

PROCEDIMIENTOS EN VMNI: RESPIRADORES, VÍAS DE ACCESO Y TÉCNICAS DE LA VENTILACIÓN

José Antonio Rodríguez Portal, José Luis López Campos, Emilia Barrot Cortés

RESUMEN

Las extraordinarias evolución y desarrollo de los equipos necesarios para la aplicación de la VMNI en los últimos años ha favorecido enormemente la aplicación de esta modalidad terapéutica en los enfermos con insuficiencia respiratoria aguda y crónica.

La comprobación de que es posible proporcionar un soporte ventilatorio eficaz y bien tolerado por el paciente a través de una mascarilla con respiradores portátiles que se adaptan a las necesidades del enfermo y son relativamente fáciles de manejar ha permitido su uso, no sólo en el ámbito de cuidados intensivos, sino también en salas de hospitalización convencional y en el propio domicilio del paciente.

En este capítulo se describen las principales características y modos de funcionamiento de los respiradores diseñados para la aplicación de ventilación no invasiva, las vías de acceso, interfases y equipamiento necesario así como las técnicas básicas para el inicio de la ventilación.

INTRODUCCIÓN

La función primordial del aparato respiratorio es la de suministrar oxígeno a la sangre para satisfacer las necesidades metabólicas del organismo y eliminar el dióxido de carbono, producto de desecho del metabolismo celular, para ello es necesario un aporte continuo y renovado de aire a los pulmones. El proceso por el que se lleva el aire inspirado al alveolo es lo que se denomina como ventilación. Esta acción es posible gracias a la actividad mus-

cula, quer al modificar las presiones pleurales, cambia los volúmenes pulmonares. Cuando este proceso fisiológico se encuentra comprometido, debemos ayudar o suplir la ventilación por algún medio externo.

Podemos definir la ventilación mecánica como todo aquel procedimiento que utiliza un aparato mecánico para suplir o ayudar a la función ventilatoria del paciente. Esta ventilación mecánica puede ser administrada de forma invasiva si se realiza a través de un tubo endotraqueal o de forma no invasiva, si se hace mediante una mascarilla, sin que sea preciso aislar la vía aérea mediante tubo endotraqueal y dejando, por tanto, indemnes los mecanismos naturales de defensa de la vía aérea superior^(1,2).

RESEÑA HISTÓRICA

Estas técnicas de ventilación, aunque están teniendo un gran auge en los últimos años, no son nuevas. El uso de respiradores de ventilación no invasiva con presión negativa se encuentran en la literatura médica ya en el siglo XIX⁽³⁾. Los primeros respiradores para la aplicación de ventilación no invasiva eran los llamados “respiradores corporales”, ya que ayudaban a la ventilación aplicando presiones negativas o positivas en diferentes partes del cuerpo. La primera descripción de uno de estos respiradores se la debemos al médico escocés John Dalziel en 1838⁽⁴⁾. El paciente se introducía en una especie de cajón, sentado, del que sobresalía la cabeza y, gracias a unos fuelles activados manualmente, se generaba una presión negativa en el interior que facilitaba la ventilación. El uso más generalizado de los res-

piradores mecánicos no se produjo hasta comienzos del siglo XX motivado por dos hechos fundamentales. Por una parte, el desarrollo de la electricidad y su aplicación a los dispositivos mecánicos y, por otra, la gran demanda de asistencia ventilatoria que se produjo durante las epidemias de poliomielitis en la primera mitad del siglo. El primer respirador que empleó la energía eléctrica fue diseñado por Philip Drinker en 1928⁽⁵⁾. Consistía en un cilindro metálico de una tonelada de peso en el que el paciente se introducía en posición de decúbito supino, manteniendo la cabeza fuera. En los años 30 este prototipo sufrió algunas modificaciones, que lo hicieron más ligero, silencioso y sencillo, introduciendo además un dispositivo de seguridad que permitía su activación de forma manual si faltaba la corriente eléctrica. Eran los conocidos como “pulmones de acero”, convirtiéndose en el soporte ventilatorio más empleado durante las epidemias de poliomielitis, fabricándose miles entre 1930 y 1960⁽⁶⁾. Desde finales del siglo XIX hasta la mitad del siglo XX se desarrollaron diferentes prototipos para la asistencia ventilatoria no invasiva, más pequeños y manejables: poncho, coraza, pneumobelt o cama basculante. Aunque con importantes limitaciones, han sido utilizados hasta fechas muy recientes.

Hasta muy avanzado el siglo XX, el empleo de la ventilación invasiva con presión positiva era excepcional fuera de los quirófanos para la administración de la anestesia. Durante la epidemia de poliomielitis de Copenhague en 1952, los escasos respiradores tipo “tanque” disponibles fueron desbordados por el número de afectados. Se realizó un enorme esfuerzo para ventilar por presión positiva mediante bolsas de resucitación de anestesia, comprimidas manualmente en turnos de manera ininterrumpida por estudiantes, enfermeras y otros voluntarios. La mortalidad se redujo en un 30% y esto estimuló el desarrollo de respiradores de presión positiva accionados eléctricamente y favoreció una transición progresiva hacia la ventilación invasiva

por presión positiva, acelerada por el desarrollo de las unidades de cuidados intensivos y la introducción de respiradores de presión más sencillos y baratos. La ventilación no invasiva quedó relegada al tratamiento de casos aislados de insuficiencia respiratoria crónica. El nuevo impulso de la VNI se produjo a partir de los años 80, tras la introducción de la presión positiva continua en la vía aérea (CPAP) para el tratamiento de las apneas obstructivas del sueño. En los años sucesivos se han ido mejorando las prestaciones de los respiradores y ampliando sus usos, abarcando a pacientes con insuficiencia respiratoria crónica por enfermedades neuromusculares y deformidades de la caja torácica y posteriormente se comenzó a evidenciar su utilidad en diferentes formas de insuficiencia respiratoria aguda, constituyendo en la actualidad técnicas de primera línea en el tratamiento de la agudización de la EPOC⁽⁸⁾ o en el edema agudo de pulmón cardiogénico⁽⁹⁾, entre otras⁽¹⁰⁻¹²⁾.

Una de las claves de la creciente difusión de la VNI es la ausencia de tubo endotraqueal porque:

- a) Evita las complicaciones relacionadas con la intubación y la retirada del mismo^(13,14).
- b) Permite que la vía aérea superior esté intacta, preservando los mecanismos de defensa naturales de ésta y, en consecuencia, disminuyendo las complicaciones infecciosas, principalmente la neumonía nosocomial y la sinusitis⁽¹⁵⁾.
- c) Es más confortable, el paciente puede comer, beber, expectorar y comunicarse, haciendo que disminuya su aislamiento y ansiedad y, en consecuencia, la necesidad de sedación profunda y todas las complicaciones derivadas de ésta⁽¹⁶⁾.

FORMAS DE VNI

La asistencia ventilatoria no invasiva puede realizarse de dos formas (Fig. 1):

- *Ventilación con presión negativa externa*, basada en la aplicación de una presión subatmosférica intermitentemente sobre la pared torácica o el abdomen, con el obje-

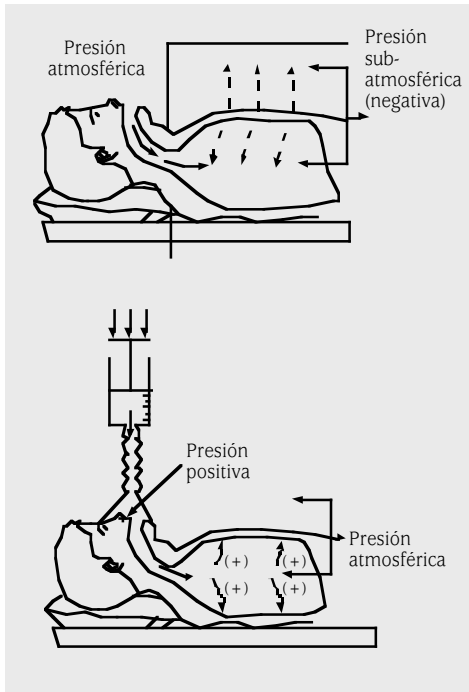


FIGURA 1. Modos de ventilación. En la imagen superior: ventilación a presión negativa; inferior: ventilación a presión positiva.

to de crear un gradiente de presión entre la boca y el alveolo que facilite el flujo de aire al interior. Una vez que cesa la aplicación de esta presión negativa, el vaciado pulmonar se produce de forma pasiva.

- *Ventilación no invasiva con presión positiva*, el gas es forzado al interior del pulmón al aplicar una presión positiva a la vía aérea durante la inspiración. De esta forma se incrementan las presiones en la vía aérea, alveolares, pleurales y, por tanto, la presión intratorácica. La espiración se produce de forma pasiva, terminando cuando se iguala la presión intratorácica con la atmosférica. Es la más utilizada actualmente, conocida con las siglas VNI o VMNI.

Aunque no están totalmente en desuso e incluso existen trabajos recientes que demuestran buenos resultados aplicando VNI con presión negativa como modo ventilatorio en pacientes con patología respiratoria, tanto cró-

nica⁽¹⁷⁾ como aguda⁽¹⁸⁾, los ventiladores de presión negativa son más difíciles de manejar y son menos confortables para los pacientes⁽¹⁹⁾. Por otra parte, la presión negativa durante la inspiración puede inducir apneas obstructivas del sueño que provocan caídas en la saturación de oxígeno, sobre todo en pacientes con patología torácica restrictiva⁽²⁰⁾. Por todo ello, los más ampliamente usados y a los que nos vamos a referir es a los dispositivos de VNI con presión positiva. Esta ventilación con presión positiva puede obtenerse aplicando un volumen de aire durante la inspiración (ventilación controlada por volumen), o directamente aplicando una presión positiva (ventilación controlada por presión). Esta última puede ser aplicada de varias formas: a) aplicando una presión positiva durante la inspiración (IPAP); b) aplicando una presión positiva durante la espiración (EPAP); c) aplicando una IPAP y una EPAP al mismo nivel de presión, realizando una presión positiva continua en la vía aérea (CPAP); d) y, por último, administrando una IPAP y EPAP a diferentes niveles, siendo la IPAP > EPAP, es lo que denominamos una ventilación con presión positiva a dos niveles o BIPAP⁽¹⁰⁾.

DISPOSITIVOS

Antes de introducirnos en los diferentes tipos de respiradores, conviene que nos detengamos un momento en definir una serie de conceptos muy empleados en ventilación mecánica tanto invasiva como no invasiva con presión positiva y que es necesario conocer para comprender mejor el funcionamiento de esta técnica.

- Trigger:** podríamos definirlo como un “sensor” que tiene el respirador por el cual es capaz de saber cuándo el paciente desea iniciar la inspiración, es decir, es capaz de detectar pequeños cambios en la presión o en el flujo (según sea *trigger* de presión o de flujo), realizados por los esfuerzos inspiratorios del paciente que señalan el momento en el que el respirador debe enviarle la embolada de aire (Fig. 2). Cuan-

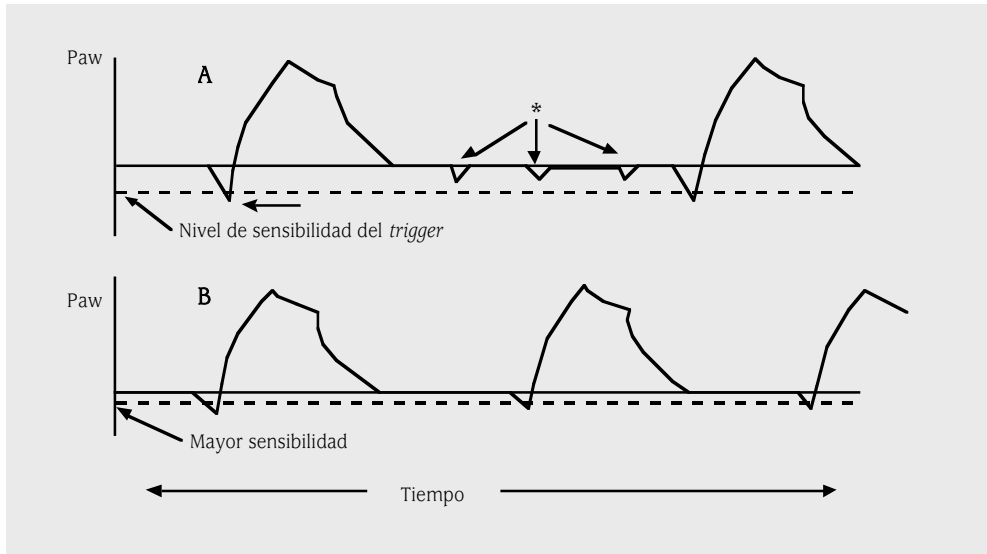


FIGURA 2. *Trigger*. En la parte superior, el paciente no alcanza la presión suficiente para iniciar la ventilación. Si disminuimos la presión necesaria, aumentamos la sensibilidad y se inicia la ventilación con facilidad. (Tomado de M. Carranza. Iniciación a la ventilación mecánica. Puntos clave. Edika Med 1997, con permiso del autor).

to mayor sea la presión o el flujo que el respirador tiene que detectar menor será la sensibilidad del *trigger*, y viceversa. *Trigger* poco sensibles pueden causar gran dificultad para ser activados; por el contrario, *trigger* muy sensibles pueden dar lugar a fenómenos de autodisparo⁽²¹⁾. En la inmensa mayoría de los respiradores de VNI, este *trigger* es automático, de flujo entre 0,5-2 L/min. Existen dispositivos en los que se puede variar la sensibilidad del *trigger* externamente. En cuanto a la eficacia clínica, hay varios estudios que han comparado respiradores con *trigger* activado por presión o por flujo. Ambos han demostrado tener igual eficacia en cuanto a los resultados de intercambio gaseoso, patrón ventilatorio y alivio de la disnea, pero el paciente se adapta mejor y la ventilación es más cómoda con los *trigger* de flujo⁽²¹⁾.

b) **Ciclado:** realmente es otro *trigger* que determina el paso de la inspiración a la espiración (Fig. 3), es decir, cuando el respirador debe cesar en la aplicación de la

IPAP e iniciar la espiración, o la EPAP. Este *trigger* puede ser activado por flujo o por tiempo. En los modos limitados por presión se cicla por flujo, es decir, detecta la caída del flujo inspiratorio (que es desacelerante: a medida que se va alcanzando la presión programada, el flujo va disminuyendo) a un punto que puede ser un porcentaje del pico de flujo máximo (12-25%) o a un valor absoluto previamente establecido, iniciándose la espiración. Por el contrario, en los modos limitados por volumen, el ciclado se produce por tiempo, es decir, al terminar el porcentaje de tiempo programado para la inspiración de cada ciclo respiratorio.

- c) **IPAP** (*Inspiratory Positive Airway Pressure*). Es el nivel de presión positiva programada que se va a alcanzar durante la fase inspiratoria de la respiración. Esta presión es la que realmente va a proporcionar el soporte ventilatorio⁽²²⁾.
- d) **EPAP** (*Expiratory Positive Airway Pressure*). Es el nivel de presión positiva programa-

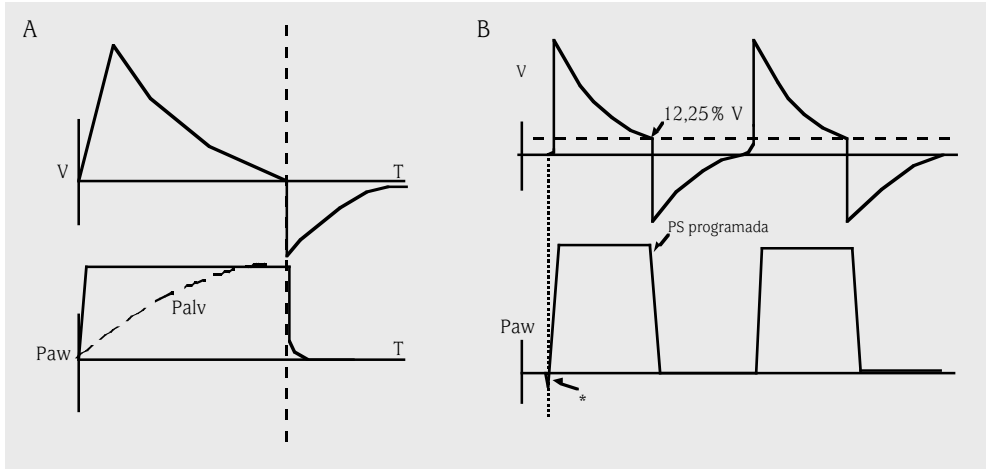


FIGURA 3. Ciclado. a) Flujo desacelerante. A medida que la presión en el alvéolo va aumentando, igualándose a la presión programada, el flujo va disminuyendo. b) El ciclado a espiración depende del flujo en los respiradores o red de presión. Habitualmente ocurre cuando éste disminuye a un nivel preestablecido. (Tomado de Carranza M. Iniciación a la ventilación mecánica. Puntos clave. Edika Med; 1997, con permiso del autor).

da durante la fase espiratoria de la respiración. Es de gran utilidad en los sistemas de tubuladura única para evitar la reinhalación de $\text{CO}_2^{(11)}$. En pacientes con hiperinsuflación, existe un volumen al final de la espiración que genera una presión positiva conocida como auto PEEP o PEEP intrínseca. Un nivel de EPAP adecuado facilita el inicio de la inspiración al compensar esta auto PEEP. Además, aumenta la capacidad residual funcional, favoreciendo el intercambio gaseoso y, por tanto, mejorando la hipoxemia⁽²⁵⁾.

- e) **PEEP** (*Positive End Expiratory Pressure*). Es el nivel de presión positiva programada al final de la espiración. En los dispositivos de VNI este concepto suele ser equiparable a la EPAP.
- f) **Relación I/E**. Hace referencia al porcentaje de tiempo que dura la inspiración en relación a todo el ciclo respiratorio. No es aplicable en el modo espontáneo, ya que entonces esta relación la determina el propio paciente. En condiciones normales es 1/2. En pacientes con obstrucción al flujo aéreo el tiempo espiratorio se alarga, sien-

do aconsejable aumentar esta relación a 1/3. Sólo aplicable en modo controlado.

- g) **Pendiente o rampa "rise time"**. Es la pendiente de la curva de presión. Podríamos definirlo como la rapidez con que se alcanza la presión de IPAP programada. Cuanto mayor sea la pendiente, antes se alcanza el nivel de IPAP. Esto puede ser aconsejable para pacientes con insuficiencia respiratoria aguda, que suelen estar más taquipneicos y con necesidad de flujos altos, pero en otros puede ocasionar incomodidad y aumentar las fugas.
- h) **Presión de soporte (PSV)**. La diferencia de presión entre la IPAP y la EPAP se considera la presión de soporte administrada. Este concepto es importante ya que, si modificamos los niveles de EPAP o de IPAP (uno de ellos exclusivamente), estaremos modificando la presión de soporte que recibe el paciente. Existen dispositivos en los que se programa específicamente la PSV como soporte inspiratorio y la PEEP como espiratorio, de tal forma que los dos niveles de presión no son IPAP/EPAP, sino PSV/PEEP.

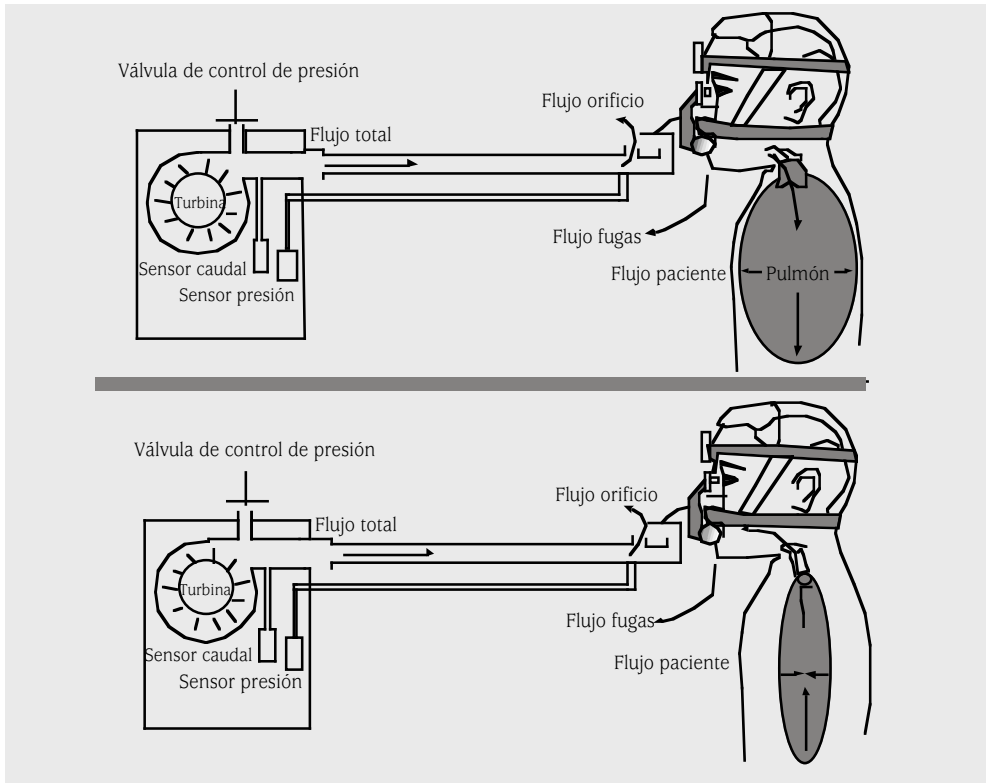


FIGURA 4. Representación esquemática de un respirador de presión positiva. Existe una turbina que genera un flujo continuo y variable capaz de compensar las pérdidas por las fugas.

RESPIRADORES

Los respiradores de VNI son aparatos que están constituidos por una turbina interna que genera un flujo de aire que finalmente es administrado al paciente (Fig. 4). El dispositivo capta el aire ambiental y, a través de un filtro y una tubuladura, lo presuriza para introducirlo en la vía aérea del paciente. El volumen de aire que entra (o flujo, que no es más que el volumen por unidad de tiempo) dependerá de la presión programada y de la mecánica pulmonar (resistencia y *compliance* o distensibilidad). Este flujo puede cambiar en función de la presión que se haya programado. Una de las características más importantes de la VNI es la de que se trata de una forma de ventilación en la que, por definición, existen “fugas” de aire, no es un sistema cerrado, como la ventilación invasiva.

Estas fugas, en función de su cuantía, pueden comprometer la eficacia de la ventilación. Por lo tanto, los respiradores de VNI deben estar diseñados para compensar estas pérdidas de aire. Los respiradores de VNI tienen dispositivos que detectan el nivel de fuga de forma automática y aumentan o disminuyen el flujo suministrado en función de esta pérdida de aire, compensándola, con el objeto de mantener en todo momento la presión programada.

Podríamos resumir de forma esquemática las características de los respiradores de VNI en las siguientes⁽²⁴⁾:

1. *Circuito de flujo variable con generador de turbina.* El flujo puede cambiar en función de la presión máxima demandada. Se trata de un flujo típicamente desacelerante ya que, conforme los alveolos se llenan de

- aire, va aumentando la presión en su interior hasta igualarse con la programada en el respirador, con lo que el flujo irá disminuyendo hasta llegar a cero.
2. **Estabilización de la presión.** Los sistemas de presión tratan de mantener la presión constante durante la ventilación mecánica, para ello modifican el flujo en función de la demanda del paciente, de manera que la presión permanezca constante en todo momento.
 3. **Toleran y compensan fugas.** Son sistemas diseñados para circuitos abiertos, de ahí el flujo continuo a través del circuito. Compensan, hasta cierto punto, las fugas que se pueden producir en la interacción entre el enfermo y el respirador. Esta cualidad es de suma importancia en esta modalidad ventilatoria que, como ya hemos dicho, es una ventilación con fugas.
 4. **Trigger accionado por flujo.** Un cambio de flujo en el circuito es detectado a través de un medidor de flujo existente a la salida del circuito inspiratorio de estos sistemas. Por término medio, cambios de flujo de 2 L/minuto son interpretados como demandas inspiratorias del paciente.
 5. **Sensibilidad respiración a respiración.** Cada respiración es monitorizada continuamente, de manera que cualquier cambio es compensado, más o menos rápidamente, en función de las prestaciones del respirador.
 6. **Circuito abierto sin válvula espiratoria.** A diferencia de los sistemas de ventilación mecánica clásicos, en estos sistemas la espiración se produce a través de un orificio o rejilla calibrada en el circuito del paciente. La salida de gas a través de la abertura depende de la presión en el circuito. La calibración de esta salida de gas debe ser conocida y monitorizada por la máquina para producir un flujo suficiente capaz de compensar también esta fuga. En los dispositivos de VNI, si es necesario se pueden adaptar válvulas espiratorias para evitar el fenómeno de reinhalación de CO₂.

7. **Permiten ventilación con mascarilla.** En virtud de las características anteriores, estos sistemas de ventilación permiten la ventilación con una mascarilla en lugar de un tubo endotraqueal.

TIPOS DE RESPIRADORES

Los respiradores que se utilizan con mayor asiduidad podemos dividirlos en dos grupos en función de su tamaño y prestaciones, si bien, su funcionamiento es similar⁽²⁵⁾:

Respiradores “tipo UCI”

- Permiten aplicar tanto ventilación invasiva como no invasiva, tanto en modos de presión como de volumen.
- Podemos controlar la fracción inspiratoria de O₂ administrada de forma precisa.
- Disponen de circuito doble, inspiratorio y espiratorio, con lo cual reducimos la posibilidad de reinhalación de CO₂.
- Disponen de mayor nivel de monitorización y alarmas.
- Difícil control de fugas ya que, por su diseño, no lo permiten.
- *Trigger* de presión o de flujo regulable externamente.
- Son más caros.

Respiradores portátiles

A este tipo de respiradores es al que nos vamos a referir habitualmente, son más pequeños y pueden ser limitados por presión o por volumen.

Respiradores limitados por presión

- Específicamente diseñados para aplicar VMNI.
- La variable independiente es la presión (programada externamente), mientras que el volumen de aire que vaya a recibir el paciente depende de dicha presión programada (presión = flujo x resistencia) así como de la mecánica pulmonar (resistencia y distensibilidad).
- Para administrar oxígeno, normalmente debemos usar caudalímetro, por lo que no

sabremos la FiO_2 administrada, aunque ya existen nuevos dispositivos con mezclador de oxígeno, lo que nos permite conocer de forma precisa la FiO_2 administrada.

- Disponen de un único circuito espiratorio e inspiratorio, por lo que puede ocurrir el fenómeno de reinhalación de CO_2 .
- Disponen de menos sistemas de monitorización y alarmas.
- Compensan pequeñas fugas (20-25 L/min).
- La mayoría de modelos tienen un *trigger* de flujo automático y, por lo tanto, no ajustable externamente.
- Son ligeros (3-10 kg) y relativamente baratos.

Respiradores limitados por volumen

- Diseñados para aplicar VMNI.
- La variable independiente es el volumen, mientras que la presión alcanzada va a depender del volumen programado y la mecánica pulmonar.
- Pueden tener circuito único o doble.
- Disponen de alarmas.
- Tienen batería interna, que permite su funcionamiento durante un tiempo desconectados de la red.
- Tienen un *trigger* de presión que es ajustable externamente.
- Difícil control de fugas.
- Son pesados (15-20 kg).
- Se usan para pacientes con enfermedades neuromusculares, toracógenos y traqueostomizados, fundamentalmente.

Algunas de estas características generales pueden diferir según los modelos de los respiradores, aunque los fundamentos de su funcionamiento son los mismos. La elección del modelo de respirador que vamos a emplear va a estar muy condicionada por la experiencia que tengamos con un determinado dispositivo. Los respiradores "tipo UCI" ofrecen la posibilidad de administrar mayores niveles de presión y disponen de mayor sofisticación en alarmas y monitorización. Sin embargo, en VNI es excepcional aplicar niveles de presión mayores de 20 cm de H_2O . Este tipo

de ventiladores está diseñado para no permitir la presencia de pérdidas de presión en el sistema y, dado que en la VNI por definición hay fugas de aire, se pueden activar las alarmas con más frecuencia. Los respiradores portátiles que usan una tubuladura única pueden ocasionar fenómenos de *rebreathing* de CO_2 . Esto puede evitarse con niveles de EPAP de al menos 4 cm de H_2O y, en ocasiones, es necesario colocar una válvula espiratoria. Cuando se han comparado los respiradores de UCI y los Bilevel portátiles en pacientes sometidos a ventilación invasiva, se ha demostrado que cuando se coloca una EPAP de 5 cm de H_2O , ambos aparatos tienen la misma eficacia clínica en la mejora del intercambio gaseoso y en la reducción del trabajo de la musculatura respiratoria.

Varios estudios han comparado la eficacia clínica de los respiradores de volumen con los de presión. Desde los primeros trabajos se demostró que, aplicados a pacientes con insuficiencia respiratoria aguda, son igual de eficaces en la mejoría de la disnea y en la corrección de las alteraciones del intercambio gaseoso; sin embargo, los respiradores de presión son más confortables y mejor aceptados por los pacientes⁽²⁷⁾. Algo similar ocurre cuando se comparan los respiradores de volumen con los de presión en enfermos con insuficiencia respiratoria crónica⁽²⁸⁾. Sin embargo, en los pacientes en los que hay una gran debilidad neuromuscular o en los que tienen muy limitada la capacidad para hacer respiraciones de forma espontánea, son preferibles los respiradores volumétricos. Tras un adecuado adiestramiento, en aquellos enfermos con debilidad muscular y dificultad para toser, estos dispositivos permiten que el paciente acumule varias emboladas de aire de tal forma que aumentan el volumen pulmonar y permiten incrementar el flujo espiratorio para facilitar la eliminación de secreciones. De todas formas, los más ampliamente utilizados son los respiradores de presión.

Aunque todos los modelos comparten unas características similares, existen nuevos res-

piradores, cada vez con más prestaciones, específicamente diseñados para la administración de VNI que permiten con un solo aparato administrar ventilación por presión o por volumen, ajustar la sensibilidad del *trigger* y el ciclado, la pendiente de la rampa de flujo (*rise-time*) y el ajuste del tiempo inspiratorio para mejorar el *comfort* del paciente. Además, disponen de mezcladores de oxígeno, por lo que podemos saber en todo momento la FIO_2 administrada.

MODOS VENTILATORIOS

Limitados por presión

En la VNI limitada por presión, la variable independiente es la presión, mientras que el volumen depende de la presión programada y de la mecánica pulmonar (resistencia de la vía aérea y distensibilidad o *compliance*). En ventilación no invasiva con presión positiva estos modos se dividen básicamente en dos grupos: modo BiPAP y modo CPAP.

BiPAP

Se aplica una presión en la vía aérea a dos niveles, uno inspiratorio y otro espiratorio, siendo la diferencia entre ambos la presión de soporte ventilatorio. Se divide, a su vez, en tres modos (Fig. 5):

1. **Modo S (spontaneous):** la unidad cicla entre IPAP y EPAP siguiendo el ritmo respiratorio del paciente. Dicho de otra forma, el respirador le envía la embolada de aire sólo si el paciente es capaz de activar el *trigger*, de tal forma que es siempre el paciente el que marca la frecuencia respiratoria. Si el paciente no activa el *trigger*, el respirador no asegurará una frecuencia respiratoria mínima. Por tanto, la frecuencia respiratoria será siempre la del paciente. Los parámetros ajustables son la IPAP y la EPAP. Es un modo disparado por flujo, limitado por presión y ciclado por flujo.
2. **Modo S/T (spontaneous/timed):** la unidad cicla como el modo S pero, si el paciente es incapaz de iniciar una respiración en un

tiempo predeterminado, la máquina ciclará a IPAP (iniciará una respiración). Por tanto, la frecuencia será la del paciente o la del respirador (si el paciente no llega a la frecuencia mínima de seguridad). Es el más usado por presentar la posibilidad de asegurar una frecuencia respiratoria mínima de seguridad. Los parámetros ajustables son la IPAP, la EPAP y la frecuencia respiratoria (que no será la real sino la mínima de seguridad). Es un modo disparado por flujo o por tiempo, limitado por presión y ciclado por flujo.

3. **Modo T (timed):** la unidad cicla entre IPAP y EPAP en base a la frecuencia respiratoria programada por el respirador y la proporción de tiempo inspiratorio seleccionado. Los parámetros ajustables son la IPAP, la EPAP, la frecuencia respiratoria (que será la real en este caso) y el porcentaje de tiempo inspiratorio y espiratorio (relación I/E). Es un modo disparado por tiempo, limitado por presión y ciclado por tiempo. En este caso el volumen de aire que entra en la vía aérea también depende del tiempo inspiratorio programado, de tal forma que, si éste es corto, puede no dar lugar a que se igualen las presiones programada en el respirador y la alcanzada a nivel alveolar y, por tanto, el volumen de aire administrado será menor, recordemos que el ciclado aquí se produce por tiempo y no por flujo.

PAV (presión asistida proporcional)

Es un nuevo modo de ventilación en el cual no se programa una presión determinada, sino que el ventilador administra una presión y un volumen de aire proporcionales al esfuerzo que realiza el paciente, facilitando un patrón ventilatorio que se adapta a las necesidades metabólicas, ajustándose respiración a respiración. Vamos a programar qué porcentaje de esfuerzo va a realizar el paciente y cuál el respirador. Este modo de ventilación ha demostrado mejorar la disnea, la frecuencia respiratoria y el inter-

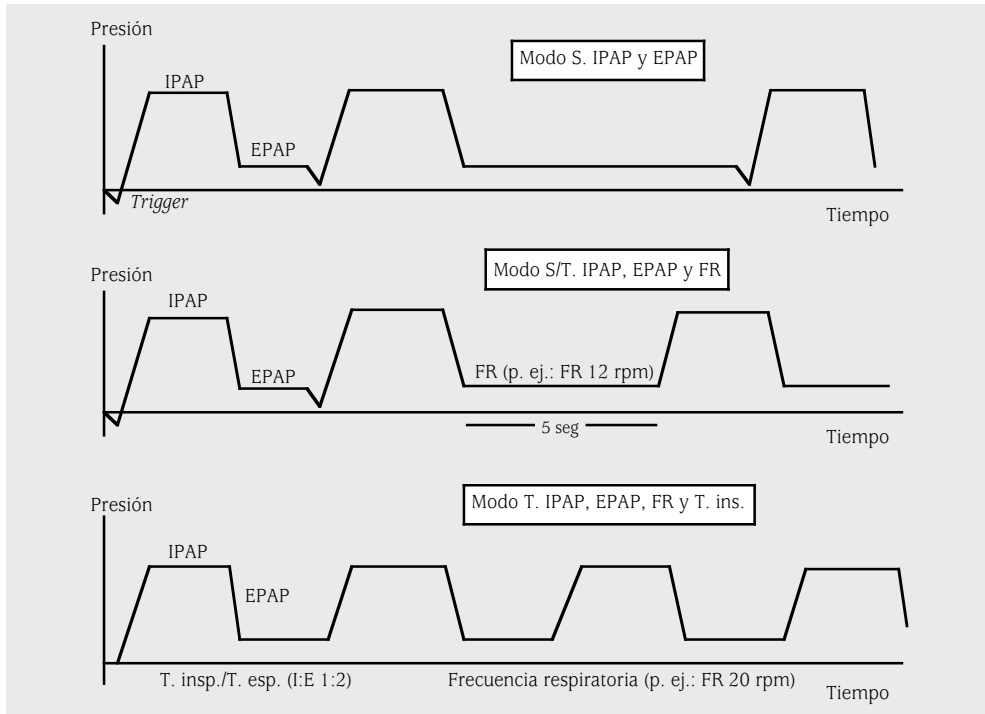


FIGURA 5. Modos ventilatorios con BIPAP.

cambio gaseoso en pacientes con insuficiencia respiratoria aguda de forma rápida y con muy buena tolerancia^(29,30). Puede optimizar la interacción paciente-ventilador, mejorando el *comfort*. Sin embargo, no hay datos concluyentes que hagan recomendar específicamente este modo ventilatorio sobre otros en VMNI⁽³¹⁾.

CPAP “presión positiva continua en la vía aérea”

En este caso se aplica una presión positiva en la vía aérea a un único nivel, es decir, presión continua que será la misma en inspiración y en espiración. La unidad mantiene un nivel de presión constante durante todo el ciclo respiratorio. Se caracteriza por:

- No es un modo de apoyo ventilatorio, por tanto no mejora la ventilación alveolar.
- Las respiraciones son espontáneas pero a un nivel de presión supraatmosférica. Por tanto, la frecuencia respiratoria será siem-

pre la del paciente. Los parámetros ajustables son la IPAP y la EPAP, que en este caso serán iguales.

- Tiene la ventaja de la EPAP o PEEP extrínseca (aumenta la oxigenación en la IR hipoxémica y disminuye el trabajo respiratorio para activar el *trigger* en la IR hipercápnica al contrabalancear la PEEP intrínseca), pero no tiene las ventajas de la IPAP (apoyo ventilatorio) ni sus desventajas (*discomfort* y riesgo de neumotórax).

Limitados por volumen

En la VNI limitada por volumen, la variable independiente será el volumen (o flujo, que no es más que el volumen por unidad de tiempo), mientras que la presión dependerá del volumen programado y de la mecánica pulmonar (resistencia de la vía aérea y distensibilidad). Podemos dividirlo en modos controlado y asistido/controlado.

Modo controlado

En este caso lo hace todo el respirador, es decir, vamos a programar un volumen tidal determinado que debe ser el adecuado para ventilar al paciente y compensar las fugas, por lo que habitualmente es algo superior (normalmente 10-12 mL/kg). También programamos la frecuencia respiratoria y el porcentaje I/E.

Es un modo disparado por tiempo, limitado por volumen (o por flujo) y ciclado por tiempo. El *trigger* debemos desactivarlo o ajustarlo a un nivel de manera que el paciente no sea capaz de activarlo, ya que entonces sería un modo asistido/controlado.

Modo asistido/controlado

En este caso el paciente marca su propia frecuencia respiratoria activando el *trigger*, y programamos una frecuencia respiratoria de seguridad. Los parámetros que vamos a programar serán el volumen tidal, la frecuencia respiratoria (que no será la real, sino una frecuencia mínima de seguridad, de tal forma que, si el paciente no es capaz de mantener la frecuencia respiratoria por encima de la programada, el respirador le manda una embolada de aire según el volumen tidal programado), el porcentaje de tiempo inspiratorio/espíroratorio y el *trigger* (en este caso de presión, normalmente entre -0,5 y -1 cmH₂O). Por tanto este modo, que es el más usado por permitir al paciente marcar su frecuencia respiratoria, será disparado por presión o por tiempo, limitado por volumen y ciclado por tiempo.

VÍAS DE ACCESO EN VMNI

La elección de la vía de acceso a la vía aérea es de gran importancia para conseguir una buena tolerancia del paciente a la VNI. Seleccionar la interfase, parte del circuito que está en contacto con la cara del paciente, adecuada, que se adapte al enfermo de la forma más confortable posible, evitando las fugas y minimizando los efectos secundarios, es un factor clave para el éxito del tratamiento^(32,33).

Las interfases más utilizadas son las mascarillas nasal u oronasal y, con menor fre-

cuencia, otras interfases nasales, las piezas bucales y las que cubren toda la cara o la cabeza, como las faciales y el casco tipo *Helmet*.

Mascarillas

Las mascarillas para la aplicación de la VNI constan de un cuerpo rígido transparente con un conector estándar para la tubuladura y los mecanismos de fijación al arnés. En algunas mascarillas nasales el orificio que actúa de válvula espiratoria se encuentra en la propia mascarilla, en otras hay que añadir la válvula espiratoria.

La parte de esta estructura que está en contacto con la cara del paciente se compone de una silicona blanda que hace un efecto de sellado para evitar las fugas. En los últimos años las mascarillas comerciales han añadido una capa llena de gel que evita en gran parte las molestias derivadas de la presión sobre la piel.

Las características deseables que debe cumplir una mascarilla son:

- Debe ser lo más hermética posible para evitar las fugas aéreas y asegurar una ventilación adecuada.
- Confortable y estable, su uso durante 8 ó 9 horas seguidas no debe provocar molestias o efectos secundarios.
- Lo más pequeña posible para minimizar el espacio muerto y optimizar la ventilación.
- Fácil de colocar y retirar para que el paciente pueda manejarla sin ayuda. Fácil de limpiar.
- Ligera y transparente para evitar la sensación de claustrofobia. No es alérgica.
- Variedad de tamaños y compatible con distintos respiradores.
- Bajo coste.

Mascarillas nasales

Son de elección en los pacientes que van a precisar ventilación domiciliaria a largo plazo. Se apoyan en el dorso de la nariz, en las mejillas y sobre el labio superior (Fig. 6). El conector a la tubuladura puede ser rotatorio para facilitar la movilidad del paciente; algunas mascarillas disponen de dos orificios don-



FIGURA 6. Ejemplos de máscaras nasales y oronasales.

TABLA 1. Ventajas e inconvenientes de las mascarillas nasales y oronasales

Mascarilla	Ventajas	Inconvenientes
<i>Nasal</i>	Permite hablar, comer, expectorar Menor claustrofobia Menor espacio muerto Fácil de colocar	Fugas aéreas por boca Mayor resistencia al aire Presión dorso-nariz Rinorrea y obstrucción nasal
<i>Oronasal</i>	Control fugas por boca Más efectivas en el paciente agudo	Aumenta el espacio muerto Claustrofobia Imposibilidad de comer o expectorar Riesgo de aspiración

de puede conectarse el oxígeno; sin embargo, es recomendable que, caso de precisarlo, se conecte mediante el conector adecuado a la salida del respirador. Sus principales ventajas e inconvenientes se resumen en la tabla 1.

Un punto importante a considerar es la correcta alineación con la frente mediante el uso de un separador en los casos en que no venga incorporado (muchas de ellas ya llevan un separador de gel que reduce la presión en dorso de la nariz y evita fugas y lesiones por exceso de presión).

Un error frecuente es elegir una mascarilla grande que, en general, aumenta las fugas, lo que puede llevar a apretar en exceso el arnés con el consiguiente *discomfort* y efectos secundarios para el enfermo; la posibilidad de utilizar diversos tipos y tamaños favorece enormemente la adaptación del paciente a la VNI.

Las mascarillas nasales pueden fabricarse a medida en silicona o con un material termo-sensible, creando la impresión sobre la cara del paciente. Requiere práctica y sólo se realizan en centros especializados; consumen tiempo y, dado que en la actualidad disponemos de una considerable variedad de mascarillas nasales comerciales, su papel se limita a aquellos pacientes que no pueden tolerar las mascarillas comerciales^(34,35).

El principal problema de la mascarilla nasal es la fuga aérea por la boca⁽³⁶⁻³⁸⁾, inconveniente que se pone de manifiesto principalmente en el paciente en insuficiencia respiratoria aguda en la ventilación no invasiva a largo plazo este inconveniente puede minimizarse disminuyendo la presión inspiratoria, tratando la obstrucción nasal o colocando un sujetaménton para evitar la apertura pasiva de la mandíbula durante el sueño^(39,40).

Mascarillas oronasales

Las mascarillas oronasales se apoyan desde el dorso de la nariz y mejillas hasta la barbilla por debajo del labio inferior. Los diseños actuales de estas mascarillas han resuelto gran parte de los problemas de estanqueidad, exceso de espacio muerto y reacciones de claustrofobia. Disponen, además, de válvula anti-asfíxia y anti-*rebreathing* que permiten al enfermo continuar respirando espontáneamente en caso de mal funcionamiento del respirador, así como sujeciones de liberación rápida para tener acceso inmediato a la vía aérea, si se requiere. A pesar de ello, se debe monitorizar adecuadamente al paciente puesto que sigue siendo difícil controlar las fugas aéreas alrededor de la máscara y no está bien definida la importancia que el espacio muerto de este tipo de interfase tiene sobre la eficacia de la ventilación^(41, 42).

El hecho de que cubran nariz y boca ha favorecido su uso en los enfermos agudos que tienden a respirar por la boca. No hay, sin embargo, trabajos que demuestren la superioridad de este tipo de mascarilla frente a las nasales en el paciente agudo⁽⁴³⁾.

Otras interfases

Las mascarillas de pequeño tamaño o *mini-masks* consisten en una pieza de silicona que sella la parte inferior de la nariz mientras las olivas nasales o *pillow* consisten en dos pequeños tubos que se insertan en las fosas nasales. Ambas dejan libre el dorso de la nariz, lo que permite la alternancia entre diferentes modelos de mascarilla con distintos puntos de apoyo, especialmente en pacientes con lesiones de decúbito. Permiten, además, utilizar gafas sin que sea preciso interrumpir la ventilación mecánica⁽⁴⁴⁾.

Otra alternativa es la utilización de piezas bucales⁽⁴⁵⁾. Estas boquillas se utilizan fundamentalmente en pacientes neuromusculares con gran dependencia ventilatoria. La alternancia entre mascarilla nasal y pieza bucal permite mantener la VNI 24 h al día en estos pacientes durante períodos prolongados,

obviando o, al menos, retrasando el momento de la traqueostomía⁽⁴⁶⁾. La pieza bucal puede ir incorporada a la silla de ruedas, lo que facilita la compatibilidad de la ventilación mecánica con una vida de relación social.

Su principal inconveniente es la hipersalivación⁽⁴⁷⁾ y el que se mantenga estable durante el sueño, lo que se consigue mediante una pieza de plástico (*lipseal*) que puede fijarse mediante un arnés (Fig. 7).

Máscara facial total y sistema Helmet

A mediados de los 90, el grupo de Criner⁽⁴⁸⁾ desarrolló la máscara facial total. Ésta utiliza un sistema que sella la mascarilla alrededor del perímetro facial, lo que evita la presión directa de la misma sobre las estructuras anatómicas de la cara. Los autores han comprobado que la utilización de dicha máscara minimiza las fugas, consiguiendo una mejor ventilación y un mayor bienestar del paciente.

Recientemente, se ha propuesto un sistema de casco transparente, denominado sistema Helmet, el cual podría aportar algunas ventajas respecto a la máscara facial⁽⁴⁹⁾. La tolerancia es aceptable y el sistema de fijación presenta escaso riesgo de lesiones cutáneas. En principio diseñado para la aplicación de presión positiva, se ha desarrollado un Helmet específico para VNI con el objetivo de reducir el *rebreathing*⁽⁵⁰⁾. Este modelo tiene un volumen interno bajo, una válvula anti-asfíxia y está equipado con un sistema de insuflación interna. Está fabricado con material de PVC libre de látex transparente en su parte frontal, lo cual permite al paciente leer y relacionarse con el medio; un dispositivo en anillo mantiene la fijación del Helmet en su parte inferior y se adhiere al cuello mediante un tejido laxo que permite el sellado con ausencia de fugas, en tanto que la conexión del circuito inspiratorio y espiratorio procedente del respirador se realiza por dos tomas laterales. El Helmet permite la entrada de una sonda nasogástrica que posibilita beber y la alimentación mediante dieta líquida y es de un solo uso.

Ambos dispositivos, la máscara facial total y el tipo casco (Fig. 8), se utilizan en pacien-

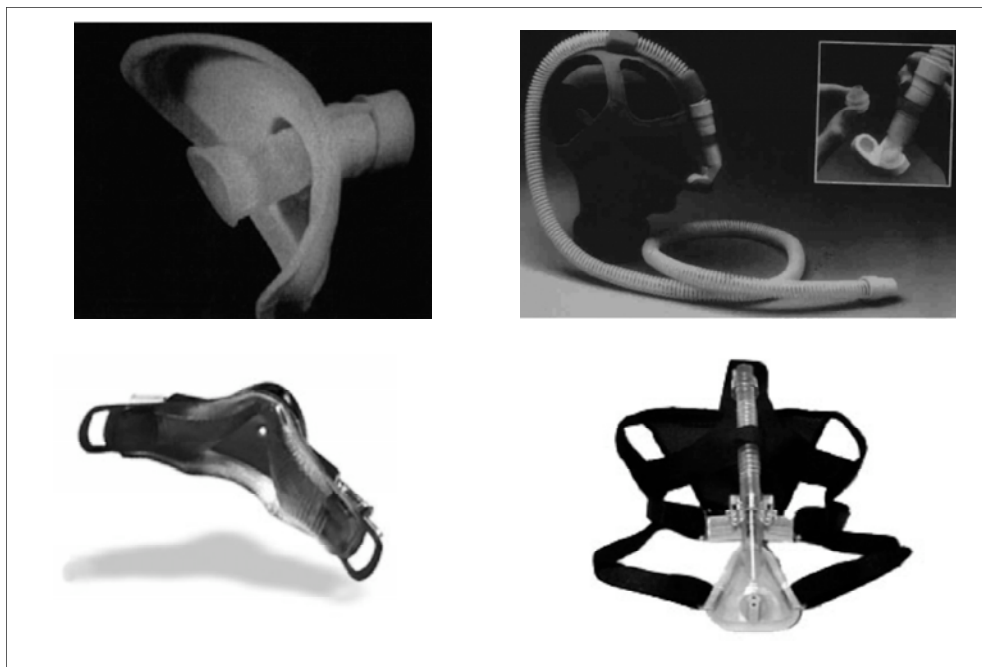


Figura 7. Pieza bucal, olivas nasales y *minimask*.

tes con insuficiencia respiratoria aguda y en un entorno adecuado, como UCI o unidad de cuidados intermedios respiratorios^(51,52).

Accesorios

Arnés

Con este accesorio conseguimos mantener la interfase en su posición correcta. Pueden ser sistemas muy simples de cintas con Velcro®, más complejos (generalmente, diseñados para un modelo de mascarilla determinado) y los gorros.

El número de fijaciones es variable (entre dos y cinco), a mayor número, más estable es la interfase pero aumenta la complejidad para su colocación. Algunas mascarillas actuales disponen de un sistema de clips que facilitan la colocación y la retirada rápida. La tensión del arnés debe ser la adecuada, pero no excesiva, de forma que permita pasar 1-2 dedos entre el arnés y la piel. Si fuese necesario tensar mucho el arnés para evitar las fugas es pro-

bable que deba cambiarse la mascarilla a otra de menor tamaño.

Humidificador

Puede consistir en una simple bandeja de agua que se coloca debajo del respirador o un calentador-humidificador que se intercala en el circuito. Se utiliza preferentemente en ámbito domiciliario en aquellos pacientes que refieren sequedad de mucosas con mala respuesta al tratamiento con antiinflamatorios locales.

Elección de la interfase

La elección de la mascarilla depende de la disponibilidad, preferencias del médico y del paciente, características del enfermo y del coste de ésta.

En los pacientes en insuficiencia respiratoria aguda las mascarillas comerciales disponibles nasales u oronasales son las más usadas, siendo lo fundamental la eficacia a corto plazo. Si el enfermo se encuentra disneico y con respiración bucal serían de elección las

mascarillas oronasales para evitar la fuga oral. También se usarían estas mascarillas en caso de obstrucción nasal. En esta situación, las mascarillas nasales se reservan para los enfermos que desean hablar, si presentan secreciones abundantes o aquellos que no toleren la oronasal por claustrofobia.

En los enfermos crónicos, lo fundamental es el *comfort* y la tolerancia a largo plazo por lo que las mascarillas de elección serían las nasales. En los casos de dolor o ulceración en el dorso de la nariz es obligado intentar una mascarilla del tipo *minimask* u olivas nasales.

Por tanto, la elección de la vía de acceso y la interfase más adecuada se basan en el conocimiento de las ventajas y desventajas de cada una además de los factores referidos al paciente y su situación clínica. En cualquier caso, debemos dedicarle nuestra máxima atención pues es uno de los pilares en que se basa el éxito de la VNI.

TÉCNICA DE LA VENTILACIÓN

El inicio de la VMNI es un paso decisivo para garantizar el éxito de la misma, especialmente si es la primera vez que el paciente la utiliza ya que, de la buena o mala adaptación y aceptación inicial que consigamos, va a depender en gran medida el éxito de la misma y su aceptación futura, ya sea en próximos episodios agudos o en aquellos casos en que se mantenga de manera domiciliaria⁽⁵³⁾.

En líneas generales, la técnica de aplicación de la VMNI es muy similar para pacientes agudos o crónicos, siendo la paciencia y la adaptación progresiva dos términos que deben guiar nuestra actuación. Sin embargo, debido a las particularidades de la ventilación en agudos y en crónicos, vamos a considerar ambos casos por separado.

Técnica de la ventilación en pacientes agudos

Una vez que tengamos sentada la indicación de la VMNI en el paciente con insuficiencia respiratoria aguda o crónica agudizada, el inicio de la VMNI deber ser progresivo. Basán-

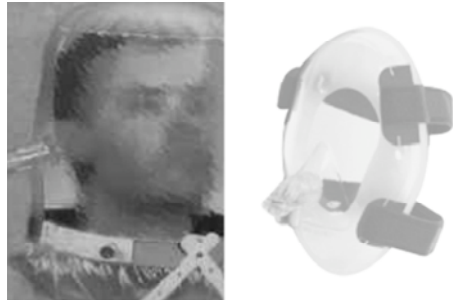


FIGURA 8. Sistema Helmet y máscara facial total.

donos en nuestra experiencia, proponemos un método para iniciar la VMNI en pacientes agudos. Hoy en día existen numerosos procedimientos similares con pequeñas variaciones al que aquí presentamos^(54, 55). En este apartado aplicaremos la técnica a la ventilación con soporte de presión por ser la más extendida, aunque sus recomendaciones se pueden hacer extensivas a otras modalidades ventilatorias (Tabla 2).

Antes de iniciar la VMNI hemos de tener en cuenta tres importantes premisas. Primero que, para garantizar el éxito de la misma, es necesario que el paciente colabore. Segundo, debemos recordar que estamos ante una situación de urgencia, pero no de emergencia. Es decir, aunque es importante no demorar la administración de la VMNI, tenemos tiempo para hacer algunas actuaciones que nos garanticen la aceptación de la terapia por parte del paciente. Tercero, es importante poder monitorizar los efectos de la ventilación, por lo que se debe contar con, al menos, un pulsioxímetro que deberá estar conectado al paciente de manera continuada durante la instauración y las primeras horas de ventilación.

Por estos motivos, las dos primeras actuaciones que debemos hacer a la hora de iniciar la VMNI son monitorizar al paciente y comunicar al paciente y a la familia la indicación de usar VMNI. Esta comunicación inicial es fundamental para garantizar el éxito del tratamiento y entre sus objetivos figuran informar al paciente sobre su situación clínica actual,

TABLA 2. Procedimientos para iniciar la VMNI en pacientes agudos

1. Informar y monitorizar al paciente
2. Programar los valores iniciales del respirador, situar al paciente en la cama a 45° y colocar la máscara sin el arnés ni el respirador
3. Colocar la máscara sin el arnés pero con el respirador conectado con los parámetros iniciales
4. Colocar la máscara con el arnés y con respirador apagado para que el paciente se adapte la máscara a su cara
5. Encender el respirador e iniciar la ventilación comprobando las fugas y ajustando los parámetros progresivamente

informar sobre el tratamiento con VMNI y sus posibles alternativas y permitirle preguntar todo lo que quiera. Esta información debe guiarse por la regla de las tres “C”: la información tiene que ser “clara”, con un lenguaje adaptado al nivel socio-cultural del paciente; “completa”, que abarque todos los aspectos que el paciente desee conocer y “calmada”, en una doble vertiente. Por un lado, es importante transmitir la importancia del tratamiento pero sin alarmar al paciente y, por otro lado, tomarse el tiempo necesario para que el paciente quede conforme y acepte el tratamiento. Es preferible emplear unos minutos y que el paciente quede satisfecho con la información, que iniciar rápidamente la ventilación y comprometer su éxito por falta de aceptación del paciente.

La información que demandan los pacientes suele ser muy práctica, por lo que es bueno si se la proporcionamos desde el principio. Cuestiones como en qué consiste el tratamiento, qué sensaciones incómodas puede notar y cómo aliviarlas, cuánto tiempo debe tenerlo puesto y qué hacer si quiere quitarse la máscara, son importantes para que el paciente esté cómodo con el tratamiento y

sienta que es él quien controla la máquina y no al revés.

Posteriormente y si el paciente acepta el tratamiento programaremos los parámetros iniciales en el respirador e iniciaremos la ventilación siguiendo los pasos que se describen a continuación. En aras de la comodidad, es mejor poner al paciente en la cama a 45° de inclinación. Es importante el primer contacto con el dispositivo que suele ser con la máscara. Una vez hayamos elegido el tipo de máscara, se la enseñaremos al paciente y se la acoplaremos en su cara sujeta con nuestra mano, sin el arnés y con el respirador apagado (incluso, si es preciso, sin la tubuladura) con objeto de comprobar que el tamaño de la misma es el apropiado y para que el paciente se adapte a su contacto. Durante esta prueba se debe tener conectado el oxígeno a la máscara.

Como siguiente paso, mientras mantenemos la máscara en la cara del paciente con la mano, pasamos a conectar el respirador con los parámetros iniciales durante unos minutos. Esto permite al paciente ajustarse a la sensación de respirar acompañado por el dispositivo sin excesiva sensación de claustrofobia que, para quitar la máscara, sólo hay que retirar la mano.

El tercer paso será colocar la máscara al paciente sujeta con el arnés con el respirador apagado. Esto permite al paciente colocarse la máscara él mismo de manera que esté lo más cómodo posible. Una vez fija, volvemos a conectar el respirador, comprobaremos que no haya fugas y comenzamos el ajuste de parámetros.

El ajuste de parámetros debe hacerse de manera igualmente progresiva con objeto de conseguir una buena adaptación del paciente al respirador, evitar fugas y, por tanto, hacer una ventilación efectiva⁽⁵⁶⁾. Las particularidades ventilatorias de cada tipo de patología se verán en cada capítulo correspondiente pero, de manera resumida, actuaremos según la naturaleza de la insuficiencia respiratoria hipoxémica o hipercápnica y según la enfermedad subyacente. En principio deberemos fijar una

EPAP de alrededor de 4 cm H₂O para evitar la reinhalación de CO₂ (salvo si usamos válvula anti-*rebreathing*). Si se trata de un paciente con EPOC agudizada o está diagnosticado previamente de un SAOS se puede aumentar la EPAP para compensar la PEEP intrínseca en el primer caso y para evitar el colapso espiratorio de la vía aérea en el segundo, en general sin superar niveles de 6 ó 7 cmH₂O. La IPAP la iremos incrementando de forma progresiva según tolerancia del paciente hasta conseguir una ventilación adecuada con la menor fuga aérea posible.

En el caso que el paciente se desadapte fácilmente y no consiga mejorar la pCO₂⁽⁵⁸⁾ o bien no mejore su oxigenación, se debe plantear una subida de la EPAP como una de las posibilidades⁽⁵⁹⁾. Si ventilamos a volumen, el volumen corriente inicial oscila entre 8-12 mL/kg. Todos los cambios de los parámetros ventilatorios se deben seguir de varios minutos de adaptación y de monitorización antes de pasar al siguiente cambio. En caso de llegar a los parámetros óptimos y que la oxigenación no mejore, entonces habrá que añadir oxigenoterapia suplementaria necesaria para obtener una saturación por encima del 88% en los pacientes hipercápnicos y por encima de 90-92% en los hipoxémicos. Es importante recordar que los pacientes en situación de insuficiencia respiratoria hipercápnica y acidosis respiratoria, la curva de disociación de la hemoglobina está desplazada a la derecha, por lo que la afinidad del oxígeno por la hemoglobina disminuye y valores más bajos de saturación se relacionan con mejores valores de presión parcial de oxígeno⁽⁵⁹⁾.

Por lo general, el tiempo de todo este proceso está en torno a 20-40 minutos⁽⁶⁰⁾. Posteriormente, habrá que mantener al paciente observado durante las primeras horas hasta el próximo control clínico-gasométrico por si procede hacer algún ajuste de parámetros posterior. Por tanto, en el ajuste de parámetros habrá que jugar entre la presión alcanzada, las fugas que genera y la comodidad del paciente. Aunque se deben alcanzar las máximas pre-

siones posibles, es preferible obtener menores presiones pero asegurar una buena tolerancia del paciente y una ventilación sin fugas, ya que éstas son una de las claves para el éxito del tratamiento.

En definitiva, el ajuste de los parámetros para la VMNI en pacientes agudos es un proceso empírico en el que el tipo de patología, el tipo de respirador, la experiencia del equipo médico y la tolerancia del paciente son factores que influyen de manera importante.

Técnica de la ventilación en pacientes crónicos

La instauración de la ventilación mecánica domiciliar (VMD) está igualmente condicionada por la patología subyacente⁽⁶¹⁾, ya que la estrategia varía considerablemente si es una VMD que se va a realizar principalmente por la noche o si es una VMD invasiva en pacientes ventilador-dependientes^(62,63). En el segundo caso, generalmente el inicio de la ventilación se produce durante una exacerbación del paciente y tiene lugar durante un ingreso hospitalario⁽⁶⁴⁾. Sin embargo, en el resto de los pacientes existen diversas posibilidades para iniciar la VMD.

Las características del lugar donde se inicie la VMD deben incluir un entorno confortable con el equipamiento preciso, posibilidad de monitorización y con personal que disponga del tiempo y la experiencia suficiente⁽⁶⁵⁾. Según el grado de dependencia del hospital, las opciones actuales incluyen realizar la titulación durante un ingreso hospitalario reglado para este fin, emplear el laboratorio del sueño durante un estudio o bien establecer la VMD en la consulta médica o en el domicilio del paciente⁽⁶⁶⁾.

El inicio de la VMD durante un ingreso reglado para este fin permite una observación más directa y continuada durante varios días de manera que, tanto la máscara como los parámetros del respirador, pueden ser ajustados de manera continua y rápida⁽⁶⁷⁾. Además, durante el ingreso se puede tener la posibilidad de hacer un estudio de sueño para titula-

ción de los parámetros. Sin embargo, la hospitalización es costosa y puede estar sometida a la disponibilidad de camas.

Otra posibilidad es usar el laboratorio del sueño de manera ambulatoria durante un estudio de sueño. Para este fin se pueden emplear estudios breves de siesta o bien en un estudio nocturno de noche partida⁽⁶⁸⁾. Esta manera permite una observación en tiempo real de los eventos respiratorios y una rápida optimización de los parámetros ventilatorios. Esto es una ventaja importante, ya que estos pacientes usarán el respirador por la noche, cuando el control de la respiración y la resistencia de la vía aérea superior es distinta con respecto a la diurna⁽⁶⁹⁾. Sin embargo, no todos los centros disponen de un laboratorio de sueño cuya lista de espera permita incluir a estos pacientes en un tiempo razonable.

Una opción cómoda para el médico y el paciente puede ser la utilización de la consulta externa para iniciar la VMD con o sin una consulta de enfermería asociada para este fin. Para poder realizar esta función, la consulta debe asegurarse de tener todo el equipo necesario, lo que requiere un espacio y un tiempo del que no todos los centros disponen.

Probablemente, desde el punto de vista del paciente, su propio domicilio sea el sitio más adecuado, ya que las condiciones de la vivienda pueden ser decisivas en el éxito de la ventilación y pueden hacer cambiar la estrategia ventilatoria. Para esto es preciso que el proveedor de los equipos se persone en el domicilio junto con el equipo sanitario el día que se inicia la ventilación, que el equipo sanitario tenga amplia experiencia en el inicio de la VMD y que se disponga de personal y de tiempo para llevarlo a cabo de manera correcta. Por estos motivos, habitualmente esta modalidad es poco frecuente.

Es importante resaltar que, en las dos últimas situaciones, la titulación no se realiza según parámetros nocturnos del paciente, sino según la comodidad diurna del paciente con el respirador, por lo que los parámetros pueden precisar un ajuste posterior. Típicamente, cuando se titula según el *comfort* del paciente los pará-

metros iniciales son más bajos que cuando se titula durante un estudio de sueño⁽⁶⁴⁾.

En definitiva, los escenarios de titulación que dependen más del hospital nos permiten una mejor titulación inicial al permitir la observación directa y poder contar con estudios de sueño fácilmente. Por el contrario, cuanto más nos acerquemos al domicilio del paciente, mejor noción tendremos de las condiciones reales de utilización del dispositivo. Aunque existen trabajos que presentan buenos resultados con alguna de las anteriores posibilidades^(68,70), realmente no existen trabajos que comparen los cuatro escenarios entre sí. Por este motivo, la mejor opción dependerá de la experiencia del equipo médico y las características de cada centro y de cada paciente⁽⁷¹⁾.

Al igual que ocurre con la ventilación en agudos, el ajuste de parámetros en la VMD debe hacerse de manera igualmente progresiva. Debido a la ausencia de estudios controlados que nos indiquen la selección de los parámetros para la VMD, el proceso es igualmente empírico. Los parámetros iniciales se deben seleccionar según el tipo de respirador, la enfermedad subyacente, la experiencia previa del equipo médico, la respuesta del paciente al respirador y las metas que se propongan en cada caso y están recogidos en la tabla 3.

En definitiva, la instauración de la VMNI debe establecerse sobre la base de hacer una adecuada selección de los pacientes y una información completa a los mismos sobre la ventilación, cuya iniciación y proceso de adaptación son cruciales para el éxito de la misma.

BIBLIOGRAFÍA

1. Hill NS. Noninvasive ventilation. Does it work, for whom, and how? *Am Rev Respir Dis* 1993; 147 (4): 1050-5.
2. Brochard L. Mechanical ventilation: invasive versus noninvasive. *Eur Respir J Suppl* 2003; 47: 31s-7s.
3. Whitby JD. Two early artificial ventilators. *Br J Anaesth* 1973; 45 (4): 391-5.
4. Dalziel J. On sleep and apparatus for promoting artificial respiration. *Br Assc Adv Sci* 1838; 1: 127.

TABLA 3. Valores iniciales y para largo uso en ventilación mecánica domiciliaria (modificado de ref. 64)

Parámetro	Inicial	Largo plazo
Presión inspiratoria (cmH ₂ O)	8-10	12-20
Volumen corriente (mL/kg)	8-12	10-20
Presión espiratoria (cm H ₂ O)	3-4	3-4
Presión espiratoria si hay apneas obstructivas (cm H ₂ O)	4-8	5-12
Frecuencia respiratoria (resp/min)	12-20	
Duración de la inspiración (seg)	1-2,5	
Tiempo de rampa (seg)	0,3-0,5	
Relación I:E	0,3-0,5	

5. Drinker P, Shaw LA. An apparatus for the prolonged administration of artificial respiration: I. A Design for Adults and Children. *J Clin Invest* 1929; 7 (2): 229-47.
6. Hodes HL. Treatment of respiratory difficulty in poliomyelitis. En: *Poliomyelitis: papers and discussions presented at the Third International Poliomyelitis Conference*. Philadelphia: Lipincott; 1955. p. 91-113.
7. Sullivan CE, Issa FG, Berthon-Jones M, Eves L. Reversal of obstructive sleep apnoea by continuous positive airway pressure applied through the nares. *Lancet* 1981; 1 (8225): 862-5.
8. Lightowler JV, Wedzicha JA, Elliott MW, Ram FS. Non-invasive positive pressure ventilation to treat respiratory failure resulting from exacerbations of chronic obstructive pulmonary disease: Cochrane systematic review and meta-analysis. *BMJ* 2003; 326 (7382): 185.
9. Antonelli M, Pennisi MA, Conti G. New advances in the use of noninvasive ventilation for acute hypoxaemic respiratory failure. *Eur Respir J Suppl* 2003; 42: 65s -71s.
10. Brochard L, Mancebo J, Elliott MW. Noninvasive ventilation for acute respiratory failure. *Eur Respir J* 2002; 19 (4): 712-21.
11. Liesching T, Kwok H, Hill NS. Acute applications of noninvasive positive pressure ventilation. *Chest* 2003; 124 (2): 699-713.
12. Hilbert G, Gruson D, Vargas F, Valentino R, Gbikpi-Benissan G, Dupon M, Reiffers J, Cardinaud JP. Noninvasive ventilation in immunosuppressed patients with pulmonary infiltrates, fever, and acute respiratory failure. *N Engl J Med* 200; 344 (7): 481-7.
13. Carlucci A, Richard JC, Wysocki M, Lepage E, Brochard L, SRLF Collaborative Group on Mechanical Ventilation. Noninvasive versus conventional mechanical ventilation. An epidemiologic survey. *Am J Respir Crit Care Med* 200; 163 (4): 874-80.
14. Pingleton SK. Complications of acute respiratory failure. *Am Rev Respir Dis* 1988; 137 (6): 1463-93.
15. Brochard L, Isabey D, Piquet J, Amaro P, Mancebo J, Messadi AA, Brun-Buisson C, Rauss A, Lemaire F, Harf A. Reversal of acute exacerbations of chronic obstructive lung disease by inspiratory assistance with a face mask. *N Engl J Med* 1990; 323 (22): 1523-30.
16. Criner GJ, Tzouanakis A, Kreimer DT. Overview of improving tolerance of long-term mechanical ventilation. *Crit Care Clin* 1994; 10 (4): 845-66.
17. Hill NS, Redline S, Carskadon MA, Curran FJ, Millman RP. Sleep-disordered breathing in patients with Duchenne muscular dystrophy using negative pressure ventilators. *Chest* 1992; 102 (6): 1656-62.
18. Corrado A, Gorini M, Ginanni R, Pelagatti C, Vilella G, Buoncristiano U, Guidi F, Pagni E, Peris A, De Paola E. Negative pressure ventilation versus conventional mechanical ventilation in the treatment of acute respiratory failure in COPD patients. *Eur Respir J* 1998; 12 (3): 519-25.
19. Scano G, Gigliotti F, Duranti R, Spinelli A, Gorini M, Schiavina M. Changes in ventilatory muscle function with negative pressure ventilation in patients with severe COPD. *Chest* 1990; 97 (2): 322-7.
20. Bach JR, Penek J. Obstructive sleep apnea complicating negative-pressure ventilatory support in patients with chronic paralytic/restrictive

- ventilatory dysfunction. *Chest* 199; 99 (6): 1386-93.
21. Nava S, Ambrosino N, Bruschi C, Confalonieri M, Rampulla C. Physiological effects of flow and pressure triggering during non-invasive mechanical ventilation in patients with chronic obstructive pulmonary disease. *Thorax* 1997; 52 (3): 249-54.
 22. Vanpee D, El Khawand C, Rousseau L, Jamart J, Delaunoy L. Effects of nasal pressure support on ventilation and inspiratory work in normocapnic and hypercapnic patients with stable COPD. *Chest* 2002; 122 (1): 75-83.
 23. Appendini L, Patessio A, Zanaboni S, Carone M, Gukov B, Donner CF, et al. Physiologic effects of positive end-expiratory pressure and mask pressure support during exacerbations of chronic obstructive pulmonary disease. *Am J Respir Crit Care Med* 1994; 149 (5): 1069-76.
 24. Segovia JS, Herrera Carranza M. Principios del funcionamiento del ventilador no invasivo. Pgs 81-94. *Iniciación a la ventilación mecánica no invasiva*. Málaga: Ed. Fundación IAVANTE; 2006.
 25. British Thoracic Society Standards of Care Committee. Non-invasive ventilation in acute respiratory failure. *Thorax* 2002; 57 (3): 192-211.
 26. Hill NS. *Noninvasive Positive Pressure ventilation: Principles and Applications*. Armonk NY: Futura Publishing Company, INC; 2001.
 27. Girault C, Richard JC, Chevron V, Tamion F, Pasquis P, Leroy J, Bonmarchand G. Comparative physiologic effects of noninvasive assist-control and pressure support ventilation in acute hypercapnic respiratory failure. *Chest* 1997; 111 (6): 1639-48.
 28. Laserna E, Barrot E, Beiztegui A, Quintana E, Hernández A, Castillo J. Ventilación no invasiva en cifoescoliosis. Estudio comparativo entre respirador volumétrico y soporte de presión (BIPAP). *Arch Bronconeumol* 2003; 39 (1): 13-18.
 29. Younes M. Proportional assist ventilation, a new approach to ventilatory support. *Theory. Am Rev Respir Dis* 1992; 145 (1): 114-20.
 30. Gay PC, Hess DR, Hill NS. Noninvasive proportional assist ventilation for acute respiratory insufficiency. Comparison with pressure support ventilation. *Am J Respir Crit Care Med* 2001; 164 (9): 1606-11.
 31. International Consensus Conferences in Intensive Care Medicine: noninvasive positive pressure ventilation in acute Respiratory failure. *Am J Respir Crit Care Med* 2001; 163 (1): 283-91.
 32. Navalesi P, Fanfulla F, Frigerio P, Gregoret C, Nava S. Physiologic evaluation of noninvasive mechanical ventilation delivered with three types of masks in patients with chronic hypercapnic respiratory failure. *Crit Care Med* 2000; 28 (6): 2139-40.
 33. Hess DR. Noninvasive ventilation in neuromuscular disease: equipment and application. *Respir Care* 2006; 51 (8): 896-911.
 34. 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 (1): 100-5.
 35. Escarrabill J, Monasterio C, Estopa R. Ventilación mecánica no invasiva. *Arch Bronconeumol* 1994; 30 (2): 109-13.
 36. Meyer TJ, Pressman MR, Benditt J, McCool FD, Millman RP, Natarajan R, et al. Air leaking through the mouth during nocturnal nasal ventilation: effect on sleep quality. *Sleep* 1997; 20 (7): 561-69.
 37. Teschler H, Stampa J, Ragette R, Konietzko N, Berthon-Jones M. Effect of mouth leak on effectiveness of nasal bilevel ventilatory assistance and sleep architecture. *Eur Respir J* 1999; 14 (6): 1251-7.
 38. Schettino GP, Tucci MR, Sousa R, Valente Barbas CS, Passos Amato MB, Carvalho CR. Mask mechanics and leak dynamics during noninvasive pressure support ventilation: a bench study. *Intensive Care Med* 2001; 27 (12): 1887-91.
 39. Willson GN, Piper AJ, Norman M, Chaseling WG, Milross MA, Collins ER, Grunstein RR. Nasal versus full face mask for noninvasive ventilation in chronic respiratory failure. *Eur Respir J* 2004; 23 (4): 605-9.
 40. González J, Sharshar T, Hart N, Chadda K, Raphael JC, Lofaso F. Air leaks during mechanical ventilation as a cause of persistent hypercapnia in neuromuscular disorders. *Intensive Care Med* 2003; 29 (4): 596-602.
 41. Schettino GP, Chatmongkolchart S, Hess DR, Kacmarek RM. Position of exhalation port and mask design affect CO₂ rebreathing during noninvasive positive pressure ventilation. *Crit Care Med* 2003; 31 (8): 2178-82.
 42. Saatci E, Miller DM, Stell IM, Lee KC, Moxham J. Dynamic dead space in face masks used

- with noninvasive ventilators: a lung model study. *Eur Respir J* 2004; 23 (1): 129-35.
43. Anton A, Tárrega J, Giner J, Guell R, Sanchis J. Acute physiologic effects of nasal and full-face masks during noninvasive positive-pressure ventilation in patients with acute exacerbations of chronic obstructive pulmonary disease. *Respir Care* 2003; 48 (10): 922-5.
 44. Mehta S, Hill NS. Noninvasive ventilation. *Am J Respir Crit Care Med* 2001; 163 (2): 540-77.
 45. 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 (6): 859-64.
 46. 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 (1): 174-82.
 47. Bach JR. Update and perspectives on noninvasive respiratory muscle aids. Part 1: The inspiratory aids. *Chest* 1994; 105 (4): 1230-40.
 48. Criner GJ, Travaline JM, Brennan KJ, Kreimer DT. Efficacy of a new full face mask for noninvasive positive pressure ventilation. *Chest* 1994; 106 (4): 1109-15.
 49. Antonelli M, Conti G, Pelosi P, Gregoratti C, Pennisi MA, Costa R, Severgnini P, Chiaranda M, Proietti R. New treatment of acute hypoxemic respiratory failure: noninvasive pressure support ventilation delivered by helmet—a pilot controlled trial. *Crit Care Med* 2002; 30 (3): 602-8.
 50. Costa R, Navalesi P, Antonelli M, Cavaliere F, Craba A, Proietti R, Conti G. Physiologic evaluation of different levels of assistance during noninvasive ventilation delivered through a helmet. *Chest* 2005; 128 (4): 2984-90.
 51. Taccone P, Hess D, Caironi P, Bigatello LM. Continuous positive airway pressure delivered with a “helmet”: effects on carbon dioxide rebreathing. *Crit Care Med* 2004; 32 (10): 2090-6.
 52. Racca F, Appendini L, Gregoratti C, Stra E, Patessio A, Donner CF, Ranieri VM. Effectiveness of mask and helmet interfaces to deliver noninvasive ventilation in a human model of resistive breathing. *J Appl Physiol* 2005; 99 (4): 1262-71.
 53. Elliott MW. Noninvasive ventilation for acute respiratory disease. *Br Med Bull* 2005; 72: 83-97.
 54. Meduri GU, Spencer SE. Noninvasive mechanical ventilation in the acute setting. Technical aspects, monitoring and choice of the interface. *Eur Respir Mon* 2001; 6 (16): 106-24.
 55. Bosch M, García S. Ventilación mecánica no invasiva. En: Puente Maestu L, ed. Manual SEPAR de procedimientos. Procedimientos de patología respiratoria durante el sueño y ventilación mecánica no invasiva. Madrid: Luzán 5 Ediciones; 2002. pp. 43-8.
 56. Woodrow P. Using non-invasive ventilation in acute wards: Part 2. *Nurs Stand* 2003; 18 (2): 41-4.
 57. González MM, Pereira VF, Rodenstein DO. Non-invasive ventilation and sleep. *Sleep Med Rev* 2002; 6 (1): 29-44.
 58. British Thoracic Society Standards of Care Committee. Non-invasive ventilation in acute respiratory failure. *Thorax* 2002; 57 (3): 192-211.
 59. West JB. Captación y entrega de los gases respiratorios. En: West JB, ed. Bases fisiológicas de la práctica médica. 11ª ed. Buenos Aires: Editorial Panamericana; 1987. p. 645-74.
 60. López-Campos Bodineau JL, García Polo C, León Jiménez A, Arnedillo Muñoz A, Fernández Berni JJ, González-Moya E, et al. Influence of staff training in noninvasive ventilation outcome for acute hypercapnic respiratory failure. *Eur Respir J* 2005; 26 (supl 49): 549s.
 61. Jounieaux V, Rodenstein DO [Home mechanical ventilation: indications and pathophysiological limitations]. *Rev Mal Respir* 2004; 21 (2 Pt 1): 358-66.
 62. Estopa Miró R, Villasante Fernández-Montes C, de Lucas Ramos P, Ponce De León Martínez L, Mosteiro Anon M, Masa Jiménez J, et al. Normativa sobre la ventilación mecánica a domicilio. *Arch Bronconeumol* 2001; 37 (3): 142-49.
 63. Shneerson JM, Simonds AK. Noninvasive ventilation for chest wall and neuromuscular disorders. *Eur Respir J* 2002; 20 (2): 480-7.
 64. Hill NS. Management of long-term noninvasive ventilation. En: Hill NS, ed. Long-term mechanical ventilation. Nueva York: Marcel-Dekker; 2001. p. 253-303.
 65. Fiorenza D, Vitacca M, Clini E. Hospital monitoring, setting and training for home non invasive ventilation. *Monaldi Arch Chest Dis* 2003; 59 (2): 119-22.
 66. Hill NS. Noninvasive ventilation in chronic obstructive pulmonary disease. *Clin Chest Med* 2000; 21 (4): 783-97.

67. Schonhofer B, Geibel M, Sonneborn M, Haidl P, Kohler D. Daytime mechanical ventilation in chronic respiratory insufficiency. *Eur Respir J* 1997; 10 (12): 2840-6.
68. Piper AJ, Sullivan CE. Effects of long-term nocturnal nasal ventilation on spontaneous breathing during sleep in neuromuscular and chest wall disorders. *Eur Respir J* 1996; 9 (7): 1515-22.
69. McNicholas WT. Impact of sleep in respiratory failure. *Eur Respir J* 1997; 10 (4): 920-33.
70. 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 (2): 538-44.
71. Díaz-Lobato S, Mayorales-Alises S. Reflexiones para la organización y desarrollo de una unidad de ventilación mecánica no invasiva y domiciliaria. *Arch Bronconeumol* 2005; 41 (10): 579-85.