

Ventilación mandatoria intermitente

M.E. Valerón Lemaur, J.M. López Álvarez, R. González Jorge y J.L. Manzano Alonso

Unidad de Medicina Intensiva Pediátrica. Hospital Universitario Materno-Infantil de Canarias. España.

La ventilación mandatoria intermitente (VMI) es la modalidad de ventilación mecánica (VM) que permite realizar respiraciones espontáneas durante la fase espiratoria de las respiraciones mandatorias del respirador. En función de la sincronización o no de las respiraciones mandatorias con los esfuerzos del paciente se distinguen dos tipos: no sincronizada y sincronizada (VMIS) y, según la programación, VMIS por volumen y VMIS por presión. Las ventajas fundamentales de la VMIS es que el respirador asegura unas ventilaciones controladas y entre ellas permite respirar de manera espontánea al paciente, facilitándose de esta forma la retirada progresiva de la VM. Disminuye el riesgo de barotrauma, produce menor compromiso hemodinámico que la ventilación controlada, disminuye la atrofia de la musculatura respiratoria, reduce la necesidad de sedación y relajación, y permite asociarse con presión de soporte.

Palabras clave:

Ventilación mecánica. Niños. Ventilación mandatoria intermitente. Sincronización. Presión de soporte.

INTERMITTENT MANDATORY VENTILATION

Intermittent mandatory ventilation (IMV) is a mode of ventilation that allows the patient to make spontaneous breaths during the expiratory phase of mandatory ventilator breaths. There are two types of IMV according to whether respirator breaths are synchronized with the patient's respiratory efforts: Non-synchronized IMV and synchronized IMV (SIMV), and according to whether SIMV is volume- or pressure programmed. The main advantage of SIMV is that the respirator delivers the preset ventilator pressure and rate while allowing the patient to breath spontaneously, thus facilitating progressive weaning from mechanical ventilation. It diminishes the risk of barotrauma, produces less hemodynamic compromise than control ventilation, reduces atrophy of respiratory muscles and the need for sedation and muscle relaxation and can be associated with pressure support ventilation.

Key words:

Mechanical ventilation. Children. Intermittent mandatory ventilation. Synchronization. Pressure support.

CONCEPTOS GENERALES

La ventilación mandatoria intermitente (VMI) descrita por Kirby en 1971 se define como aquella modalidad de ventilación mecánica (VM) que permite realizar respiraciones espontáneas durante la fase espiratoria de las respiraciones mandatorias (obligatorias) del respirador. Su uso se generalizó a partir de los años 1970, inicialmente como un método de desconexión de la VM y posteriormente como una alternativa a la ventilación asistida-controlada.

En este tipo de ventilación se considera ciclo respiratorio al tiempo transcurrido entre dos respiraciones mandatorias, y su cálculo se realiza dividiendo 60 entre el número de respiraciones mandatorias. A su vez, en el ciclo respiratorio debe considerarse el período respiratorio y el período espontáneo. El período respiratorio comprende la fase inspiratoria y espiratoria de cada respiración controlada que es prefijada por el médico en algunos respiradores. Este período se calcula dividiendo 60 entre el número de respiraciones controladas. El período espontáneo es la diferencia entre el ciclo respiratorio y el período respiratorio (fig. 1).

Dependiendo de la frecuencia respiratoria (FR) pauta-da, el soporte respiratorio del paciente en VMI/VMIS puede ser muy variable. El soporte es total cuando todas las respiraciones son mandatorias y parcial cuando parte o la mayoría de las respiraciones son espontáneas. A su vez, estas respiraciones pueden o no ser soportadas con presión. En el primer caso se denomina VMIS con presión soporte.

VMI y VMIS¹⁻⁶

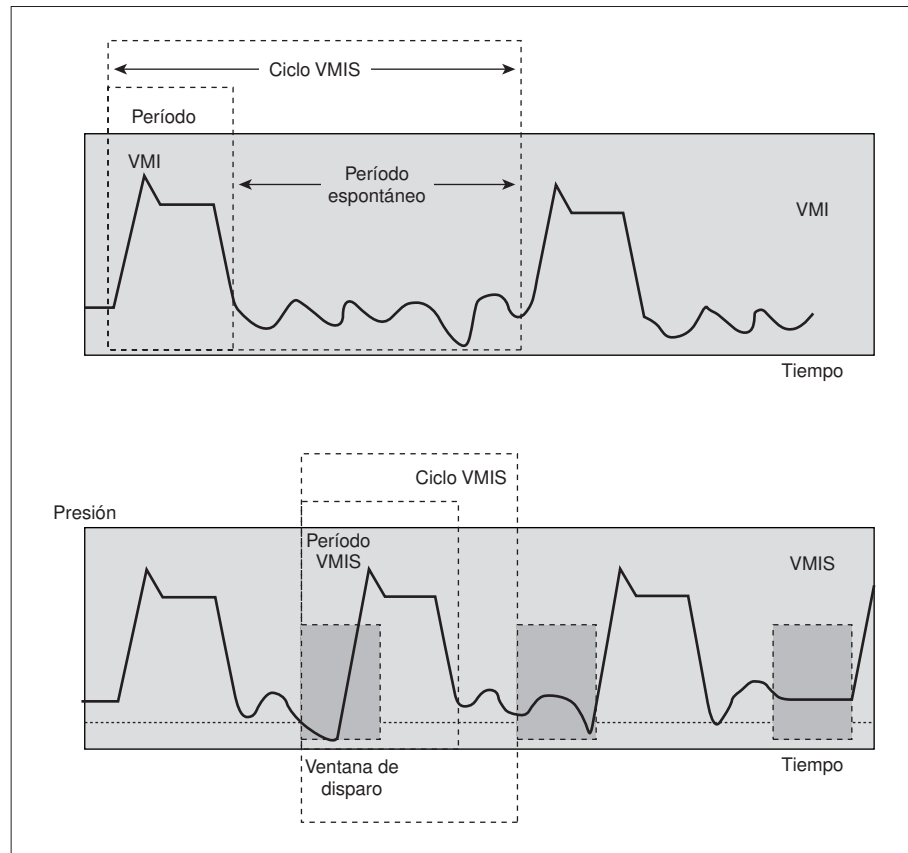
En la respiración mandatoria intermitente se distinguen dos tipos, en función de la sincronización o no de las respiraciones mandatorias con los esfuerzos del paciente.

Correspondencia: Dra. M.E. Valerón Lemaur.
Unidad de Medicina Intensiva Pediátrica. Hospital Universitario Materno-Infantil.
La Cuesta-Taco. 38320 La Laguna. Tenerife. España.

Recibido en marzo de 2003.

Aceptado para su publicación en marzo de 2003.

Figura 1. Ventilación mandatoria intermitente (VMI) y sincronizada (VMIS): En la modalidad VMI la frecuencia mandatoria del respirador puede superponerse a la respiración espontánea del paciente. En la modalidad VMIS, si el paciente inicia una respiración durante la ventana de sensibilidad, el respirador le proporcionará una respiración mandatoria y después de ésta se realizará la respiración espontánea.



1. No sincronizada (VMI). El paciente puede realizar respiraciones espontáneas en cualquier momento del ciclo y el respirador actúa de forma controlada ciclando cuando le corresponde sin sincronizarse con el paciente. Esta modalidad ha sido prácticamente abandonada en la actualidad.

2. Sincronizada (VMIS). La administración de respiraciones mandatorias coinciden con los esfuerzos inspiratorios del paciente (sincronización).

En ambas modalidades, VMI y VMIS, las respiraciones controladas o mandatorias pueden ser reguladas por volumen o por presión (fig. 2).

TIPOS DE SISTEMAS DE VMI

Existen dos sistemas de VMI: VMI con flujo continuo y VMIS con sensibilidad a la presión o al flujo.

1. *VMI con flujo continuo.* En este modo ventilatorio el respirador proporciona un flujo continuo elevado durante todo el ciclo respiratorio, y ello permite que la respiración espontánea del paciente pueda realizarse en cualquier momento sin tener que abrir ninguna válvula a demanda (fig. 3). Se utiliza especialmente en los recién nacidos, ya que no ofrece ninguna resistencia a la respiración espontánea del paciente. En este caso la respiración controlada es siempre por presión y puede ser sincronizada o no sincronizada.

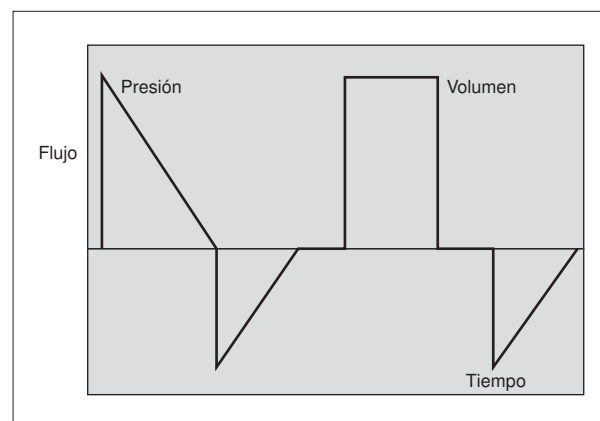


Figura 2. Curvas de flujo ventilación mandatoria intermitente (VMI) regulada por presión e VMI regulada por volumen. En ventilación mandatoria intermitente sincronizada (VMIS) por presión (VMIS-P) el flujo es desacelerante, mientras que en la VMIS por volumen (VMIS-V) el flujo es constante, pudiendo añadirse pausa inspiratoria.

2. *VMIS con flujo discontinuo.* En el sistema VMIS existe una válvula a demanda que es accionada por el paciente y se abre, permitiendo el paso de un flujo de gas variable. Su efectividad depende de la sensibilidad de la válvula al esfuerzo inspiratorio del paciente y del flujo de gas que flu-

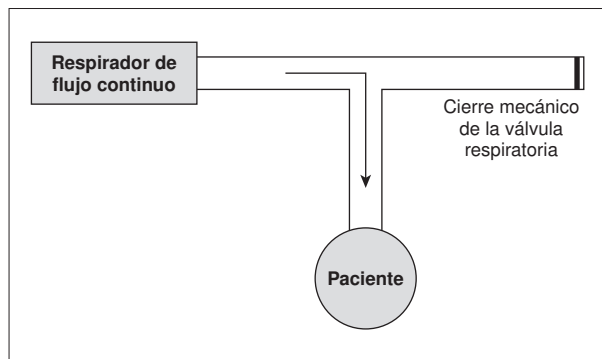


Figura 3. Ventilación mandatoria intermitente de flujo continuo. Cuando se produce el cierre mecánico de la válvula espiratoria, el flujo de gas se dirige sólo al paciente.

ye a través de ella. La apertura de esta válvula puede ser por un descenso de presión (sensado por presión) o por un cambio de flujo (sensado por flujo) (fig. 4).

a) *VMIS sensada por presión.* Utiliza una válvula proporcional que se abre en función de un gradiente de presión entre el circuito (como resultado del esfuerzo inspiratorio) y un nivel de presión pautado. Este gradiente es la variable más usada para el control de flujo y de presión.

b) *VMIS sensada por flujo.* La válvula se abre cuando la diferencia entre el flujo administrado por el respirador (inspiratorio) y el flujo que llega a la válvula espiratoria es igual o superior al flujo programado en el mando de sensibilidad.

REGÍMENES VENTILATORIOS CON VMI-VMIS¹⁻⁶

1. *VMIS regulada por volumen.* El objetivo de este régimen ventilatorio es administrar respiraciones mandatorias a una FR determinada y un volumen corriente o tidal (VC) preseleccionado, independientemente de los cambios en la resistencia/complianza (fig. 5).

2. *VMIS regulada por presión.* Esta modalidad proporciona respiraciones mandatorias a un nivel de presión prefijada y constante durante toda la inspiración. En este caso, el flujo es desacelerado. También permite añadir presión de soporte al paciente en sus respiraciones espontáneas. Este método tiene las ventajas de evitar presiones pico excesivamente altas en las vías respiratorias y de mantener una misma presión inspiratoria cuando existen fugas del tubo endotraqueal (fig. 6).

PARÁMETROS A FIJAR EN EL RESPIRADOR¹⁻⁶

1. Concentración de oxígeno (fracción inspiratoria de oxígeno [FiO₂]). Entre el 5 y el 10% por encima de la administrada cuando el paciente respiraba de forma espontánea. Puede ser preferible comenzar con FiO₂ inicial de uno y disminuirla según las necesidades del paciente.

2. VC (6-10 ml/kg) o volumen minuto en modalidades volumétricas.

3. Presión inspiratoria máxima en respiradores regulados por presión. En prematuros debe comenzarse por 10-12 cmH₂O y en el resto de pacientes por 16-20 cmH₂O. Ir ascendiendo de 2 en 2 cmH₂O en ambos casos, hasta comprobar adecuada expansión y entrada de aire en el tórax.

4. FR: neonatos/lactantes, 30-40 resp./min; niños, 15-30 resp./min. Posteriormente se modificará según las necesidades del paciente.

5. Presión positiva telespiratoria (PEEP): 2-5 cmH₂O.

6. Tiempo inspiratorio (T_i) o relación inspiración/espiración (I/E): Se fija de forma diferente según el respirador utilizado:

a) En porcentaje de tiempo del período respiratorio en respiradores de flujo no continuo.

– Modalidades volumétricas: T_i, 25%; tiempo de pausa inspiratoria: 10%.

– Modalidades de presión: T_i, 33%.

b) En tiempo inspiratorio en milisegundos.

c) En relación I/E: 1/2.

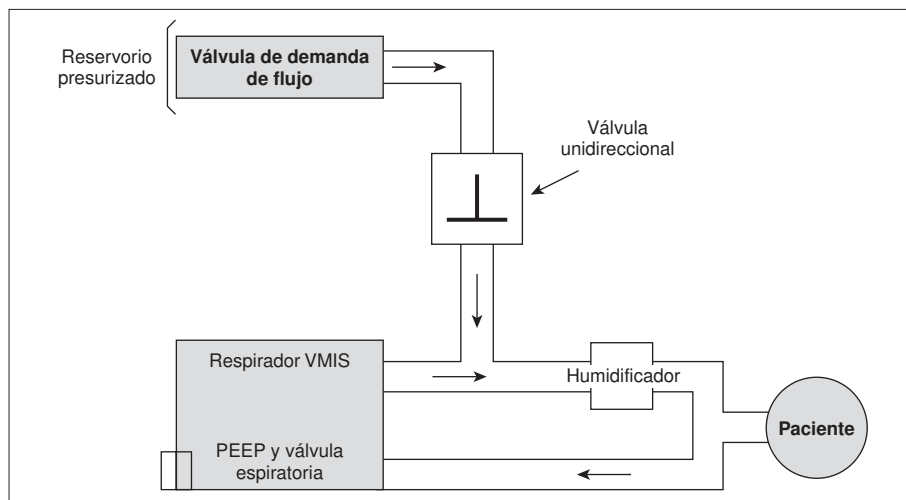


Figura 4. Ventilación mandatoria intermitente sincronizada (VMIS). Una válvula de demanda de flujo permite la respiración espontánea en la mayoría de los respiradores actuales. El flujo sólo se administra durante la inspiración.

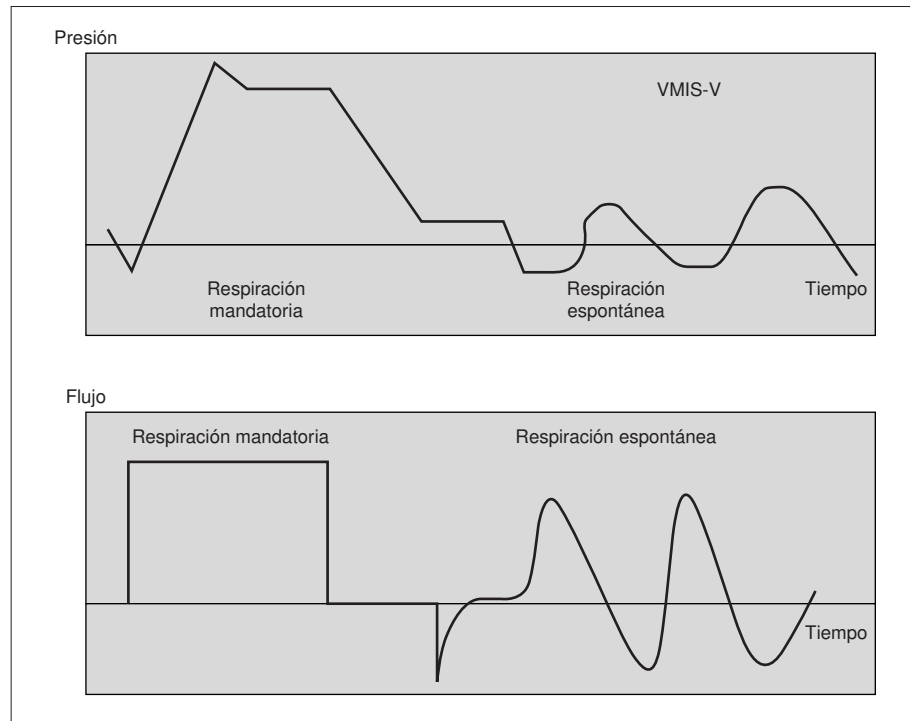


Figura 5. Ventilación mandatoria intermitente sincronizada regulada por volumen (VMIS-V). Curvas de presión y flujo durante la respiración mandatoria sincronizada y regulada por volumen.

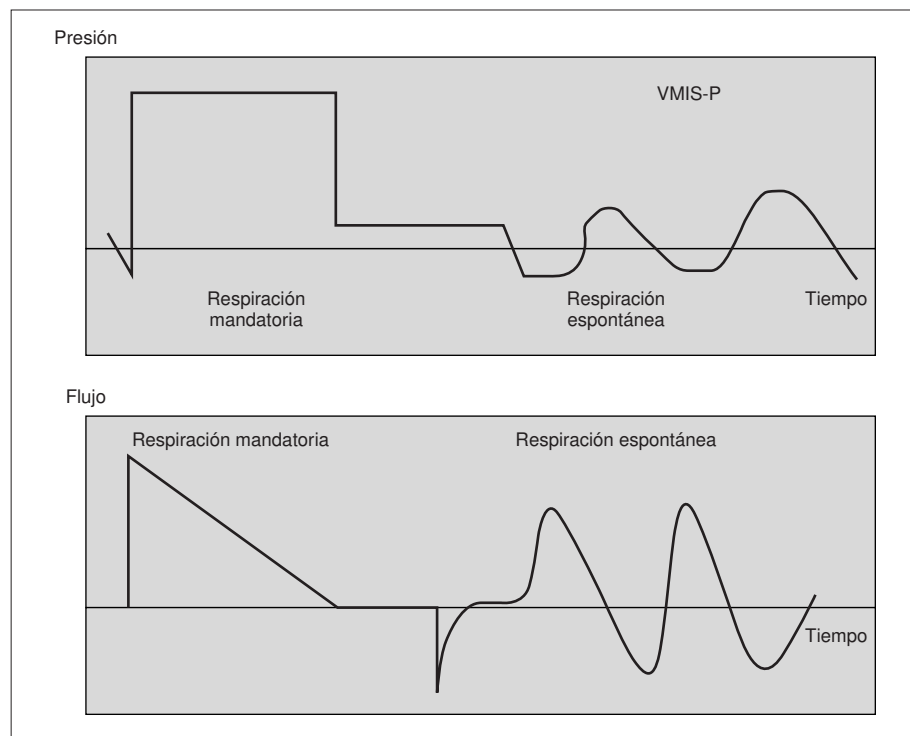


Figura 6. Ventilación mandatoria intermitente sincronizada por presión (VMIS-P). Curvas de presión y flujo durante la respiración mandatoria sincronizada y regulada por presión.

7. Tiempo de rampa: tiempo en que se alcanza la presión inspiratoria programada (se programa en algunos respiradores en la VMIS por presión). En otros respiradores, como en los neonatales de flujo continuo, este tiempo se puede programar con el mando de flujo.

8. Presión soporte (nivel sobre PEEP): es la presión con la que se soporta las respiraciones espontáneas del paciente.

9. Límite superior de presión (en respiradores regulados por volumen): entre el 35 y el 40 o 10 cmH₂O por encima del pico de presión inspiratoria.

10. Límite superior e inferior de alarma de volumen minuto: 20% por encima y 20% por debajo, respectivamente, del volumen minuto pautado.

11. Sensibilidad: por presión: $-1,5$ a -2 cmH_2O ; por flujo, 1-3 l/m.

INDICACIONES

Como se ha mencionado anteriormente con la VMI/VMIS el soporte ventilatorio puede ser:

1. Total: cuando todas las respiraciones son mandatorias.

2. Parcial: permite intercalar ventilaciones espontáneas, asociadas a las respiraciones mandatorias. Este es el que se utiliza durante la pauta de retirada de la VM, ya que la VMIS permite asegurar un nivel mínimo de ventilación, realizando el paciente un trabajo respiratorio variable según su propia demanda y capacidad. Por ello, se utiliza en pacientes con cierta capacidad respiratoria, aunque insuficiente, o que necesitan algunas respiraciones con los VC, tiempo respiratorio y relación I/E programados.

APLICACIONES SEGÚN LAS CONDICIONES CLÍNICAS

Insuficiencia respiratoria por enfermedad pulmonar obstructiva

Estos pacientes presentan fatiga de la musculatura respiratoria, que puede producir una disminución del VC con el consiguiente descenso del volumen minuto, un incremento de la relación Vd/VC (espacio muerto) y retención de dióxido de carbono (CO_2) durante la desconexión de la VM. Si en estos pacientes se utiliza una VMIS se deberá vigilar el desarrollo de fatiga muscular y aumentar la FR si fuese necesario.

Hipovolemia, fallo cardíaco o vasodilatación marcada

En estos pacientes, la VMIS puede ser una buena alternativa terapéutica, ya que la instauración de una ventilación controlada puede producir un descenso del gasto cardíaco por disminución de la precarga secundaria al aumento de la presión intratorácica⁸.

Alteraciones de la función miocárdica⁷

El efecto hemodinámico de la VMI puede ser tanto favorable como desfavorable. En pacientes postoperados de cirugía cardíaca con presiones telediastólicas de ventrículo izquierdo mayores de 16 mmHg o fracciones de eyección inferiores a 0,6. La instauración de VMIS puede producir un descenso del gasto cardíaco debido al aumento simultáneo de la precarga y poscarga del ventrículo izquierdo. Este descenso del gasto cardíaco asociado a la VMIS podría evitarse con un nivel bajo de PEEP. Sin embargo, en los pacientes con función ventricular normal, la VMIS tiene un efecto beneficioso sobre la función cardiovascular en el postoperatorio de cirugía cardíaca, ya que favorece el retorno venoso.

Asma y bronquiolitis

Los niños con asma o bronquiolitis no suelen tolerar la VMIS mientras persista la hiperreactividad bronquial y el atrapamiento aéreo grave. La lucha con el respirador puede aumentar las presiones alveolares y el atrapamiento. En estos casos es recomendable la VM controlada totalmente, siendo necesarias una adecuada sedación y quizá la utilización de relajantes musculares de forma continuada. Lo idóneo sería pautar una FR baja y tiempo inspiratorio corto (25%) para alargar la espiración y evitar el atrapamiento y sobredistensión pulmonar y por tanto el barotrauma.

Recién nacidos y prematuros

Deben utilizarse respiradores con VMIS o VMI de flujo continuo. La VMIS en respiradores con válvula a demanda provoca fatiga muscular y fracaso respiratorio, ya que su apertura puede generar una resistencia excesiva.

VENTAJAS DE LA VMI-VMIS¹⁻⁷

1. El respirador asegura unas ventilaciones controladas y entre ellas permite respirar espontáneamente al paciente, lo cual facilita la retirada de la VM.

2. Disminuye el riesgo de barotrauma. Por una parte, porque la sincronización con el paciente reduce la presión pico máxima (principalmente en la VMIS regulada por volumen) y, por otra, porque las respiraciones espontáneas disminuyen la presión media de las vías aéreas.

3. Produce menor compromiso hemodinámico que la ventilación controlada, ya que la reducción de la presión media intratorácica durante las respiraciones espontáneas favorece el retorno venoso y el gasto cardíaco.

4. En los pacientes ventilados en posición supina existe una reducción de la capacidad funcional residual. En ellos, la perfusión pulmonar es mayor en las zonas de declive (posteriores) y la ventilación en las anteriores. Durante las respiraciones espontáneas, en posición supina, la ventilación en las regiones posteriores aumenta con la mayor movilidad del diafragma, lo cual mejora la relación ventilación/perfusión.

5. La ventilación controlada conlleva una atrofia muscular y quizá descoordinación del diafragma y de la musculatura accesoria. En la VMIS tanto cuando el paciente respira de forma espontánea como cuando acciona el *trigger* (sincronización), éste realiza un esfuerzo que ayuda a prevenir esta atrofia.

6. La sincronización mejora la adaptación del paciente a la VM y, por lo tanto, reduce la necesidad de sedación y relajación.

INCONVENIENTES Y COMPLICACIONES¹⁻⁶

1. *Hiperventilación*. Ésta puede producir alcalosis respiratoria cuando el volumen minuto programado es alto para las necesidades del paciente.

2. *Hipoventilación*. Si el volumen minuto realizado es bajo; esto puede suceder cuando el paciente no es capaz

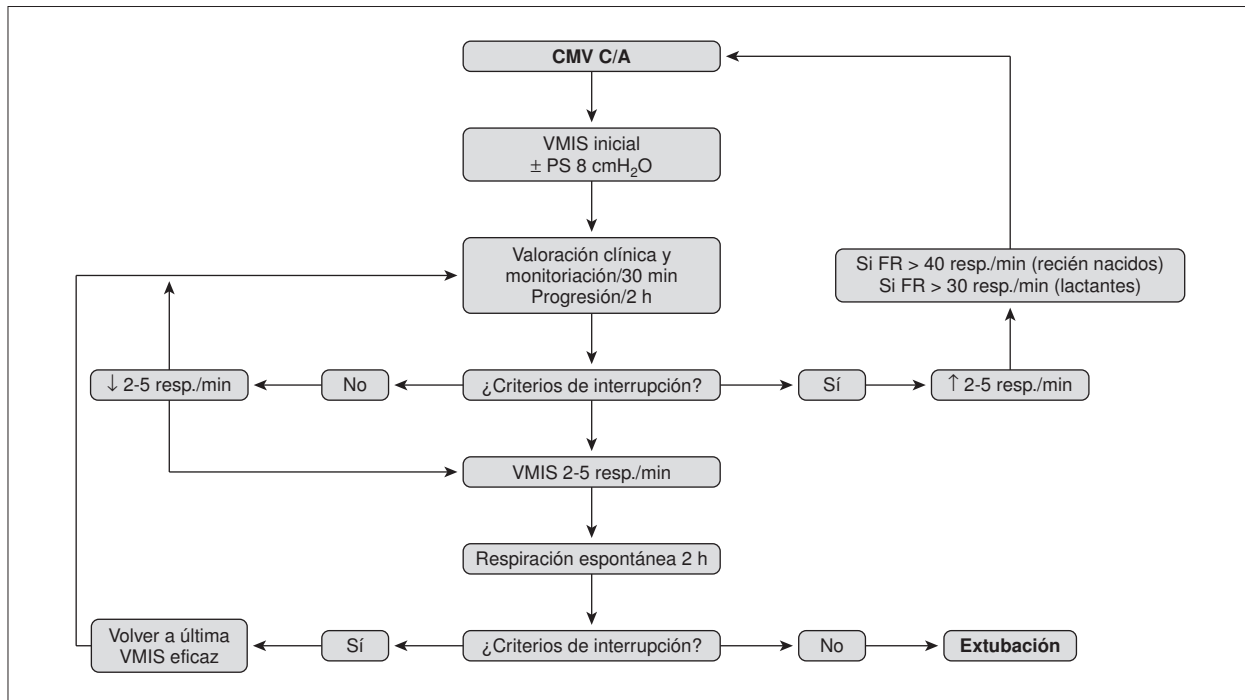


Figura 7. Protocolo de desconexión de ventilación mecánica en la modalidad de ventilación mandatoria intermitente sincronizada (VIMS). PS: presión de soporte; FR: frecuencia respiratoria.

de accionar el mando de sensibilidad, bien porque el *trigger* esté alto, por exceso de sedación, alteración neurológica o muscular, etc.

3. *Barotrauma*. El riesgo aumenta cuando la sincronización no es adecuada.

4. *Fatiga muscular*. Tiene lugar cuando el soporte ventilatorio no es adecuado para las necesidades del paciente. Las respiraciones espontáneas pueden incrementar el trabajo respiratorio y favorecer la fatiga muscular, que se refleja con respiración paradójica, hipercapnia e hipoxemia.

SOLUCIÓN DE PROBLEMAS

1. *Hiperventilación*. Disminuir el volumen minuto (FR, presión o VC).

2. *Hipoventilación*. Aumentar el volumen minuto (FR, presión o VC). Valorar aumentar la sensibilidad si el paciente realiza inspiraciones pero no es capaz de disparar el respirador.

3. *Barotrauma*. Trabajar con las mínimas presiones posibles (tanto presión pico, presión meseta como PEEP).

4. *Aumento del trabajo respiratorio*. Aumentar el número de respiraciones mandatorias, o asociar presión de soporte en las respiraciones espontáneas.

5. *Autociclado*. Disminuir la sensibilidad del respirador.

DISMINUCIÓN DE LA ASISTENCIA RESPIRATORIA EN VMIS^{5,8,9}

Los pacientes quirúrgicos sin enfermedad pulmonar por lo general son capaces de respirar de forma espon-

tánea tan pronto como se hayan recuperado de la anestesia, y el modo de ventilación tiene poca importancia en la decisión de la extubación. Los pacientes que requieren VM durante un corto período de tiempo por insuficiencia respiratoria aguda reversible, también tienen una rápida progresión a la ventilación espontánea. Por el contrario, los que presentan enfermedad respiratoria importante necesitarán una pauta de retirada de la VM más lenta.

No existen protocolos consensuados para la retirada de la VM cuando ésta ha sido prolongada. Nosotros proponemos lo siguiente.

La desconexión de VM prolongada en un paciente con VMI o VMIS debe comenzar con un número de respiraciones mandatorias igual a la frecuencia en ventilación controlada, e ir descendiendo de 2 a 5 respiraciones mandatorias cada 2 h con valoración clínica (neurológica, hemodinámica, respiratoria) y controles cada 30 min. Si existe inestabilidad clínica, acidosis o hipercapnia, vuelven a incrementarse de 2 a 5 respiraciones y se realiza nueva valoración a los 30 min. Cuando se llega de 2 a 5 respiraciones mandatorias con buena tolerancia se pasa a un método de respiración espontánea (tubo en T, presión positiva continua en vía aérea, presión de soporte baja) durante 2 h. Habitualmente, la disminución de la FR mandatoria se asocia con presión asistida en las respiraciones espontáneas (fig. 7). Si no existen criterios de interrupción se realiza la extubación.

BIBLIOGRAFÍA

1. Sassoon CH. Intermittent mandatory ventilation. En: Tobin MJ, editor. Principles and practice of Mechanical Ventilation. New York: McGraw Hill, 1994; p. 221-37.
2. Doblas A. Ventilación mandatoria intermitente. En: Iniciación a la ventilación mecánica. Puntos clave. Barcelona: Edika Med, 1997; p. 61-4.
3. Kirby R. Intermittent mandatory ventilation. En: Handbook of mechanical ventilatory support. Baltimore: Williams and Wilkins, 1992; p. 101-16.
4. Latorre FJ. Ventilación mandatoria. En: Ventilación mecánica. Barcelona: Springer-Verlag Ibérica, 1993; p. 57-68.
5. Velasco M, Ulloa E, López-Herce J. Ventilación mecánica. En: López-Herce J, Calvo C, Lorente M, editores. Manual de Cuidados Intensivos Pediátricos. Madrid: Publimed, 2001; p. 620-43.
6. Hess D, Hacmarek R. Modes of mechanical ventilation. En: Essentials of mechanical ventilation. New York: McGraw Hill, 1996; p. 17-23.
7. Imanaka H, Nishimura M, Miyano H, Uemura H, Yagihara T. Effect of synchronized intermittent mandatory ventilation on respiratory workload in infants after cardiac surgery. Anesthesiology 2001;95:881-8.
8. Butler R, Keenan SP, Inman K, Sibbald J, Block G. Is there a preferred technique for weaning the difficult-to-wean patient? A systematic review of the literature. Crit Care Med 1999;27: 2331-6.
9. Herrera M, Moriña P, Martínez JC. Desconexión de la ventilación mecánica. Destete. En: Iniciación a la ventilación mecánica. Puntos clave. Barcelona: Edika Med, 1997; p. 94-102.

Modalidades de soporte

J.A. Soult Rubio, E. Peromingo Matute, M^aA. Murillo Pozo y J.A. García Hernández

Unidad de Cuidados Intensivos Pediátricos. Hospital Infantil Universitario Virgen del Rocío. Sevilla. España.

Las modalidades de soporte son de gran utilidad en la práctica clínica y permiten una mayor coordinación del paciente con el respirador. Sus principales indicaciones son como medida de soporte adicional en pacientes con estímulo respiratorio conservado y durante la retirada de la ventilación mecánica, sobre todo en pacientes con ventilación mecánica prolongada.

Palabras clave:

Ventilación mecánica. Presión soporte. Presión positiva de distensión continua. Respiración espontánea.

PRESSURE SUPPORT VENTILATION

Assisted mechanical ventilation is highly useful in clinical practice and allows good interaction between the patient and ventilator. The major uses of this mode are to reduce the work of breathing in patients with intact spontaneous breathing and to provide additional support during weaning from mechanical ventilation, especially when this has been prolonged.

Key words:

Mechanical ventilation. Pressure support ventilation. Continuous positive airway pressure. Spontaneous breathing.

VENTILACIÓN CON PRESIÓN DE SOPORTE

Conceptos generales

Se trata de una modalidad de ventilación asistida en la que el paciente controla la respiración, determinando el principio y el final del ciclo¹. Cada esfuerzo inspiratorio del paciente, que supera la sensibilidad establecida, es asistido por una presión positiva predeterminada (fig. 1).

En algunos respiradores, la válvula es disparada por un descenso en la presión, determinada por la presión negativa generada por el paciente al iniciar el esfuerzo inspiratorio (sensibilidad por presión) y, en otros, el inicio del ciclo está establecido por los cambios de flujo en la vía aérea del paciente (sensibilidad por flujo).

Correspondencia: Dr. J.A. Soult Rubio.
Unidad de Cuidados Intensivos Pediátricos.
Hospital Infantil Universitario Virgen del Rocío.
Av. Manuel Siurot, s/n. 41013 Sevilla. España.
Correo electrónico: jasoult@terra.es

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