



Ventilación mecánica invasiva controlada por presión versus controlada por volumen en pediatría. Una revisión narrativa

Pedro Taffarel¹ , Jorge Palmeiro¹ 

RESUMEN

La asistencia ventilatoria mecánica invasiva (AVMi) es ampliamente utilizada en las unidades de cuidados intensivos pediátricos. La infección respiratoria aguda baja es su principal indicación; se caracteriza por un aumento de las resistencias inspiratorias y espiratorias y disminución de la distensibilidad pulmonar; puede progresar a un síndrome de dificultad respiratoria aguda, lo cual plantea un desafío en la optimización de la AVMi.

Aunque se presume que los distintos modos ventilatorios no generan diferencias clínicas significativas, en pediatría existe una marcada preferencia por el modo de presión controlada. En cuadros con predominio obstructivo, el modo de volumen controlado garantiza la ventilación independientemente del grado de resistencia inspiratoria, permitiendo extender el tiempo espiratorio y prevenir la hiperinsuflación. En patologías restrictivas, la presión controlada permite ajustar la ventilación a parámetros de protección, con el riesgo potencial de inducir daño por mayor flujo.

Se revisan las bases fisiológicas de los distintos modos ventilatorios y su aplicación clínica.

Palabras clave: unidades de cuidado intensivo pediátrico; bronquiolitis; ventilación mecánica; perfiles de flujo.

doi (español): <http://dx.doi.org/10.5546/aap.2025-10730>

doi (inglés): <http://dx.doi.org/10.5546/aap.2025-10730.eng>

Cómo citar: Taffarel P, Palmeiro J. Ventilación mecánica invasiva controlada por presión versus controlada por volumen en pediatría. Una revisión narrativa. Arch Argent Pediatr. 2025;e202510730. Primero en Internet 25-SEP-2025.

¹ Unidad de Terapia Intensiva, Hospital General de Niños Pedro de Elizalde, Ciudad Autónoma de Buenos Aires. Argentina.

Correspondencia para Pedro Taffarel: pedrotaffarel@hotmail.com

Financiamiento: Ninguno.

Conflicto de intereses: Ninguno que declarar.

Recibido: 2-4-2025

Aceptado: 8-7-2025



Esta obra está bajo una licencia de Creative Commons Atribución-No Comercial-Sin Obra Derivada 4.0 Internacional. Atribución — Permite copiar, distribuir y comunicar públicamente la obra. A cambio se debe reconocer y citar al autor original. No Comercial — Esta obra no puede ser utilizada con finalidades comerciales, a menos que se obtenga el permiso. Sin Obra Derivada — Si remezcla, transforma o crea a partir del material, no puede difundir el material modificado.

INTRODUCCIÓN

La asistencia ventilatoria mecánica invasiva (AVMi) es una práctica habitual en unidades de terapia intensiva pediátrica (UTIP), no exenta de complicaciones.¹ Para mitigar su impacto negativo, se impone la necesidad de programas de formación en AVMi y la adherencia a recomendaciones.²⁻⁵

En pediatría, el modo ventilatorio de preferencia es el de presión controlada (PC), por sobre el de volumen controlado (VC).^{6,7} La elección de cualquiera de estos modos es indistinta en la práctica, ya que los datos disponibles no sugieren ninguna diferencia en los resultados clínicos.⁸

Se han sostenido algunas premisas –no siempre respaldadas por la evidencia– que atribuyen ventajas específicas a ciertos modos ventilatorios. Entre ellas, se postula que el modo PC sería más fisiológico por la forma en que administra el flujo inspiratorio, que permitiría limitar el daño pulmonar inducido, que en patologías restrictivas favorecería el reclutamiento alveolar y la oxigenación, y que resultaría más confortable en ventilación asistida. Por otro lado, el modo VC suele considerarse más adecuado para la evaluación de la mecánica pulmonar y la ventilación en patologías obstructivas.^{8,9}

Nos propusimos realizar este manuscrito con el objetivo de abordar los principios fisiológicos de los principales modos ventilatorios y su aplicación en la práctica clínica pediátrica.

PATRONES CLÍNICOS EN PEDIATRÍA

Se supone que un determinado patrón clínico absoluto (obstructivo o restrictivo) puede orientar el modo ventilatorio por utilizar. Dicha segmentación no es tan clara en pediatría, donde las principales causas de ingreso a AVMi son las de origen respiratorio,⁶ entre ellas la infección respiratoria aguda baja (IRAB); el virus sincicial respiratorio (VRS) es su etiología más frecuente.¹⁰⁻¹²

El cambio fisiopatológico en la bronquiolitis es la obstrucción de las vías respiratorias pequeñas, con el consecuente aumento de la resistencia inspiratoria y espiratoria, atrapamiento aéreo, disminución de la distensibilidad pulmonar e hipoxemia. Esto se asocia a colapso alveolar, aumento del espacio muerto y cortocircuito pulmonar.¹³ Una proporción de estos pacientes evolucionará a un síndrome de dificultad respiratoria aguda pediátrico (SDRAP).⁴ En un estudio realizado en 47 UTIP, el 44 % de

472 lactantes con IRAB (el 75 % con rescate viral) cumplió criterios de SDRAP al día 1 de AVMi.¹⁴

El tratamiento de la bronquiolitis consiste en medidas de sostén y se apoya en recomendaciones.¹⁵ En su forma grave, puede clasificarse en fenotipos: apneas en menores de 1 mes, patrones obstructivos y/o restrictivos en lactantes de 1 a 6 meses, y una expresión similar al asma en mayores de 6 meses.¹⁶

Se han publicado escasos estudios que evalúan la mecánica pulmonar en IRAB con AVMi.¹⁷⁻²³ Cruces observó que, en 16 pacientes, el componente elástico del sistema respiratorio involucrado en la presión de trabajo es el más comprometido.¹⁷ En sintonía con este hallazgo, en otra cohorte de 31 pacientes, se halló una correlación lineal entre la distensibilidad y la capacidad residual funcional.²¹ Sin embargo, esta asociación podría ser inversa con mayores valores programados de presión espiratoria al final de la espiración (PEEP), dado que estos pacientes tienden a la sobredistensión.^{20,21}

Andreolio y Burrati describieron, en cohortes de 64 y 37 lactantes respectivamente (VRS predominante), altas resistencias inspiratorias y espiratorias, acompañadas de distensibilidad disminuida.^{18,23}

Lo expuesto refleja que la IRAB no respeta patrones absolutos y que, instaurada la AVMi, la heterogeneidad de este síndrome determina que la ventilación en estos pacientes sea un desafío.

PRINCIPIOS FISIOLÓGICOS DE LOS MODOS VENTILATORIOS: PRESIÓN CONTROLADA Y VOLUMEN CONTROLADO

A fin de ser didácticos, nos referiremos a la entrega con flujo descendente para el modo PC y flujo constante para el modo VC. Dicha forma de entrega es consecuencia del gradiente de presión entre el ventilador y la presión alveolar.

El modo PC es considerado un modo de baja presión y el gradiente es el resultante entre la presión inspiratoria máxima (PIM) programada y la presión alveolar. A medida que el aire ingresa y aumenta la presión alveolar, el gradiente desciende y, con él, el volumen; como consecuencia, la entrega es exponencial.

El modo VC es considerado un modo de alta presión, en referencia a la presión que ejerce el dispositivo, del orden de los 80 a 5000 cmH₂O. En consecuencia, a medida que ingresa el aire y aumenta la presión alveolar, el descenso del gradiente es insignificante y el volumen ingresa en forma constante.^{24,25}

De esto se deduce que, en PC, el ventilador entrega aire hasta que se igualan la PIM y la presión alveolar (flujo cero), lo que puede coincidir o no con el tiempo inspiratorio (Ti) pautado. En VC, como el gradiente es alto, el volumen se entrega completo dentro del Ti programado, sin necesidad de igualación de presiones (*Figura 1*).

CONSTANTE DE TIEMPO Y VINCULACIÓN ENTRE LOS MODOS VENTILATORIOS

La constante de tiempo (CT) es un concepto clave para entender cómo funciona la ventilación mecánica. Esta es el producto de la distensibilidad por la resistencia, siendo única, propia del sistema. A fines didácticos, segmentaremos la CT durante la inspiración (CT_{INSP}) y durante la espiración (CT_{ESP}).

Una CT describe las características de equilibrio entre presión, flujo y volumen entre dos puntos en el circuito paciente-ventilador, representa la segmentación de los tiempos inspiratorios y espiratorios en períodos variables, pero con porcentajes fijos.²⁶

En el caso de la CT_{ESP} el modo ventilatorio actuante es indistinto, dado que la espiración es pasiva y la salida de aire dependerá del gradiente entre la presión alveolar y la atmosférica o PEEP programada. Se estima que con 45 cmH₂O la mayoría de los alvéolos se encuentran reclutados,²⁷ por lo que la espiración se comporta como un sistema de baja presión donde la salida de aire será exponencial.

La CT_{ESP} representa el tiempo en el que dicho cambio exponencial se completaría si la tasa de cambio se mantuviera en su nivel inicial y será el 63 % del volumen pautado en cada CT, así, el 63 %, el 86 %, el 95 %, el 98 % y el 99 % del volumen será exhalado en sucesivas CT.²⁶ Si el tiempo espiratorio (Te) respeta las cinco CT, se igualarán las presiones en ambos extremos del circuito y la PEEP total [PEEPt = intrínseca (PEEPi) + programada] será igual a la PEEP programada, mientras que, si el Te es menor, la exhalación será incompleta ($PEEPt > PEEP$)²⁸ (Anexo: mediciones de CT_{ESP})²⁹.

En relación con la CT_{INSP} , en el modo PC se da un fenómeno similar al que se da en espiración, dado el bajo gradiente de presión (PIM - alveolar), la entrega de aire será exponencial hasta igualar las presiones en ambos extremos (flujo cero), cuando se cumplan las cinco CT_{INSP} . Si esto no sucede antes del Ti programado, no habrá flujo cero, el volumen previsto no será entregado en su totalidad y el gradiente de presión seguirá vigente

al final de la inspiración (*Figura 2*).^{17,23,28} Esta premisa también se aplica al modo adaptativo volumen controlado regulado por presión, que intenta garantizar el volumen preestablecido con la menor presión posible.^{30,31}

En modo VC, al ser el gradiente de presión amplio, solo seguirá una entrega exponencial si el volumen resultante de ese gradiente es aceptado por el pulmón; como esto es incompatible, y solo se entrega el volumen programado, lo hará en forma constante y asegurado, independiente de la CT_{INSP} del sistema.

MODOS VENTILATORIOS Y SU RELACIÓN CON LA PRÁCTICA CLÍNICA

Al comprender la forma de entrega de gas de los modos ventilatorios y su relación con las CT, podemos analizar su impacto en la práctica clínica.

Como se mencionó, difícilmente se presenten patrones ventilatorios absolutos en la práctica habitual, lo que presupone una complejidad a la hora de elegir y programar el modo y los parámetros de AVMI. Sin embargo, mediante un adecuado monitoreo de los distintos componentes de la presión de trabajo, es posible identificar tendencias (*Figura 3*).^{17,32,33}

En este apartado, intentaremos reflejar las implicancias de los distintos modos ventilatorios y sus consecuencias según las distintas patologías y otras consideraciones.

Patología restrictiva (SDRAP)

Tradicionalmente se ha sostenido que, en este tipo de entidad, el modo controlado por presión (PC) favorecería un mayor reclutamiento alveolar y mejor oxigenación, en relación con su particular forma de entrega del gas. En la *Tabla 1*, ejemplo A, se observa que un mayor volumen alveolar (indicativo de reclutamiento) está disponible en forma más precoz para el intercambio gaseoso. Sin embargo, esta afirmación carece de un respaldo sólido en la evidencia disponible.⁸

También se desprende del ejemplo A, dada la CT_{INSP} baja (baja distensibilidad), que en el tiempo pautado se habrán igualado las presiones entre el ventilador y el alvéolo, y como consecuencia la PIM y la presión meseta (PM: presión en vía aérea al final de la inspiración) serán idénticas. Esto permite evaluar en forma directa la presión de distensión (*driving pressure*) (DP: PM - PEEP) y ajustarla a parámetros de protección (<15 cmH₂O).³⁻⁵

En relación con la CT_{ESP} , una adecuada PEEP que evite el colapso alveolar permitiría prolongarla como consecuencia del mayor gradiente de presión, posibilitando el vaciado.²⁶

Patología obstructiva con aumento de la resistencia inspiratoria

En la *Tabla 1*, ejemplo B, se observa que, en PC, al finalizar el Ti aún habrá gradiente de presión en el circuito ventilador-paciente. Como consecuencia, la PIM será mayor a la PM y el volumen administrado será menor que el previsto. Esto es puesto en evidencia en un reciente estudio de laboratorio, que evalúa la ventilación con flujo desacelerado y demuestra la sobreestimación de la PIM frente a la PM al aumentar la resistencia en los tubos endotraqueales (TET) más pequeños, mediante mediciones de la presión traqueal y eliminando el componente de resistencia del TET.²⁸ En concordancia, estudios clínicos resaltan esta particularidad. Buratti demostró que la PIM no resulta precisa para estimar la PM en

lactantes con IRAB, con una diferencia media de $7,3 \text{ cmH}_2\text{O}$.²³

Esto adquiere relevancia, ya que el aumento de resistencias inspiratorias y espiratorias es un fenómeno común en la AVMi pediátrica. Bruno, en un estudio con 113 pacientes (mediana de edad: 5 meses), evidenció resistencias elevadas no solo en aquellos con diagnóstico de enfermedad obstructiva, sino también en la cohorte con lesión pulmonar.¹⁹

Como se mencionó, la IRAB es heterogénea en su presentación.¹⁶ Cruces compara una cohorte de pacientes con asma grave ($n = 11$) con otra de bronquiolitis grave ($n = 16$) y establece como valor discriminador entre ambas entidades una diferencia PIM - PM de $8,7 \text{ cmH}_2\text{O}$ para el grupo asma.³⁴

Las alternativas para asegurar la entrega de volumen en modo PC son aumentar la PIM o prolongar el Ti (*Figura 2*), con el riesgo de reducir el Te y favorecer la hiperinsuflación. Otra opción es ventilar en VC (*Tabla 1*, ejemplo B), donde la ventilación se asegura durante el Ti programado,

TABLA 1. Patrones clínicos y modos ventilatorios

Ejemplo A: Patrón restrictivo. Paciente de 2 meses de edad y 8 kg de peso, con diagnóstico de IRAB con $CT_{insp.}$ de 0,1 segundos y parámetros de la AVMi con un Ti de 0,5 segundos y VT de 6 ml/kg

Presión controlada			Volumen controlado	
Tiempo	CT	Volumen	Tiempo	Volumen
0,1	1	30 ml	0,1	9,6 ml
0,2	2	41 ml	0,2	19 ml
0,3	3	45 ml	0,3	29 ml
0,4	4	47 ml	0,4	38 ml
0,5	5	48 ml	0,5	48 ml

En poco más de la mitad del Ti programado, en el modo PC se habrá entregado el 95 % del volumen previsto (3 CT) dada su entrega exponencial, mientras que solo se habrá entregado el 60 % en el modo VC, dada su entrega constante.

Ejemplo B: Patrón obstructivo. Paciente de 2 meses de edad y 8 kg de peso, con diagnóstico de IRAB con $CT_{insp.}$ de 0,3 segundos y parámetros de la AVMi con un Ti de 0,5 y VT de 6 ml/kg

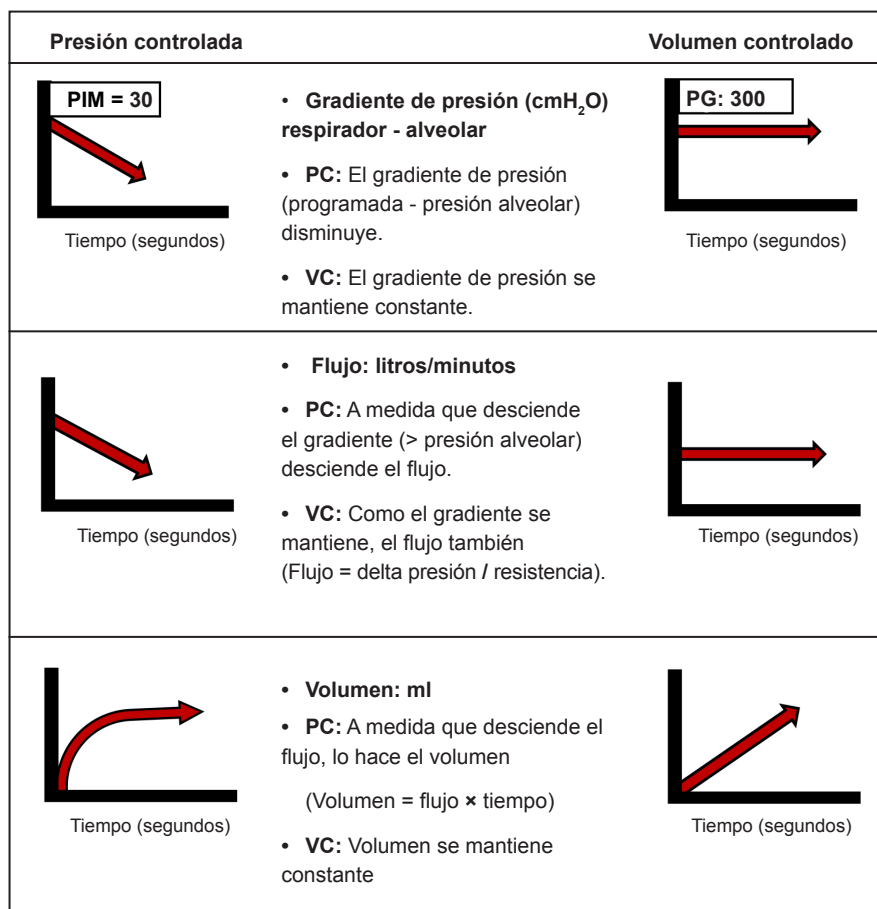
Presión controlada			Volumen controlado	
Tiempo	CT	Volumen	Tiempo	Volumen
0,1	-	-	0,1	9,6 ml
0,2	-	-	0,2	19 ml
0,3	1	30 ml	0,3	29 ml
0,4	-	-	0,4	38 ml
0,5	1,7	37 ml	0,5	48 ml

Al finalizar el tiempo programado (Ti), en el modo PC solo se habrá administrado el 78 % (1,7 CT) del volumen previsto, mientras que en el modo VC se habrá entregado el volumen total.

IRAB: infección respiratoria aguda baja; $CT_{insp.}$: constante de tiempo inspiratoria; Ti : tiempo inspiratorio;

AVMi: asistencia ventilatoria mecánica invasiva; VT: volumen corriente.

Tiempo: en segundos.

FIGURA 1. Forma de entrega de gas de los modos ventilatorios


PC: presión controlada; VC: volumen controlado; PIM: presión inspiratoria máxima (cmH₂O); PG: presión generador (cmH₂O); * 300 cmH₂O: número arbitrario a modo de ejemplo.

Extraído y modificado de Manual de Ventilación Mecánica Pediátrica y Neonatal.²⁴

permitiendo un Te suficiente para el vaciado.

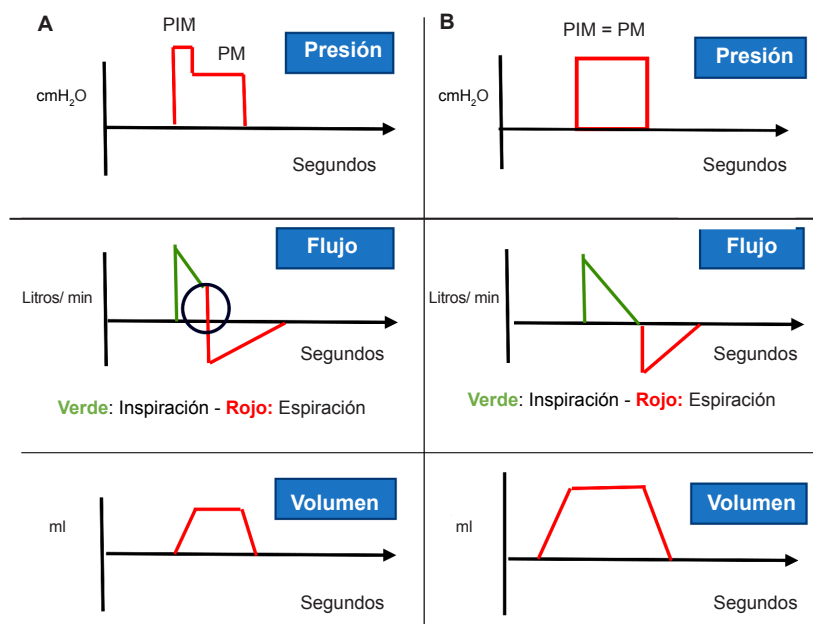
Esta última opción implica un aumento de la PIM. Este fenómeno se da en VC debido a que el componente resistivo friccional se mantiene invariable y se superpone al viscoelástico (retracción pulmonar) al final de la inspiración. En cambio, en PC se da en serie, con mayor componente friccional al principio de la inspiración (mayor flujo), seguido del componente viscoelástico, sin superposición.³²

Patología obstructiva con aumento de la resistencia espiratoria

La segmentación de resistencia inspiratoria y espiratoria solo persigue fines pedagógicos ya que, en patologías obstructivas, ambas estarán afectadas.

La fase espiratoria es un fenómeno pasivo, con pendiente de flujo desacelerado, exponencial. En el inicio de la espiración, el mayor gradiente de presión es responsable del mayor flujo. Las sucesivas CT se prolongan, dado que el flujo se atenúa (menor delta presión y mayor resistencia), pudiendo llevar al colapso distal de las vías aéreas pequeñas.²⁶

La PEEP solo será igual a la PEEP programada cuando el Te albergue 5 CT y el flujo sea cero; de lo contrario, habrá hiperinsuflación.²⁶ Esta puede no observarse mediante la curva de flujo-tiempo o pausa espiratoria, consecuencia del colapso de la vía aérea distal; la PM es el marcador adecuado para evaluar el grado de atrapamiento. El agregado de PEEP extrínseca en esta circunstancia cumpliría el rol de "stent mecánico" de las vías obstruidas, acortando la CT_{ESP} y permitiendo su vaciado (Figura 4).³⁵

FIGURA 2. Modo presión controlada, relación constante de tiempo inspiratoria y tiempo espiratorio


A) Si el T_i es menor que las 5 CT inspiratorias, el flujo no llega a cero, existiendo gradiente de presión al finalizar la inspiración ($PIM > PM$). Se habrá entregado menos volumen.

B) PIM solo será igual PM , si T_i alberga las 5 CT, llegando a flujo cero.

PC: presión controlada; CT: constante de tiempo; PIM: presión inspiratoria máxima; PM: presión meseta; T_i : tiempo inspiratorio. Elaboración propia.

Modos ventilatorios y mecánica pulmonar

Se presupone que la mecánica pulmonar es más fiable en modo VC. Cruces evaluó esa hipótesis en 18 pacientes con SDRAP (mediana de edad: 5 meses) y observó que en el modo VC había mayor PIM, mayor componente viscoelástico (curva de presión, segundo descenso de PIM a PM) y menor pico flujo inspiratorio (7 vs. 21 L/min). No se encontraron diferencias en PM, DP y auto-PEEP.³²

En conclusión, ambos modos permiten evaluar la mecánica pulmonar; sin embargo, el modo PC subestima el componente viscoelástico, lo cual reviste importancia clínica, ya que el verdadero marcador de daño pulmonar, la presión de distensión o DP, debería incluir ese componente. Además, el modo PC genera un flujo tres veces mayor, lo que podría contribuir al daño pulmonar inducido por el respirador.

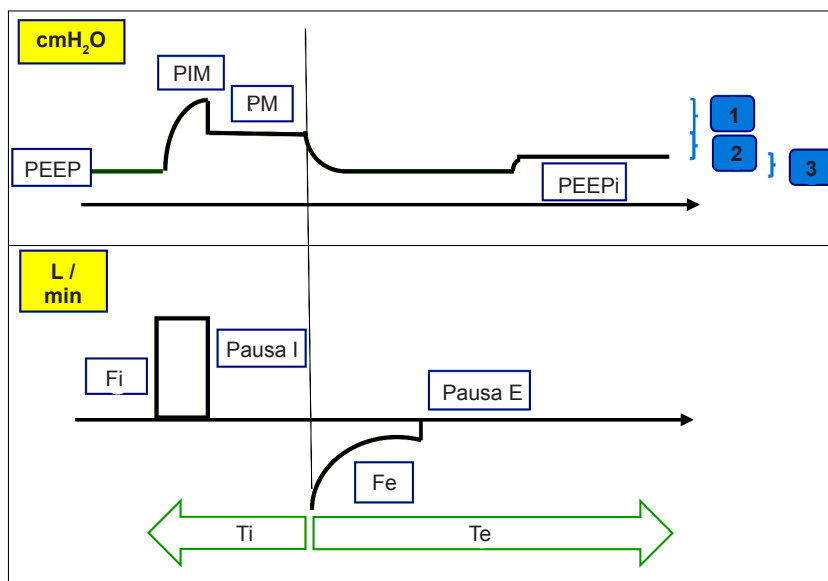
Modos ventilatorios y lesión pulmonar

En 2016 aparecieron dos nuevos conceptos: *poder mecánico*, que engloba todos los factores implicados en la AVMI y en su conjunto constituyen una única variable física, la energía entregada en el tiempo al sistema respiratorio; y el *ergotrauma*, que describe la lesión inducida de

una forma global y dinámica, consecuencia entre el grado de deformación (*“strain”*, deformación = volumen corriente / capacidad residual funcional) y tensión (*“stress”*, tensión = delta de presión transpulmonar) desarrollado por el poder mecánico.³⁶

Los perfiles de flujos entregan la misma cantidad de energía al final de la inspiración, pero los desacelerados lo hacen en mayor porcentaje más temprano y los constantes trasladan la carga de energía de manera uniforme.³⁷ En la *Tabla 1*, ejemplo A, se observa que, al finalizar el T_i , ambos modos ventilatorios habrán entregado igual volumen (igual *strain*), pero en la primera CT_{INS} el modo PC habrá entregado tres veces más volumen. La consecuencia es una mayor velocidad de deformación de las unidades alveolares respecto al tiempo (*strain rate* = capacidad residual funcional / flujo).³⁸

La potencialidad del daño inducido por el flujo desacelerado fue abordada por Percy, quien compara en 185 pacientes con SDRAP (mediana edad: 8,3 años) el poder mecánico con flujo cuadrado y desacelerado, hallando en PC mayor poder mecánico (0,49 vs. 0,46 J/m), con relevancia clínica incierta.³⁹

FIGURA 3. Mecánica pulmonar


La presión de trabajo del sistema respiratorio es la presión necesaria para superar las fuerzas de fricción, las fuerzas elásticas y la impedancia, y puede calcularse aplicando la ecuación de movimiento: $V_t / C_{est} + R_i \times \text{Flujo} + P_{PEEP}$

Se pueden distinguir 3 componentes: resistivo: $PIM - PM$ (1); elástico: $PM - PEEP_{total}$ (2) y umbral de carga: $PEEP_{total} - PEEP$ (3).

Fórmulas:

- Resistencia inspiratoria: $(PIM - PM / \text{flujo inspiratorio}) \times 60$
- Resistencia espiratoria $(PM - PEEP / \text{flujo espiratorio}) \times 60$
- Distensibilidad estática: $V_t / PM - PEEP$
- Constante de tiempo: $\text{distensibilidad estática} \times \text{resistencia (I o E)} / 1000$

V_t : volumen corriente; C_{est} : distensibilidad estática; R_i : resistencia inspiratoria; PIM : presión inspiratoria máxima; $PEEP$: presión positiva al final de la espiración; PM : presión meseta; $PEEP_i$: PEEP intrínseca; F_i y F_e : flujo inspiratorio y espiratorio; Pausa I y E: pausa inspiratoria y espiratoria; T_i y T_e : tiempo inspiratorio y espiratorio (segundos).
Extraído y modificado de Cruces^{17, 32} y Newth.³³

Modos ventilatorios en respiraciones activadas por el paciente (asistidas)

Dado que el modo PC entrega volumen hasta igualar las presiones en ambos extremos del circuito (PIM y alveolar), ante un esfuerzo del paciente y consecuente descenso de la presión pleural (*ergo* alveolar), dicho gradiente será mayor y, en consecuencia, también lo será el volumen entregado (*Figura 5*), que redundará en menor trabajo respiratorio y en menos disincronías, debido a la administración de mayor volumen en la fase inicial.^{8,40} Esto puede traer aparejado un eventual riesgo de lesión autoinducida (PSILI, *patient self-induced lung injury*), dado que la DP no es la que refleja el respirador, sino el gradiente resultante entre la PIM y la presión alveolar que se tiende a negativizar.⁴¹ En cambio, en VC la administración del volumen será fija, independiente de la mayor demanda.

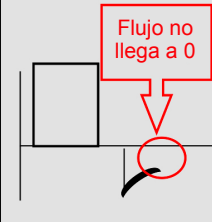
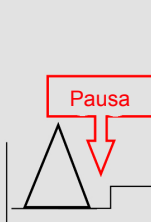
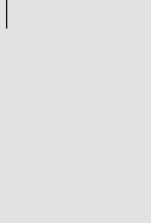
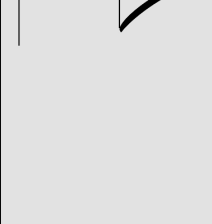
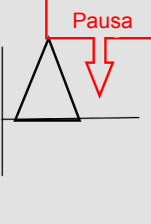
En esto se sustenta la premisa de que, en pacientes con ventilación activa, el modo PC es más confortable y disminuye el trabajo respiratorio, salvo que en VC se adecue el flujo a la demanda.

COMENTARIOS

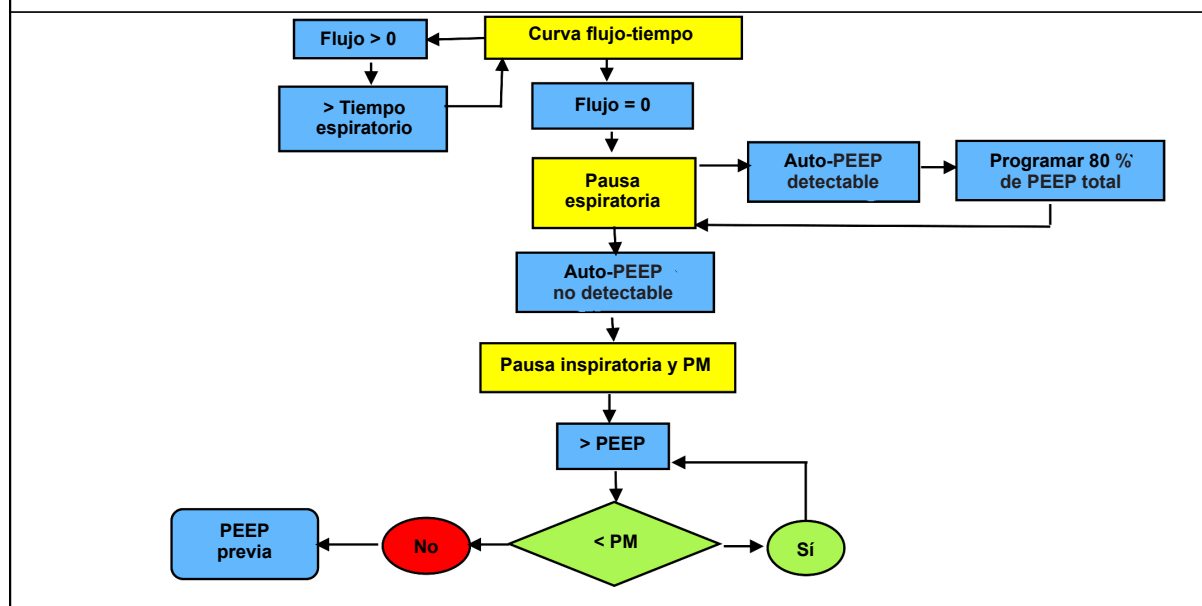
En patologías obstructivas, impresiona lógico ventilar en VC, ya que garantiza la entrega en el T_i programado y permite ajuste de frecuencia y el T_e tendiente a evitar la hiperinsuflación. Es importante monitorear la PM y compararla con la PEEP que estamos programando, lo que permite detectar y tratar la auto-PEEP oculta.⁴²

En patologías restrictivas, la ventilación en VC con el agregado de pausa inspiratoria permite la evaluación de la mecánica pulmonar y ajustar los parámetros de protección. En este contexto, podría ser atractivo ventilar en modo PC, donde la PIM será igual a la PM (si el flujo es igual

FIGURA 4. Fisiopatología, diagnóstico y tratamiento de la hiperinsuflación

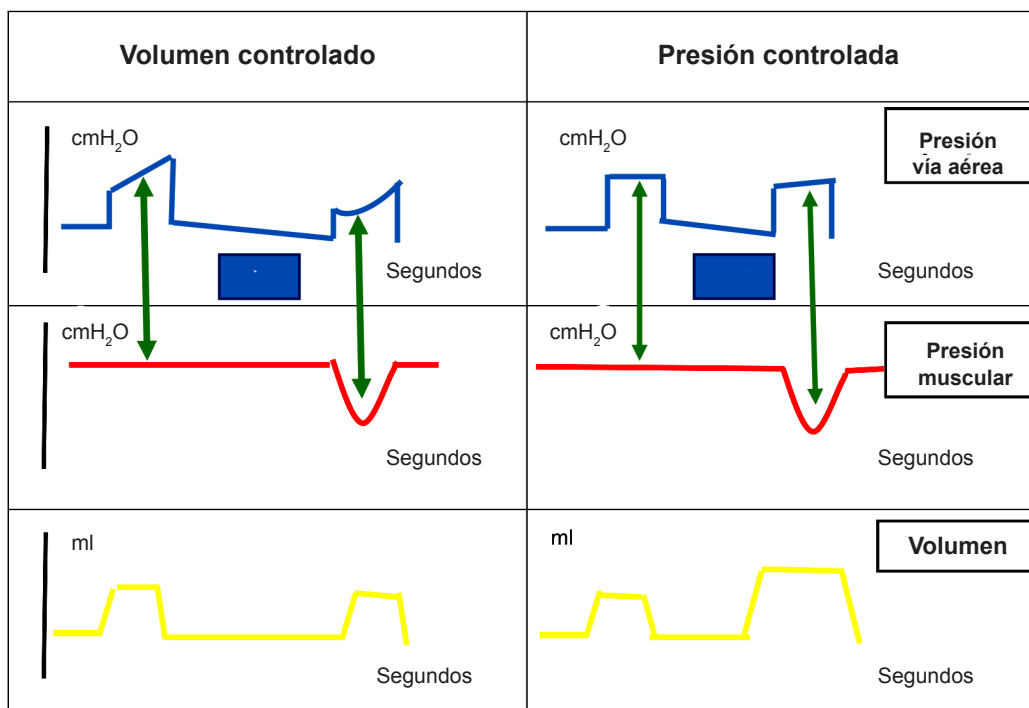
Nombre		Mecanismo	Curva de flujo-tiempo	Pausa espiratoria	Tratamiento
Hiperinsuflación dinámica		Atrapamiento aéreo dinámico tiempo dependiente			Aumentar tiempo espiratorio
Hiperinsuflación no dinámica	Medible	Atrapamiento aéreo dependiente de la PEEP debido a colapso distal (efecto Venturi)			Aumentar tiempo espiratorio
	NO medible	Atrapamiento aéreo dependiente de la PEEP por mecanismo valvular unidireccional debido a secreciones			Aumentar PEEP

Algoritmo de tratamiento frente a hiperinsuflación



PEEP: presión espiratoria al final de espiración; PM: presión meseta.

Extraído y modificado de Manual de Ventilación Mecánica Pediátrica y Neonatal.³⁵

FIGURA 5. Modos ventilatorios en respiraciones asistidas


En VC la presión en las vías respiratorias disminuye cuando aumenta la presión muscular y se mantiene la PT. En PC la respiración activa provoca un aumento de la PT cuando la presión en las vías respiratorias es constante, otorgando mayor volumen.

PT: presión transpulmonar; VC: volumen controlado; PC: presión controlada.

Extraído y modificado de Rittayamai.⁸

a 0), permitiendo evaluar en forma directa la DP. Además, al mantenerse esta constante, es posible titular la PEEP para mejor distensibilidad (mayor volumen corriente).^{43,44}

Si bien esto podría implicar un riesgo de volutrauma, el verdadero problema radica en la mala distensibilidad. El volumen corriente es, en realidad, una consecuencia de esta alteración y puede ajustarse dentro de un rango seguro (6 a 8 ml/kg), e incluso superar ese valor, siempre que se mantengan parámetros protectores, como una presión de distensión (DP) adecuada.^{45,46}

CONCLUSIÓN

El modo VC se justifica por su base fisiológica y posibilidad de monitoreo. Aunque el modo PC podría ser útil en enfermedades restrictivas, su empleo debe sopesarse frente al riesgo potencial asociado a la velocidad de deformación (*strain rate*). ■

Agradecimiento

Al Dr. Alberto Medina, por la revisión y sugerencias desinteresadas del presente manuscrito.

El material complementario que acompaña este artículo se presenta tal como ha sido remitido por los autores. Se encuentra disponible en: https://www.sap.org.ar/docs/publicaciones/archivosarg/2025/10730_ACT_Taffarel_Anexo.pdf

REFERENCIAS

- Angurana SK, Sudeep KC, Prasad S. Ventilator-induced lung injury in children. *J Pediatr Crit Care*. 2023;10(3):107-14.
- Keller JM, Claar D, Ferreira JC, Chu DC, Hossain T, Carlos WG, et al. Mechanical ventilation training during graduate medical education: perspectives and review of the literature. *J Grad Med Educ*. 2019;11(4):389-401.
- Kneyber MC, De Luca D, Calderini E, Jarreau PH, Javouhey E, Lopez-Herce J, et al. Recommendations for mechanical ventilation of critically ill children from the Paediatric Mechanical Ventilation Consensus Conference (PEMVECC). *Intensive Care Med*. 2017;43(12):1764-80.
- Emeriaud G, López-Fernández YM, Iyer NP, Bembea M, Agulnik A, Barbaro RP, et al. Executive summary of the second international guidelines for the diagnosis and management of pediatric acute respiratory distress syndrome (PALICC-2). *Pediatr Crit Care Med*. 2023;24:143-68.
- Wong JJM, Dang H, Gan CS, Phan PH, Kurosawa H, Aoki K, et al. Lung-Protective Ventilation for Pediatric

- Acute Respiratory Distress Syndrome: A Nonrandomized Controlled Trial. *Crit Care Med*. 2024;52(10):1602-11.
6. van Vliet R, van Meenen DM, Blokpoel RG, Woerlee GJM, Paulus F, Schultz MJ, et al. Ventilator Settings in Critically Ill Pediatric Patients (VESPer): insights from a European Registry. *Intensive Care Med Paediatr Neonatal*. 2025;3:12.
7. Farias JA, Fernández A, Monteverde E, Flores JC, Baltodano A, Menchaca A, et al. Mechanical ventilation in pediatric intensive care units during the season for acute lower respiratory infection: a multicenter study. *Pediatr Crit Care Med*. 2012;13(2):158-64.
8. Rittayamai N, Katsios CM, Beloncle F, Friedrich JO, Mancebo J, Brochard L. Pressure-controlled vs volume-controlled ventilation in acute respiratory failure: a physiology-based narrative and systematic review. *Chest*. 2015;148(2):340-55.
9. Garnero AJ, Abbona H, Gordo-Vidal F, Hermosa-Gelbard C. Modos controlados por presión versus volumen en la ventilación mecánica invasiva. *Med Intensiva*. 2013;37(4):292-8.
10. Nair H, Simões EA, Rudan I, Gessner BD, Azziz-Baumgartner E, Zhang JS, et al. Global and regional burden of hospital admissions for severe acute lower respiratory infections in young children in 2010: a systematic analysis. *Lancet*. 2013;381(9875):1380-90.
11. Dalziel SR, Haskell L, O'Brien S, Borland ML, Plint AC, Babi FE, et al. Bronchiolitis. *Lancet*. 2022;400(10349):392-406.
12. Bardach A, Rey-Ares L, Cafferata ML, Cormick G, Romano M, Ruvinsky S, et al. Systematic review and meta-analysis of respiratory syncytial virus infection epidemiology in Latin America. *Rev Med Virol*. 2014;24(2):76-89.
13. Meissner HC. Viral bronchiolitis in children. *N Engl J Med*. 2016;374(1):62-72.
14. Karsies T, Shein SL, Diaz F, Vasquez-Hoyos P, Alexander R, Pon S, et al. Prevalence of Bacterial Codetection and Outcomes for Infants Intubated for Respiratory Infections. *Pediatr Crit Care Med*. 2024;25(7):609-20.
15. Milési C, Baudin F, Durand P, Emeriaud G, Essouri S, Pouyau R, et al. Clinical practice guidelines: management of severe bronchiolitis in infants under 12 months old admitted to a pediatric critical care unit. *Intensive Care Med*. 2023;49(1):5-25.
16. Mortamet G, Milési C, Emeriaud G. Severe acute bronchiolitis or the new "Lernaean Hydra": one body and many faces. *Intensive Care Med Paediatr Neonatal*. 2023;1:2.
17. Cruces P, González-Dambraskas S, Quilodrán J, Valenzuela J, Martínez J, Rivero N, et al. Respiratory mechanics in infants with severe bronchiolitis on controlled mechanical ventilation. *BMC Pulm Med*. 2017;17(1):129.
18. Andreolio C, Piva JP, Bruno F, da Rocha TS, Garcia PC. Airway resistance and respiratory compliance in children with acute viral bronchiolitis requiring mechanical ventilation support. *Indian J Crit Care Med*. 2021;25(1):88-93.
19. Bruno F, Andreolio C, Garcia PC, Piva J. The relevance of airway resistance in children requiring mechanical ventilatory support. *Pediatr Crit Care Med*. 2022;23(10):e483-8.
20. Cruces P, Revenco S, Caviedes P, Díaz F. Respiratory System Compliance Accurately Assesses the "Baby Lung" in Pediatric Acute Respiratory Distress Syndrome. *Am J Respir Crit Care Med*. 2024;209(7):890-3.
21. Ferraz IDS, Carioca FDL, Junqueira FMD, Oliveira MS, Duarte GL, Foronda FK, et al. The impact of PEEP on mechanical power and driving pressure in children with pediatric acute respiratory distress syndrome. *Pediatr Pulmonol*. 2024;59(12):3593-600.
22. Junqueira F, Ferraz IS, Campos FJ, Matsumoto T, Brandao MB, Nogueira RJ, et al. The impact of increased PEEP on hemodynamics, respiratory mechanics, and oxygenation in pediatric ARDS. *Respir Care*. 2024;69(11):1409-16.
23. Buratti CR, Andreolio C, Bruno F, Andrade LB, Marcon M, Navarro N, et al. Peak inspiratory pressure lacks accuracy to estimate plateau pressure in infants with severe obstructive lower airway disease. *Pediatr Pulmonol*. 2024;59(12):3518-23.
24. Modesto i Alapont V, Medina Villanueva A, Aguar Carrascosa M, Vivanco Allende A, et al. Fisiología de la respiración. Física de la ventilación mecánica. En: Medina Villanueva A, Garcia Cuscó M, López Fernández M, Modesto i Alapont V, Pons Ódena M, Parrilla Parrilla J, et al. Manual de Ventilación Mecánica Pediátrica y Neonatal. 6ta ed. Las Palmas de Gran Canaria: Tesela; 2021:66-111.
25. Young JD, Sykes MK. Assisted ventilation. 1. Artificial ventilation: history, equipment and techniques. *Thorax*. 1990;45(10):753-8.
26. Depta F, Kallet RH, Gentile MA, Kassis ENB. Expiratory time constants in mechanically ventilated patients: rethinking the old concept—a narrative review. *Intensive Care Med Exp*. 2025;13(1):40.
27. Gattinoni L, Collino F, Maiolo G, Rapetti F, Romitti F, Tonetti T, et al. Positive end-expiratory pressure: how to set it at the individual level. *Ann Transl Med*. 2017;5(14):288.
28. Werder D, Stankovic N, Zander MO, Serfözö P, Erb TO, Hammer J, et al. Influence of inspiratory resistors on tracheal pressure during ventilation with decelerating flow. *Intensive Care Med Paediatr Neonatal*. 2025;3:13.
29. Keller M, Applefeld W, Acho M, Lee BW. How I teach auto-PEEP: applying the physiology of expiration. *ATS Sch*. 2022;3(4):610-24.
30. Medina A, Modesto-Alapont V, Lobete C, Vidal-Micó S, Álvarez-Caro F, Pons-Odena M, et al. Is pressure-regulated volume control mode appropriate for severely obstructed patients? *J Crit Care*. 2014;29(6):1041-5.
31. Medina A, Modesto-Alapont V, del Villar Guerra P, Redal MR, Cambra AM, Rey C, et al. Control del volumen regulado por presión frente a ventilación con control del volumen en pacientes con obstrucción grave. *Med Intensiva*. 2015;40(4):250-2.
32. Cruces P, Moreno D, Revenco S, Ramirez, Díaz F. Plateau pressure and driving pressure in volume- and pressure-controlled ventilation: comparison of frictional and viscoelastic resistive components in pediatric acute respiratory distress syndrome. *Pediatr Crit Care Med*. 2023;24(9):750-9.
33. Newth CJ, Ross PA. Invasive Respiratory Support in Critical Pediatric Asthma. *Respir Care*. 2025;70(6):777-93.
34. Cruces P, Alcántar V, Caviedes P, Díaz F. Critical asthma in infancy and toddlers: How can we mechanically discriminate from critical bronchiolitis? *Pediatr Pulmonol*. 2025;60(1):e27386.
35. Oyáguez Ugidos P, Reyes Domínguez S, Modesto Alapont V, et al. Ventilación mecánica en la exacerbación de la patología pulmonar obstructiva crónica. En: Medina Villanueva A, Garcia Cuscó M, López Fernández M, Modesto i Alapont V, Pons Ódena M, Parrilla Parrilla J, et al. Manual de Ventilación Mecánica Pediátrica y Neonatal. 6ta ed. Las Palmas de Gran Canaria: Tesela; 2021:1238-64.
36. Gattinoni L, Tonetti T, Cressoni M, Cadringer P, Hermann P, Moerer O, et al. Ventilator-related causes of lung injury: The mechanical power. *Intensive Care Med*. 2016;42(10):1567-75.
37. Thornton LT, Marini JJ. Optimized ventilation power to avoid VILI. *J Intensive Care*. 2023;11(1):57.
38. 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(3):165-75.
39. Percy AG, Keim G, Bhalla AK, Yehya N. Mechanical power in decelerating flow versus square flow ventilation in pediatric acute respiratory distress syndrome. *Anesthesiology*. 2024;141(6):1095-104.
 40. Telias I, Brochard LJ, Gattarello S, Wunsch H, Junhasavasdikul D, Bosma KJ, et al. The physiological underpinnings of life-saving respiratory support. *Intensive Care Med*. 2022;48(10):1274-86.
 41. 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(3):594-604.
 42. Stewart TE, Slutsky AS. Occult, occult auto-PEEP in status asthmaticus. *Crit Care Med*. 1996;24(3):379-80.
 43. Venkataraman ST. Personalized lung-protective ventilation in children—Is it possible? *J Pediatr Crit Care*. 2023;10(4):153-62.
 44. Ter Horst J, Rimensberger PC, Kneyber MC. What every paediatrician needs to know about mechanical ventilation. *Eur J Pediatr*. 2024;183(12):5063-70.
 45. Goligher EC, Costa ELV, Yarnell CJ, Brochard LJ, Stewart TE, Tomlinson G, et al. Effect of Lowering Vt on Mortality in Acute Respiratory Distress Syndrome Varies with Respiratory System Elastance. *Am J Respir Crit Care Med*. 2021;203:1378-85.
 46. de Jager P, Burgerhof JG, van Heerde M, Albers MJ, Markhorst DG, Kneyber MC. Tidal volume and mortality in mechanically ventilated children: a systematic review and meta-analysis of observational studies. *Crit Care Med*. 2014;42(12):2461-72.