

## Normativa sobre la ventilación mecánica a domicilio

R. Estopá Miró, C. Villasante Fernández-Montes, P. de Lucas Ramos, L. Ponce de León Martínez, M. Mosteiro Añón, J.F. Masa Jiménez, E. Servera Pieras y J.M. Quiroga

Grupo de Trabajo de la Ventilación Mecánica a Domicilio

### Introducción

La ventilación mecánica a domicilio (VMD) es una técnica para el tratamiento de la insuficiencia respiratoria hipercápnica en fase estable que se realiza en el domicilio en lugar de en el hospital<sup>1,2</sup>.

Existen dos modalidades:

1. La VMD que se realiza fundamentalmente durante la noche y que consigue una mejoría de la gasometría arterial durante el día. En la mayoría de los casos se realiza conectando el ventilador al paciente a través de una mascarilla nasal (no invasiva).

2. La VMD como continuación del tratamiento en una unidad de vigilancia intensiva. En este caso la ventilación debe mantenerse de forma continua o casi continua, por lo que es recomendable una traqueostomía.

En ambos casos, el grado de invalidez es fundamental para decidir otras necesidades como la silla de ruedas, un cuidador permanente y las condiciones de la vivienda.

Los objetivos de la VMD son: *a)* mejorar la supervivencia; *b)* reducir el número de días de estancia en el hospital, y *c)* mejorar las condiciones sociales y como consecuencia la calidad de vida a través de la normalización de los gases arteriales, la calidad del sueño y la tolerancia al ejercicio<sup>3</sup>.

Esta normativa pretende definir los criterios de indicación de la VMD, establecer la cronología de las exploraciones a realizar en cada paciente y la forma de seguimiento de la eficacia de la VMD una vez indicada. Nos referimos únicamente a la ventilación con presión positiva, debido a que tanto el pulmón de acero como otros sistemas de presión negativa tienen en la actualidad pocas indicaciones.

### Criterios de indicación

La indicación fundamental de la VMD es el fracaso de la ventilación<sup>4-12</sup>, que se manifiesta por la presencia de hipercapnia en sangre arterial. Los pacientes que se benefician de este tratamiento son los que presentan pato-

logía restrictiva y que sufren como enfermedad de base alguna de las citadas en la tabla I, y los que se encuentran en las siguientes circunstancias:

1. Pacientes en los que en fase estable se confirma en la gasometría arterial basal una hipercapnia:  $\text{PaCO}_2 > 45$  mmHg.

2. Pacientes ingresados por un episodio de insuficiencia respiratoria aguda hipercápnica y en cuyos antecedentes se encuentran datos de que se trata de una afección de larga duración ( $\text{PaCO}_2 > 45$  mmHg en situación "estable").

3. Pacientes ingresados por un episodio de insuficiencia respiratoria aguda en la UCI y que no pueden dejar de recibir ventilación mecánica, siendo ésta la única razón de su permanencia en la UCI.

TABLA I  
Enfermedades en las que puede estar indicada la VMD

Sistema nervioso central
Síndrome de hipoventilación primaria
Síndrome de Arnold-Chiari
Síndrome de Ondina
Médula espinal
Traumatismo
Mielomeningocele
Siringomielia
Asta anterior
Secuelas de la poliomielitis
Esclerosis lateral amiotrófica
Enfermedad de Werdnig-Hoffman
Nervios periféricos
Neuropatías (enfermedad de Charcot-Marie-Toth)
Lesión del nervio frénico
Síndrome de Guillain-Barré
Musculares
Distrofia de Duchenne
Distrofia miotónica (Steiner, Thomsen)
Distrofia fascio-escápulo-humeral
Parálisis diafragmática
Déficit de maltasa
<i>Miastenia gravis</i>
Enfermedad de Lambert
Alteraciones de la caja torácica
Cifoscoliosis idiopática, mal de Pott
Secuelas de la toracoplastia o del neumotórax terapéutico
Fibrotórax
Hernias abdominales
Obesidad
Enfermedades del tejido conectivo (osteogénesis imperfecta)

Correspondencia: Dr. R. Estopá Miró.  
Servicio de Neurología. Hospital de Bellvitge.  
Feixa Llarga, s/n. 08901 L'Hospitalet de Llobregat. Barcelona.  
(Arch Bronconeumol 2001; 37: 142-150)

Hay otros criterios clínico-funcionales cuya existencia obliga a realizar exploraciones y/o seguimiento para conocer si la VMD puede estar indicada:

1. Episodios previos de fracaso ventilatorio en los que se ha detectado hipercapnia ( $\text{PaCO}_2 > 45$  mmHg).

2. Una capacidad vital forzada (FVC) inferior a 15 ml/kg, o inferior a 800 ml en el valor absoluto, de carácter restrictivo.

3. Signos clínicos de hipoventilación nocturna (tabla II).

En los casos en los que la ventilación se lleva a cabo en una UCI, los criterios de indicación son superfluos, ya que se trata únicamente de un cambio de lugar de tratamiento.

Al plantearse la indicación de la VMD, es conveniente disponer de los resultados de estas exploraciones:

- Gasometría arterial respirando aire ambiente.
- Espirometría.
- Presión inspiratoria máxima.
- Presión espiratoria máxima.
- Hematócrito.
- ECG.
- Radiografía de tórax.
- Pulsioximetría nocturna basal (o polisomnografía completa).

Mediante estas exploraciones realizadas a una persona con alguna de las enfermedades citadas en la tabla I, podemos decidir la indicación de la VMD. Sin embargo, en cada caso debe hacerse de forma individualizada una valoración del pronóstico vital de la enfermedad, así como del contexto sociofamiliar en el que el paciente va a desarrollar su vida a partir del momento de la indicación.

El criterio de la hipercapnia ha quedado bien definido<sup>3,13</sup>. Respecto a la espirometría y a los signos de hipertensión arterial pulmonar que pueden observarse en el ECG o en la radiografía de tórax, y a la poliglobulia, hay que decir que deben ser valorados como datos indirectos de la existencia de una hipoxemia crónica.

En el caso de la pulsioximetría nocturna basal, si la  $\text{SaO}_2$  es superior al 90% durante toda la noche, se puede considerar que la VMD no está indicada en ese momento y se realizará un nuevo estudio cada 6 meses o en función de la evolución clínica<sup>14</sup>. Cuando existen períodos de saturación a lo largo de la noche, con una saturación de oxígeno inferior al 90% durante un 20% del tiempo total del registro, hay que considerar al paciente como de riesgo y realizar controles sucesivos con una periodicidad trimestral.

### Tipos de ventilador

Antes de decidir el tipo de ventilador de presión positiva para un paciente en concreto hay que distinguir entre los dos tipos de pacientes que hemos citado:

– *Pacientes con dependencia de la VM.* No se trata únicamente de los pacientes a los que no se puede desconectar de la VM ni siquiera unos minutos (caso de una lesión medular alta), sino también de los casos en los que una desconexión de la VM por un período superior a 24

TABLA II  
Síntomas que sugieren hipoventilación nocturna

Cefalea y/o obnubilación diurna más intensa al despertar
Dificultad para conciliar el sueño
Despertares con sensación de “dificultad para respirar”
Somnolencia diurna

horas puede tener efectos clínicos deletéreos. Tal sería el caso de ciertos pacientes con enfermedades neuromusculares en situación de insuficiencia respiratoria avanzada pero que aún conservan una mínima capacidad ventilatoria. Gran parte de estos pacientes van a recibir ventilación a través de una traqueotomía. En éstos debemos emplear siempre un ventilador volumétrico dotado de alarmas de alta y baja presión (o de volumen minuto) y con conexión a batería externa, debiendo disponer el propio ventilador de una batería interna. En caso de que no se empleara una traqueotomía, se podría valorar la utilización de un sistema de presión de soporte, aunque continúa siendo recomendable recurrir al ventilador volumétrico.

– *Pacientes no dependientes de la VM, en quienes la ventilación se aplica de modo no invasivo durante las horas de sueño.* Sabemos que en estos casos, aunque la ventilación se interrumpa por períodos de tiempo superiores a 24 horas, no se va a producir deterioro clínico. No se puede hablar en estos casos de dependencia de la VM, dado que la ventilación no constituye un sistema de soporte vital.

Para llevar a cabo la VMD, y hablando de sistemas de ventilación a presión positiva, existen básicamente dos tipos de aparatos<sup>15,16</sup>.

### Ventiladores volumétricos

Hoy por hoy son los más empleados y su eficacia está más que probada tras muchos años de experiencia<sup>1,3,5,17-24</sup>. Derivados de los ventiladores de cuidados intensivos, resultan sencillos y fáciles de manejar. Están dotados de mecanismos de seguridad tales como alarmas de alta y baja presión, batería interna y posibilidad de conexión a batería externa, que los hacen apropiados para la ventilación en pacientes en los que este tratamiento supone un sistema de apoyo vital. Muchos de ellos se pueden acoplar con facilidad a una silla de ruedas, lo que permite aumentar la autonomía de este tipo de pacientes dependientes de la VM. La forma de empleo del ventilador volumétrico y el ajuste de parámetros cuando iniciemos la ventilación en un paciente serán los siguientes:

*Modo de ventilación.* Se recomienda emplear siempre el modo “Asistida/Controlada”. Esto supone que se establecerá un volumen corriente y una frecuencia respiratoria que asegurarán una adecuada ventilación en caso de que el paciente no realice ningún esfuerzo inspiratorio, pero se deja abierta la posibilidad de que el paciente demande cuando quiera una embolada, lo que podría hacer aumentar la frecuencia programada. Algunos ventiladores incorporan el modo de ventilación “SIMV”, en el que se impone una frecuencia fija de ciclado del ventilador, dejando al paciente la opción de realizar respiraciones es-

pontáneas tomando aire del exterior. Este modo de ventilación, que ha sido preconizado desde hace ya muchos años como un método de destete de la ventilación mecánica, supone un considerable incremento del trabajo respiratorio en este tipo de ventiladores y carece de sentido en el caso de la VMD, por lo que nunca debe utilizarse.

*Trigger o sensibilidad.* Regula el esfuerzo inspiratorio que debe realizar el paciente para que el ventilador inicie una inspiración (en modo asistido o asist./control.). En los ventiladores volumétricos, el ciclado ante la demanda del paciente se produce como respuesta a una caída de presión en la vía aérea (o ante una detección de flujo inspiratorio en algunos ventiladores de última generación). Se ajusta por tanto en cm de H<sub>2</sub>O (o en ml/s si el trigger es de flujo) y el nivel adecuado es el mínimo que no produzca autociclado (por lo general entre 0,5 y 1 cm de H<sub>2</sub>O).

*Volumen corriente o tidal (Vt).* Si la ventilación se realiza a través de una traqueotomía y se emplea una cánula con balón inflado, el Vt se ajustará a unos 10-12 ml/kg. Si el balón permanece desinflado o bien se emplea una cánula sin balón, como ocurre cuando se desea mantener la fonación, se necesitará un Vt algo mayor para compensar la fuga que se producirá alrededor de la cánula en el interior de la tráquea (esa fuga de hecho es la que permite la fonación al escapar parte del aire insuflado durante la inspiración hacia arriba, atravesando las cuerdas vocales). Si la ventilación se aplica de modo no invasivo, mediante una mascarilla, el Vt a aplicar puede ser muy variable, entre 10 y 20 ml/kg en función de la tolerancia del paciente y de las fugas que se puedan producir por la boca durante la noche. En los primeros ensayos con el ventilador es preferible emplear un Vt bajo para que el paciente se adapte mejor a la sensación que produce la insuflación de aire.

*Frecuencia respiratoria.* Cuando ventilamos a un paciente a través de una traqueotomía, la FR suele oscilar entre 12 y 15 ciclos/min (en adultos). Es distinto el caso de una ventilación no invasiva en un enfermo que aún conserva capacidad ventilatoria (aunque limitada). Se debe medir la FR del paciente en reposo y comenzar a ventilarlo con una FR ligeramente inferior. Si está acoplado, se puede probar a reducir hasta que se vea que el paciente demanda emboladas al ventilador (lo que indicaría que necesita algo más de ventilación). De cualquier manera, en última instancia serán las gasometrías arteriales realizadas tras cierto tiempo de ventilación con el paciente bien acoplado las que harán fijar este parámetro.

*Relación I/E.* El valor empleado habitualmente es entre 1:1 y 1:2, tanto si se realiza ventilación no invasiva como si ésta se hace a través de traqueotomía. Para la no invasiva con mascarilla nasal (la forma más habitual), debemos considerar que en caso de que haya fugas orales durante la noche es posible que debamos buscar una relación I/E más próxima a 1:1, ya que esto supone un menor flujo inspiratorio y por tanto un pico

de presión más bajo que pudiera hacer descender la cuantía de la fuga. El confort del paciente también ayudará a ajustar esta relación. En caso de ventilación por cánula de traqueotomía, la forma de conservar la fonación también condicionará este ajuste y así, si la fonación se produce durante la inspiración (que es lo más habitual), será preferible una relación más cercana a 1:1 (más tiempo de inspiración), mientras que si la fonación se realiza durante la espiración, será necesario un tiempo espiratorio más largo (relación I/E de 1:2 o inferior).

*PEEP.* La opción de aplicar una presión positiva al final de la espiración no está disponible en todos los ventiladores volumétricos, pero la realidad es que la PEEP no se suele aplicar en estos pacientes dado que por lo general no es necesaria.

*Límite de presión máxima.* Se ajustará a un nivel 15 cm de H<sub>2</sub>O por encima del pico de presión que observamos durante la ventilación. También como norma general un valor de 50 cm de H<sub>2</sub>O puede ser adecuado en un adulto.

*Límite de presión mínima.* No disponible en todos los ventiladores. Si existiera, se dejaría ajustado entre 5 y 10 cm de H<sub>2</sub>O. Esta alarma avisará en caso de una desconexión o de una fuga importante en cualquier punto del circuito.

*Alarma de volumen minuto.* No disponible en todos los ventiladores, sólo en aquellos que disponen de válvula espiratoria interna y neumotacógrafo que realiza medición de Vt espirado. Si se dispone de ella ajustará a un valor que esté en torno a un 70% del volumen minuto que haga el paciente en condiciones de buena adaptación y sin fugas. Para una ventilación no invasiva, que casi por definición es una ventilación con fugas, no se debe ser demasiado exigente a la hora de ajustar este parámetro, evitando así que suene la alarma durante gran parte de la noche, lo que sin duda afectará a la calidad del sueño.

En los casos de pacientes con dependencia a la VM es obligado comprobar siempre que todas las alarmas funcionen de forma adecuada.

#### *Sistemas de BiPAP o presión de soporte*

El término Bipap se refiere al hecho de que este tipo de aparatos genera dos niveles de presión, uno durante la inspiración y otro a lo largo de la espiración<sup>25-35</sup>. El acrónimo BiPAP, escrito de este modo, con la "i" en minúscula, está registrado por la firma Respironics, que fue la que desarrolló uno de los primeros sistemas de este tipo que se aplicaron para la VMD. Es un término que se ha generalizado para designar a este tipo de aparatos que podemos denominar también de presión de soporte. No debemos confundir este tipo de ventiladores con sistemas de presión que se empleaban y aún se emplean hoy en día para administración de aerosoles o para realizar sesiones de insuflación pulmonar (lo que se conocía como IPPB). Estos aparatos (de entre los cuales el más po-

pular es el ventilador Bird) tienen unas limitadas prestaciones en cuanto a la forma de administración del flujo que no los hacen adecuados para la VMD.

Los ventiladores de Bipap son más sencillos y ligeros que un ventilador volumétrico e inicialmente surgieron como una derivación de los sistemas de CPAP, de modo que eran capaces de mantener una presión continua en la vía aérea pero durante la espiración se podía producir un descenso de presión hasta niveles mínimos (por lo general 2 o 3 cm de H<sub>2</sub>O). Si bien en un principio lo que se pretendía con esto era mejorar el confort del paciente que utilizaba la CPAP (facilitando la espiración con esa reducción de la presión), se vio que empleando niveles relativamente altos de presión durante la fase inspiratoria se podía proporcionar un verdadero apoyo ventilatorio. Con el tiempo, estos aparatos se han ido sofisticando y están más cerca de los ventiladores volumétricos que los sencillos dispositivos de doble presión empleados inicialmente.

Con un ventilador de este tipo lo que se hace básicamente es aplicar una presión que se mantiene durante toda la inspiración, gracias a un flujo decelerado (con pico de flujo inicial alto) generado por una turbina, pasando el aparato a la espiración cuando ese flujo desciende por debajo de un determinado valor (que según el aparato con el que trabajemos podremos variar o no). Los parámetros a regular y el modo en que debemos iniciar la ventilación son los siguientes.

*Modo de ventilación.* Todos ellos permiten funcionar en un modo que llamamos espontáneo, en el cual el aparato cicla sólo cuando detecta una caída de presión en la vía aérea o un flujo inspiratorio mínimo generado por el paciente (según el tipo de trigger que emplee). Normalmente es posible también pautar una frecuencia mínima de seguridad de modo que en caso de que no haya esfuerzos inspiratorios se asegure que el ventilador cicle igualmente. Esta forma llamada espontánea sería el equivalente al modo Asistido/Controlado de los volumétricos, y éste es el más recomendable ya que si durante el sueño se produjeran apneas centrales en el modo espontáneo o asistido se produciría una hipoventilación al no ciclar el ventilador.

*Presión inspiratoria.* Según el ventilador que empleemos se puede llamar IPAP, ayuda inspiratoria o presión de soporte. Sabemos que la mayoría de los pacientes con cuadros restrictivos que emplean un ventilador de este tipo necesitan en general valores de presión inspiratoria en torno a 20 cm de H<sub>2</sub>O. Empezaremos con niveles bajos, entre 10 y 15 para conseguir progresivamente adaptar al paciente. En caso de enfermos con baja *compliance* toracopulmonar, como pueden ser cifoscoliosis severas o pacientes muy obesos, puede ser necesario llegar a superar los 22 cm de H<sub>2</sub>O de presión. Los nuevos ventiladores ofrecen la posibilidad de generar presiones superiores a ese valor hasta un máximo de 40 cm de H<sub>2</sub>O.

*Presión espiratoria.* En algunos modelos no se puede anular ya que hay siempre un flujo continuo en el circuito que mantiene una PEEP mínima aunque ésta suele ser

tan sólo de unos 2 o 3 cm de H<sub>2</sub>O. En general no va a ser necesaria como ya comentamos al hablar de los ventiladores volumétricos y de hecho en aquellos sistemas en los que podemos prescindir de ella la dejaremos en 0.

*Frecuencia respiratoria.* Haremos igual que con un volumétrico, es decir, partiremos de una FR ligeramente inferior a la basal del paciente y ajustaremos buscando que se sienta cómodo. También en este caso el ajuste de la frecuencia y de la presión una vez que hayamos acomodado al paciente se hará más finalmente en función de los resultados del intercambio de gases obtenidos al cabo de al menos 1 hora de ventilación.

*Trigger.* Este mecanismo que hace que el aparato inicie la inspiración ante una demanda del paciente puede ser de presión al igual que en los volumétricos, pero en la mayoría de casos es por detección de flujo lo cual teóricamente aporta una mayor sensibilidad y por tanto un menor trabajo del paciente para hacer ciclar al aparato. Se ajustará siempre a niveles mínimos. Podemos encontrarnos con que no hay posibilidad de regulación estando ya fijado el trigger en un nivel muy sensible. Hay que reseñar que cualquiera que sea el mecanismo del trigger (presión o flujo) está demostrado que es bastante más sensible en este tipo de sistemas de presión que en los volumétricos, lo que proporciona un mayor confort al paciente.

*Fin de inspiración.* Algunos aparatos pasan automáticamente a la fase espiratoria cuando detectan una caída del flujo inspiratorio por debajo de un cierto nivel que no podemos variar (el aparato lo ajusta automáticamente, ciclo a ciclo). Otros nos permiten variarlo y en este caso debemos ajustarlo de modo que el paciente no sienta que le cuesta trabajo pasar a espiración ni tampoco que la inspiración resulte corta. Un término medio entre un 40 y un 60% del pico de flujo inicial como valor de corte puede ser acertado.

*Pendiente de flujo.* No siempre podemos modificarla (depende del aparato). Si es así, para un mismo valor de presión de soporte podemos hacer que el ventilador genere un pico de flujo inicial más o menos alto (y a partir de aquí en cualquier caso el flujo será decelerado). Si bien esta opción parece ser interesante cuando realizamos VM no invasiva en pacientes agudos que tienen un gran trabajo respiratorio y cuya demanda de flujo es muy alta (precisando un elevado pico de flujo para lograr la adaptación), en el paciente de VMD no es tan necesario dado que en general cualquier sistema de BiPAP de los habitualmente empleados es capaz de aportar un pico de flujo inicial que satisface sin problemas la demanda del paciente.

Existen, sin embargo, algunas desventajas de los ventiladores de presión como son:

- Limitación en la capacidad de ventilar pacientes con baja *compliance* toracopulmonar.
- Ausencia de batería en la mayoría de los aparatos.
- Ausencia de alarmas: los modelos más novedosos sí incorporan alarmas de volumen insuflado así como de

desconexión, si bien por las características propias del sistema no pueden resultar tan eficaces como en un ventilador volumétrico.

– Posibilidad de que se produzca reinhalación de  $\text{CO}_2$ <sup>36,37</sup>.

Esto podría ocurrir con los circuitos que funcionan por el sistema llamado de “fuga controlada” en los que la espiración se produce a través de unos orificios en el extremo distal del circuito (cercano al paciente) o en la propia mascarilla. Este sistema, asimismo, puede presentar en ocasiones una cierta dificultad o freno para la espiración. No obstante hay aparatos de presión de soporte que funcionan con circuitos similares a los empleados en los aparatos volumétricos (circuito único), con válvula espiratoria pilotada. De cualquier manera, será el paciente el que nos diga si se siente cómodo y la gasometría nos indicará si realmente hay dificultades para eliminar el  $\text{CO}_2$ .

Por otro lado, se pueden señalar las ventajas:

– Compensación de fugas: es probablemente la más importante. Dado que el objetivo del ventilador es mantener una presión durante la inspiración si hay alguna fuga (por ejemplo fugas orales durante la noche) se incrementa el flujo automáticamente para conseguir la presurización.

– Mayor comodidad para el paciente: el trigger más sensible (sobre todo cuando es por flujo), la entrega del volumen mediante un flujo decelerado que se adapta mejor al esfuerzo del paciente y, en suma, el hecho de que el patrón respiratorio no sea tan impuesto (flujo y tiempo inspiratorio fijos en un volumétrico).

– Mayor ligereza y facilidad de transporte: es posible que un aspecto más ligero de estos aparatos provoque en el paciente una mejor predisposición y sin duda el transporte es mucho más fácil que el de un volumétrico.

Con esta información hay que elegir la opción que consideremos más adecuada<sup>38,39</sup>. No debemos olvidar lo que ya se mencionó en un principio con respecto a los pacientes dependientes del ventilador, en especial a los ventilados a través de una traqueotomía y para quienes hoy por hoy el método de soporte ventilatorio más seguro y fiable es un ventilador volumétrico. Para los otros casos son muchos los factores que pueden influir incluyendo la disponibilidad de aparatos de cada centro.

El hecho de que dispongamos de tan variada oferta, especialmente en los ventiladores de Bipap, y las numerosas opciones que algunos de estos modernos sistemas ofrecen puede llevar a generar cierta confusión.

### Inicio de la VMD

La elección del aparato se hará indistintamente según las disponibilidades. Los pacientes que necesiten la ventilación mecánica más de 12 horas/día deberán disponer inexcusablemente de un ventilador con alarmas y batería incorporada.

### Regulación de los parámetros ventilatorios

*Límites de presión.* El límite de presión alta se ajustará a 50 cm  $\text{H}_2\text{O}$ .

*Volumen corriente.* El volumen corriente inicial se calculará entre 1.015 ml/kg y, de acuerdo con los resultados de la monitorización del intercambio de gases, se ajustará al nivel que sea más confortable y que asegure una buena ventilación. El volumen se adaptará siempre a las posibles fugas en los casos de mascarilla nasal o cánula de traqueostomía sin balón. Asimismo, se tendrá en cuenta en los casos en que exista una cánula fenestrada y puede que sea más eficaz el plantear un distinto volumen corriente durante el día que durante la noche.

*Frecuencia respiratoria.* La frecuencia respiratoria será aproximada a la del paciente y en general se situará entre 1.525 respiraciones por minuto.

*Relación Inspiración/Espiración.* La relación I/E se situará entre 1:1 y 1:2. En los casos en que exista obstrucción bronquial o taquipnea se adaptará en cada caso particular.

*Modo de ventilación.* El modo Asistida/Controlada es el más apropiado para el inicio de la adaptación manteniendo la frecuencia respiratoria.

### Sistemas de conexión paciente-ventilador

La elección de la conexión ventilador-paciente se hace en función de la disponibilidad de mascarillas.

– La vía bucal es una aceptable forma de ventilación aunque su uso debe considerarse como coadyuvante de la ventilación nocturna<sup>40,42</sup>.

– La vía nasal es la más utilizada y se realiza mediante mascarillas de silicona moldeadas a medida de cada paciente o con modelos disponibles comercialmente para la CPAP. Es recomendable disponer de una variedad lo más amplia posible para ofrecer la mejor alternativa a cada caso<sup>41,43</sup>.

– La mascarilla facial (oro-nasal) intenta evitar las fugas que se producen por la boca durante la ventilación nocturna aunque tiene el inconveniente de poder provocar claustrofobia. Otro aspecto a tener presente es el de respetar dos horas después de la comida para aplicar la ventilación.

En pacientes con invalidez que no tienen la posibilidad de colocarse y de sacarse la mascarilla, como es el caso de algunas enfermedades neuromusculares, tiene que realizarse la ventilación siempre en presencia de una persona acompañante, ya que puede ser necesario retirarla por motivos de comodidad, o bien para la aspiración de secreciones<sup>41</sup>.

Una vez hecha la selección de los parámetros y de la conexión se comprobará que el volumen corriente espiratorio, cuando el paciente permanece despierto, no sea inferior al 90% del volumen corriente seleccionado. En esta primera fase se conecta el pulsioxímetro, ya que la ventilación debe mejorar la  $\text{SaO}_2$  con los parámetros seleccionados. Durante las primeras horas no es imprescindible que la  $\text{SaO}_2$  sea superior al 90%.

El tiempo en que el paciente debe estar conectado al ventilador depende inicialmente de la tolerancia a la mas-

carilla y a la presión positiva, aunque es conveniente empezar con una pauta de dos horas por la mañana y dos horas por la tarde. Si existe buena tolerancia se añade lo antes posible la ventilación de ocho horas durante la noche.

La ventilación no invasiva, tanto por vía nasal como facial, es difícilmente tolerable cuando debe realizarse más de 18 horas al día y, en estos casos, es necesario plantear la traqueostomía como una alternativa. Asimismo, algunos pacientes que han necesitado realizar una traqueostomía en la Unidad de Cuidados Intensivos pueden a lo largo del tiempo plantearse la posibilidad de cerrar la traqueostomía e iniciar la ventilación no invasiva.

### Valoración de la eficacia de la ventilación mecánica

La valoración de la eficacia de la ventilación mecánica se hará en dos situaciones: cuando el paciente está despierto y durante el sueño.

Con el paciente despierto, se realiza una gasometría arterial en el curso de la ventilación mecánica, sin administrar oxígeno, después de un mínimo de 1 hora de ventilación y en presencia del personal que indica la VMD.

Consideraremos que la ventilación es eficaz cuando el paciente esté bien adaptado y confortable con la ventilación y la gasometría arterial:

- Un pH de 7,35-7,50.
- Una PaCO<sub>2</sub> <45 mmHg o disminución de 10 mmHg sobre el nivel previo.
- Una PaO<sub>2</sub> > 60 mmHg o incremento de 10 mmHg sobre el nivel previo.

Si el paciente se ventila correctamente pero la PaO<sub>2</sub> es inferior a 60 mmHg, se añade oxígeno suplementario a un flujo que consiga una SaO<sub>2</sub> superior al 90%.

Durante el sueño se realiza como mínimo una pulsioximetría nocturna en el curso de la ventilación. El registro se hará siempre una vez comprobada la eficacia de la ventilación con el paciente despierto y cuando reconoce que está bien adaptado y tolera la ventilación toda la noche. La ventilación es aceptable si la SaO<sub>2</sub> es superior al 90% durante más del 90% de la noche.

La comprobación de las fugas se hará realizando conjuntamente la oximetría y midiendo el volumen corriente espiratorio. En la ventilación con mascarilla nasal, una banda submentoniana de material elástico puede ser útil para controlar las fugas bucales.

### Las fugas

Las fugas son uno de los grandes problemas que encontramos a la hora de aplicar la VMD. Veamos cuáles son los puntos por los que se suelen producir las fugas y cómo podemos solucionarlas.

*Fugas en la mascarilla.* Debemos buscar la mascarilla que mejor se adapte al contorno de la nariz del paciente, procurando que se ajuste lo más posible, sin invadir la boca ni los ángulos internos de los ojos. Si empleamos mascarillas industriales es deseable disponer de cierta variedad. Si no encontramos ningún modelo

que se adapte bien, lo mejor será confeccionar una mascarilla a medida con silicona. Debemos hacer todo lo posible por conseguir que no haya fugas a nivel de la mascarilla, especialmente las que se producen por la zona superior ya que pueden irritar los ojos y llegar a producir una conjuntivitis. Hay que invertir todo el tiempo que sea necesario en solucionar este problema pues además tiene una gran influencia en la comodidad del paciente así como en la eficacia de la ventilación. También se pueden fabricar mascarillas faciales a medida que para algunos pacientes representa la solución ideal.

*Fugas orales.* Cuando empleamos una mascarilla nasal es habitual que durante algunas fases del sueño por hipotonía de los músculos que sujetan la mandíbula se produzca una apertura de la boca lo que condicionará fugas a este nivel. Debemos valorar si éstas tienen repercusión sobre la saturación arterial de O<sub>2</sub> y también si afectan a la calidad del sueño (pueden provocar despertares). Si así fuera, intentaremos minimizar la fuga para lo cual podemos reducir el pico de presión aplicando una relación I/E más cercana a 1/1. También se puede modificar tanto la frecuencia como el volumen tidal hasta conseguir una situación cómoda para el paciente, aunque esto puede condicionar un pico de presión más alto de modo que la fuga aumentará. En un sistema de presión ya vimos que teóricamente el aparato era capaz de compensar la fuga pero esto no funcionará en caso de fugas muy grandes.

– Podemos recurrir a utilizar un sistema de sujeción de la mandíbula que mantenga la boca cerrada, por ejemplo, una cinta de las que emplean los deportistas y que colocan en la frente para recoger el sudor. A veces esto no es suficiente dado que el aire puede seguir escapando a través de los labios aun estando la boca cerrada. Una cinta que permita además de sujetar la mandíbula aplicar una ligera presión sobre los labios puede ser de utilidad.

– El grado de flexión del cuello puede condicionar que la lengua caiga hacia atrás obstruyendo la vía aérea superior y favoreciendo así la fuga oral. Un collarín cervical puede mantener una mejor postura del cuello pero a veces este sistema resulta incómodo y no se tolera bien.

– La aplicación de bajos niveles de PEEP podría prevenir la mencionada obstrucción en la hipofaringe (el fundamento es el mismo que cuando se aplica CPAP para evitar las apneas obstructivas) y es otro recurso que podemos probar.

### Seguimiento a domicilio

El seguimiento del paciente, a partir del momento que inicia la VMD, se hará a nivel técnico por parte de la empresa suministradora, y a nivel sanitario por parte del equipo que efectúa el seguimiento de la VMD. Es fundamental el papel que desempeña una buena infraestructura sociosanitaria que ofrezca el soporte a la familia o al entorno del que depende el paciente<sup>44</sup>.

Las revisiones médicas en el hospital se harán como mínimo el primer mes y a los tres o seis meses y también

a demanda del paciente en función de la evolución clínica.

En el domicilio del paciente debe disponer de:

- Un informe de asistencia en el cual debe constar el tipo de ventilador y los cuidados de mantenimiento necesarios para su buen funcionamiento, así como los parámetros ventilatorios que se han seleccionado como óptimos.

- El nombre y el teléfono del suministrador que facilitará el ventilador y que se hace cargo del mantenimiento.

- Información sobre el cuidado del material fungible: mascarillas, tubos y filtros externos del aparato.

- El teléfono o la vía de contacto con el equipo que efectúa el seguimiento de la ventilación mecánica en el hospital, para poder hacer alguna consulta sobre el tratamiento.

- Los pacientes que utilicen las mascarillas tanto si son estándar como de silicona hechas a medida deben tener fijado un calendario de renovación.

- Los pacientes con traqueostomía precisan de un aspirador eléctrico y de un aspirador portátil con batería, así como de un ambú para ventilación manual. Si el tiempo libre de ventilación es inferior a las 24 horas y en función de la proximidad de la vivienda a un centro asistencial, estos pacientes necesitarán tener un segundo ventilador de repuesto.

### Ventilación mecánica domiciliaria en la EPOC

Los estudios que evalúan la eficacia de la VMD a largo plazo en la EPOC estable presentan resultados variables y conclusiones controvertidas, aunque hay evidencias que demuestran que pacientes seleccionados pueden beneficiarse de esta modalidad terapéutica<sup>45-49</sup>. Existe un grupo de pacientes con EPOC grave que presentan importantes alteraciones ventilatorias nocturnas con el consiguiente deterioro gasométrico, hipercapnias mantenidas y una disfunción de músculos respiratorios, que no consiguen mejorarse con los tratamientos convencionales, incluyendo la oxigenoterapia domiciliaria. Estas alteraciones pueden contribuir al deterioro progresivo que presentan estos enfermos con frecuentes hospitalizaciones y una mayor mortalidad. La VMD tendría efecto por un lado como soporte vital, previniendo o revirtiendo las situaciones de acidosis respiratoria y por otro proporcionando descanso a los músculos respiratorios y permitiendo en consecuencia una recuperación de su función. Parece demostrado que la VMD disminuye la actividad muscular respiratoria, aunque su efecto sobre la fuerza y la resistencia es variable, mejorando en algunos estudios pero no en otros<sup>45,46</sup>. Por otra parte, diversos trabajos apuntan que la mejoría de la hipercapnia parece más relacionada con un incremento de la respuesta ventilatoria al CO<sub>2</sub><sup>50</sup>.

De acuerdo con lo expuesto, la VMD podría resultar de utilidad contribuyendo a mejorar el funcionalismo muscular, a disminuir el número de ingresos y en consecuencia a mejorar la calidad de vida de estos enfermos. Recientes estudios controlados<sup>47</sup> muestran que la combi-

nación de VMD nocturna por vía nasal con OCD en pacientes con EPOC hipercápnica en situación estable, puede proporcionar una mejora en la calidad y cantidad del sueño, del intercambio de gases tanto nocturnos como diurnos, de la sintomatología ligada a la hipercapnia y como consecuencia de su calidad de vida.

Podemos considerar el empleo de VMD en pacientes motivados con EPOC grave que, a pesar de un tratamiento convencional correcto, continúan presentando desaturaciones nocturnas e hipercapnia crónica con frecuentes episodios de acidosis respiratoria que hace necesarios repetidos ingresos hospitalarios. En los pacientes traqueostomizados por extubación problemática tras un episodio agudo, puede considerarse continuar con ventilación mecánica domiciliaria vía traqueostomía.

Respecto a los tipos de ventilador a utilizar, la mayoría de estudios no ha mostrado diferencias importantes entre los resultados obtenidos con ventiladores volumétricos y con los de soporte de presión. Estos últimos tienen la ventaja de ser en general mejor tolerados, más económicos y pueden compensar las fugas<sup>50</sup>.

La VMD no constituye en la actualidad un tratamiento que se deba plantear de forma generalizada en la EPOC estable, por lo que son necesarios nuevos estudios que determinen el verdadero papel de esta terapia. Estos estudios deben ir encaminados a definir mejor las características de los pacientes que pueden beneficiarse, evaluar potenciales beneficios en la sensación de disnea, capacidad de ejercicio, calidad de vida y en la supervivencia<sup>51</sup>.

### BIBLIOGRAFÍA

1. Bach J, Alba A, Mosher R, Delaubier A. Intermittent positive pressure ventilation via nasal access in the management of respiratory insufficiency. *Chest* 1987; 92: 168-170.
2. Robert D, Gerard M, Leger P, Blanc P, Hlzapfel L, Salamond J. Long-term IPPV at home of patients with end stage chronic respiratory insufficiency. *Chest* 1982; 82: 258.
3. Robert D, Willig TN, Paulus J. Long-term nasal ventilation in neuromuscular disorders: report of a consensus conference. *Eur Respir J* 1993; 6: 599-606.
4. Grassino A, Macklem PT. Respiratory muscle fatigue and ventilatory failure. *Ann Rev Med* 1984; 38: 625-646.
5. Ellis ER, Grunstein RR, Chan S, Bye PTP, Sullivan CE. Noninvasive ventilatory support during sleep improves respiratory failure in kyphoscoliosis. *Chest* 1988; 94: 811-815.
6. Celli BR, Rassulo J, Corral R. Ventilatory muscle dysfunction in patients with bilateral idiopathic diaphragmatic paralysis: reversal by intermittent external negative pressure ventilation. *Am Rev Respir Dis* 1987; 136: 1276-1278.
7. Goldstein RS, Molotiu N, Skrastins R, Long S, Rosi J, Contreras M, et al. Reversal of sleep-induced hypoventilation and chronic respiratory failure by nocturnal negative pressure ventilation in patients with restrictive ventilatory impairment. *Am Rev Respir Dis* 1987; 135: 1049-1055.
8. Carrey Z, Gottfried SB, Levy RD. Ventilatory muscle support in respiratory failure with nasal positive pressure ventilation. *Chest* 1990; 97: 150-158.
9. Fukunaga H, Okubo R, Moritoyo T, Kawashima N, Osame M. Long-term follow-up of patients with Duchenne muscular dystrophy receiving ventilatory support. *Muscle Nerve* 1993; 16: 554-558.
10. Claman DM, Piper A, Sanders MH, Stiller RA, Votteri BA. Nocturnal noninvasive positive pressure ventilatory assistance. *Chest* 1996; 110: 1581-1588.

11. Masa JF, Sánchez de Cos Excuin J, Disder C, Hernández M, Fuentes Otero F. Nasal intermittent positive pressure ventilation Analysis of its withdrawal. *Chest* 1995; 107: 382-388.
12. Barbé F, Quera-Salva MA, De Lattre J, Gajdos P, Agustí AGN. Long-term effects of nasal intermittent positive-pressure ventilation on pulmonary function and sleep architecture in patients with neuromuscular diseases. *Chest* 1996; 110: 1179-1183.
13. Langevin B, Leger P, Gerard M, Sukkar F, Guez A, Robert D. Monitoring nasal ventilation. *Eur Respir J* 1993; 3: 260-265.
14. Díaz Lobato S, García Tejero MT, Ruiz Cobos A, Villasante C. Hospitales de noche neumológicos. *Arch Bronconeumol* 1997; 33: 89-91.
15. Schönhofer B, Sonneborn M, Haidl P, Böhler H. Comparison of two different modes for noninvasive mechanical ventilation in chronic respiratory failure: volume versus pressure controlled device. *Eur Respir J* 1997; 10: 184-191.
16. Meecham Jones DJ, Wedzicha JA. Comparison of pressure and volume preset nasal ventilator systems in stable chronic respiratory failure. *Eur Respir J* 1993; 6: 1060-1064.
17. Bott J, Baudouin SV, Moxham J. Nasal intermittent positive pressure ventilation in the treatment of respiratory failure in obstructive sleep apnoea. *Thorax* 1991; 46: 457-458.
18. Ellis ER, Mccauley VB, Mellis C, Sullivan CE. Treatment of alveolar hypoventilation in a six-year-old girl with intermittent positive pressure ventilation through a nose mask. *Am Rev Respir Dis* 1987; 136: 188-191.
19. Ellis ER, Bye PTP, Bruderer JW, Sullivan CE. Treatment of respiratory failure during sleep in patients with neuromuscular disease. *Am Rev Respir Dis* 1987; 135: 148-152.
20. Bach JR, Alba AS. Management of chronic alveolar hypoventilation by nasal ventilation. *Chest* 1990; 97: 52-57.
21. Robert D, Brunel D, Léger P, Larzul JJ. Ventilation nocturne en pression positive intermittente par voie nasale pour un syndrome d'apnée du sommeil intraitable par ventilation spontanée en pression positive continue. En: Duron B, Lévi-Valensi P, editores. *Sleep disorders and respiration*. Londres: Eurotext Ltd. 1988; 235-236.
22. Bott J, Carroll MP, Conway JH, Keilty SEJ, Ward EM, Brown AM et al. Randomised controlled trial of nasal ventilation in acute ventilatory failure due to chronic obstructive airways disease. *Lancet* 1993; 341: 1555-1557.
23. Leger P, Bedicam JM, Cornette A, Reybet-Degat O, Langevin B, Polu JM et al. Nasal intermittent positive pressure ventilation: Long-term follow-up in patients with severe chronic respiratory insufficiency. *Chest* 1994; 105: 100-105.
24. Bach JR, Robert D, Leger P, Langevin B. Sleep fragmentation in kyphoscoliotic individuals with alveolar hypoventilation treated by NIPPV. *Chest* 1995; 107: 1552-1558.
25. Waldhorn RE. Nocturnal nasal intermittent positive pressure ventilation with bi-level positive airway pressure (BiPAP) in respiratory failure. *Chest* 1992; 101: 516-521.
26. Pennock BE, Kaplan PD, Carlin BW, Sabangan JS, Magovern JA. Pressure support ventilation with a simplified ventilatory support system administered with a nasal mask in patients with respiratory failure. *Chest* 1991; 100: 1371-1376.
27. Ambrosino N, Nava S, Bertone P, Fracchia C, Rampulla C. Physiologic evaluation of pressure support ventilation by nasal mask in patients with stable COPD. *Chest* 1992; 101: 385-391.
28. Nava S, Ambrosino N, Rubini F, Fracchia C, Rampulla C, Torri G, et al. Effect of nasal pressure support ventilation and external PEEP on diaphragmatic activity in patients with severe stable COPD. *Chest* 1993; 103: 143-150.
29. Lien T-C, Wang J-H, Chang M-T, Kuo C-D. Comparison of BiPAP nasal ventilation and ventilation via iron lung in severe stable COPD. *Chest* 1993; 104: 460-466.
30. Harding J, Kemper M, Weissman C. Pressure support ventilation attenuates the cardiopulmonary response to an acute increase in oxygen demand. *Chest* 1995; 107: 1665-1672.
31. Pinto AC, Evangelista T, Carvalho M, Alves MA, Sales Luís ML. Respiratory assistance with a non-invasive ventilator (Bipap) in MND/ALS patients: Survival rates in a controlled trial. *J Neurol Sci* 1995; 129 (Supl): 19-26.
32. Fortenberry JD, Del Toro J, Jefferson LS, Evey L, Haase D. Management of pediatric acute hypoxemic respiratory insufficiency with bilevel positive pressure (BiPAP) nasal mask ventilation. *Chest* 1995; 108: 1059-1064.
33. Mancebo J, Isabey D, Lorino H, Lofaso F, Lemaire F, Brochard L. Comparative effects of pressure support ventilation and intermittent positive pressure breathing (IPPB) in non-intubated healthy subjects. *Eur Respir J* 1995; 8: 1901-1909.
34. Dekel B, Segal E, Perel A. Pressure support ventilation. *Arch Intern Med* 1996; 156: 369-373.
35. Joris JL, Sottiaux TM, Chiche JD, Desaive CJ, Lamy ML. Effect of bilevel positive airway pressure (BiPAP) nasal ventilation on the postoperative pulmonary restrictive syndrome in obese patients undergoing gastroplasty. *Chest* 1997; 111: 665-670.
36. Ferguson GT, Gilmartin M. CO<sub>2</sub> rebreathing during BiPAP ventilatory assistance. *Am J Respir Crit Care Med* 1995; 151: 1126-1135.
37. Lofaso F, Brochard L, Touchard D, Hang T, Harf A, Isabey D. Evaluation of carbon dioxide rebreathing during pressure support ventilation with airway management system (BiPAP) devices. *Chest* 1995; 108: 772-778.
38. Restrick LJ, Fox NC, Braid G, Ward EM, Paul EA, Wedzicha JA. Comparison of nasal pressure support ventilation with nasal intermittent positive pressure ventilation in patients with nocturnal hypoventilation. *Eur Respir J* 1993; 6: 364-370.
39. Uchiyama A, Imanaka H, Taenaka N, Nakano S, Fujino Y, Yoshiya I. Comparative evaluation of diaphragmatic activity during pressure support ventilation and intermittent mandatory ventilation in animal model. *Am J Respir Crit Care Med* 1994; 150: 1564-1568.
40. Bach JR, Alba AS, Bohatiuk G, Saporito L, Lee M. Mouth intermittent positive pressure ventilation in the management of postpolio respiratory insufficiency. *Chest* 1987; 91: 859-864.
41. Bach JR, Sortor SM, Saporito LR. Interfaces for non-invasive intermittent positive pressure ventilatory support in North America. *Eur Respir J* 1993; 3: 254-259.
42. Bach JR, Alba AS, Saporito LR. Intermittent positive pressure ventilation via the mouth as an alternative to tracheostomy for 257 ventilator users. *Chest* 1993; 103: 174-182.
43. Cornette A, Mougel D. Ventilatory assistance via the nasal route: masks and fittings. *Eur Respir J* 1993; 3: 250-253.
44. Bach JR. Perspectives of nasal ventilation: indications, methods and complementary techniques for patients with neuromuscular disease. *Eur Respir J* 1993; 3: 243-244.
45. Elliott MW, Mulvey DA, Moxham J, Green M, Branthwaite MA. Domiciliary nocturnal nasal intermittent positive pressure ventilation in COPD: mechanisms underlying changes in arterial blood gas tensions. *Eur Respir J* 1991; 4: 1044-1052.
46. Strumpf DA, Millman RP, Carlisle CC, Grattan LM, Ryan SM, Erickson AD et al. Nocturnal positive-pressure ventilation via nasal mask in patients with severe chronic obstructive pulmonary disease. *Am Rev Respir Dis* 1991; 144: 1234-1239.
47. Elliott MW, Simonds AK, Carroll MP, Wedzicha JA, Branthwaite MA. Domiciliary nocturnal nasal intermittent positive pressure ventilation in hypercapnic respiratory failure due to chronic obstructive lung disease: Effects on sleep and quality of life. *Thorax* 1992; 47: 342-348.
48. Meecham Jones DJ, Paul EA, Jones PW, Wedzicha JA. Nasal pressure support ventilation plus oxygen compared with oxygen therapy alone in hypercapnic COPD. *Am J Respir Crit Care Med* 1995; 152: 538-544.
49. Lin CC. Comparison between nocturnal nasal positive pressure ventilation combined with oxygen therapy and oxygen monotherapy in patients with severe COPD. *Am J Respir Crit Care Med* 1996; 154: 353-358.
50. Wedzicha JA, Jones DJM. Domiciliary ventilation in chronic obstructive pulmonary disease: Where are we. *Thorax* 1996; 51: 455-457.
51. Celli BR, Snider GL, Heffner J, Tjep B, Ziment I, Make B, et al. Standards for the diagnosis and care of patients with chronic obstructive pulmonary disease. *Am J Respir Crit Care Med* 1995; 152 (Supl): S77-S121.