

# CONCEPTOS GENERALES

Sociedad Española de Cuidados Intensivos Pediátricos

## Introducción

J. López-Herce Cid

Sección de Cuidados Intensivos Pediátricos. Hospital Gregorio Marañón. Madrid. España.  
Coordinador del Grupo de Trabajo de Respiratorio de la Sociedad de Cuidados Intensivos Pediátricos.

En junio del año 2001, en el XX Congreso de la Sociedad de Cuidados Intensivos Pediátricos celebrado en Cádiz se constituyó el Grupo de Trabajo de Respiratorio. Este grupo de trabajo está formado por pediatras que trabajan en cuidados intensivos pediátricos, y tiene voluntad de colaboración con todos los grupos de estudio y personas que trabajan con pacientes con enfermedad respiratoria, adultos, pediátricos o exclusivamente neonatales. Los objetivos fundamentales del Grupo de Trabajo de Respiratorio de la Sociedad Española de Cuidados Intensivos Pediátricos (SECIP) son unificar criterios, realizar protocolos diagnóstico-terapéuticos, estimular la realización de estudios multicéntricos y desarrollar la formación en temas relacionados con la enfermedad respiratoria en cuidados intensivos pediátricos.

La ventilación mecánica en el niño se ha desarrollado en muchos casos a partir de la experiencia de la ventilación mecánica del adulto. Sin embargo, el niño tiene unas características físicas y fisiológicas muy diferentes que hacen que las indicaciones, aparatos, modalidades y forma de utilización de la ventilación mecánica sean con frecuencia distintas a las empleadas habitualmente en pacientes adultos. El pediatra tiene que aplicar la ventilación mecánica en niños de muy diferente edad y peso, desde recién nacidos prematuros a adolescentes, y con enfermedades muy diversas. Además, en el niño, las complicaciones de la ventilación mecánica son potencialmente más graves que en el adulto, debido a su inmadurez y a la dificultad de monitorización. Por otra parte, en los últimos años se han desarrollado nuevos aparatos, modalidades de ventilación mecánica y técnicas complementarias que se adaptan cada vez mejor a las características y necesidades del paciente. Es por tanto necesario que los

pediatras conozcan no sólo todas las técnicas de la ventilación mecánica, sino los métodos de vigilancia y monitorización.

A pesar de que la ventilación mecánica es una de las técnicas más empleadas e importantes, tanto en las unidades de cuidados intensivos pediátricos como neonatales, y que tiene una gran repercusión en el pronóstico vital del niño críticamente enfermo, hasta el momento no se ha planteado una formación estructurada de los profesionales que la utilizan. La ventilación mecánica es una técnica que fundamentalmente se utiliza en el quirófano y en las unidades de cuidados intensivos, pero que de manera progresiva está pasando a ser aplicada en otras unidades (urgencias, traslados, unidades de crónicos o intermedios, y en el domicilio). Por lo tanto, su conocimiento no debe ser exclusivo de unos pediatras "superespecializados" en cuidados intensivos, sino que también deben conocerla todos los pediatras que realizan medicina de urgencias, traslados, pediatría hospitalaria y los residentes de pediatría, que en muchas ocasiones son los responsables de su manejo durante las guardias. Por esta razón, el Grupo de Trabajo de Respiratorio ha considerado que uno de sus objetivos iniciales debía ser difundir los conocimientos básicos sobre ventilación mecánica en pediatría, estableciendo protocolos y recomendaciones generales y creando un sistema de formación mediante cursos teórico-prácticos que, tomando como modelo los cursos de resucitación cardiopulmonar pediátrica y neonatal, puedan extender la formación en ventilación mecánica a toda la geografía española.

Para iniciar esta formación se han elaborado una serie de temas que recogen los conceptos fundamentales y las recomendaciones de uso práctico de la ventilación me-

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

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

cánica en pediatría. En los siguientes capítulos se expondrán los conceptos básicos de la ventilación mecánica, la utilización de gases medicinales, las modalidades convencionales de ventilación mecánica (ventilación controlada, asistida-controlada y mandatoria intermitente), las formas de soporte, las nuevas modalidades, los métodos de retirada de la asistencia respiratoria, las ventilaciones no invasivas y de alta frecuencia, las técnicas complementarias (intubación, humidificación, aspiración, fisio-

terapia), las complicaciones de la ventilación mecánica, la monitorización respiratoria, la ventilación en situaciones especiales (asma, bronquiolitis, síndrome de dificultad respiratoria aguda, cardiopatías, recién nacido), la ventilación mecánica durante el transporte, los tratamientos complementarios (óxido nítrico, surfactante, posición en prono) y los problemas éticos en la ventilación mecánica. Esperamos que esta serie de capítulos contribuya a la formación de los pediatras en ventilación mecánica.

## Conceptos de ventilación mecánica

J.I. Muñoz Bonet

Unidad de Cuidados Intensivos Pediátricos. Hospital Clínico de Valencia. España.

La ventilación mecánica (VM) se define como la técnica por la cual se realiza el movimiento de gas hacia y desde los pulmones por medio de un equipo externo conectado directamente al paciente. Los objetivos clínicos de la VM pueden ser muy diversos: mantener el intercambio de gases, reducir o sustituir el trabajo respiratorio, disminuir el consumo de oxígeno sistémico y/o miocárdico, conseguir la expansión pulmonar, permitir la sedación, anestesia y relajación muscular, estabilizar la pared torácica, etc. La ventilación puede realizarse mediante presión negativa extratorácica o presión positiva intermitente (PPI). Según el mecanismo de ciclado los respiradores de presión positiva se clasifican en ciclados por presión, ciclados por flujo o mixtos y, según el tipo de flujo en respiradores de flujo continuo, de flujo intermitente o de flujo básico constante. Por último, los respiradores de alta frecuencia se clasifican según su mecanismo en alta frecuencia por PPI, alta frecuencia oscilatoria y alta frecuencia por chorro.

### Palabras clave:

*Ventilación mecánica. Niños. Ventilación con presión positiva. Ventilación con presión negativa. Ventilación de alta frecuencia. Tubuladuras respiratorias.*

### DEFINITIONS IN MECHANICAL VENTILATION

**Mechanical ventilation can be defined as the technique through which gas is moved toward and from the lungs**

**Correspondencia:** Dr. J.I. Muñoz Bonet.  
Unidad de Cuidados Intensivos Pediátricos. Hospital Clínico de Valencia.  
Avda. Blasco Ibáñez, 17. 46010 Valencia. España.  
Correo electrónico: [munoz\\_jua@gva.es](mailto:munoz_jua@gva.es)

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

through an external device connected directly to the patient. The clinical objectives of mechanical ventilation can be highly diverse: To maintain gas exchange, to reduce or substitute respiratory effort, to diminish the consumption of systemic and/or myocardial O<sub>2</sub>, to obtain lung expansion, to allow sedation, anesthesia and muscle relaxation, and to stabilize the thoracic wall, etc. Ventilation can be carried out by negative extrathoracic pressure or intermittent positive pressure. According to the cycling mechanism, positive-pressure ventilators are classified as pressure-cycled, flow-cycled, or mixed, and according to the type of flow in continuous-flow ventilators, as intermittent flow or constant basic flow. Finally, high-frequency ventilators are classified according to their high-frequency mechanism as intermittent positive pressure, oscillatory high-frequency and high-frequency jet ventilators.

### Key words:

*Mechanical ventilation. Children. Positive-pressure ventilation. Negative-pressure ventilation. High-frequency ventilation. Respiratory circuit.*

### INTRODUCCIÓN

La ventilación mecánica (VM) puede definirse como la técnica por la cual se realiza el movimiento de gas hacia y desde los pulmones por medio de un equipo externo conectado directamente al paciente. El equipo puede ser

una bolsa de resucitación o un ventilador mecánico, y puede conectarse al paciente por medio de una mascarilla facial, un tubo endotraqueal (lo más frecuente), una traqueostomía o el tórax (aparatos de presión negativa extratorácica)<sup>1</sup>.

Aunque la introducción de la VM en la clínica es un fenómeno muy reciente, las primeras descripciones se remontan a 400 años a.C., cuando Hipócrates en su "tratado sobre el aire" menciona la intubación traqueal como método para ventilar los pulmones. Posteriormente, en el año 175 d.C., Galeno utiliza un fuelle para inflar los pulmones de un animal. No se encuentran nuevas descripciones hasta el siglo XVI cuando Paracelso y Vesalio, a través de experiencias similares, establecen el concepto de respiración artificial. En 1911, la casa Dräger construyó un primer aparato de presión positiva intermitente (PPI) (Pulmotor), y fue utilizado en pacientes con problemas respiratorios. En 1928, Drinker y Shaw diseñaron un prototipo del pulmón de acero para VM de larga duración que, mejorado por Emmerson en 1931, tuvo una amplia difusión en las epidemias de poliomielitis de la década de 1940. Debido a las limitaciones en el acceso a los pacientes que implicaban los pulmones de acero, en los años 1940-1950 se desarrolló la técnica de PPI con intubación endotraqueal que, desde las epidemias de poliomielitis de los años 1950, se ha impuesto como técnica de VM convencional en el paciente grave<sup>2</sup>. En los últimos 30 años y particularmente en los últimos 15 años, con el desarrollo tecnológico e informático, los ventiladores han ido evolucionando de forma incesante, permitiendo una mejor monitorización de los pacientes e incorporado nuevas técnicas ventilatorias, con el fin de mejorar su eficacia y limitar sus efectos adversos. Por desgracia, aunque el número de opciones ventilatorias disponibles por el facultativo ha ido aumentando de forma exponencial, todavía no se han desarrollado ensayos clínicos controlados que definan claramente la utilidad de muchas de ellas<sup>3</sup>.

En la actualidad, la VM es una herramienta clave en el tratamiento del paciente pediátrico crítico, ya sea esta situación debida a enfermedad pulmonar o extrapulmonar, tanto en el medio extrahospitalario (sistemas de urgencias y transporte sanitario) como en el hospitalario (urgencias, quirófano, unidad de cuidados intensivos pediátricos [UCIP], etc.)<sup>4</sup>. Además, el aumento de la supervivencia de niños con insuficiencia respiratoria crónica está condicionando el desarrollo de programas de VM domiciliar pediátrica, encaminados a mejorar la calidad de vida de estos niños y sus familias.

## INDICACIONES

La VM es un método de soporte vital en el paciente grave que no es, por sí solo, terapéutico o curativo. Puesto que no está exenta de riesgos y efectos adversos, las indicaciones de ésta deben ser tenidas en cuenta, no sólo para iniciarla de forma adecuada, sino también para reti-

larla tan pronto como desaparezca la causa que condujo a su inicio<sup>2</sup>.

Es difícil realizar una clasificación de las indicaciones de VM por enfermedades específicas, no sólo porque el listado sería interminable, sino también por la dificultad para definir el nivel de gravedad de cada una que hace necesario su uso<sup>2,5</sup>. Por este motivo, su indicación dependerá de los objetivos clínicos que se desee conseguir. Estos objetivos se resumen seguidamente<sup>5</sup>.

## Mantener el intercambio de gases

Esta es la función básica del sistema respiratorio.

*1. Ventilación alveolar.* La apnea y la hipoventilación alveolar aguda (de modo general la presión parcial arterial de anhídrido carbónico  $[PaCO_2] > 55-60$  mmHg, en ausencia de enfermedad respiratoria crónica) son indicación para iniciar el soporte respiratorio. El objetivo de la VM podrá ser normalizar la ventilación alveolar ( $PaCO_2$  normal) o, en su defecto, conseguir cifras adecuadas, o al menos suficientes, aunque superiores a la normalidad, como ocurre en la hipercapnia permisiva o en las descompensaciones agudas de los pacientes con insuficiencia respiratoria crónica. En ocasiones, el objetivo puede ser conseguir una ventilación alveolar superior a la normal (hiperventilación de los pacientes con hipertensión intracraneal).

*2. Oxigenación arterial.* La cianosis o la hipoxemia ( $PaO_2 < 70$  mmHg) con fracción inspiratoria de oxígeno ( $FiO_2 > 0,6$ ), son indicación para iniciar soporte ventilatorio. El objetivo es evitar la hipoxia tisular. La VM contribuye a alcanzar este objetivo manteniendo una oxigenación arterial normal ( $PaO_2 \geq 80-100$  mmHg) o, al menos, suficiente (generalmente  $PaO_2 > 60$  mmHg y saturación de oxígeno en sangre arterial  $[SatO_2] \geq 90\%$ ), usando una  $FiO_2$  aceptable ( $< 0,6$ ).

## Reducir o sustituir el trabajo respiratorio

*1.* Cuando el incremento del trabajo respiratorio, por aumento en las resistencias de la vía respiratoria o por disminución de la complianza pulmonar o torácica, provoca que el esfuerzo respiratorio espontáneo sea ineficaz o no pueda ser mantenido por agotamiento de la musculatura respiratoria.

*2.* Cuando, en ausencia de incremento de trabajo respiratorio, la bomba respiratoria es incapaz de realizar su función, ya sea por fracaso muscular (enfermedades neuromusculares, desnutrición, etc.) o esquelético (escoliosis graves, traumatismos, cirugía torácica).

## Disminuir el consumo de oxígeno sistémico ( $VO_2$ ) y/o miocárdico

El trabajo de la musculatura respiratoria en situaciones patológicas puede llegar a representar el 50% del  $VO_2$ . En estas circunstancias, la VM permite disponer de

una importante reserva de oxígeno que puede ser utilizada por otros tejidos comprometidos (situaciones de shock). Por otro lado, en situaciones de compromiso cardiorrespiratorio importante (shock cardiogénico, síndrome de dificultad respiratoria aguda), esta disminución del consumo evita la sobrecarga funcional de estos órganos, facilitando su recuperación. La sedación-relajación potencia todavía más estas acciones.

### **Conseguir la expansión pulmonar**

Para prevenir o revertir atelectasias, y mejorar la oxigenación y la complianza pulmonar (al realizar la inspiración en zonas más favorables de la curva presión-volumen).

### **Permitir la sedación, anestesia y relajación muscular**

En cirugía, procedimientos de UCIP, etc.

### **Estabilizar la pared torácica**

En politraumatismos, cirugía torácica, etc.

## **TIPOS DE VENTILADORES Y PRINCIPALES MODALIDADES DE VENTILACIÓN MECÁNICA**

En la respiración espontánea, la entrada de aire en los pulmones se hace posible gracias al acortamiento de los músculos inspiratorios, lo cual condiciona un aumento del volumen intratorácico y, en consecuencia, una presión negativa (subatmosférica) con movilización de aire hacia los pulmones. La espiración se produce de manera pasiva debido a las propiedades elásticas del pulmón, que recupera su volumen de partida.

Para poder sustituir la función ventilatoria con aparatos mecánicos, se requiere la generación de una fuerza inspiratoria que supla la fase activa del ciclo respiratorio. Esta fuerza puede generarse de dos maneras, con presión negativa extratorácica o con presión positiva<sup>2</sup>.

### **Ventiladores de presión negativa extratorácica**

Actúan remedando la respiración normal, al producir mecánicamente una presión subatmosférica intratorácica, mediante la generación de una presión negativa extratorácica. Son equipos aparatosos, que interfieren el acceso al paciente (tanques o chalecos), y que proporcionan una ventilación alveolar variable. Por estos motivos, su uso se restringe al manejo de algunos niños afectados de enfermedades neuromusculares con disminución de la ventilación alveolar y función pulmonar normal.

### **Ventiladores de presión positiva intermitente**

Es la técnica de VM más extendida. La introducción del gas respiratorio dentro del pulmón se realiza a través de un tubo endotraqueal (lo más frecuente), una traqueostomía o una mascarilla facial, al generar de forma intermitente un gradiente de presión entre la entrada y el final de la vía respiratoria (alvéolo). El ciclo respiratorio se inicia al incrementar la presión en la entrada de la vía

aérea. Se produce un gradiente de presión que condiciona la entrada de aire en los pulmones, hasta que el incremento progresivo en la presión alveolar ocasionado por la distensión pulmonar iguala la existente en la entrada de la vía. El inicio de la espiración se produce al retirar la presión positiva de la entrada de la vía respiratoria, lo cual genera una situación opuesta a la anterior, con salida de gas hasta que la presión alveolar se iguala, de nuevo, con la atmosférica. A este proceso, repetido de forma continua, se le denomina ventilación con PPI y es el principio en que se basa el funcionamiento de todos los VM convencionales que se aplican a la vía aérea.

### **¿Cómo se regula la entrada de gas y termina la inspiración?**

Una vez generada la fuerza necesaria para que se lleve a cabo la inspiración, debe establecerse el mecanismo de ciclado, es decir, en función de qué parámetro termina la inspiración. Los ventiladores, atendiendo a estas características, pueden clasificarse en:

1. *Ventiladores ciclados por presión.* La entrada de gas y la inspiración terminan cuando se alcanza una determinada presión en la vía respiratoria. El volumen recibido por el paciente y el tiempo de la inspiración ( $T_i$ ), están en función de la resistencia de la vía aérea, la complianza pulmonar y la integridad del circuito del ventilador, lo cual debe tenerse en cuenta al realizar la programación inicial. Cambios importantes en el  $T_i$  determinado inicialmente, indican problemas en el paciente o en el sistema (obstrucción, fugas, etc.). Estos respiradores, por su sencillez y manejabilidad, son utilizados en el transporte de pacientes.

2. *Ventiladores ciclados por volumen.* La inspiración termina cuando se ha administrado un volumen predefinido. No todo el volumen seleccionado en el ventilador llega al paciente, ya que parte queda atrapado en el circuito del respirador o puede perderse por fuga laríngea (tubos sin balón). La presión alcanzada por el respirador dependerá de la situación del paciente, por lo que cambios significativos en la misma pueden indicar obstrucción, intubación selectiva, broncospasmo, desacople con el respirador, disminución de la complianza, desconexión, etc.).

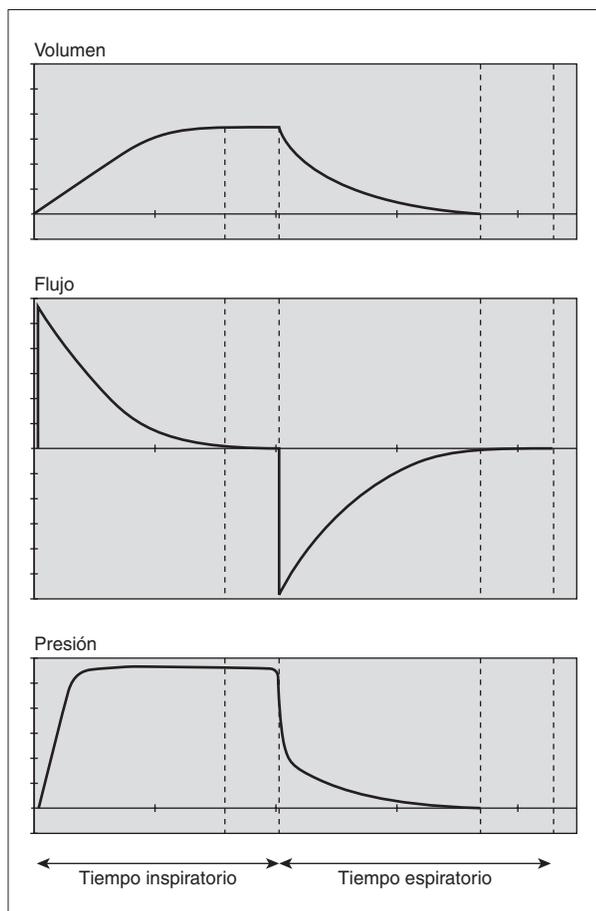
3. *Ventiladores ciclados por tiempo.* La duración de la inspiración ( $T_i$ ) y la espiración ( $T_e$ ) son programadas por el operador, y son independientes del volumen o la presión alcanzados. También se programa el flujo de gas. Aunque el volumen administrado no se controla directamente, puesto que es proporcional al producto del flujo y el  $T_i$  programados, permanecerá constante mientras no se modifiquen estos parámetros. Los cambios en la presión alcanzada con la programación inicial serán debidos a las mismas causas que en los ventiladores ciclados por volumen.

4. *Ventiladores ciclados por flujo.* La inspiración termina cuando el flujo inspiratorio disminuye por debajo de un nivel predeterminado, con independencia del volumen, tiempo o presión generada. Este es el mecanismo de ciclado utilizado en la ventilación con presión de soporte, opción disponible en la actualidad en la mayoría de ventiladores.

5. *Ventiladores mixtos.* En la actualidad, casi todos los ventiladores de uso clínico combinan características de los anteriores, de modo que el ciclado se realiza por tiempo, pero la entrada de gas se ha limitado previamente al alcanzarse una determinada presión (ventiladores controlados por presión) (fig. 1) o al administrar el volumen programado (ventiladores controlados por volumen) (fig. 2).

### ¿Cómo termina la espiración y se inicia una nueva inspiración?

El inicio de una nueva inspiración viene determinado por la frecuencia respiratoria programada por el médico (respiración programada o mandatoria), pero también

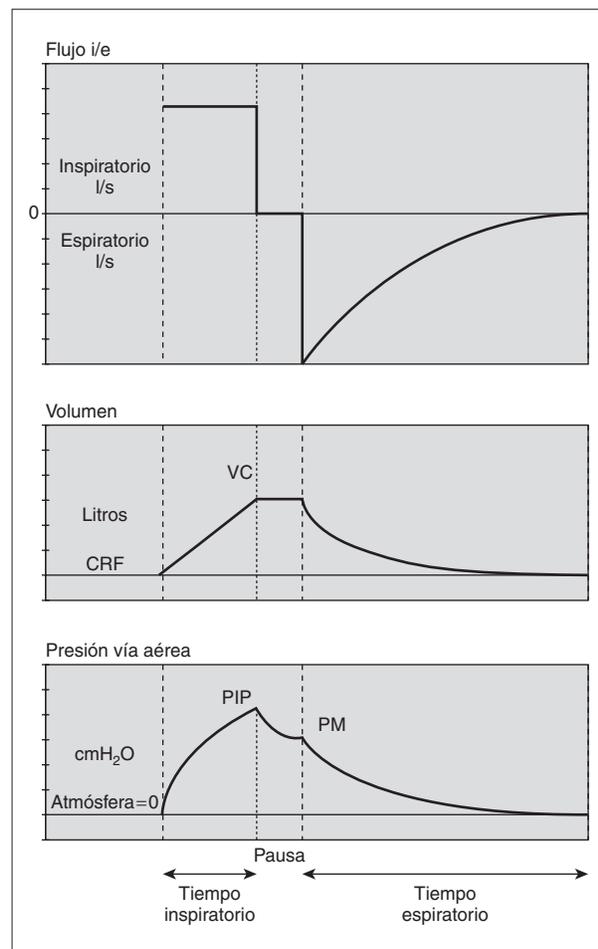


**Figura 1.** El ciclo respiratorio en un ventilador controlado por presión. Curvas de volumen, flujo y presión. Obsérvese cómo para mantener la presión constante durante la inspiración el flujo disminuye durante ésta (flujo decelerante), hasta llegar a cero.

puede iniciarse por el esfuerzo respiratorio del paciente (respiración espontánea). La ventilación mecánica controlada (VMC) es el modo de ventilación en el que todas las respiraciones son programadas. En la ventilación mandatoria intermitente el paciente recibe respiraciones programadas y realiza respiraciones espontáneas. Cuando se utilizan sistemas de presión positiva continua en la vía aérea, todas las respiraciones son espontáneas.

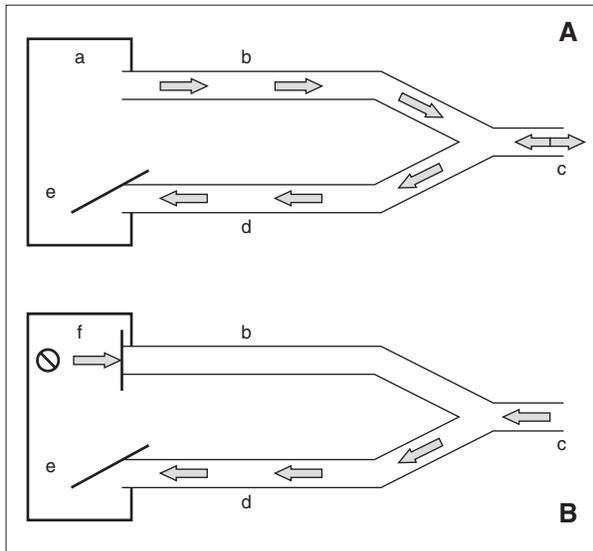
Otro modo de clasificar los ventiladores mecánicos depende del momento del ciclo respiratorio en el que éstos suministran gas por las tubuladuras<sup>1</sup>. Los respiradores pueden clasificarse en:

1. *Ventiladores de flujo continuo.* A través de la tubuladura del ventilador fluye gas de forma constante (fig. 3 A). Este gas llega al paciente cuando aumenta la presión por



**Figura 2.** El ciclo respiratorio en un ventilador controlado por volumen. Curvas de flujo, volumen y presión. VC: volumen tidal o corriente; CRF: capacidad residual funcional; PIP: presión pico inspiratoria; PM: presión meseta (aproximación a la presión en el alvéolo). Obsérvese cómo mientras aumenta el volumen, el flujo es constante y disminuye a cero en la pausa inspiratoria (no existe cambio en el volumen pulmonar).

cierre de la válvula espiratoria (respiración programada o mandatoria), o al disminuir la presión intratorácica del paciente como consecuencia de su esfuerzo respiratorio (respiración espontánea). Por lo tanto, estos respiradores permiten realizar respiraciones espontáneas sin restric-



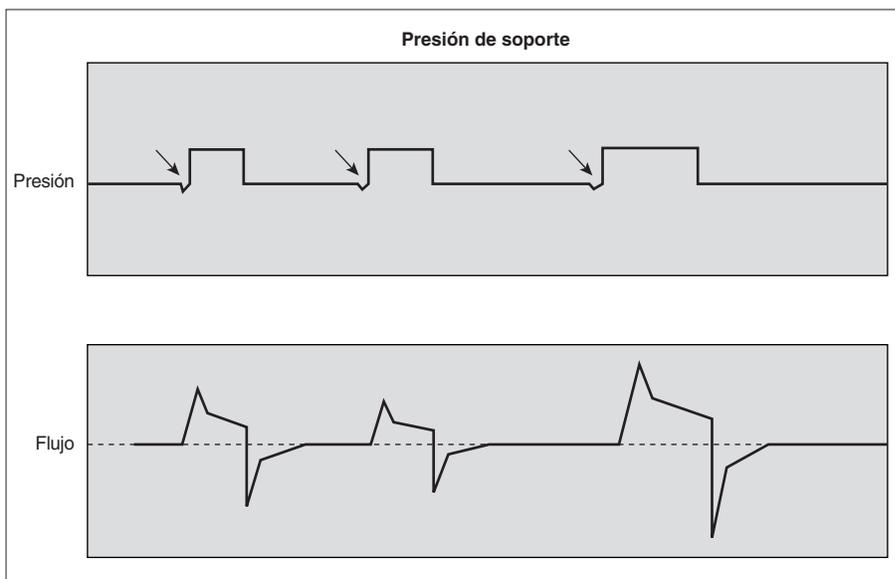
**Figura 3.** Ventilador de flujo continuo (A) e intermitente (B) durante la fase espiratoria: **a)** fuente de gas; **b)** asa inspiratoria; **c)** conexión al paciente; **d)** asa espiratoria; **e)** válvula espiratoria abierta, y **f)** válvula de demanda inspiratoria cerrada. Obsérvese cómo durante la espiración en el respirador de flujo continuo fluye gas en el asa inspiratoria, lo cual permite respirar al paciente sin restricciones. En el respirador de flujo intermitente, no fluye gas por la tubuladura salvo que, por el esfuerzo respiratorio del paciente, se active el disparo y se abra la válvula inspiratoria.

nes, siempre que la programación del flujo de gas sea adecuada. Sin embargo, en ellos el control o limitación de la entrada de gas sólo puede realizarse por presión y, por lo tanto, no aseguran el volumen de ventilación.

2. *Ventiladores de flujo intermitente.* El flujo de gas desde el ventilador sólo tiene lugar durante la inspiración (fig. 3 B). Estos respiradores tienen en el asa inspiratoria una válvula, la válvula de demanda inspiratoria, que se mantiene cerrada durante la espiración y se abre para iniciar una respiración programada. Para que se libere el gas necesario para realizar una respiración espontánea, el paciente tiene que activar el sistema de apertura de esta válvula. Es decir, para abrir la válvula y proporcionar el flujo inspiratorio necesario, el respirador tiene que captar el descenso de la presión ocasionada por el esfuerzo inspiratorio del paciente (fig. 4). Este sistema se denomina disparador o *trigger* de presión. Este tipo de ventiladores presentan la ventaja de que el control o limitación de la entrada de gas puede realizarse por presión o por volumen.

3. *Ventiladores con flujo básico constante.* Estos respiradores son una variante de los de flujo intermitente. Por la tubuladura hay un flujo básico de gas constante, en general insuficiente para cubrir la demanda del paciente. De esta forma, el respirador detecta el descenso en este flujo básico, ocasionado por el esfuerzo inspiratorio del paciente, y suministra el gas suplementario necesario. Este mecanismo es la base de los sistemas de sensibilidad por flujo.

Los sistemas de sensibilidad, disparo o *trigger* son una pieza clave para una adecuada interacción entre el respirador y el paciente. De modo ideal, este sistema debería captar el esfuerzo inspiratorio del paciente y liberar el flujo de forma inmediata, ya que un retraso en la entrega del



**Figura 4.** Sistema de disparo o trigger por presión. Curvas de presión y flujo en el modo de presión de soporte. Cuando el paciente realiza un esfuerzo inspiratorio, produce un descenso de la presión (flechas) que, al ser detectado por el sistema de disparo, ocasiona la apertura de la válvula de demanda inspiratoria, y la inspiración es "ayudada" por una presión que proporciona el ventilador.

flujo genera un aumento del trabajo respiratorio del paciente (esfuerzo ineficaz) y desadaptación a la VM. Estos hechos son particularmente importantes en los pacientes pediátricos, al ser menor su esfuerzo y la duración de la inspiración. En general, los sistemas de sensibilidad por flujo, han demostrado una mayor eficacia, aunque los sistemas de disparo de presión de última generación parecen ser igualmente eficaces<sup>6</sup>.

Los sistemas de disparo, mediante los cuales el respirador es capaz de detectar el esfuerzo respiratorio espontáneo del paciente, además de hacer posible el funcionamiento de los respiradores de flujo intermitente, han permitido la introducción de importantes mejoras en los ventiladores mecánicos, como, por ejemplo, la sincronización de las respiraciones mandatorias, la presión de soporte y la asistencia de las respiraciones espontáneas (VM en asistida/controlada)<sup>7</sup>. La incorporación de sistemas de disparo en los respiradores de flujo continuo ha permitido incorporar algunas de estas ventajas (sincronización, asistencia por presión).

### Elección del ventilador mecánico en pediatría

En pediatría, la elección del ventilador se ve condicionada por la edad. Así, en patología neonatal, la mayoría de los equipos son de flujo continuo, limitados por presión y ciclados por tiempo, ya que estos equipos permiten una respiración espontánea sin restricciones. En el niño mayor y en el adulto se utilizan ventiladores de flujo intermitente, que pueden funcionar limitando la entrada de gas, tanto por volumen como por presión.

Hasta hace pocos años, en lactantes y niños pequeños (< 10 kg) se utilizaban preferentemente ventiladores de flujo continuo, ya que la aplicación de ventiladores volumétricos, a pesar de tener la ventaja de asegurar el volumen de ventilación, se veía limitada por el volumen corriente mínimo que el aparato era capaz de entregar (en general  $\geq 100$  ml), la escasa sensibilidad del sistema de disparo y la lentitud de apertura de la válvula inspiratoria. Sin embargo, las últimas generaciones de ventiladores volumétricos, capaces de administrar volúmenes corrientes de hasta 20 ml y dotados con sensores de disparo de última generación, permiten su aplicación en pacientes de hasta 2-3 kg. Por su flexibilidad (aplicación desde edad de lactante a adolescente), por asegurar un volumen de ventilación constante y por disponer de múltiples modalidades de ventilación, son en la actualidad los equipos de uso preferente en UCIP.

### Ventiladores mecánicos de alta frecuencia<sup>8</sup>

La VM de alta frecuencia se caracteriza por la aplicación de frecuencias respiratorias superiores a las normales (al menos del doble de la frecuencia respiratoria en reposo) y el uso de volúmenes corrientes en torno al espacio muerto anatómico. Existen tres tipos de ventiladores de alta frecuencia de uso clínico:

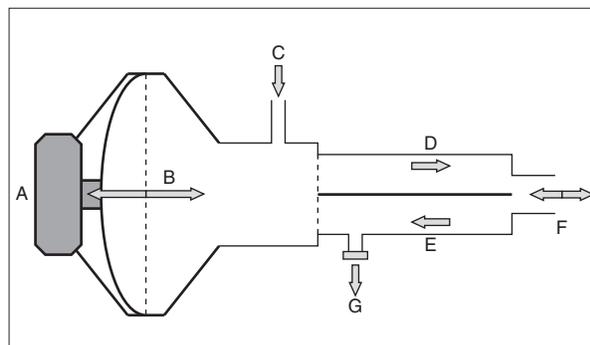
1. *Ventilación por presión positiva de alta frecuencia (HFPPV)*. Técnica similar a la VM convencional, en la que un interruptor de flujo genera ondas de presión positiva a una frecuencia de 1-2 Hz, generando un volumen corriente de 3-4 ml/kg. Esta técnica requiere el uso de tubuladuras no distensibles y puede ser simulada con numerosos ventiladores mecánicos convencionales. Su aplicación fuera del campo de la neonatología es mínima.

2. *Ventilación oscilatoria de alta frecuencia (HFOV)*. Requiere un equipo compuesto por: una fuente de gas continua conectada al asa inspiratoria del sistema, un pistón que produce la oscilación de una membrana conectada al circuito (esta oscilación genera, de forma alternativa, ondas de presión positiva y negativa en el circuito, que generan movimiento de gas hacia el paciente y desde éste, por tanto, la espiración es activa), una válvula al final del asa espiratoria, que regula la salida de gas y la presión del circuito (fig. 5). Las frecuencias de uso clínico oscilan de 3 a 15 Hz. El volumen corriente es menor que el del espacio muerto anatómico (1-3 ml/kg). Es la técnica de alta frecuencia de elección en pediatría.

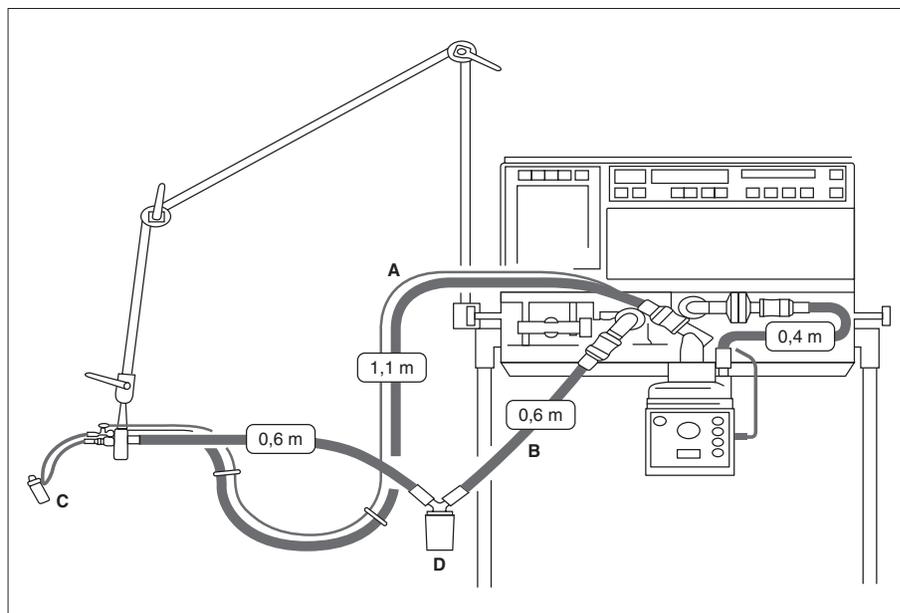
3. *Ventilación de alta frecuencia por chorro o jet (HFJV)*. Estos ventiladores producen un fino chorro de aire a gran presión dentro de un sistema de VM convencional. Esta técnica requiere presiones medias en la vía aérea menores que las necesarias con HFOV o VMC para conseguir similar nivel de oxigenación. Se ha utilizado en pacientes con disfunción grave de ventrículo derecho, durante cirugía de tráquea y en bronoscopias diagnósticas o terapéuticas. La ventilación de alta frecuencia con interrupción de flujo es una variante de la HFJV.

### TUBULADURAS

Representan la interfase entre el ventilador mecánico y el paciente. Existen tres tamaños: neonatal (11 mm de diámetro), pediátrico (15 mm de diámetro) y adulto (22 mm de diámetro). En los ventiladores convencionales más modernos pueden utilizarse cualquiera de ellas, de-



**Figura 5.** Esquema de ventilador de alta frecuencia oscilatoria. **A)** Pistón; **B)** diafragma; **C)** flujo continuo de aire fresco; **D)** asa inspiratoria; **E)** asa espiratoria; **F)** conexión al paciente, y **G)** válvula espiratoria.



**Figura 6.** Representación esquemática de ventilador mecánico volumétrico con tubuladura completa y sistema de humidificación con alambre calefactor: **A)** asa inspiratoria; **B)** asa espiratoria; **C)** conexión al paciente; **D)** trampa de agua: al evitarse el enfriamiento del gas en el asa inspiratoria, no se produce condensación en el mismo. Por lo tanto, este tipo de sistema sólo precisa trampa de agua en el asa espiratoria. Los sistemas sin humidificador no precisan trampa de agua.

pendiendo del peso del paciente que se va a ventilar. Por el contrario, en los ventiladores mecánicos neonatales habitualmente sólo es posible utilizar tubuladuras de 11 mm. Por ello, deben tenerse en cuenta las recomendaciones del fabricante sobre la compatibilidad de los circuitos, aunque, de modo general, las tubuladuras de 15 mm suelen ser adecuadas para cualquier tipo de paciente (lactante-adolescente) y ventilador.

Algunas tubuladuras incorporan alambres de calentamiento compatibles con el sistema de servocontrol de temperatura del humidificador. En nuestra experiencia, aunque estos sistemas son caros, son ideales para proporcionar el gas a la temperatura y humedad óptima. Por estos motivos, se utilizan en pacientes con enfermedad pulmonar o que previsiblemente van a precisar VM durante varios días, utilizando en otro caso, tubuladuras sencillas y filtros higroscópicos. Puesto que los filtros higroscópicos deben sustituirse cada 24 a 48 h, y que las tubuladuras y el resto del sistema se sustituyen semanalmente o cuando cambia el paciente, la diferencia de coste disminuye cuando la duración de la VM se aproxima a la semana.

Las tubuladuras, ya sean reutilizables o desechables, deben ser:

1. De poco peso, flexibles y resistentes a la oclusión.
2. De baja complianza y con mínima resistencia al flujo. Esto es especialmente importante en VM de alta frecuencia, en la que es necesario el empleo de tubuladuras no distensibles y de alma lisa.
3. De reducido espacio muerto en la conexión del paciente.
4. Deben disponer de conexiones seguras y de tamaño estándar de 15/22 mm.

5. Es muy útil que dispongan o puedan adaptarse con facilidad tomas para capnografía, administración y medición de óxido nítrico, etc.

Por último, aunque habitualmente la tubuladura se compone de asa inspiratoria y espiratoria (fig. 6), algunos respiradores carecen de esta última, al quedar ubicada la válvula espiratoria en la "T" del sistema. Este tipo de tubuladura suele utilizarse en ventiladores de transporte y de uso domiciliario, y tiene como finalidad facilitar la movilidad del equipo y del paciente.

## BIBLIOGRAFÍA

1. Godínez RI. Aspectos técnicos de los ventiladores mecánicos. En: Ruza F, editor. Tratado de Cuidados Intensivos Pediátricos. 3ª ed. Madrid: Norma-Capitel, 2002; p. 620-7.
2. Slutsky AS. Consensus Conference on Mechanical Ventilation. Part I. Intensive Care Med 1994;20:64-79.
3. Slutsky AS. Consensus Conference on Mechanical Ventilation. Part II. Intensive Care Med 1994;20:150-62.
4. 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. 1ª ed. Madrid: Publimed, 2001; p. 620-43.
5. 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.
6. Tobin MJ. Advances in mechanical ventilation. N Engl J Med 2001;344:1986-96.
7. Respiratory Care Procedures. En: Levin DL, Morriss FC, editors. Essentials of Pediatric Intensive Care. 2nd ed. St Louis: Churchill-Livingstone, 1997; p. 1333-548.
8. Arnold JH, Truog RD, Thompson JE, Fackler JC. High-frequency oscillatory ventilation in pediatric respiratory failure. Crit Care Med 1993;21:272-8.

# 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>.

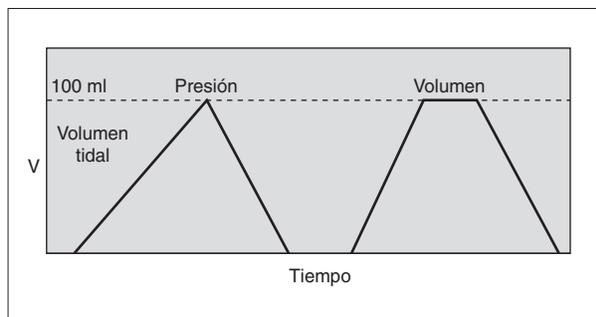
## Modalidad de ventilación

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/expiración 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

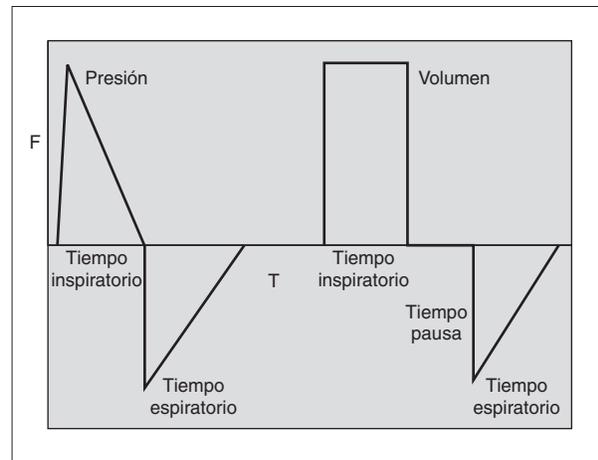
Es la expresión de las fracciones de tiempo que se dedican a la inspiración y espiración en cada ciclo respiratorio. Habitualmente se ajustan los tiempos inspiratorio y espiratorio para que este último sea el doble del primero; es decir, para que la relación I/E sea de 1/2.

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).

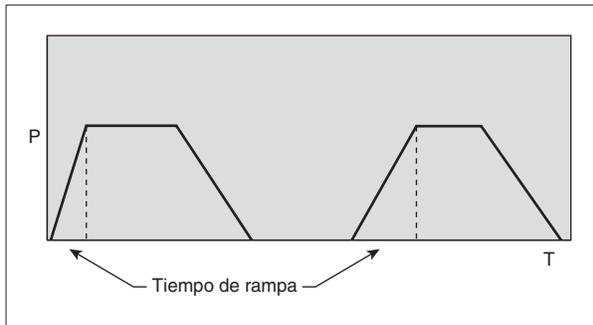
2. En otros respiradores se programa el volumen o la presión y el tiempo o porcentaje de  $T_i$ ; el respirador ajusta el flujo de manera automática para conseguir esta programación. En ventilación por volumen, la velocidad de flujo dependerá del VC y del  $T_i$ . Si el volumen se mantiene constante, 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

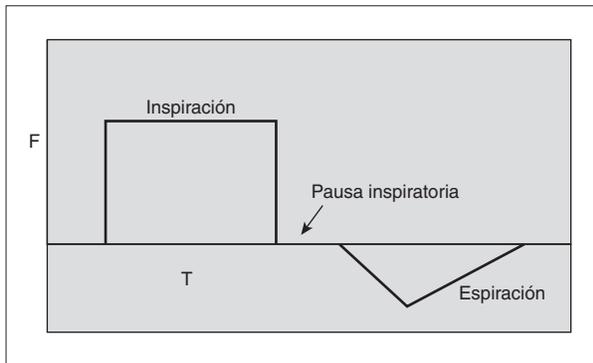
1. *Tiempo de rampa.* Es el tiempo que se tarda en alcanzar la presión máxima desde el comienzo de la inspiración. Su significado es similar al de velocidad de flujo

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

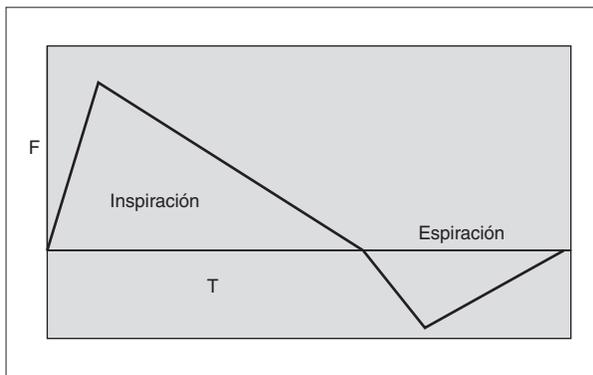
2. *Retardo inspiratorio*. Es el porcentaje del tiempo respiratorio que se tarda en conseguir el flujo máximo de inspiración o la máxima presión, según se trate de modalidad de volumen o presión. Su significado es similar al de tiempo de rampa y se programa en porcentaje de tiempo o en segundos<sup>5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

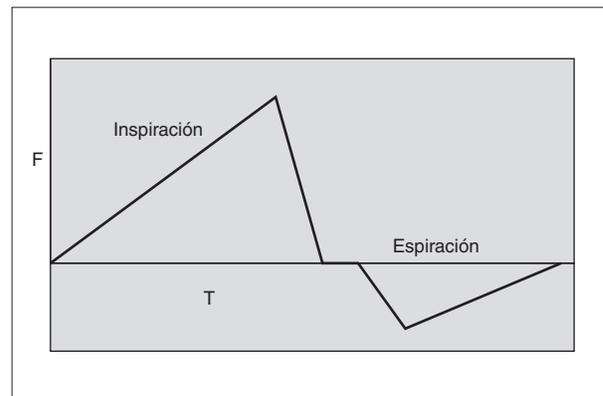
2. *Flujo desacelerado*. Es el característico de la modalidad de presión. Es muy rápido al comienzo de la inspiración, y disminuye de forma progresiva a lo largo de ella (fig. 5). Su principal indicación son los pacientes con aumento de las resistencias en las vías aéreas, ya que, al mantenerse durante 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 el 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

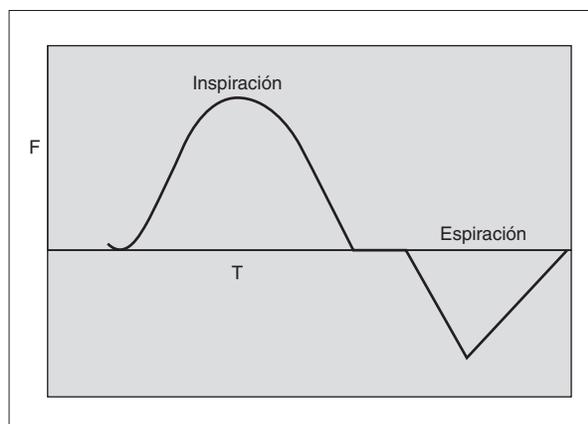


Figura 7. Onda de flujo sinusoidal (curva de flujo-tiempo).

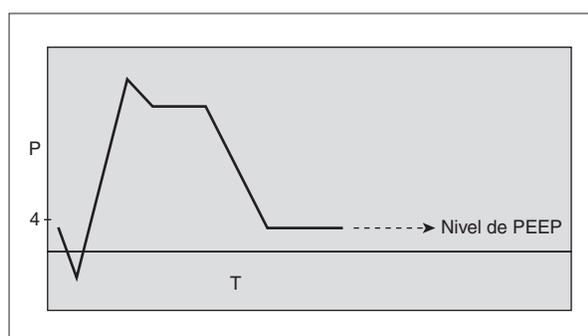


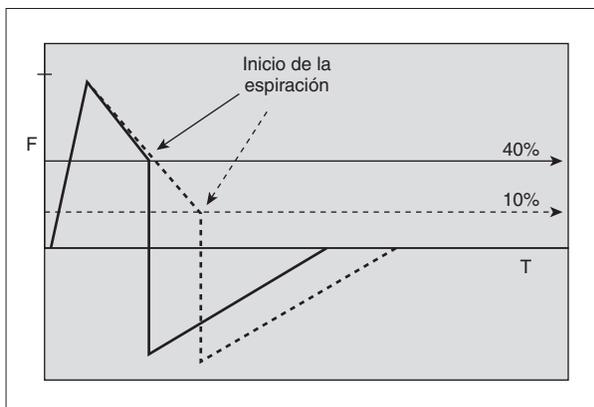
Figura 8. Presión espiratoria final (PEEP) en la curva de presión-tiempo.

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.

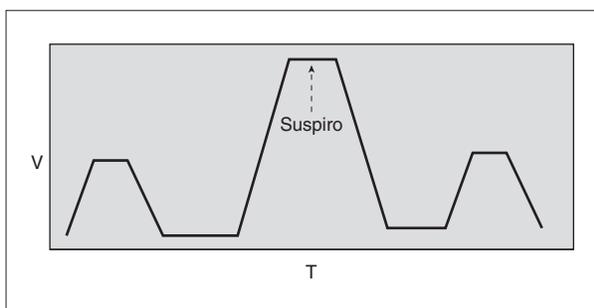
b) Por presión: el esfuerzo inspiratorio del paciente genera una presión negativa, que es detectada por un sensor de presión situado en el circuito espiratorio que activa la apertura de la válvula inspiratoria. La sensibilidad por presión se suele programar entre  $-1,5$  y  $-2$   $cmH_2O$ . Este tipo 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.

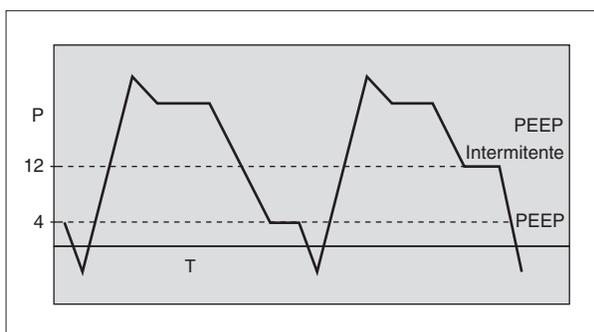
3. La sensibilidad debe ajustarse para que el paciente consiga abrir la válvula con el menor esfuerzo posible,



**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 del 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.

**air. In addition to its therapeutic effects, the adverse effects and drawbacks of oxygen should be known. Several methods and devices for the administration of supplementary oxygen are available. Selection of the method should be individualized according to the patient's age and disease, the required inspiratory fraction and the child's possibilities of adaptation. Helium is an inert gas that has a very low specific weight and density. These properties explain its therapeutic effects, mainly in airway obstructions due to various etiologies. Breathing the helium-oxygen mixture (heliox) reduces respiratory effort and improves gas exchange, without significant adverse effects.**

#### Key words:

*Oxygen. Oxygen therapy. Helium. Heliox. Pediatrics. Respiratory support.*

## INTRODUCCIÓN

La asistencia respiratoria, ya sea invasiva o no invasiva, con el paciente respirando de forma espontánea o totalmente dependiente de una máquina, por vía oral-nasal, a través de una traqueotomía o de un tubo endotraqueal, incluye un elemento esencial, que es el gas o mezcla gaseosa que se administra al paciente. Estos gases son "medicinas" con dosis, modos de administración, efectos terapéuticos y efectos adversos. En este capítulo se tratarán el oxígeno y la mezcla heliox<sup>1-4</sup>. En otro artículo se explica el óxido nítrico.

## OXÍGENO

### Características

El oxígeno es un gas incoloro, inodoro, insípido y poco soluble en agua, que constituye el 21% del aire atmosférico a nivel del mar. Es el gas esencial para la vida, ya que se precisa para las reacciones de oxigenación que se producen en el metabolismo celular.

La oxigenoterapia es una modalidad terapéutica que pretende aumentar la presión parcial de oxígeno en sangre arterial (PaO<sub>2</sub>), a través de un aumento de la concentración de oxígeno en el aire inspirado (fracción inspiratoria de oxígeno, FiO<sub>2</sub>)<sup>1,2</sup>.

### Indicaciones

Las indicaciones generales de la oxigenoterapia, independientemente de la causa que la provoque, son las siguientes:

1. Tratar o prevenir la hipoxemia.
2. Disminuir el trabajo del miocardio.
3. Reducir el trabajo respiratorio.

La hipoxemia es la disminución de la PaO<sub>2</sub> en sangre arterial, mientras que la hipoxia se refiere a la disminución de la disponibilidad de oxígeno tisular y celular. El contenido ar-

terial de oxígeno es la suma del oxígeno unido a la hemoglobina (Hb) y el volumen de oxígeno disuelto en el plasma; se expresa mediante la fórmula: CaO<sub>2</sub> = (Hb × 1,34 × % de saturación de la Hb [SatHb]) + (PaO<sub>2</sub> × 0,003), en la que se aprecia la importancia de la hemoglobina (concentración y saturación de oxígeno [SatO<sub>2</sub>]) en la capacidad de transporte de oxígeno de la sangre. De forma general, se aceptan como valores normales: PaO<sub>2</sub>, 70-90 mmHg; SatHb, > 95%, mientras que se consideran valores críticos: PaO<sub>2</sub>, 40-60 mmHg; SatHb, 85-89%<sup>1</sup> (tabla 1).

La hipoxia puede resultar de múltiples mecanismos fisiopatológicos entre los que se incluyen:

1. Alteraciones de la relación ventilación/perfusión: neumonía, neumotórax, atelectasias, embolia pulmonar.
2. Hipoventilación: central o periférica.
3. Disminución de la difusión alveolocapilar: síndrome de dificultad respiratoria aguda, edema pulmonar.
4. Cortocircuito extrapulmonar: cardiopatías congénitas cianógenas.
5. Insuficiencia de distribución: anemia grave, shock.
6. Alteración de la captación: intoxicación por monóxido de carbono (CO).
7. Disminución de la FiO<sub>2</sub> inspirada: mal de altura.

La terapia con oxígeno puede prevenir y tratar el desarrollo de la lesión tisular hipóxica, la acidosis metabólica y vasoconstricción pulmonar. En cualquier caso, el oxígeno no siempre está indicado, como por ejemplo en la hipoplasia del corazón izquierdo, situación en la que la reducción de la resistencia vascular pulmonar puede ser no deseable.

### Efectos adversos e inconvenientes

El oxígeno no es un tratamiento inocuo. Su administración en exceso puede dar lugar a efectos adversos significativos. Esta toxicidad depende de tres factores: la concentración del gas inspirado, la duración de la exposición y la predisposición individual.

Los efectos resultantes de la exposición al oxígeno en concentraciones altas y durante tiempo prolongado incluyen riesgos agudos y crónicos<sup>1,2</sup>:

TABLA 1. Cifras de referencia generales de los niveles de oxigenación

Nivel de oxigenación	Presión parcial de oxígeno (PaO <sub>2</sub> mmHg)	Saturación de la hemoglobina (SatHb %)
Excesivo (hiperoxia)	> 90	100
Normal	70-90	95-100
Aceptable	60-70	90-95
Crítico	40-60	85-90
Hipoxemia grave	< 40	< 85

**Agudos**

1. *Hipoventilación*. Se produce en pacientes con hipercapnia mantenida en los que el estímulo para el centro respiratorio es la hipoxemia.

2. *Atelectasias absorptivas*. Se deben a la falta de nitrógeno en el aire inspirado y el pulmón, ya que este gas contribuye a la estabilidad de los alvéolos.

**Crónicos**

1. *Fibrosis pulmonar*. En relación con el daño oxidativo directo sobre el tejido pulmonar.

2. *Displasia broncopulmonar y retinopatía de la prematuridad*. Efectos resultantes de diversas agresiones, entre las que se incluye el oxígeno en pacientes con escasa reserva antioxidante, como los prematuros.

Para intentar atenuar la toxicidad del oxígeno se recomienda utilizar siempre la menor concentración posible. Una PaO<sub>2</sub> de 60-80 mmHg (SatHb de 90-95%) se considera un nivel de seguridad razonable en la mayoría de los pacientes. En cualquier caso se acepta que el riesgo sólo es significativo con fracciones inspiratorias de oxígeno por encima de 60%.

Los inconvenientes del oxígeno pueden ser minimizados mediante la monitorización, tanto de su administración (mediante oxímetros y células de oxígeno) como del grado de oxigenación obtenido en el paciente, mediante técnicas no invasivas (pulsioximetría, gases transcutáneos) o invasivas (gasometría arterial, gasometría continua intravascular) (v. capítulo de monitorización).

**Modo de administración**

Existen múltiples modos y aparatos para suministrar oxígeno suplementario. La selección de un método particular debe ser individualizada y debe tener en cuenta la edad y la enfermedad del paciente, la fracción inspiratoria necesaria y la facilidad de adaptación al niño<sup>1,2</sup>.

**Fuentes de oxígeno**

Las fuentes de las que puede obtenerse el oxígeno medicinal son múltiples, incluyendo el suministro centralizado hospitalario, las botellas con oxígeno presurizado, los concentradores eléctricos de oxígeno y las mochilas de oxígeno líquido. El flujo de oxígeno se regula mediante un caudalímetro, en litros por minuto. Cada tipo

de fuente tiene unas ventajas e inconvenientes particulares que hay que considerar a la hora de elegir en cada caso concreto. El suministro centralizado es cómodo e inagotable, pero no permite la movilidad del paciente. Las botellas permiten el traslado del paciente, aunque su duración es muy limitada; disponen de un manómetro que indica en cada momento la presión del gas dentro de la botella (y, por lo tanto, los litros disponibles). El oxígeno líquido es muy cómodo, ya que las mochilas pesan muy poco y facilita la movilidad del paciente, aunque su duración es muy limitada y su precio muy alto. Los concentradores de oxígeno permiten una cierta movilidad y autonomía, son relativamente baratos, requieren suministro de energía eléctrica y la concentración máxima que pueden obtener es del 50%.

**Calentadores y humidificadores**

El oxígeno sale de estas fuentes frío y seco; para calentarlo y humidificarlo deben intercalarse sistemas de calentamiento y humidificación entre la fuente y el niño que, en general, realizan ambas funciones de forma simultánea. Las "narices artificiales" son sistemas muy sencillos que colocados cerca del niño, en general en pacientes ventilados o con traqueotomías, evitan la pérdida de calor y humedad del aire espirado, reintegrando ese calor y humedad, en cada ciclo, al aire inspirado. Los sistemas de calentamiento y humidificación activos son muy diversos y más o menos complejos (de burbuja, cascada, ultrasónicos, etc.). Algunos de ellos están diseñados para su uso con fuentes de oxígeno en pacientes con respiración espontánea y otros para su uso en ventilación asistida.

**Circuitos y sistemas de administración**

Durante la ventilación asistida (no invasiva e invasiva) el oxígeno se administra mediante circuitos cerrados a través del propio respirador, que dispone de un mezclador de aire y oxígeno que permite regular la FiO<sub>2</sub> suministrada al paciente en cada momento.

Cuando el paciente respira de manera espontánea, el oxígeno se administra mediante circuitos que se dividen, según sus características, en sistemas de bajo y alto flujo:

1. *Sistemas de bajo flujo*. En los sistemas de flujo bajo, la FiO<sub>2</sub> es variable, ya que depende del flujo suministrado, el tamaño y la actividad respiratoria (volumen minuto) del niño, quien toma también aire del ambiente (tabla 2). Su limitación es que pueden ser insuficientes para las demandas del paciente. Los catéteres nasales son poco utilizados, ya que son incómodos para el niño. Las gafas nasales, en cambio, son muy bien toleradas, y permiten que el paciente realice actividades como comer y hablar. En ambos casos, la FiO<sub>2</sub> tiene el límite en 40% y está condicionada por el patrón respiratorio del niño. Las mascarillas simples precisan un flujo de oxígeno más

TABLA 2. Sistemas de flujo bajo de oxígeno

Sistema	Flujo (l/m)	FiO <sub>2</sub> máxima (%)
Catéter nasal	< 1	40
Gafas nasales	1-5	40
Mascarilla simple	6-10	60
Mascarilla más reservorio	6-15	90

FiO<sub>2</sub>: fracción inspiratoria de oxígeno.

elevado, son peor toleradas y limitan la actividad del niño, aunque aportan mayor concentración de oxígeno (hasta el 60%). En este grupo, el sistema que permite el mayor aporte de oxígeno es la mascarilla con reservorio; en este caso, el oxígeno pasa primero a una bolsa reservorio a partir de la cual el niño obtiene el gas en cada inspiración. La mascarilla dispone de dos válvulas sencillas, que impiden que el aire espirado pase al reservorio y que se inhale aire ambiente. Para que su funcionamiento sea óptimo, estas mascarillas precisan un buen ajuste a la cara del niño y además, el flujo de oxígeno debe ser al menos de 10 l/min.

2. *Sistemas de alto flujo.* En los sistemas llamados de flujo alto, la  $FiO_2$  es regulable e independiente del patrón ventilatorio del paciente<sup>1</sup> (tabla 3).

La mascarilla con efecto Venturi permite alcanzar una  $FiO_2$  máxima del 50%. En ella se produce un chorro de oxígeno a alta velocidad que arrastra aire del ambiente de forma proporcional a su velocidad, de modo que, aunque se modifique el flujo, la  $FiO_2$  permanece estable. Existen múltiples modelos. Deben ser blandas, de plástico flexible y transparentes, para permitir ver la cara del niño.

Las carpas y tiendas son sistemas de plástico transparentes utilizables sólo en recién nacidos y lactantes. Si el flujo es apropiado, pueden alcanzarse  $FiO_2$  hasta del 100%. El flujo debe ser superior a 7 l/min (de forma ideal, 10-12) para prevenir la acumulación de  $CO_2$  dentro de la carpa.

Las incubadoras, de uso neonatal, cumplen la doble función de mantener la termoneutralidad y aportar la concentración de oxígeno precisa en cada caso. En la práctica, en las incubadoras no se obtienen niveles estables de  $FiO_2$  debido a las actividades de cuidado del paciente, que hacen bajar la  $FiO_2$ .

Las bolsas de reanimación, tanto autoinflables como de anestesia, se utilizan para suministrar oxígeno y ventilar al paciente de forma manual durante las maniobras de reanimación cardiopulmonar o en intervenciones quirúrgicas. En el caso de las bolsas de autoinflables es preciso disponer de un reservorio y una fuente de oxígeno con flujo mayor de 15 l/min si se quiere aportar una  $FiO_2$  cercana al 100%.

### Oxígeno hiperbárico

Consiste en la administración de oxígeno al 100%, a una presión superior a una atmósfera, en una cámara cerrada (cámara hiperbárica). Su principal indicación es el tratamiento de la enfermedad por descompresión, aunque también está indicado en las intoxicaciones por monóxido de carbono, el embolismo yatrógeno, isquemias cutáneas y fascitis necrosantes. Los riesgos de la terapia hiperbárica incluyen el barotrauma, la sensación de claustrofobia y la propia toxicidad por el oxígeno.

TABLA 3. **Sistemas de flujo alto de oxígeno**

Sistema	$FiO_2$ máxima (%)
Mascarilla con efecto Venturi	50
Carpas/tiendas	90
Incubadoras	85-90
Bolsas de reanimación autoinflables	
Sin reservorio	40
Con reservorio	100
Bolsas de anestesia	100

$FiO_2$ : fracción inspiratoria de oxígeno.

TABLA 4. **Densidad comparada de diversas mezclas de helio y oxígeno (heliox) según las concentraciones de helio**

Mezcla	Densidad (g/l)	Densidad relativa (%)
Oxígeno 100%	1,35	105
Nitrógeno 100%	1,25	97
Aire (nitrógeno/oxígeno 78/22)	1,28	100
Helio/oxígeno 20/80	1,20	93
Helio/oxígeno 60/40	0,70	54
Helio/oxígeno 70/30	0,50	39
Helio/oxígeno 80/20	0,40	31

## HELIOX

### Características y efectos clínicos

El helio es un gas noble, inerte, no inflamable, inodoro e incoloro, que posee el menor peso específico de todos los gases (a excepción del hidrógeno, que es altamente inflamable). Su bajo peso específico le confiere una densidad también muy baja. Si el nitrógeno del aire inspirado se sustituye (78% del mismo) por helio, que es 7 veces menos denso, se obtiene una mezcla gaseosa denominada heliox (78/22), cuya densidad es 3 veces más baja que la del aire: esta propiedad física es la que condiciona su principal potencial terapéutico<sup>3,4</sup> (tabla 4).

El flujo de aire en las vías aéreas es una combinación de flujos laminares y turbulentos. El hecho de que el flujo de un gas sea laminar o turbulento está determinado por el número de Reynolds, valor que depende de la velocidad del flujo, el diámetro de la vía aérea y el cociente entre la densidad del gas y su viscosidad. Cuando el flujo de un gas es turbulento, la resistencia a este flujo está aumentada y el gradiente de presión necesario para mantenerlo es directamente proporcional a la densidad del gas; sin embargo, si el flujo es laminar, la resistencia ofrecida por la vía aérea es menor, y el gradiente de presión ya no depende de la densidad del gas, sino que es proporcional al flujo. Traducido en términos de trabajo respiratorio, en situación de flujo laminar, la

diferencia de presión necesaria para mantener dicho flujo, será mucho menor que en condiciones turbulentas, donde esta presión es proporcional al cuadrado del flujo y a la densidad.

Al respirar heliox se preserva el flujo laminar para tasas de flujo más elevadas; al disminuir el número de Reynolds la transformación de flujos turbulentos en laminares se ve favorecida y, además, se consigue que la presión requerida para mantener el flujo sea menor, incluso bajo condiciones turbulentas<sup>4,5</sup>. De este modo, disminuyen la resistencia de la vía aérea y el trabajo respiratorio.

El heliox no actúa sólo disminuyendo el trabajo respiratorio, sino que también es beneficioso para el intercambio gaseoso, sobre todo en la ventilación alveolar, ya que en las vías de conducción pequeñas, donde la eliminación de CO<sub>2</sub> está facilitada por la difusión, el CO<sub>2</sub> difunde 4 a 5 veces más rápido en heliox que en aire.

### Indicaciones

Dadas sus propiedades, el heliox puede ser efectivo en los procesos de carácter obstructivo que afecten tanto a vías de grueso calibre (tráquea) como a las de calibre muy fino (bronquiolos). La tabla 5 resume las indicaciones principales<sup>4-7</sup>.

El heliox, aunque carece de efectos terapéuticos intrínsecos, puede servir como medida temporizadora, manteniendo al paciente en mejores condiciones y evitando otras medidas terapéuticas más agresivas, hasta que se produzca el efecto de otras terapias específicas o la resolución espontánea del cuadro.

La máxima efectividad clínica del heliox se consigue con concentraciones entre el 60 y el 80%, sin aportar ventajas claras sobre el aire (nitrógeno-oxígeno) si el paciente necesita más del 40% de oxígeno<sup>5,8</sup>.

TABLA 5. Indicaciones del heliox

<b>Obstrucción respiratoria alta</b>
Causa infecciosa: laringotraqueítis
Causa inflamatoria
Edema subglótico postextubación
Edema posradioterapia
Angioedema
Edema por lesión inhalatoria
Laringitis espasmódica
Causa mecánica
Cuerpos extraños
Parálisis de cuerdas vocales
Estenosis subglótica
Laringotraqueomalacia
Tumores de laringe y tráquea
Compresión extrínseca de bronquios principales
<b>Obstrucción respiratoria baja</b>
Bronquiolitis
Asma

### Modo de administración

La aplicación práctica del heliox es sencilla, aunque sus peculiaridades hacen preciso el establecer algunas precauciones para optimizar sus efectos terapéuticos.

#### Mezclas de helio/oxígeno

Es posible disponer de botellas de helio puro (100%) y después combinarlo con el oxígeno mediante un mezclador, o bien de heliox ya mezclado a una concentración preestablecida (80/20, 70/30, 60/40, etc.). Esta última opción es la más práctica y entre las diversas opciones, la más útil es la mezcla 70/30, ya que permite el aporte de cierto oxígeno suplementario conservando las propiedades físicas del helio<sup>5,8</sup>.

#### Administración no invasiva

1. Para su aplicación en pacientes en respiración espontánea se utilizarán mascarillas con reservorio y válvula unidireccional con flujos entre 10-15 l/min. Es posible administrar oxígeno suplementario mediante gafas o cánulas nasales, si es necesario para mantener la oxigenación, pero siempre a flujos menores de 2 l/min, puesto que flujos mayores podrían disminuir en exceso la concentración de helio. El calentamiento y la humidificación del heliox es un aspecto muy importante, sobre todo en los niños con bronquiolitis; puede lograrse fácilmente adaptando los sistemas convencionales utilizados para el aire y el oxígeno.

2. La utilización de carpas o tiendas no es óptima, ya que la mezcla con aire es mayor y mientras el helio (menos denso) se va a la parte alta, el nitrógeno se deposita en la parte baja, justo donde está el paciente.

3. El heliox puede aplicarse de forma combinada con los sistemas de ventilación no invasiva de presión positiva continua en vía aérea (CPAP)/BiPAP a través de mascarilla.

4. También puede utilizarse como fuente de nebulización de fármacos. Para ello, el flujo se incrementará entre un 20 y un 25%, teniendo en cuenta que el tiempo de nebulización de un volumen determinado de solución será más prolongado que con un flujo similar de aire u oxígeno<sup>9</sup>.

#### Administración en ventilación invasiva

El modo de aplicación depende del modelo de respirador utilizado. El heliox se administra en la entrada de aire a presión del respirador, teniendo en cuenta que las propiedades físicas de la mezcla pueden interferir con diversas funciones claves del ventilador (volúmenes registrados, medida de la FiO<sub>2</sub>, sensibilidad, medida del flujo, etc.). Por ello, debe comprobarse previamente si el ventilador es compatible con la administración de heliox. En cualquier caso, la forma más segura de ventilar a un paciente con heliox es emplear un modo ventilatorio controlado por presión, empleando la presión media como guía.

## Efectos adversos e inconvenientes

El heliox es un gas inerte y, como tal, carece de efectos tóxicos. Sus inconvenientes más importantes son los siguientes:

1. *Hipoxemia*. El principal inconveniente que puede producirse es que la oxigenación obtenida sea insuficiente, ya que la  $FiO_2$  sólo es del 30%. Por ello, en niños con hipoxemia significativa, las necesidades de oxígeno suplementario limitan la aplicación de heliox con proporciones de helio lo suficientemente elevadas como para que se hagan patentes sus ventajas.

2. *Hipotermia*. Una propiedad importante del heliox es su alta conductividad térmica (6 veces mayor que la del aire), lo cual implica un riesgo de hipotermia si su administración es prolongada y la temperatura de la mezcla es menor de 36 °C. Este efecto adverso, más probable en los lactantes pequeños y recién nacidos, puede evitarse calentando el heliox y monitorizando la temperatura corporal del paciente<sup>4,5</sup>.

3. *Aumento del cortocircuito intrapulmonar*. El heliox, en pacientes neonatales, puede disminuir el volumen pulmonar y aumentar el cortocircuito intrapulmonar, lo cual favorece la aparición de hipoxemia. Este inconveniente se evita administrándolo mediante alguna modalidad de presión positiva.

## BIBLIOGRAFÍA

- Allúe X, Lorente M. Oxigenoterapia. En: López-Herce J, Calvo C, Lorente M, editores. Manual de Cuidados Intensivos Pediátricos. Madrid: Publimed, 2001; p. 584-90.
- Stone R, Elmore GD. Oxygen therapy. En: Levin DL, Morris FC, editors. Essentials of Pediatric Intensive Care. New York: Churchill Livingstone, 1997; p. 1333-6.
- Lodato RF. Oxygen toxicity. En: Tobin MJ, editor. Principles and practice of mechanical ventilation. New York: McGraw-Hill, 1994; p. 837-56.
- Martinón-Torres F, Rodríguez Núñez A, Martinón Sánchez JM. Heliox: Perspectivas de aplicación en pediatría. An Esp Pediatr 1999;128:42-6.
- Martinón Torres F, Rodríguez Núñez A, Martinón Sánchez JM. Heliox therapy in infants with acute bronchiolitis. Pediatrics 2002;109:68-73.
- Papamoschou D. Theoretical validation of the respiratory benefits of helium-oxygen mixtures. Resp physiol 1995;99: 183-90.
- Manthous CA, Morgan S, Pohlman A, Hall JB. Heliox in the treatment of airflow obstruction: A critical review of the literature. Respir Care 1997;42:1034-42.
- Kass JE, Terregino CA. The effect of heliox in acute severe asthma. A randomized controlled trial. Chest 1999;116:296-300.
- Piva JP, Barreto SSM, Zelmanovitz F, Amantea S, Cox P. Heliox versus oxygen for nebulized aerosol therapy in children with lower airway obstruction. Pediatr Crit Care Med 2002;3:6-10.

# Aspectos éticos de la ventilación mecánica

A. Rodríguez Núñez

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

**La ética clínica es una disciplina práctica que propone un abordaje estructurado para identificar, analizar y resolver los problemas éticos que surgen en la asistencia médica. La ventilación mecánica suele aplicarse en diversas situaciones clínicas en las que pueden suscitarse conflictos éticos. Para tratar de resolver estos conflictos en la práctica, cada caso debe analizarse teniendo en cuenta al menos cuatro aspectos: las indicaciones médicas, las preferencias del paciente y sus padres o responsables, la calidad de vida y los hechos contextuales (social, económico, legal y administrativo).**

### Palabras clave:

*Ventilación mecánica. Pediatría. Ética. Conflictos.*

## ETHICS AND MECHANICAL VENTILATION

**Clinical ethics is a practical discipline that proposes a structured approach for identifying, analyzing and resolving ethical problems in health care. Mechanical ventilation is usually administered in clinical situations that can provoke ethical conflicts. To resolve these conflicts, in each case four aspects should be analyzed: Medical indications, patient and family preferences, quality of life, and contextual features (social, economic, legal, and administrative).**

### Key words:

*Mechanical ventilation. Pediatrics. Ethics. Ethics problems.*

**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.

**TABLA 1. Aspectos del análisis de un problema ético en la práctica clínica<sup>1</sup>**

<p><b>Indicaciones médicas</b></p> <p>Principios de beneficencia y no maleficencia</p> <p>¿Cuáles son el diagnóstico y el pronóstico?</p> <p>¿El problema es agudo o crónico, reversible o irreversible?</p> <p>¿Cuáles son los objetivos del tratamiento?</p> <p>¿Cuántas son las probabilidades de éxito?</p> <p>¿Cuáles son los planes en caso de fracaso terapéutico?</p> <p>En resumen, ¿cómo puede el paciente beneficiarse de los cuidados médicos y cómo puede evitarse hacerle daño?</p> <p><b>Preferencias del paciente</b></p> <p>Principio de respeto de la autonomía</p> <p>¿El paciente es mentalmente capaz y competente desde el punto de vista legal?</p> <p>Si el paciente es competente, ¿cuáles son sus preferencias acerca del tratamiento?</p> <p>¿El paciente o sus representantes han sido informados de los beneficios y riesgos, han comprendido la información y han otorgado su consentimiento?</p> <p>Si el paciente está incapacitado (lo habitual en la infancia), ¿quién o quiénes lo representan?</p> <p>¿El paciente o sus familiares han expresado sus preferencias de forma anticipada? ¿Existe un documento de limitación de la terapéutica?</p> <p>En resumen, ¿se ha respetado el derecho del paciente o sus familiares a aceptar o rechazar una terapéutica respetando la ética y la ley?</p> <p><b>Calidad de vida</b></p> <p>Principios de beneficencia, no maleficencia y respeto de la autonomía</p> <p>¿Cuáles son las posibilidades, con y sin tratamiento de “volver a la vida normal”?</p> <p>¿Qué secuelas físicas, mentales o sociales son de esperar si el tratamiento tiene éxito?</p> <p>¿Existen prejuicios que puedan sesgar la opinión del médico sobre la calidad de vida del paciente?</p> <p>¿La situación presente o futura del paciente es tal que pudiera hacer pensar que no es deseable una vida continuada en tal estado?</p> <p>¿Existe algún plan para la retirada del tratamiento?</p> <p>¿Existen planes de cuidados paliativos?</p> <p><b>Características del contexto</b></p> <p>Principio de justicia</p> <p>¿La situación familiar puede influir en las decisiones terapéuticas?</p> <p>¿Existen problemas del personal sanitario que puedan influir en las decisiones terapéuticas?</p> <p>¿Existen factores económicos?</p> <p>¿Se dan factores culturales o religiosos?</p> <p>¿Está limitada la confidencialidad?</p> <p>¿Existen problemas de distribución de recursos?</p> <p>¿Cómo regula la ley las decisiones terapéuticas?</p> <p>¿El tratamiento incluye aspectos de docencia o investigación?</p> <p>¿Existen conflictos de intereses por parte del personal sanitario o la institución?</p>
---

**INTRODUCCIÓN**

La medicina, incluso en sus niveles más técnicos y científicos, es un encuentro entre seres humanos, de modo que todo el quehacer médico está impregnado de un contexto moral. En ocasiones, los médicos y los pacientes pueden estar en desacuerdo o pueden enfrentarse con

elecciones que desafían a sus propios valores. La bioética reconoce la complejidad de los problemas que surgen en la práctica clínica e intenta aportar posibles soluciones a los conflictos que puedan producirse, constituyendo un elemento importante de la “buena práctica clínica”. La ética clínica, aunque tiene unos fundamentos teóricos, debe ser considerada como una disciplina práctica que propone un abordaje estructurado para identificar, analizar y resolver los problemas éticos que surgen en la asistencia médica<sup>1-3</sup>.

**ANÁLISIS PRÁCTICO DE LOS PROBLEMAS CLÍNICOS**

Los libros de bioética suelen centrarse en los principios éticos del respeto a la autonomía, beneficencia, no maleficencia y justicia, analizando los casos clínicos conflictivos a la luz de estos principios<sup>2,3</sup>. En la práctica, el médico debe aplicar un método que considere también las circunstancias particulares del caso real y facilite la resolución del problema. Uno de estos métodos de análisis sugiere que cada situación clínica potencialmente conflictiva (en nuestro caso relacionada con la ventilación mecánica) se analice teniendo en cuenta cuatro aspectos<sup>1</sup> (tabla 1):

1. *Indicaciones médicas.* Este aspecto incluye el contenido habitual de la discusión clínica: diagnóstico, pronóstico y tratamiento del problema médico, que debe ser guiada por los principios de beneficencia y no maleficencia. De entrada, este elemento parece que debería estar claro y bien establecido en todos los casos, pero en la práctica no siempre es así, ya que la incertidumbre está presente en algunas ocasiones, y en otras no se dispone de evidencias suficientes para apoyar o desaconsejar una opción terapéutica. Un ejemplo en el que la indicación de la ventilación mecánica no está bien definida y establecida lo constituye la atrofia muscular espinal<sup>4</sup>.

2. *Preferencias del paciente.* Están basadas en los valores personales del paciente y de su propia estimación de los beneficios e inconvenientes del tratamiento. Este aspecto considera el principio de autonomía. En cada caso deben hacerse varias preguntas: ¿Qué quiere el paciente? ¿Cuáles son sus objetivos? ¿Ha recibido suficiente información? ¿Ha comprendido la información? ¿Está consintiendo de forma voluntaria? ¿Está capacitado? ¿Quién debe decidir por el paciente? En el ámbito pediátrico, casi siempre se tratará de las preferencias de los padres o responsables legales, que son quienes pueden otorgar el consentimiento legal. A pesar de ello, no hay que olvidar al niño, quien debe ser considerado y a quien debe solicitarse su consentimiento en la medida de lo posible, sobre todo si es un adolescente o menor emancipado. Un ejemplo de situación en la que habría que valorar las preferencias del paciente sería el caso del posible rechazo a la ventilación mecánica por parte de un adolescente con enfermedad de Duchenne, tras haber sido informado de

su pronóstico o la elección entre ventilación mecánica invasiva o no invasiva.

3. *La calidad de vida.* Toda enfermedad amenaza la calidad de vida del paciente. Uno de los objetivos de la actuación médica es restaurar, mantener o mejorar la calidad de vida; por eso, este aspecto debe tenerse en cuenta en todas nuestras intervenciones. El concepto de calidad de vida presenta el riesgo del sesgo, el prejuicio y la subjetividad del médico, quien debe basarse en los principios de beneficencia y no maleficencia, pero respetando el principio de respeto a la autonomía del sujeto. Así, sólo está indicado ventilar a un paciente cuando se espere un beneficio de la técnica, estimado en términos tanto objetivos como subjetivos, que sean englobables en el concepto de calidad de vida<sup>1</sup>.

4. *Hechos contextuales (social, económico, legal, administrativo).* Cada caso médico está situado en un amplio contexto de personas, instituciones y situaciones económicas y sociales. Este aspecto puede modular la asistencia ventilatoria en cada caso concreto, considerando el principio de justicia distributiva. Así, por ejemplo, si hubiera escasez de respiradores en un momento determinado, habría que seleccionar a los pacientes que más pudieran beneficiarse de la técnica<sup>5</sup>.

### PRINCIPALES DILEMAS ÉTICOS EN LA VENTILACIÓN MECÁNICA

La realización de un tratamiento con tantas variantes como la ventilación mecánica puede plantear numerosos interrogantes, dudas y conflictos, que se analizarán siguiendo los cuatro aspectos previamente señalados.

La frecuencia de estos problemas no se ha establecido, pero es muy probable que los señalados a continuación se encuentren entre los más habituales en la práctica clínica:

1. ¿Cuándo iniciar la ventilación mecánica?
2. ¿Merece la pena ventilar a un paciente determinado?
3. ¿Conseguirá la ventilación mecánica mejorar el pronóstico del paciente?
4. ¿Qué tipo de ventilación mecánica es el mejor para el paciente?
5. ¿Hasta cuándo mantener la ventilación mecánica?

6. ¿Cómo retirar el soporte ventilatorio?
7. ¿Dónde debe realizarse el soporte ventilatorio?
8. ¿Es éticamente deseable la ventilación a domicilio?
9. ¿Es adecuada la información que se da a los padres respecto a la ventilación mecánica?
10. ¿La técnica ventilatoria realizada es experimental?

### INFORMACIÓN SOBRE VENTILACIÓN MECÁNICA

El pediatra no sólo debe adquirir destreza en el manejo de las máquinas más o menos sofisticadas que permiten la asistencia ventilatoria, sino que debe conocer y practicar la técnica de la información a los padres, en cuanto a contenido (cantidad y calidad), modo y lugar en donde se lleva a cabo. Este es un tema extenso, que sobrepasa el objetivo de este capítulo, pero, al menos, es preciso señalar que la información debe realizarse en el momento y entorno más adecuados, aportando aquellos datos realmente relevantes en cada caso, con claridad y evitando los términos técnicos y la información superflua<sup>6</sup>. El médico debe asegurarse de que los padres han comprendido la información suministrada, animándoles a que comenten libremente sus dudas y planteen las preguntas que estimen oportunas. La información debe ser continuada durante todo el proceso de atención al paciente y, dentro de lo posible, realizada por el médico responsable<sup>2</sup>.

### BIBLIOGRAFÍA

1. Jonsen AR, Siegler M, Winslade WJ. Clinical ethics. A practical approach to ethical decisions in clinical medicine. New York: McGraw-Hill, 2002.
2. Beauchamp and Childress. Principles of Biomedical Ethics. New York: Oxford University Press, 1994.
3. Hardart MK, Burns JP, Truog RD. Respiratory support in spinal muscular atrophy type I: A survey of physician practices and attitudes. *Pediatrics* 2002;110:e24.
4. Couceiro A. Bioética para clínicos. Madrid: Triacastela, 1999.
5. Randall Curtis J, Rubenfeld GD. Managing death in the Intensive Care Unit. The transition from cure to comfort. New York: Oxford University Press, 2001.
6. Luce JM. Withholding and withdrawing ventilator support: Ethical problems. En: Tobin MJ, editor. Principles and practice of mechanical ventilation. New York: McGraw-Hill, 1994; p. 1207-19.