



EDITORIAL

Potencia mecánica o el poder de no hacer daño

Mechanical power or the not harming power



Desde hace décadas se ha aplicado la ciencia de los materiales (reología) a la ventilación mecánica (VM) y se ha calculado el trabajo impuesto al sistema respiratorio por el hecho de respirar a través de un ventilador. En este sentido se entiende el pulmón como un cuerpo viscoelástico y, en base a modelos matemáticos, se describe la relación entre la tensión soportada por el sistema respiratorio durante la ventilación (*stress*) y la deformación (*strain*) inducida en él¹.

En este contexto, el grupo de Gattinoni define la potencia mecánica (PM) como la energía transmitida al sistema respiratorio por unidad de tiempo, en J/min, y calcula en pacientes ventilados en volumen control (VCV) la PM multiplicando cada componente de la ecuación de movimiento clásica por la variación de volumen y por la frecuencia respiratoria, incluyendo así la contribución de diferentes factores relacionados con la VM en el daño pulmonar².

$$Power_{rs} = RR \left\{ \Delta V^2 \left[\frac{1}{2} EL_{rs} + RR \frac{1 + I : E}{60 \cdot I : E} R_{aw} \right] + \Delta V \cdot PEEP \right\}$$

RR: *respiratory rate*; ΔV : *tidal volume*; EL_{rs} : *elastance of the respiratory system*; $I : E$: *inspiratory/expiratory time*; R_{aw} : *airway resistance*

El mismo grupo demuestra una correlación entre la lesión producida por el ventilador (VILI) y la PM e incluso establece un umbral de lesión³.

La PM aumenta exponencialmente con el volumen corriente, la *driving pressure* (DP), el flujo y la frecuencia respiratoria y de manera lineal con la PEEP y la resistencia de la vía aérea (R_{aw}), variables descritas como factores asociados a la mortalidad en pacientes ventilados en la cohorte multicéntrica del LUNG SAFE⁴.

Posteriormente, han aparecido múltiples fórmulas simplificadas de la del grupo de Gattinoni y fórmulas específicas para los modos de ventilación por presión, ya que la ecuación para el cálculo de la PM en VCV se basa en un

aumento lineal de la presión en la vía aérea (P_{aw}) durante la inspiración, siendo inadecuado en los modos de presión control (PCV)^{5,6}. Asumiendo una curva cuadrada ideal de P_{aw} durante la inspiración en PCV, el cálculo de la PM se basa en el gradiente de presión inspiratoria (P_{insp})⁷. El problema con tanta variedad de fórmulas es que algunos autores encuentran amplias variaciones de PM en base a la fórmula usada para su cálculo.

En el actual número de *Medicina Intensiva* se publica un estudio de prevalencia de PM elevada en pacientes en VM en la práctica clínica habitual. Es un estudio observacional, multicéntrico e internacional con una cohorte de 372 pacientes procedentes de 133 UCI de 15 países. La mayoría de los pacientes requirieron intubación y VM por insuficiencia respiratoria aguda (33%) o por trastorno neurológico (31%).

Como principal resultado del estudio, los pacientes ventilados en PCV presentaron mayor PM que los ventilados en VCV (19 y 16 J/min, respectivamente). Un 38% de los pacientes tuvieron una PM > 17 J/min, sin diferencias significativas entre los ventilados por volumen o por presión. Queda patente pues en este estudio la alta prevalencia de PM potencialmente dañina en nuestra práctica clínica diaria.

La diferencia de PM encontrada por los autores entre las modalidades de VCV y PCV es consistente con datos previamente publicados. Una explicación para ello sería que la cantidad de energía distribuida por el ventilador varía como consecuencia de la diferencia entre los patrones de flujo conduciendo a distintas curvas P/V⁸. Además, se han descrito gradientes de presión transpulmonar mayores en PCV que en VCV.

Del mismo modo que Amato et al. demuestran que una DP > 15 cmH₂O se asocia a mortalidad en pacientes con síndrome de distrés respiratorio agudo (SDRA) de forma más significativa que la $P_{plateau}$, estudios recientes han sugerido que valores de potencia mecánica > 18-20 J/min también se asocian con mayor mortalidad⁹.

Pero ¿realmente es necesario calcular la potencia mecánica?

Guérin et al. observan una relación lineal entre la DP, la PM, la $P_{plateau}$ y la compliancia en pacientes con SDRA y ven-

Véase contenido relacionado en DOI: <https://doi.org/10.1016/j.medin.2023.10.006>

tilación protectora¹⁰. Pero la PM, al derivarse de la ecuación de movimiento, incorpora parámetros adicionales que no se incluyen en la DP, tales como el flujo o la frecuencia respiratoria, que pueden tener un efecto en la mortalidad en pacientes con SDRA¹¹, por lo que proporciona una estimación adicional de riesgo por encima de la DP sola. Faltan estudios prospectivos para examinar el efecto de una estrategia ventilatoria sobre una PM controlada en comparación con la estrategia de manejo de la DP, pero sería interesante tener una monitorización continua de la PM a pie de cama para minimizar el daño inducido por la VM en nuestros pacientes.

El estudio también plantea investigar los diferentes componentes de la PM estableciendo los subrogados que mejor representan la respuesta pulmonar a la ventilación. En base a ello establecen modelos matemáticos para cada modalidad ventilatoria y eligen el más adecuado usando la herramienta *Akaike Information Criterion* (AIC). El AIC es un estimador de error de predicción, de la calidad relativa de los modelos estadísticos para un conjunto de datos determinado. Los modelos mejor valorados por el sistema AIC contienen subrogados de *strain* y de *strain rate* como en estudios previos, siendo reflejo de este componente viscoelástico del pulmón.

Aunque este estudio es un estudio observacional, tiene como fortalezas un gran tamaño muestral y la participación de 15 UCI diferentes, siendo novedoso el uso de una herramienta estadística como el AIC para determinar cuál es la mejor manera de calcular la PM.

La PM es pues una medida poco utilizada por su dificultad de cálculo en la práctica clínica diaria, por lo que sería conveniente que los sistemas automatizados hicieran el cálculo continuo de esta variable. Otro factor es cómo incorporarla en la actividad diaria de los profesionales; recientemente el estudio LUNG SAFE demostró la poca presencia de la DP en la práctica clínica, a pesar de su simplicidad. Les animamos a profundizar en ella a través de este estudio y a calcularla en sus pacientes ventilados como una variable complementaria al ajustar el ventilador. Ya seamos más partidarios de la DP o de la PM, al final nuestro objetivo debe ser disminuir el daño inducido por la VM por, como dijo el sabio griego, «*primum non nocere*».

Bibliografía

1. Modesto i Alapont V, Aguar Carrascosa M, Medina Villanueva A. Stress, strain y potencia mecánica ¿Es la ingeniería de materiales la respuesta para prevenir la lesión inducida por el ventilador? *Med Intensiva*. 2019;43:165–75.
2. Gattinoni L, Tonetti T, Cressoni M, Cadringer P, Herrmann P, Moerer O, et al. Ventilator-related causes of lung injury: the mechanical power. *Intensive Care Med*. 2016;42:1567–75, <http://dx.doi.org/10.1007/s00134-016-4505-2>.
3. Cressoni M, Gotti M, Chiurazzi C, Massari D, Algieri I, Amini M, et al. Mechanical Power and Development of Ventilator

-induced Lung Injury. *Anesthesiology*. 2016;124:1100–8, <http://dx.doi.org/10.1097/ALN.0000000000001056>.

4. Bellani G, Laffey JG, Pham T, Fan E, Brochard L, Esteban A, et al. LUNG SAFE Investigators; ESICM Trials Group. Epidemiology Patterns of Care, and Mortality for Patients With Acute Respiratory Distress Syndrome in Intensive Care Units in 50 Countries. *JAMA*. 2016;315:788–800, <http://dx.doi.org/10.1001/jama.2016.0291>.
5. Giosa L, Busana M, Pasticci I, Bonifazi M, Macrì MM, Romitti F, et al. Mechanical power at a glance: a simple surrogate for volume-controlled ventilation. *Intensive Care Med Exp*. 2019;7:61, <http://dx.doi.org/10.1186/s40635-019-0276-8>.
6. Aşar S, Acicbe Ö, Çukurova Z, Hergünel GO, Canan E, Çakar N. Bedside dynamic calculation of mechanical power: A validation study. *J Crit Care*. 2020;56:167–70, <http://dx.doi.org/10.1016/j.jcrr.2019.12.027>.
7. Becher T, van der Staay M, Schädler D, Frerichs I, Weiler N. Calculation of mechanical power for pressure-controlled ventilation. *Intensive Care Med*. 2019;45:1321–3, <http://dx.doi.org/10.1007/s00134-019-05636-8>.
8. Rietveld PJ, Snoep JWM, Lamping M, van der Velde F, de Jonge E, van Westerloo DW, et al. Mechanical Power Differs Between Pressure-Controlled Ventilation and Different Volume-Controlled Ventilation Modes. *Crit Care Explor*. 2022;4:e0741, <http://dx.doi.org/10.1097/CCE.0000000000000741>.
9. Serpa Neto A, Deliberato RO, Johnson AEW, Bos LD, Amorim P, Pereira SM, et al., PROVE Network Investigators. Mechanical power of ventilation is associated with mortality in critically ill patients: an analysis of patients in two observational cohorts. *Intensive Care Med*. 2018;44:1914–22, <http://dx.doi.org/10.1007/s00134-018-5375-6>.
10. Guérin C, Papazian L, Reignier J, Ayzac L, Loundou A, Forel JM, Investigators of the Acurasys and Proseva trials. Effect of driving pressure on mortality in ARDS patients during lung protective mechanical ventilation in two randomized controlled trials. *Crit Care*. 2016;20:384, <http://dx.doi.org/10.1186/s13054-016-1556-2>.
11. Tonna JE, Peltan I, Brown SM, Herrick JS, Keenan HT, University of Utah Mechanical Power Study Group. Mechanical power and driving pressure as predictors of mortality among patients with ARDS. *Intensive Care Med*. 2020;46:1941–3, <http://dx.doi.org/10.1007/s00134-020-06130-2>.

Montse Batlle Solà^{a,b,*} y Rafael Fernández Fernández^{b,c}

^a *Critical Care Department, Althaia Xarxa Assistencial Universitària Manresa, Manresa, Barcelona, España*

^b *Grupo 33, Centro de Investigaciones Biomédicas en Red de Enfermedades Respiratorias (CIBERES), Instituto de Salud Carlos III, Madrid, España*

^c *Institut d'Investigació i Innovació I3PT, Sabadell, España*

* Autor para correspondencia.

Correo electrónico: batmontse@gmail.com (M. Batlle Solà).