

# Programación de la ventilación mecánica

A. Carrillo Álvarez y J. López-Herce Cid

Sección de Cuidados Intensivos Pediátricos. Hospital General Universitario Gregorio Marañón. Madrid. España.

Aproximadamente el 50% de los niños ingresados en una unidad de cuidados intensivos pediátricos precisan ventilación mecánica. Los parámetros fundamentales que deben programarse en la ventilación mecánica son el modo de ventilación (volumen, presión o doble), la modalidad (controlada, asistida-controlada, modalidades de soporte) y los parámetros ventilatorios. Los parámetros fundamentales que deben programarse son: volumen corriente y volumen minuto (en modalidades de volumen), pico de presión (en los modalidades de presión), frecuencia respiratoria, presión espiratoria final, tiempo inspiratorio, flujo inspiratorio, relación I/E, tiempo de meseta, sensibilidad de disparo, presión de soporte y sensibilidad espiratoria. Además, es necesario programar las alarmas de volumen corriente, volumen minuto, pico de presión, frecuencia respiratoria, fracción inspiratoria de oxígeno y apnea para detectar precozmente problemas en el ajuste del respirador y cambios en el paciente.

## Palabras clave:

*Ventilación mecánica. Volumen corriente. Presión pico. Flujo inspiratorio. Tiempo inspiratorio. Sensibilidad de disparo.*

## PARAMETERS OF MECHANICAL VENTILATION

Approximately 50% of children admitted to a pediatric intensive care unit require mechanical ventilation. The most important parameters to program in mechanical ventilation are the ventilation mode, (volume, pressure or dual), modality (controlled, assisted, support ventilation), and respiratory parameters. The main parameters are tidal volume and minute volume in volume modalities, peak pressure (in pressure modalities), respiratory frequency, positive end expiratory pressure, inspiratory time, inspiratory flow, inspiratory-to-expiratory ratio, time of pause, trigger sensitivity, support pressure, and expiratory trigger sensitivity. Moreover, to detect problems in the ventilator and changes in the patient, alarms for tidal and minute volume, peak pressure, respiratory frequency, FiO<sub>2</sub>, and apnea must be programmed.

## Key words:

*Mechanical ventilation. Volume tidal. Peak of pressure. Inspiratory flow. Inspiratory time. Trigger sensitivity.*

## PROGRAMACIÓN DE LA VENTILACIÓN MECÁNICA

La programación de la ventilación mecánica (VM) puede dividirse en dos partes: la programación de los parámetros ventilatorios y la programación de las alarmas.

## PROGRAMACIÓN DE LOS PARÁMETROS VENTILATORIOS

Tiene por objetivo modular las características que forman parte de los ciclos respiratorios en la VM.

Como ya se ha comentado previamente, en la VM convencional se utilizan dos modalidades fundamentales de ventilación: por volumen y por presión. Algunos de los parámetros que deben programarse serán específicos de la modalidad de ventilación elegida, mientras que otros serán comunes a ambas.

También hay que recordar que, antes de conectar el respirador al paciente, debemos estar seguros de que está bien calibrado y haber comprobado, conectándole a un pulmón artificial, que su funcionamiento responde exactamente a los parámetros programados y que las alarmas se activan cuando los límites son sobrepasados<sup>1</sup>.

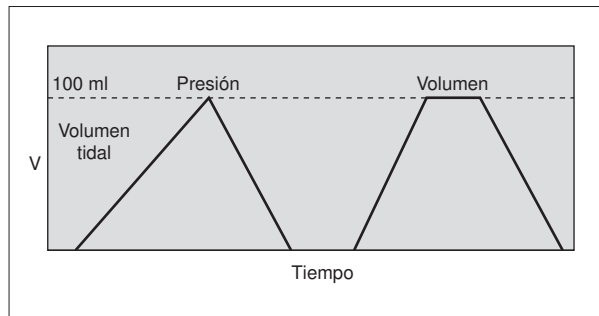
## Modalidad de ventilación

Aunque se utilizan modalidades de volumen o de presión indistintamente a cualquier edad del paciente, lo habitual es que en los recién nacidos y lactantes hasta 5-10 kg de peso se usen modalidades de presión, mientras que a partir de esa edad suelen emplearse modalidades de volumen.

Sin embargo, cuando existe una enfermedad pulmonar con riesgo de barotrauma o que precisa de un mayor tiempo de distribución del aire, cada vez se utilizan más modalidades de presión o mixtas, que ofrecen la garantía de la ventilación por volumen controlado y las ventajas de la ventilación ciclada por presión<sup>2</sup>.

**Correspondencia:** Dr. J. López-Herce Cid.  
Sección de Cuidados Intensivos Pediátricos.  
Hospital General Universitario Gregorio Marañón.  
Dr. Esquerdo, 49. 28009 Madrid. España.  
Correo electrónico: pielvi@retemail.es

Recibido en marzo de 2003.  
Aceptado para su publicación en marzo de 2003.



**Figura 1.** Volumen corriente o tidal en la curva de volumen-tiempo, en las modalidades de presión y volumen.

### Volumen corriente o volumen tidal

Es la cantidad de gas que el respirador envía al paciente en cada respiración (fig. 1).

1. Se programa en las modalidades de volumen y volumen ciclado por presión. En algunos respiradores el volumen corriente o tidal (VC) se programa directamente y en otros, indirectamente a partir del volumen minuto y la frecuencia respiratoria (FR).

2. Inicialmente, lo habitual es programar un VC de 8-12 ml/kg. El VC debe calcularse de acuerdo con el peso del paciente, añadiendo el volumen utilizado en la distensión de las tubuladuras del circuito respiratorio (volumen de compresión) y el necesario para compensar las pérdidas que se produzcan. Cuanto mayor es el calibre de las tubuladuras, mayor es el volumen de compresión; por el contrario, cuanto menor es el calibre, mayores son las resistencias que se oponen al flujo del gas, provocando, en las modalidades de volumen, un aumento de la presión pico y en las de presión una disminución del VC.

3. La manera de comprobar inicialmente que el VC es el adecuado es observar si la expansión del tórax y la auscultación de ambos campos pulmonares es adecuada, y si los valores de capnografía y la saturación de oxígeno en sangre arterial son normales. Después, es necesario realizar una gasometría arterial que valore de forma definitiva el estado de ventilación, para efectuar, si es preciso, los ajustes necesarios<sup>3</sup>.

4. Si el niño padece una enfermedad respiratoria que curse con aumento del espacio muerto u otro proceso que eleve las concentraciones de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), puede ser necesario calcular un VC mayor, hasta 12-15 ml/kg, para conseguir una adecuada ventilación.

5. Si el paciente padece una enfermedad pulmonar aguda grave, se recomienda utilizar volúmenes corrientes más bajos (6-8 ml/kg), tratando de evitar el volubarotrauma, aunque sea a costa de un cierto grado de hipoventilación.

### Frecuencia respiratoria

Es el número de respiraciones por minuto (resp./min) que se deben programar.

1. Se programa tanto en las modalidades de volumen como de presión.

2. La FR se correlaciona con la edad del paciente. Inicialmente se recomienda una FR de 40-60 resp./min en recién nacidos, 30-40 resp./min en lactantes, 20-30 resp./min en niños y 20-12 resp./min en niños mayores y adolescentes.

3. El número de respiraciones por minuto está relacionado de forma inversa con el tiempo dedicado a cada ciclo respiratorio y, si la relación inspiración/espiración se mantiene constante, con el tiempo inspiratorio; de tal manera que cuando aumenta la FR disminuye el tiempo inspiratorio<sup>4</sup>.

4. En los pacientes con distensibilidad pulmonar reducida (enfermedades restrictivas) pueden requerirse FR más elevadas, mientras que si existe aumento de las resistencias de la vía aérea (enfermedades obstructivas) es preferible utilizar frecuencias más bajas para permitir un tiempo de vaciado mayor.

### Volumen minuto

Es el volumen de gas que el respirador envía al paciente en cada minuto de ventilación. Es decir, es el producto del VC por la FR. El volumen minuto es el parámetro que mejor indica la cantidad de oxígeno conseguida en los pulmones y el lavado de CO<sub>2</sub>. Por eso, el volumen minuto está más directamente relacionado con las concentraciones de presión parcial arterial de anhídrido carbónico (PaCO<sub>2</sub>) y presión parcial arterial de oxígeno (PaO<sub>2</sub>) que el VC:

1. Se programa en las modalidades de volumen y volumen ciclado por presión.

2. En algunos respiradores, el volumen minuto se programa a partir del VC y la FR. En ellos, un aumento de la FR manteniendo el VC constante se traducirá en un incremento del volumen minuto y viceversa.

3. En otros respiradores (Servo 900 y 300, Siemens) se programa el volumen minuto y la FR. En ellos si se aumenta la FR y no se modifica simultáneamente el volumen minuto, el VC disminuirá. Por el contrario, si disminuye la FR manteniendo constante el volumen minuto, el VC aumentará<sup>1</sup>.

### Tiempo inspiratorio (T<sub>i</sub>)

Es el período de tiempo durante el cual el gas entra por las vías aéreas hasta llegar a los pulmones y se distribuye por ellos:

1. El T<sub>i</sub> se programa, directa o indirectamente, tanto en las modalidades de volumen como de presión.

2. En la ventilación por volumen, el tiempo total dedicado a la inspiración está dividido en dos fases: en la primera se produce la entrada del gas ( $T_i$ ), mientras que en una segunda no entra gas, pero el que ha entrado previamente se distribuye por el pulmón. Este tiempo dedicado a la distribución del aire se denomina tiempo de pausa inspiratoria ( $T_p$ ). Es decir, el  $T_i$  total =  $T_i + T_p$ . La pausa inspiratoria favorece que la ventilación del pulmón sea más homogénea al permitir una redistribución del gas por todos los alvéolos, a pesar de que puedan tener distintas constantes de tiempo (resistencias y complianzas).

3. En la ventilación por presión, no se programa tiempo de pausa, sino que se sostiene la insuflación del gas durante toda la inspiración para mantener constante el nivel de presión programado; se crea así una meseta inspiratoria que también favorece la distribución del gas, pero ahora lo hace de forma activa. El  $T_i$  total =  $T_i$  (fig. 2).

4. Los tiempos inspiratorios largos tienen la ventaja de que, al permitir velocidades de flujo más bajas, se reducen las resistencias dinámicas de la vía aérea y mejora la distribución del gas dentro del pulmón, lo que permite la ventilación de los alvéolos con constante de tiempo más elevada. Sin embargo, un  $T_i$  prolongado aumenta la presión media en la vía aérea, lo que disminuye el retorno venoso y el gasto cardíaco.

5. Los tiempos inspiratorios cortos, al incrementar la velocidad del flujo del gas, aumentan las resistencias de la vía aérea y se altera la distribución del gas que se dirige, preferentemente, hacia los alvéolos más distensibles. Además, en las modalidades de volumen, un tiempo inspiratorio corto aumenta el pico de presión y el riesgo de barotrauma<sup>1</sup>.

### Relación inspiración/espирación

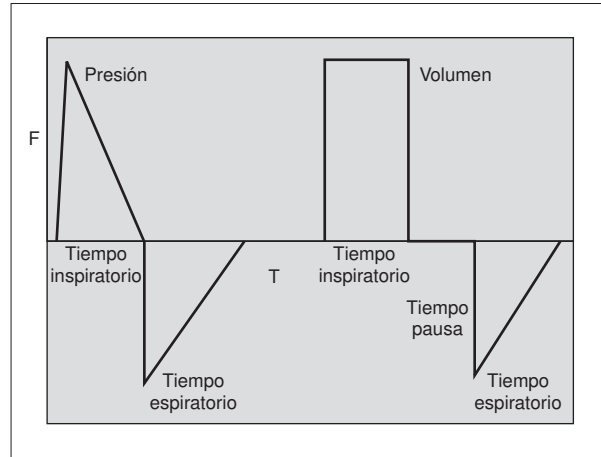
Es la expresión de las fracciones de tiempo que se dedican a la inspiración y espiración en cada ciclo respiratorio. Habitualmente se ajustan los tiempos inspiratorio y espiratorio para que este último sea el doble del primero; es decir, para que la relación I/E sea de 1/2.

La programación de la relación I/E es diferente según el modelo de respirador utilizado:

1. En algunos, se programan en segundos el tiempo inspiratorio y el tiempo de pausa (en modalidades de volumen), dejando el resto del tiempo del ciclo respiratorio para la espiración; por lo tanto, la relación I/E dependerá de la FR.

2. En otros, lo que se programa es el porcentaje de tiempo que se dedica a la inspiración y a la espiración; por ejemplo, para una relación I/E de 1/2, el  $T_i$  total será el 35% y el tiempo espiratorio del 65%. En las modalidades de volumen, el  $T_i$  total se subdivide en  $T_i$  (25%) y tiempo de pausa (10%), mientras que en las de presión no hay tiempo de pausa ( $T_i$  33%)<sup>1</sup>.

3. La relación I/E puede variarse dentro de unos márgenes muy amplios, de manera que pueden aumentarse



**Figura 2.** *Tiempos inspiratorios y espiratorios en las modalidades de volumen y presión.*

los tiempos inspiratorios en detrimento de los espiratorios hasta igualarlos (I/E de 1/1) o invertirlos (I/E invertida: 1,5/1, 2/1, etc.) o, por el contrario, aumentar los tiempos espiratorios (I/E de 1/2,5, 1/3 etc.)<sup>4</sup>.

4. En las modalidades de volumen, el acortamiento del  $T_i$  aumenta la velocidad del flujo y la presión pico.

5. El alargamiento del  $T_i$  aumenta la presión intratorácica media y, si el tiempo espiratorio se acorta excesivamente, puede impedirse el vaciado alveolar y facilitar la aparición de una presión positiva telespiratoria (PEEP) inadvertida (auto-PEEP).

### Flujo inspiratorio (velocidad de flujo)

Es la velocidad con la que el gas entra en la vía aérea:

1. En algunos respiradores, el flujo inspiratorio se programa tanto en las modalidades de volumen como en las de presión. En ventilación por volumen, si se incrementa la velocidad de flujo se producirá un aumento del pico inspiratorio, el VC programado entrará antes en el pulmón y aumentará la duración del tiempo de pausa. En la ventilación por presión, cuanto más elevado sea el flujo, antes se alcanzará la presión programada y aumentará el VC, y viceversa (fig. 3).

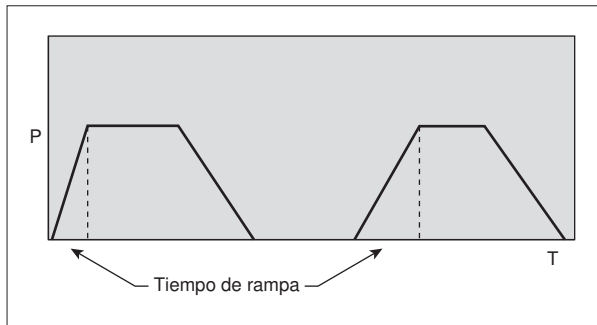
2. En otros respiradores se programa el volumen o la presión y el tiempo o porcentaje de  $T_i$ ; el respirador ajusta el flujo de manera automática para conseguir esta programación. En ventilación por volumen, la velocidad de flujo dependerá del VC y del  $T_i$ . Si el volumen se mantiene constante, el flujo es tanto más rápido cuanto menor es el  $T_i$ . Si el  $T_i$  se mantiene constante, el flujo es más rápido cuanto mayor es el volumen<sup>3</sup>.

### Tiempo de rampa-retraso inspiratorio

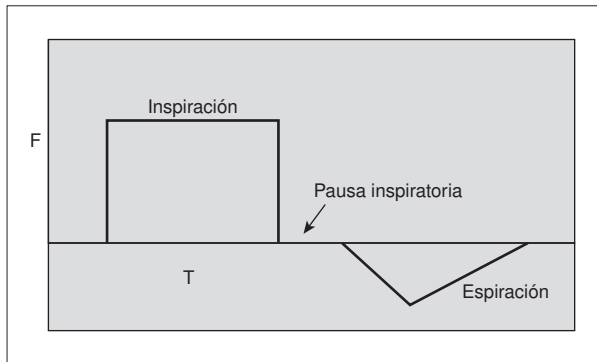
1. *Tiempo de rampa.* Es el tiempo que se tarda en alcanzar la presión máxima desde el comienzo de la inspiración. Su significado es similar al de velocidad de flujo

y se programa en segundos en un rango de 0,3 a 2 s (fig. 3)<sup>5</sup>.

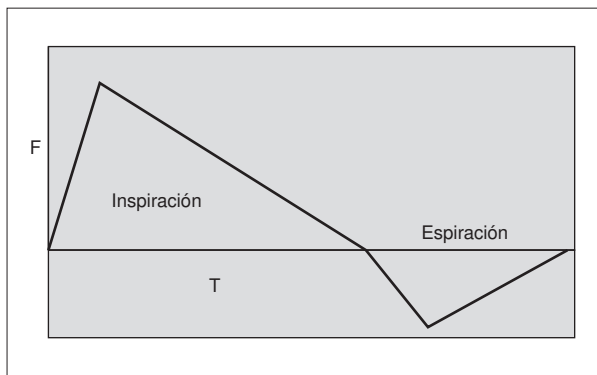
2. *Retardo inspiratorio*. Es el porcentaje del tiempo respiratorio que se tarda en conseguir el flujo máximo de inspiración o la máxima presión, según se trate de modalidad de volumen o presión. Su significado es similar al de tiempo de rampa y se programa en porcentaje de tiempo o en segundos<sup>5</sup>.



**Figura 3.** Velocidad de flujo o tiempo de rampa en la curva de presión tiempo. En la segunda figura el tiempo para alcanzar la presión máxima ha aumentado porque se ha disminuido el flujo inspiratorio. Al mantenerse igual el tiempo inspiratorio, la duración del tiempo de presión pico disminuye.



**Figura 4.** Onda de flujo constante (curva de flujo-tiempo).



**Figura 5.** Onda de flujo desacelerado (curva de flujo-tiempo).

### Tipo de flujo inspiratorio

Algunos respiradores permiten modificar, en las modalidades de volumen, la forma en que se introduce el gas en la vía respiratoria. En las modalidades de presión o de volumen cicladas por presión, la forma del flujo es siempre desacelerada.

Existen cuatro tipos de flujo. Según las características de cada paciente y dependiendo de su enfermedad pueden recomendarse diferentes tipos de flujo, aunque no hay evidencias que demuestren que un tipo de flujo produzca un mejor intercambio de gases que otro.

1. *Flujo constante (de onda cuadrada)*. Es el característico en la modalidad de volumen. La velocidad de flujo se mantiene igual durante todo el  $T_i$  (fase de entrada de aire). El flujo es cero durante la pausa inspiratoria (fig. 4).

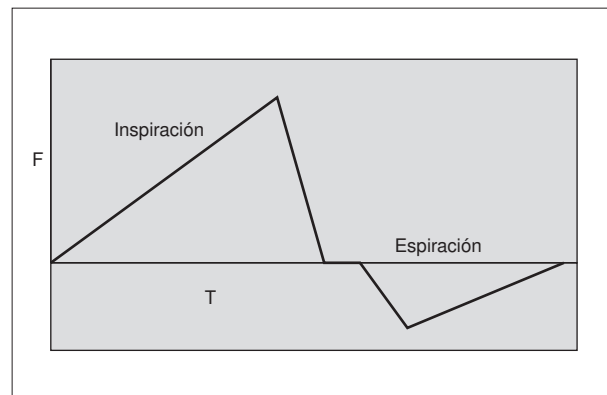
2. *Flujo desacelerado*. Es el característico de la modalidad de presión. Es muy rápido al comienzo de la inspiración, y disminuye de forma progresiva a lo largo de ella (fig. 5). Su principal indicación son los pacientes con aumento de las resistencias en las vías aéreas, ya que, al mantenerse durante toda la inspiración (no hay pausa inspiratoria), favorece que la distribución del gas sea mejor. Por la misma razón, al generar una presión intratorácica mayor que la modalidad de volumen hace que sus efectos negativos sobre el retorno venoso sean mayores.

3. *Flujo acelerado*. Es muy lento al principio de la inspiración y aumenta de forma progresiva a lo largo de ella (fig. 6). Se utiliza de forma excepcional. Está indicado en los pacientes con situación hemodinámica inestable, ya que produce una presión intratorácica menor que el flujo desacelerado.

4. *Flujo sinusoidal*. Se inicia de forma lenta, se acelera hasta alcanzar un máximo que mantiene durante un tiempo y luego desciende de forma progresiva (fig. 7)<sup>1</sup>.

### Fracción inspirada de oxígeno

Es el porcentaje de oxígeno que contiene el aire aportado por el respirador; puede variar desde aire puro ( $FiO_2$  de 0,21) hasta oxígeno puro ( $FiO_2$  de 1).



**Figura 6.** Onda de flujo acelerado (curva de flujo-tiempo).

1. Inicialmente se suele programar una  $FiO_2$ , de 1 o si el paciente ya estaba recibiendo oxigenoterapia, del 10 al 20% superior a la que estaba recibiendo.

2. Después, debe ir disminuyendo de manera progresiva hasta dejarla en el valor más bajo posible que consiga una oxigenación adecuada. El objetivo, dada la toxicidad del oxígeno, es ventilar al paciente con  $FiO_2$  inferiores a 0,6, siempre que sea posible<sup>3</sup>.

### CPAP-PEEP

1. La presión positiva continua durante la inspiración y la espiración (CPAP) se aplica en modalidades de ventilación espontánea.

2. La PEEP es una presión positiva al final de la espiración que impide que ésta retorne a la presión atmosférica. Se aplica en modalidades controladas o asistidas (fig. 8).

3. Tanto la CPAP como la PEEP suministran una presión positiva en las vías aéreas, una durante todo el ciclo (CPAP) y otra (PEEP) sólo durante la espiración. Ambas persiguen impedir el colapso de los alvéolos y mejorar la oxigenación.

4. El nivel de PEEP inicial se programa entre 0 y 2  $cmH_2O$ .

5. Si existe hipoxemia de origen respiratorio, la PEEP debe ir aumentando de 2 a 3  $cmH_2O$  hasta conseguir la máxima mejoría en la  $PaO_2$  sin provocar efectos hemodinámicos secundarios (PEEP óptima).

6. Cuanto más elevada sea la CPAP o la PEEP mayores son las posibilidades de que aparezcan los siguientes efectos secundarios<sup>6</sup>:

a) Disminución del gasto cardíaco: por reducción de la precarga y aumento de las resistencias vasculares pulmonares que, al aumentar la poscarga del ventrículo derecho provocan el desplazamiento del tabique interventricular hacia la izquierda y la disminución del volumen sistólico.

b) Sobredistensión alveolar.

c) Aumento del espacio muerto y retención de  $CO_2$ .

d) Derivación de la perfusión sanguínea de las zonas pulmonares sobredistendidas hacia otras en las que predomina la perfusión sobre la ventilación, lo que provoca un aumento del cortocircuito intrapulmonar con disminución de la  $PaO_2$ .

### Sensibilidad (trigger)

Es el dispositivo que permite que el respirador abra su válvula inspiratoria cuando lo demanda el paciente:

1. Sólo debe programarse cuando se utilicen modalidades de ventilación asistidas, soportadas o espontáneas.

2. La sensibilidad puede ser activada de dos maneras<sup>1,6</sup>.

a) Por flujo: el esfuerzo del paciente crea un flujo negativo en las tubuladuras, que es detectado por un sensor

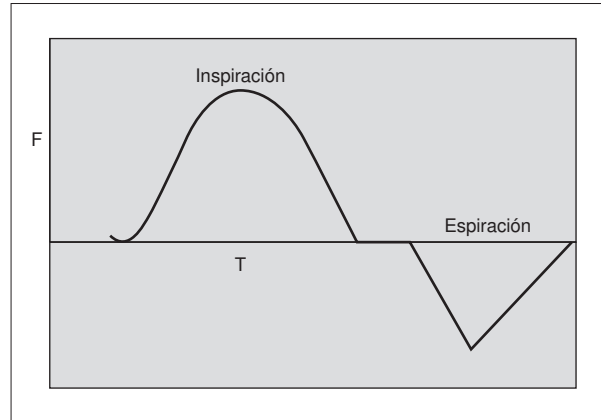


Figura 7. Onda de flujo sinusoidal (curva de flujo-tiempo).

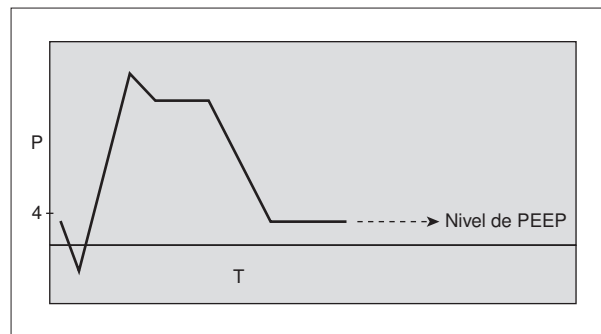


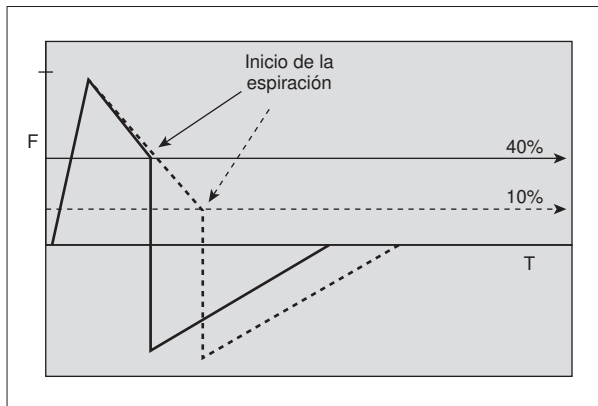
Figura 8. Presión espiratoria final (PEEP) en la curva de presión-tiempo.

situado en el circuito espiratorio, y produce la apertura de la válvula inspiratoria del respirador. Este tipo de sensibilidad requiere menos esfuerzo por parte del paciente que la activada por presión, ya que el niño sólo tiene que robar un pequeño volumen de aire del circuito para conseguir abrir la válvula inspiratoria. Algunos respiradores seleccionan automáticamente la sensibilidad por flujo, mientras que en otros ésta debe programarse entre 1 y 3 l/min.

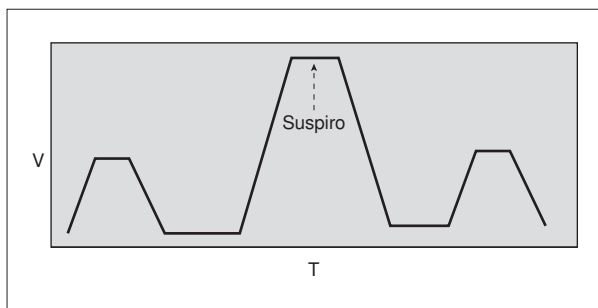
b) Por presión: el esfuerzo inspiratorio del paciente genera una presión negativa, que es detectada por un sensor de presión situado en el circuito espiratorio que activa la apertura de la válvula inspiratoria. La sensibilidad por presión se suele programar entre  $-1,5$  y  $-2$   $cmH_2O$ . Este tipo de sensibilidad requiere que el paciente realice un esfuerzo algo mayor que con la de flujo, ya que tiene que producir una disminución de la presión por debajo de la PEEP.

c) Existen respiradores cuya sensibilidad es por presión y otros por flujo, pero la mayoría de los respiradores actuales tienen las dos posibilidades.

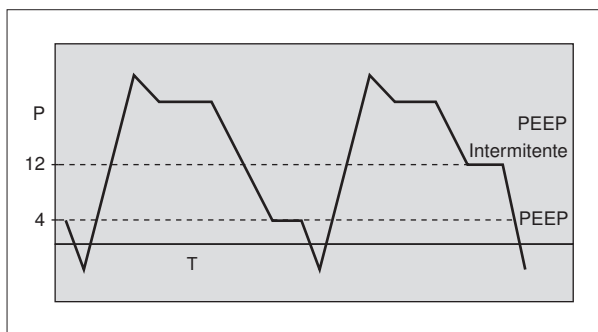
3. La sensibilidad debe ajustarse para que el paciente consiga abrir la válvula con el menor esfuerzo posible,



**Figura 9.** Sensibilidad espiratoria (curva de flujo-tiempo). Sensibilidad espiratoria del 10 y 40% del flujo inspiratorio máximo. Con la sensibilidad espiratoria del 10% el tiempo inspiratorio es mayor y, por tanto, también el volumen corriente o tidal, pero el paciente puede haber iniciado la espiración y el respirador sigue manteniendo la presión de soporte.



**Figura 10.** Volumen de suspiro.



**Figura 11.** Presión espiratoria final (PEEP) intermitente.

evitando que el nivel prefijado sea demasiado bajo, ya que la aparición de turbulencias o depresiones dentro de las tubuladuras podrían ser interpretadas erróneamente por el respirador como el inicio de la inspiración del paciente y generar un ciclado no solicitado (autociclado).

4. Sin embargo, aunque los actuales respiradores tienen una rápida capacidad de respuesta, en milisegun-

dos, ante mínimas demandas por parte del paciente, incluso este esfuerzo puede ser excesivo para algunos recién nacidos y lactantes. Por eso, en los recién nacidos se utilizan respiradores de flujo continuo en los que el niño puede obtener aire sin dificultad en cualquier momento del ciclo respiratorio.

### Fin del ciclo inspiratorio (regulación de la sensibilidad espiratoria)

Es el porcentaje de descenso del flujo inspiratorio máximo en el que el respirador termina la inspiración e inicia la espiración<sup>5</sup>.

1. Sirve para adaptar la ayuda del respirador al esfuerzo real del paciente y evitar que, por fugas, se mantenga la inspiración durante un tiempo excesivo mientras el paciente ya está realizando la espiración (fig. 9).

2. Sólo está disponible en algunos respiradores (en muchos respiradores este parámetro es fijo y no puede modificarse).

3. Se programa en los modos de ventilación asistida o soportada, pero no en controlada. Se puede programar entre un 1 y un 40% del flujo máximo, aunque en general se utilizan valores de 6 a 25% (fig. 9).

### Suspiro

El suspiro es una respiración con un VC superior al habitual<sup>5</sup>. Algunos respiradores (Dräger) programan un suspiro espiratorio que consiste en aplicar en algunas respiraciones, una PEEP más elevada (PEEP intermitente), en vez de un VC más elevado.

1. El suspiro tiene como objetivo abrir algunos alvéolos y zonas pulmonares que permanecen cerradas con el VC normal. Puede ser útil después de una aspiración para reclutar los alvéolos colapsados durante la misma.

2. Se puede programar el VC del suspiro (aunque algunos respiradores dan automáticamente un suspiro con el doble del VC programado) y el número de suspiros por hora (fig. 10).

En el caso de la PEEP intermitente se programa el nivel de PEEP y el número de suspiros por hora (algunos respiradores tienen una programación automática) (fig. 11).

3. Hay que comprobar de manera cuidadosa el límite de presión para evitar que ésta no suba excesivamente durante las ventilaciones de suspiro.

4. El suspiro sólo está disponible en algunos respiradores.

### PROGRAMACIÓN DE LAS ALARMAS

El objetivo fundamental de la programación de las alarmas, es avisar de las alteraciones que se produzcan en los parámetros de ventilación, por problemas en la programación, malfuncionamiento del respirador, alteraciones

del paciente o problemas de sincronización entre el respirador y el paciente<sup>2,3</sup>:

1. Dependiendo de su importancia, las alarmas pueden ser sólo luminosas (suelen ser de color ámbar) o luminosas (color rojo) y acústicas.

2. Algunas alarmas sólo pueden apagarse o silenciarse cuando se ha resuelto el problema que las originó. Otras pueden silenciarse a voluntad del usuario, pero sólo por un tiempo limitado. En algunos respiradores la alarma acústica se apaga después de haber solucionado el problema, pero persiste la señal luminosa hasta que se apague manualmente.

### Alarmas de presión

1. El respirador avisa con señales luminosas y acústicas, y termina inmediatamente la inspiración, cuando la presión máxima alcanzada sobrepasa el nivel seleccionado. Algunos respiradores también tienen alarma de presión inspiratoria baja que se activa cuando, por fugas o desconexión el respirador, no puede alcanzarse la presión pico (en modalidades de presión) o la PEEP (en modalidades de volumen o presión) programadas.

2. El objetivo de la alarma de presión alta inspiratoria es evitar el barotrauma, por lo que suele programarse unos 10 cmH<sub>2</sub>O por encima del valor que éste ha alcanzado en el paciente, siempre que no se sobrepasen, por lo general, los 35-40 cmH<sub>2</sub>O. Algunos respiradores avisan acústicamente cuando la presión llega a 5 cmH<sub>2</sub>O por debajo de la alarma programada. El objetivo de la alarma de presión baja es detectar las fugas y desconexiones para evitar la hipoventilación.

3. Son consideradas alarmas prioritarias, por lo que deben programarse tanto en las modalidades de volumen como en las de presión.

### Alarmas de volumen

1. Algunos respiradores tienen alarmas de volumen minuto y otros, además, alarmas de VC. El respirador avisa con una alarma continua cuando el VC y/o minuto espirado sobrepasa o no llega a los límites prefijados.

2. Su objetivo es evitar la hipo o hiperventilación del paciente; por eso, tanto el límite de alarma alto como el bajo deben situarse, aproximadamente, en el 20 al 50% por encima y debajo del volumen minuto y/o VC espirado prefijado (en modalidades en controlada) o alcanzado (modalidades en asistida, soportada o espontánea). Es importante insistir en que esta alarma debe programarse en relación al volumen espirado, ya que, si se hace con respecto al inspirado y existen fugas de gas, puede activarse la alarma de volumen bajo detectando una hipoventilación inexistente.

3. Al tratarse de una alarma prioritaria, ha de programarse en todas las modalidades.

### Alarma de frecuencia respiratoria elevada

1. Se activa cuando la FR total (suma de la frecuencia programada y la espontánea) sobrepasa el límite establecido.

2. Tiene como objetivo alertar de forma luminosa y acústica cuando el paciente realiza un número de respiraciones espontáneas excesivas que, de persistir, le pudieran llevar a la fatiga respiratoria. El nivel debe colocarse un 20% por encima de la FR considerada como normal para la edad del paciente y la enfermedad que presente.

3. Debe programarse, sobre todo, en las modalidades en las que el paciente pueda hacer respiraciones espontáneas o asistidas.

### Alarma de apnea

1. Se activa cuando el paciente y/o el respirador no realizan ninguna respiración durante un tiempo preestablecido. Algunos respiradores cuando se activa la alarma de apnea pasan de forma automática de una modalidad espontánea a una controlada para asegurar una ventilación mínima al paciente.

2. Tiene como objetivo alertar de forma luminosa y acústica cuando el paciente queda en apnea. Según la edad del paciente el tiempo de apnea se programa en 10 a 20 s.

3. Debe programarse en todas las modalidades, sobre todo en las espontáneas. En algunos respiradores esta alarma se activa de forma automática.

### Alarma de oxígeno

1. Se activa cuando la concentración de oxígeno es mayor o menor de los límites programados.

2. Tiene por misión avisar de forma luminosa y sonora cuando la FiO<sub>2</sub> está por encima (se ha olvidado descender después de una aspiración o de una hipoxemia transitoria) o por debajo de los valores prefijados. Debe fijarse el 20% por encima y por debajo del valor de FiO<sub>2</sub> programado en ese momento. Algunos respiradores ajustan de forma automática la alarma de oxígeno a la concentración programada en cada momento.

3. Se considera como una alarma prioritaria, por lo que debe programarse en todas las modalidades.

### Otras alarmas

1. *Alarma de volumen atrapado.* Algunos respiradores de última generación avisan al detectar que al paciente no le da tiempo a espirar el VC administrado<sup>5</sup>.

2. *Alarma de T<sub>i</sub> insuficiente.* Se activa cuando el respirador no puede administrar al paciente el volumen programado en el T<sub>i</sub> o con la relación I/E programada.

3. *Alarma de volumen inconstante.* Se activa cuando el respirador no puede administrar al paciente, en todas las respiraciones, el volumen programado, por problemas en

la programación ( $T_i$  corto) o en el paciente (lucha, secreciones, etc.).

### Alarmas automáticas

Los respiradores disponen de una serie de alarmas que se activan de forma automática sin que sea necesario que el usuario las haya prefijado. Avisan de forma luminosa y acústica cuando se producen fallos importantes en el funcionamiento del respirador<sup>4</sup>. Entre ellas cabe destacar la desconexión o el corte de suministro de energía eléctrica, las caídas o aumentos de presión de los gases que alimentan el respirador, consumo de las baterías internas, funcionamiento de los sensores de oxígeno o flujo, problemas técnicos, etc.

Algunos respiradores de última generación disponen de un sistema de ajuste automático de alarmas, mediante el cual las alarmas de volumen, presión, apnea, oxígeno, etc., se ajustan automáticamente en cada momento a los parámetros programados<sup>5</sup>.

### BIBLIOGRAFÍA

1. Velasco M, Ulloa E, López-Herce J. Ventilación mecánica. En: López-Herce J, Calvo C, Lorente M, Jaimovich D, Baltodano A, editores. Manual de cuidados intensivos pediátricos. 1.ª ed. Madrid: Publimed, 2001; p. 620-43.
2. McDonald KD, Jonson SR. Volume and pressure modes of ventilation in pediatric patients. *Respir Care Clin North Am* 1966; 2:607-18.
3. Martin LD, Batton SL, Walkewr LK. Principles and practice of respiratory support and mechanical ventilation. En: Rogers MC, editor. *Textbook of Pediatric Intensive Care*. Baltimore: Williams and Wilkins, 1996; p. 265-330.
4. Kacmarek RM, Hess D. Basic Principles of ventilation machinery. En: Tobin MJ, editor. *Principles and practice of mechanical ventilation*. New York: McGraw-Hill, 1994; p. 65-110.
5. Tobin MJ. Advances in mechanical ventilation. *N Engl J Med* 2001;344:1986-96.
6. Richard JC, Breton L. Influence of ventilator performance on assisted modes of ventilation. En: Mancebo J, Net A, Brochard L, editores. *Mechanical ventilation and weaning*. Berlin: Springer, 2002; p. 74-85.

## Gases medicinales: oxígeno y heliox

A. Rodríguez Núñez, J.M.<sup>a</sup> Martínón Sánchez y F. Martínón Torres

Servicio de Críticos y Urgencias Pediátricas. Hospital Clínico Universitario de Santiago de Compostela. A Coruña. España.

**La asistencia respiratoria de cualquier tipo incluye un elemento esencial que es el gas o mezcla gaseosa que se administra al paciente. El oxígeno es el gas indispensable para el metabolismo celular y está indicado en cualquier situación clínica que curse con hipoxia. La oxigenoterapia pretende aumentar la presión parcial de oxígeno en la sangre arterial a través de un aumento de la concentración de oxígeno en el aire inspirado. Además de sus efectos beneficiosos, es preciso conocer los efectos adversos e inconvenientes del oxígeno. Existen diversos modos y aparatos para suministrar oxígeno suplementario; la selección de un método particular debe ser individualizada y debe tener en cuenta la edad y patología del paciente, la fracción inspiratoria necesaria y la facilidad de adaptación al niño. El helio es un gas inerte que posee un peso específico y una densidad muy bajos, lo que condiciona sus efectos terapéuticos, sobre todo en los cuadros obstructi-**

**vos de diferentes etiologías. La respiración de la mezcla de helio y oxígeno (heliox) consigue disminuir el trabajo respiratorio y mejorar el intercambio gaseoso, sin efectos adversos significativos.**

### Palabras clave:

*Oxígeno. Oxigenoterapia. Helio. Heliox. Pediatría. Asistencia respiratoria.*

### MEDICINAL GASES: OXYGEN AND HELIOX

**All forms of respiratory support involve one essential element: The gas or gas mixture administered to the patient. Oxygen is an indispensable gas for cellular metabolism and is indicated in cases of hypoxia. Oxygen therapy aims to increase the partial pressure of oxygen in arterial blood by increasing the oxygen concentration of inspired**

**Correspondencia:** Dr. A. Rodríguez Núñez.  
Servicio de Críticos y Urgencias Pediátricas.  
Hospital Clínico Universitario de Santiago de Compostela.  
A Choupana, s/n. 15706 Santiago de Compostela. A Coruña. España.  
Correo electrónico: antonio.rodriguez.nunez@sergas.es

Recibido en marzo de 2003.  
Aceptado para su publicación en marzo de 2003.