

¿Sabías qué?

Número 4. Agosto 2021

El desafío de encontrar el nivel óptimo de asistencia en ventilación mecánica de soporte parcial

Introducción

Cada vez es más corto el tiempo que pasa un paciente en una modalidad de soporte total, sedado y adaptado completamente al ventilador. Hace ya varios años la evidencia nos mostró que el tiempo que un paciente se encuentra en ventilación mecánica tiene relación directa con el desenlace.

En los últimos años se ha hecho énfasis en tratar de disminuir el tiempo en el que los pacientes se encuentran profundamente sedados, de hecho, existen propuestas de “no sedación”, y los protocolos de sedación guiada por objetivo son ya un estándar de cuidado. De manera que cada vez son más los pacientes que se encuentran en fase de soporte ventilatorio parcial¹. Algunos pacientes rápidamente lograrán ser destetados del ventilador, y otros, no pocos, permanecerán más tiempo hasta encontrar el balance óptimo entre capacidad y carga que los pone en situación de lograr la ventilación por sus propios medios de una manera sostenida.

El escenario descrito deja entrever parte del desafío al que se enfrenta el equipo de trabajo de la Unidad de Cuidados Intensivos (UCI) respecto de la programación del ventilador en la actualidad. No sólo se debe lograr una aceptable interacción entre paciente y ventilador, sino también establecer estrategias ventilatorias protectoras para el pulmón y para el diafragma. Para lograr estos objetivos resulta primordial colocar al paciente en un nivel aceptable y sostenible de trabajo respiratorio (WOB por sus siglas en inglés: work of breathing)².

Cuánto es el nivel de “trabajo respiratorio óptimo” para un paciente en fase de soporte ventilatorio parcial, es algo que aún no está bien definido en la literatura, tampoco existen guías precisas para el ajuste del nivel de asistencia³. Por otro lado, los métodos para el monitoreo del esfuerzo ventilatorio suelen ser complejos y no se encuentran disponibles a pie de cama generalmente. En este sentido, en los últimos años ha habido un notable avance, se han descrito claramente los efectos negativos de la sobre y la sub-asistencia, y también se han propuesto

maniobras sencillas de monitoreo para estimar el esfuerzo ventilatorio y variables asociadas al impulso ventilatorio.

Nivel de asistencia óptimo

A lo largo de los años ha habido debate respecto de cuánto esfuerzo debemos permitir que haga un paciente en un modo de soporte parcial. En los inicios, en la década del 80, el objetivo principal para programar el nivel de presión de soporte o PC-CSV, era disminuir el esfuerzo ventilatorio del paciente.

Las primeras recomendaciones hablaban de quitar casi por completo el esfuerzo, priorizando el confort, lo que llevaba inevitablemente a frecuencias respiratorias (FR) bajas (alrededor de 16 RPM), con muy poca actividad diafragmática⁴. Otros autores recomendaban como nivel de asistencia óptimo el nivel presión que logre minimizar los cambios en la presión transdiafragmática, encontrando que esto se asociaba con una FR de 20 RPM y un Volumen Tidal (VT) de 11,7 ml/kg⁵.

En 1995 Amal Jubran y Martin Tobin⁶, propusieron que una PTP_{insp}/min (producto presión tiempo inspiratorio/minuto) $< 125 \text{ cmH}_2\text{O}\cdot\text{s}/min$ representaba un nivel deseable de esfuerzo inspiratorio para pacientes en PC-CSV, y encontraron que una FR de 30 RPM predecía este valor de esfuerzo con una alta precisión.

Si bien esta última propuesta parece ser la más aceptada en nuestros días, no se cuenta con valores de corte precisos que definan rangos seguros de esfuerzo, así como tampoco umbrales seguros de actividad del diafragma². Sobre lo que sí parece haber consenso, es acerca de la necesidad de titular la asistencia monitorizando de alguna manera el nivel de esfuerzo que realiza el paciente.

Una errónea titulación del nivel de asistencia podría ser riesgoso para el paciente. La sub-asistencia expone al paciente a fatiga de los músculos respiratorios, hipoventilación y acidosis respiratoria, injuria diafragmática, y en los pacientes más graves, con pulmones menos aireados y alto drive ventilatorio, a P-SILI, definida como la injuria pulmonar que el propio paciente podría infringirse, asociada principalmente con el fenómeno de “pendelluft”.

Por otra parte, la sobre-asistencia, expone al paciente a depresión del centro respiratorio



por alcalosis respiratoria asociada a exceso de ventilación; atrofia del diafragma por desuso, ya que el músculo participa poco de la respiración; disturbios en el sueño; y asincronía paciente ventilador, entre otros⁷.

Si bien ambas situaciones son potencialmente riesgosas para el paciente, es probable que estemos bastante entrenados en detectar a los pacientes que están sub-asistidos, quizás debido a que el cuadro es más florido: es un paciente visiblemente incómodo, que utiliza músculos accesorios para respirar, quizás hasta se encuentre sudoroso, con caída de la saturación de oxígeno (SpO_2), y con alarmas que suenan activamente. Por el contrario, hasta hace 2 o 3 años, se hablaba muy poco de la sobre-asistencia, y menos aún de las consecuencias negativas de la misma³.

Quizás sea por esto por lo que nos cuesta encontrar en la sobre-asistencia un potencial problema para el paciente. A pie de cama, el cuadro no es tan atractivo, el paciente por lo general se encuentra algo dormido, tranquilo, sus signos vitales no nos informan nada malo, el paciente respira lento, y el VT que gana generalmente es aceptable y hasta un poco por arriba de lo "normal". Es por todo esto que probablemente la sobre-asistencia sea un fenómeno "sub-detectado".

Sin embargo, en un estudio reciente que analizó una cohorte de pacientes en PC-CSV se reportó que se produjo sobre-asistencia en el 37-48% de los pacientes³. Este estudio nos demuestra que este fenómeno sub detectado tiene una incidencia relativamente alta.

El nivel de asistencia puede afectar el patrón ventilatorio del paciente

Durante la ventilación mecánica de soporte parcial, el tórax se encuentra bajo el efecto de dos generadores de presión: la bomba muscular y el ventilador mecánico. De la interacción que exista entre la magnitud del esfuerzo ventilatorio del paciente y la cantidad de gas que pone el ventilador en los pulmones, depende en gran medida, que el paciente encuentre el patrón ventilatorio que lo acerca al "óptimo", en el que realiza un nivel de esfuerzo aceptable y en sincronía con el ventilador.

Durante la ventilación espontánea, natural, la ganancia de volumen corriente tiene una relación lineal con la magnitud del esfuerzo muscular. Cada vez que la persona necesite cambiar su volumen minuto ventilatorio (VE), lo hará principalmente mediante la variación del esfuerzo muscular⁸. Nuestro sistema de control ventilatorio funciona desde que nacemos hasta que morimos de manera continua. El centro respiratorio ubicado en el bulbo raquídeo recibe aferencias constantes que le sirven para modular la magnitud del esfuerzo muscular ventilatorio. Si bien no es la única aferencia (aunque probablemente sea la más importante en el paciente crítico), el llamado feedback químico consiste en una serie de señales que llegan desde receptores periféricos al centro respiratorio⁹. Estos receptores sensan los cambios en la PaO_2 (Presión arterial de oxígeno), la $PaCO_2$ (Presión arterial de dióxido de carbono) y el pH de la sangre arterial.

El sistema tiene como fin evitar que las variaciones continuas en el consumo de O_2 y en la producción de CO_2 producto del metabolismo del organismo, generen cambios bruscos en PaO_2 , $PaCO_2$ y pH. Para evitar estos cambios se acomoda el VE a la demanda metabólica actual, el efector final es el grupo de músculos respiratorios con el diafragma

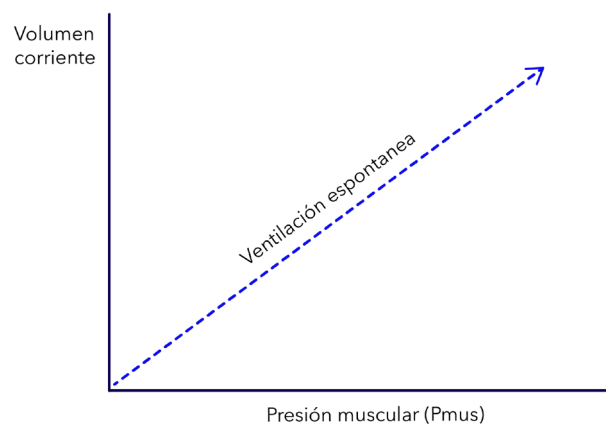


Figura 1: Relación entre esfuerzo ($PMus$) y ganancia de volumen en un individuo en ventilación espontánea. En condiciones normales existe una relación lineal entre ambas variables. Ante un aumento de la demanda metabólica, el sujeto acomoda el VE aumentando la $PMus$, lo contrario sucede ante un descenso de la demanda metabólica. En esta situación el acoplamiento neuro-ventilatorio es óptimo. **Fuente:** elaboración propia

como principal actor.

A esta relación estrecha entre esfuerzo respiratorio y ganancia de volumen se la conoce como "acoplamiento neuroventilatorio" (Ver figura 1) Cuando los pacientes se encuentran ventilados en modos de presión como presión de soporte (PC-CSV), el nivel de asistencia puede afectar el acople entre esfuerzo y ganancia de volumen (acople neuro-ventilatorio) y en consecuencia el patrón ventilatorio¹⁰. La explicación se encuentra en la interacción que se genera entre la mecánica del sistema respiratorio y el principio de funcionamiento del propio modo.

En PC-CSV, una vez superado el umbral de disparo, el ventilador pondrá en la vía aérea del paciente un nivel de presión constante y pre-programado por el operador, esto generará una ganancia de volumen mínima que estará principalmente determinada por la magnitud de la presión puesta por el ventilador (Pvent) y la complacencia del sistema respiratorio⁹ (ver Figura 2). Esta ganancia de volumen puede tener poca o nula relación con el esfuerzo del paciente y además puede sugerir falsamente que el paciente está participando activamente de la respiración.

En situaciones en que el volumen minuto generado exceda la demanda ventilatoria del sujeto, el esfuerzo ventilatorio del mismo podría llegar a ser igual a cero, lo que culminaría en una apnea central tan pronto como se alcance el

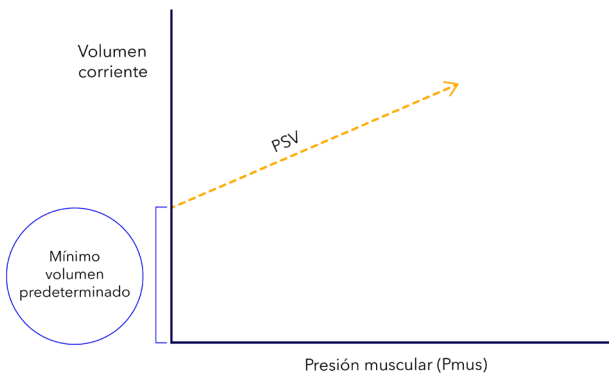


Figura 2: Relación entre esfuerzo (Pmus) y ganancia de volumen en PC-CSV. A diferencia de lo que se observa en la Figura 1, por debajo de cierto nivel de Pmus se pierde la relación entre esfuerzo y ganancia de volumen. El paciente pierde control sobre la magnitud del VT, quedando el mismo principalmente determinado por Pvent y la complacencia del sistema respiratorio. **Fuente:** elaboración propia

umbral apnea¹¹ (ver Figura 3).

En situaciones como la representada en la Figura 3, el paciente pierde la capacidad de modular con su esfuerzo la cantidad de gas que ingresa a sus pulmones en cada ciclo respiratorio; en definitiva, el sistema de control ventilatorio pierde su eficiencia.

Incluso habiendo conseguido programar el nivel de presión de soporte óptimo, el operador ha encontrado la programación para un momento determinado, con una determinada demanda

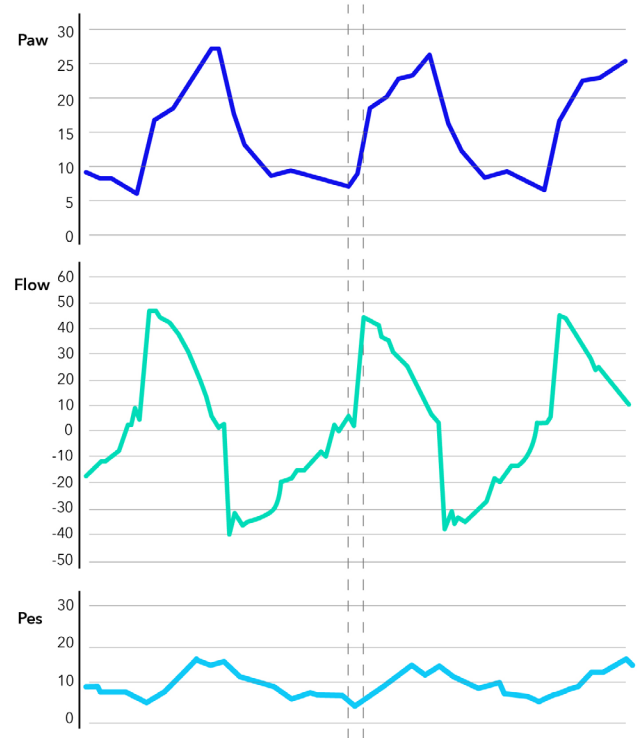


Figura 3: Sobre asistencia en un paciente ventilado en modo PC-CSV. Se observa que la curva de flujo/tiempo tiene una morfología similar a la que vemos en un paciente en PC-CMV sedado y adaptado completamente al ventilador. La pendiente de caída del flujo está determinada casi únicamente por la constante de tiempo del sistema. Como se aprecia en la curva de presión esofágica el paciente dispara el ciclo y rápidamente relaja sus músculos respiratorios (espacio entre líneas de puntos). No existe relación entre esfuerzo y VT. El paciente ha perdido el control sobre el VE y, en consecuencia, la eficiencia de su propio sistema de control ventilatorio.

Fuente: Elaboración propia



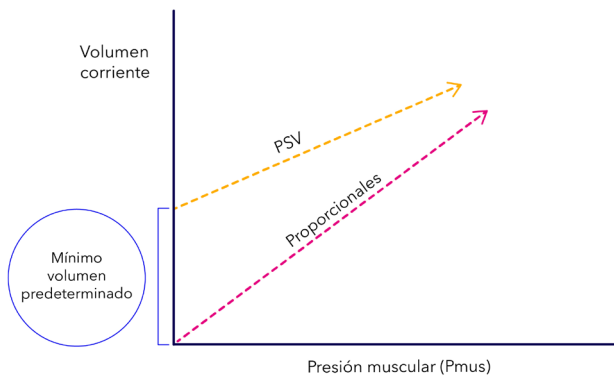


Figura 4: Relación entre esfuerzo (P_{Mus}) y ganancia de volumen en ventilación proporcional asistida. En PAV+ siempre la ganancia de VT es una consecuencia de la contracción muscular. Se le entrega al paciente el control sobre la magnitud del VT, y en consecuencia, se le devuelve al paciente el control ventilatorio. **Fuente:** Elaboración propia

ventilatoria. Situaciones como dolor, ansiedad, delirio, fiebre, o administración de sedantes, analgésicos, antipiréticos, etc., producen cambios constantes en la demanda ventilatoria del paciente.

De esta manera, un paciente en presión de soporte puede pasar en reiteradas ocasiones de la sub-asistencia a la sobre asistencia, encontrando también por momentos la asistencia óptima. Esta situación conlleva al programador a efectuar cambios reiterados del nivel de asistencia con el fin de sostener al paciente dentro de un determinado rango de esfuerzo ventilatorio.¹²

Modos proporcionales y patrón ventilatorio

Una de las principales diferencias entre los modos proporcionales y PC-CSV, es que en los primeros la cantidad de gas que el ventilador administra

a los pulmones siempre está determinada por el esfuerzo del paciente: es el propio paciente el que manipula mediante su esfuerzo la salida de gas del ventilador.

En la Figura 4 vemos como en los modos proporcionales se mantiene la relación "normal" entre esfuerzo y ganancia de volumen, no existe el llamado "volumen corriente mínimo"¹³ típico de un modo de presión de soporte. En la ventilación asistida proporcional al igual que en la ventilación espontánea, para que ingrese volumen al sistema debe haber contracción muscular, y la magnitud de la ganancia de volumen tiene una relación directa y lineal con la magnitud del esfuerzo realizado por el paciente. Por lo tanto, el paciente no puede mantener una ventilación adecuada sin al menos algo de contracción de los músculos respiratorios.

Todo esto conlleva a importantes ventajas fisiológicas tales como: la preservación del estímulo químico como mecanismo modulador del esfuerzo y en consecuencia del VT, un mejor acoplamiento neuro-ventilatorio¹⁴, una mejor interacción entre paciente y ventilador¹⁵, una mayor utilización de los músculos del paciente lo que podría tener impacto en la prevención de atrofia por desuso¹⁶, y la preservación de los mecanismos reflejos que protegen al paciente de una distensión excesiva (mediados por el reflejo de Hering- Breuer)⁹, entre otros.

Abordaremos estos importantes tópicos con mayor detalle en los próximos lanzamientos de **"¿Sabías qué?"**.





Emiliano Gogniat

- Senior Clinical Specialist Respiratory & Monitoring Solutions, Medtronic
- Lic. en Kinesiología y Fisiatría. Universidad de Buenos Aires.
- Especialista en Kinefisiatría Respiratoria Crítica. Universidad Nacional de San Martín.
- Subdirector del Comité de Neumonología Crítica de la Sociedad Argentina de Terapia Intensiva
- Director del Curso Superior de Kinesiología en Cuidados Intensivos de la Sociedad Argentina de Terapia Intensiva
- Miembro del Capítulo de Kinesiología Intensiva de la Sociedad Argentina de Terapia Intensiva.

Referencias y bibliografía

- 1. Esteban A, Frutos-Vivar F, Muriel A, et al. Evolution of mortality over time in patients receiving mechanical ventilation. *Am J Respir Crit Care Med.* 2013 Jul 15;188(2):220-30.
- 2. Scheppen T, Danti J. Diaphragm protection: what should we target? *Curr Opin Crit Care.* 2020 Feb;26(1):35-40.
- 3. Pletsch-Assuncao R, Caleffi Pereira M, Ferreira J, et al. Accuracy of Invasive and Noninvasive Parameters for Diagnosing Ventilatory Overassistance During Pressure Support Ventilation. *Crit Care Med.* 2018 Mar;46(3):411-417.
- 4. MacIntyre N. Respiratory function during pressure support ventilation. *Chest.* 1986 May;89(5):677-83.
- 5. Kimura T, Takezawa J, Nishiwaki K, et al. Determination of the optimal pressure support level evaluated by measuring transdiaphragmatic pressure. *Chest.* 1991 Jul;100(1):112-7.
- 6. Jubran A, Van de Graaff W, Tobin M. Variability of patient-ventilator interaction with pressure support ventilation in patients with chronic obstructive pulmonary disease. *Am J Respir Crit Care Med.* 1995 Jul;152(1):129-36
- 7. de Vries H, Jonkman A, Shi Z, et al Assessing breathing effort in mechanical ventilation, physiology and clinical implications. *Ann Transl Med.* 2018 Oct;6(19):387.
- 8. W Patrick W, Webster K, Puddy A, et al. Respiratory response to CO2 in the hypocapnic range in awake humans. *J Appl Physiol (1985).* 1995 Dec;79(6):2058-68.
- 9. Vaporidi K, Akoumianaki E, Telias I, et al. Respiratory Drive in Critically Ill Patients. Pathophysiology and Clinical Implications. *Am J Respir Crit Care Med.* 2020 Jan 1;201(1):20-32.
- 10. Carreaux G, Córdoba-Izquierdo A, Lyazidi A, et al. Comparison Between Neurally Adjusted Ventilatory Assist and Pressure Support Ventilation Levels in Terms of Respiratory Effort. *Crit Care Med.* 2016 Mar;44(3):503-11.
- 11. Georgopoulos D, Mitrouska I, Bshouty Z, et al. Respiratory Response to CO2 during Pressure-support Ventilation in Conscious Normal Humans. *Am J Respir Crit Care Med.* 1997 Jul;156(1):146-54.
- 12. Xirouchaki N, Kondili E, Klimthianaki M, et al. Is proportional-assist ventilation with load-adjustable gain factors a user-friendly mode? Xirouchaki, Georgopoulos. *Intensive Care Med (2009)* 35:1599-1603
- 13. Vaporidi K. NAVA and PAV for lung and diaphragm protection. *Curr Opin Crit Care.* 2020 Feb;26(1):41-46.
- 14. Schmidt M, Kindler F, Cecchini J, et al. Neurally adjusted ventilatory assist and proportional assist ventilation both improve patient-ventilator interaction. *Crit Care.* 2015 Feb 25;19(1):56.
- 15. Xirouchaki N, Kondili E, Vaporidi K, et al. Proportional assist ventilation with load-adjustable gain factors in critically ill patients: comparison with pressure support. *Intensive Care Med.* 2008 Nov;34(11):2026-34.
- 16. Bosma K, Read B, Bahrgard Nikoo M, et al. A Pilot Randomized Trial Comparing Weaning From Mechanical Ventilation on Pressure Support Versus Proportional Assist Ventilation. *Crit Care Med.* 2016 Jun;44(6):1098-108.

Contenido sólo para profesionales de la salud.

© 2022 Medtronic. Reservados todos los derechos. Medtronic, el logo de Medtronic y Otros, son en conjunto, marcas registradas de Medtronic. Todas las demás marcas son marcas registradas de una compañía Medtronic. Covidien es una compañía que forma parte del grupo Medtronic.



Medtronic