El objetivo de este artículo es describir el uso de pausas inspiratorias y espiratorias durante la PSV como estimación

de la PD y del esfuerzo inspiratorio, discutiendo sus limitaciones y potenciales implicaciones clínicas.

### Pausa inspiratoria: esfuerzo respiratorio y presión de distensión estática

La factibilidad de una pausa inspiratoria durante la VM en modos espontáneos fue demostrada en los años 90. Pesenti et al.<sup>1</sup> describieron la «maniobra de oclusión de vía aérea» y demostraron que la resistencia y elastancia estimadas en la PSV se correlacionan de buena manera con las mediciones realizadas en VM controlada o utilizando balón esofágico.

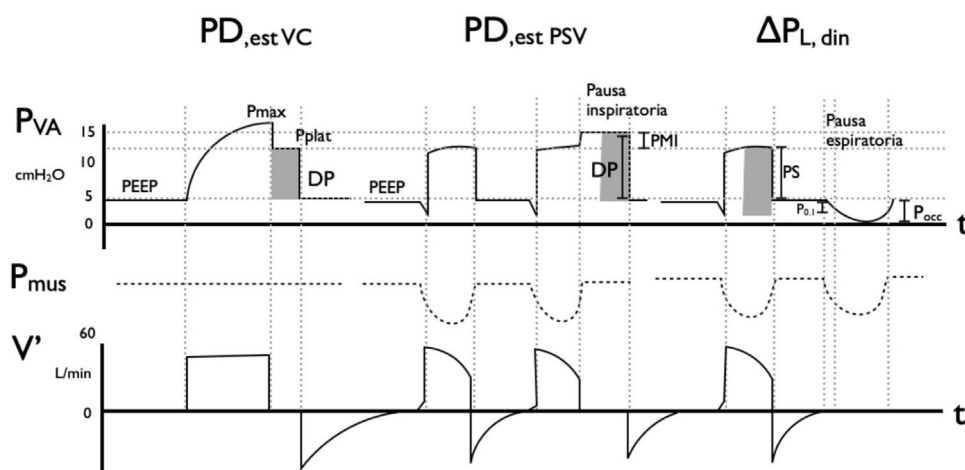
Fundamentalmente, la pausa inspiratoria en PSV permite estimar 2 variables principales: el esfuerzo respiratorio del paciente y la presión de distensión. Sin embargo, para su adecuada interpretación se requiere tener presentes diversas limitaciones.

Durante la PSV, la pausa inspiratoria revela el esfuerzo del paciente con una presión positiva mayor a la presión máxima programada (PS + PEEP) debido a la relajación de los músculos inspiratorios (fig. 1). Este esfuerzo puede ser cuantificado mediante el índice de presión muscular (*pressure muscle index*, PMI)<sup>2</sup>, que corresponde a la diferencia entre el valor de presión meseta o *plateau* ( $P_{plat}$ ) y la presión

\* Autor para correspondencia.

Correo electrónico: [Lfdamiani@uc.cl](mailto:Lfdamiani@uc.cl) (L.F. Damiani).





**Figura 1** Métodos para medir la presión de distensión (PD) en modo controlado por volumen ( $PD_{est\ VC}$ ) y en modo presión de soporte: estático ( $PD_{est\ PSV}$ ) y dinámico ( $\Delta P_{L,din}$ ).

Representación de la curva de presión de vía aérea ( $P_{va}$ ), de la presión muscular ( $P_{mus}$ ) y del flujo en el tiempo. En modo VC con flujo constante, una pausa inspiratoria hace evidente la presión meseta o *plateau* ( $P_{plat}$ ), que representa la presión de retroceso elástico del sistema respiratorio. Al no existir esfuerzo inspiratorio ( $P_{mus} = 0$ ), la diferencia entre  $P_{plat}$  y PEEP es la PD. La presión transpulmonar en PSV depende tanto de la PS como del componente de  $P_{mus}$ ; una pausa inspiratoria permite hacer evidente este esfuerzo, al elevar la curva de presión a un valor mayor al configurado: esta es la  $P_{plat}$  y su diferencia con PEEP es PD. En el modo dinámico, la  $\Delta P_{L,din}$  se estima al sumar la presión de soporte (PS) a  $-2/3$  presión de oclusión (6) ( $P_{occ}$ ). Ambos métodos se correlacionan entre sí, siendo  $\Delta P_{L,din}$  siempre mayor (ya que incluye el componente resistivo del sistema respiratorio). Se representa, además, el PMI, que es  $P_{plat} - (PS + PEEP)$  y que es un indicador de trabajo inspiratorio y la  $P_{0,1}$ , que es la presión medida en los primeros 100 milisegundos de la inspiración y que refleja la intensidad de la demanda del centro respiratorio.

Nota:  $P_{occ}$  es siempre  $\leq 0$  cm H<sub>2</sub>O (negativo con respecto a basal).

máxima programada. El PMI se correlaciona con la presión de musculatura inspiratoria ( $P_{mus}$ ) y con el producto presión tiempo, ambos indicadores del esfuerzo respiratorio.

La PD corresponde a la diferencia entre la  $P_{plat}$  y la PEEP total y su estimación es posible en presencia de una pausa inspiratoria confiable<sup>3</sup>. Una PD elevada ha sido asociada a mayor mortalidad (OR 1,34; 1,12-1,61) en pacientes con SDRA en PSV<sup>4</sup>.

De las limitaciones de  $P_{plat}$  durante PSV, la causa más común corresponde a la presencia de esfuerzo espiratorio (la musculatura no se relaja de manera pasiva), lo que puede incrementar la  $P_{plat}$ . Sin embargo, esta situación solo puede sobrestimar la PD, por lo que una PD baja en estas condiciones supone ausencia de sobredistensión pulmonar global<sup>5</sup>. Se describen 3 patrones posibles luego de una pausa inspiratoria: análogo a pasivo ( $P_{plat} < P_{max}$ ), meseta definida ( $P_{plat}$  estable  $\geq P_{max}$ ) y elevación irregular ( $P_{plat} > P_{max}$  sin meseta establecida)<sup>5</sup>. Solo las 2 primeras permiten medir  $P_{plat}$ , ya que una  $P_{plat}$  sin meseta establecida puede subestimar o sobrestimar la PD. Otros aspectos técnicos para una adecuada medición se describen en la [tabla 1](#).

### La pausa espiratoria es el esfuerzo respiratorio y la presión de distensión transpulmonar dinámica ( $\Delta P_{L,din}$ )

Una pausa espiratoria también puede ser utilizada para detectar esfuerzo inspiratorio excesivo y para predecir la  $\Delta P_{L,din}$ . Esta maniobra mide el cambio de presión durante la oclusión de la vía aérea ( $\Delta P_{occ}$ ) al iniciar una inspiración

espontánea ([fig. 1](#)). A diferencia de la PD estática, este método permite estimar  $\Delta P_{L,din}$  sin hacer una pausa inspiratoria y sus potenciales limitaciones. La predicción de  $\Delta P_{L,din}$  y  $P_{mus}$  a través de  $\Delta P_{occ}$  requiere de la aplicación de un factor de conversión y se estima según las siguientes ecuaciones<sup>6</sup>: [ $\Delta P_{L,din} = (Presión\ pico - PEEP) - 2/3 \times \Delta P_{occ}$ ]; [ $P_{mus} = -3/4 \times \Delta P_{occ}$ ]. Ambos factores de corrección (2/3 y  $-3/4$ ) corresponden a la razón entre las medias de  $\Delta P_{es}$  y  $P_{mus}$  durante respiraciones sin oclusión sobre la media de  $\Delta P_{occ}$ , respectivamente. A pesar de que los límites estimados de concordancia intra- e intersujetos de  $P_{mus}$  y  $\Delta P_{L,din}$  presentaron un rango amplio, la capacidad para detectar un esfuerzo respiratorio excesivo y una  $\Delta P_{L,din}$  elevada fue excelente (AUROC  $> 0,9$ ) en todos los casos. Desde un punto de vista práctico, valores de  $P_{mus} \leq 10$  cm H<sub>2</sub>O y  $\Delta P_{L,din} \leq 15$  cm H<sub>2</sub>O se consideran seguros durante PSV<sup>6</sup>, mientras que la obtención de  $\Delta P_{occ} = 0$  cm H<sub>2</sub>O corresponde a ausencia de esfuerzo, siendo  $\Delta P_{L,din}$  equivalente a la ventilación pasiva. El volumen al final de la espiración constituye un factor relevante en la capacidad diafrágica de generar presión, por lo que  $\Delta P_{occ}$  podría estar subestimado en presencia de atrapamiento aéreo.

Un análisis retrospectivo comparó ambos métodos de medición de PD (estática y dinámica) durante PSV<sup>7</sup>. La correlación fue significativamente positiva ( $R^2$  0,77), alcanzando  $R^2$  0,81 al agregar el componente resistivo a la  $PD_{est}$ <sup>7</sup>; el test de concordancia presentó una diferencia promedio de 1,3 cm H<sub>2</sub>O con un intervalo de confianza al 95% (IC 95%:  $-2,6-5,2$ ). Estos resultados indican que ambos métodos son coherentes y ofrecen información complementaria durante la PSV. Sin embargo, es esperable que el método

**Tabla 1** Consideraciones para la ejecución adecuada de una pausa inspiratoria e interpretación de la presión de distensión en ventilación con presión de soporte

La  $P_{plat}$  puede ser mayor, igual o menor que la presión máxima ( $P_{max} = PEEP + PS$ ); a diferencia de los modos controlados, en los que siempre  $P_{plat}$  es menor que  $P_{max}$

La  $P_{plat}$  debe ser plana y constante, con una ascenso, mantención o descenso inmediato al generar la pausa

Debe realizarse una pausa prolongada (de 2 a 3 segundos) para permitir la relajación de la musculatura respiratoria

Debe constatarse flujo cero durante la pausa inspiratoria

La presencia de pequeñas hendiduras causadas por esfuerzo inspiratorio durante la pausa no descarta la medición, siempre y cuando se haya logrado una meseta estable antes y después de la cisura

La  $P_{plat}$  no puede considerarse fidedigna si presenta una forma curva, disminuye o aumenta en el tiempo, no se llega a 0 en la curva de flujo, si el cambio de  $P_{max}$  a  $P_{plat}$  no es súbito o si se presenta un uso evidente de musculatura espiratoria durante la pausa

La maniobra puede invalidarse con la presencia de impulso ventilatorio alto o de taquipnea, debido tanto a la poca tolerancia como al desarrollo de auto-PEEP

Proponemos realizar 2 a 3 mediciones separadas por al menos un minuto. Además, se recomienda «congelar» la imagen para medir con cursor en el lugar más adecuado

No todos los ventiladores permiten una pausa inspiratoria en modalidades espontáneas: es necesario conocer los equipos que lo permiten

PEEP: presión positiva al final de la espiración;  $P_{max}$ : presión máxima en la vía aérea;  $P_{plat}$ : presión meseta; PS: presión de soporte.

**Tabla 2** Diversos índices de presión de distensión y esfuerzo muscular evaluables en la clínica durante ventilación en presión de soporte

Índice	Técnica de medición	Cálculo	Significado y uso clínico	Observaciones
PMI	Pausa inspiratoria	$P_{plat} - (PEEP + PS)$	PMI se correlaciona con $P_{musc,ei}$ PMI $\leq 6$ indica PTP/min $\leq 125$ cm H <sub>2</sub> O s/min	Requiere $P_{plat}$ válida
$P_{D,est}$	Pausa inspiratoria	$P_{plat} - PEEP$ total	Asociado con aumento de mortalidad Recomendable $\leq 15$ cm H <sub>2</sub> O	Requiere $P_{plat}$ válida y considerar la presencia de auto-PEEP
$P_{musc, predict}$	Pausa espiratoria	$\Delta P_{occ} \times -3/4$	Cuantifica el esfuerzo generado por musculatura inspiratoria Recomendable $\leq 10$ cm H <sub>2</sub> O	Variabilidad entre inspiraciones: promediar entre 3 o más valores
$\Delta P_{L,din}$	Pausa espiratoria	$PS - 2/3$ $\Delta P_{occ}$	Cuantifica la deformación cíclica durante la inspiración Recomendable $\leq 15$ cm H <sub>2</sub> O	Variabilidad entre inspiraciones: promediar entre 3 o más valores
$P_{0,1}$	Pausa espiratoria	Presión medida a los 100 ms	Cuantifica la demanda respiratoria neural Recomendable 1-4 cm H <sub>2</sub> O	Medida por la mayoría de los ventiladores. Puede variar entre ventilaciones

$P_{0,1}$ : presión de oclusión a los primeros 100 milisegundos;  $P_{D,est}$ : presión de distensión estática;  $\Delta P_{L,din}$ : presión transpulmonar dinámica; PMI: índice de presión muscular (*pressure muscle index*);  $P_{musc,ei}$ : presión de musculatura respiratoria al final de la inspiración;  $P_{musc,predict}$ : presión de musculatura respiratoria predicha;  $\Delta P_{occ}$ : presión de vía aérea durante oclusión espiratoria; PTP/min: producto presión/tiempo por minuto.

de medición de PD dinámico obtenga valores más altos de PD que el método estático, al incluir la presión necesaria para vencer la resistencia de la vía aérea.

### Implicaciones clínicas

La PD representa la deformación cíclica a la cual el sistema respiratorio es sometido durante cada ventilación, considerándose un principal factor de mortalidad durante

la VM asistida/controlada. En PSV, esta deformación no solo depende de los parámetros programados y de las propiedades mecánicas del sistema respiratorio sino también del esfuerzo muscular. Así, la estimación de la PD en PSV representa una alternativa de monitorización de la ventilación y de su potencial impacto en el desarrollo de daño pulmonar inducido por el propio paciente (P-SILI). Aunque no hay evidencia suficiente para recomendar un valor de corte específico para la PD durante PSV, un valor  $< 15$  cm H<sub>2</sub>O se

considera seguro<sup>8</sup> y >20-25 cm H<sub>2</sub>O alertan del riesgo de ventilación lesiva. Según nuestra experiencia, sin embargo, en fases tardías de VM y especialmente en pulmones con remodelación fibrótica, es posible encontrar valores altos de PD.

Del mismo modo, un esfuerzo respiratorio adecuado es crucial para favorecer una ventilación protectora pulmonar y diafragmática. Ambos extremos, tanto niveles excesivos como insuficientes, han sido asociados a daño de estructura y función diafragmática<sup>9</sup>. Actualmente no existen estudios prospectivos que evalúen el uso del  $\Delta P_{occ}$  como predictor de  $P_{mus}$  y PMI como valoración del esfuerzo respiratorio. No obstante, su utilización en conjunto con otras medidas no invasivas de evaluación del centro y esfuerzo respiratorio<sup>10</sup>, como la  $P_{0,1}$ , podrían optimizar la terapia ventilatoria (tabla 2).

## Conclusión

Las maniobras de pausa inspiratoria y espiratoria durante la PSV son factibles en la práctica clínica y podrían ser utilizadas como herramienta de monitorización de la PD y del esfuerzo respiratorio. El impacto de una estrategia ventilatoria guiada por estas mediciones sobre los desenlaces clínicos es aún incierto.

## Agradecimientos

Agradecemos al Dr. Guillermo Bugedo (profesor titular del Departamento de Medicina Intensiva de la Pontificia Universidad Católica de Chile) por su valiosa retroalimentación al manuscrito.

## Bibliografía

1. Pesenti A, Pelosi P, Foti G, D'Andrea L, Rossi N. An interrupter technique for measuring respiratory mechanics and the

pressure generated by respiratory muscles during partial ventilatory support. *Chest*. 1992;102:918–23.

2. Foti G, Cereda M, Banfi G, Pelosi P, Fumagalli R, Pesenti A. End-inspiratory airway occlusion: A method to assess the pressure developed by inspiratory muscles in patients with acute lung injury undergoing pressure support. *Am J Respir Crit Care Med*. 1997;156:1210–6.
3. Bellani G, Grassi A, Sosio S, Foti G. Plateau and driving pressure in the presence of spontaneous breathing. *Intensive Care Med*. 2019;45:97–8.
4. Bellani G, Grassi A, Sosio S, Gatti S, Kavanagh BP, Pesenti A, et al. Driving pressure is associated with outcome during assisted ventilation in acute respiratory distress syndrome. *Anesthesiology*. 2019;131:594–604.
5. Soundoulounaki S, Akoumianaki E, Kondili E, Pediaditis E, Prianiakis G, Vaporidi K, et al. Airway pressure morphology and respiratory muscle activity during end-inspiratory occlusions in pressure support ventilation. *Crit Care*. 2020;24:467.
6. Bortoni M, Telias I, Urner M, Long M, del Sorbo L, Fan E, et al. A novel non-invasive method to detect excessively high respiratory effort and dynamic transpulmonary driving pressure during mechanical ventilation. *Crit Care*. 2019;23:346.
7. Teggia-Droghi M, Grassi A, Rezoagli E, Pozzi M, Foti G, Patroniti N, et al. Comparison of two approaches to estimate driving pressure during assisted ventilation. *Am J Respir Crit Care Med*. 2020;202:1595–8.
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;21:199.
9. Goligher EC, Jonkman AH, Dianti J, Vaporidi K, Beitler JR, Patel BK, et al. Clinical strategies for implementing lung and diaphragm-protective ventilation: Avoiding insufficient and excessive effort. *Intensive Care Med*. 2020;46:2314–26.
10. Telias I, Damiani F, Brochard L. The airway occlusion pressure ( $P_{0.1}$ ) to monitor respiratory drive during mechanical ventilation: Increasing awareness of a not-so-new problem. *Intensive Care Med*. 2018;44:1532–5.