

Ventilación mecánica no invasiva

R. Uña Orejón^{a,*}, P. Ureta Tolsada^{a,*}, S. Uña Orejón^{b,*}, E. Maseda Garrido^{a,*}, A. Criado Jiménez^{b,**}

^aHospital General La Paz. Madrid. ^bComplejo Hospitalario de Albacete.

Resumen

La intubación endotraqueal con ventilación mecánica convencional es el tratamiento habitual de la insuficiencia respiratoria. Sin embargo, a veces se pueden producir efectos secundarios importantes, fundamentalmente de tipo infeccioso y por barotrauma.

La ventilación mecánica no invasiva (VMNI), ha demostrado ser una alternativa eficaz, ya que disminuye la incidencia de complicaciones y reduce costes. De hecho, en el momento actual se considera de primera elección en pacientes con insuficiencia respiratoria secundaria a Enfermedad Pulmonar Obstructiva Crónica (EPOC) re-agudizada y en inmunocomprometidos, además se utiliza habitualmente en pacientes con asma, neumonía y edema agudo de pulmón.

Una correcta motivación y entrenamiento de todo el equipo que utiliza estas técnicas, es imprescindible para asegurar su éxito y favorecer la tolerancia por el paciente.

Palabras clave:

Ventilación no invasiva. Enfermedad obstructiva crónica. Insuficiencia respiratoria aguda. Práctica clínica.

Noninvasive ventilation

Summary

Endotracheal intubation and mechanical ventilation have traditionally been employed in patients with acute respiratory insufficiency. However, this form of management can have serious adverse effects, mainly infections and barotrauma.

Noninvasive ventilation (NIV) has been shown to be an effective alternative, as it reduces both the frequency of complications and cost of care. In fact, NIV is currently the first choice treatment for acute respiratory insufficiency in patients who have chronic obstructive pulmonary disease or who are immunocompromised. It is also commonly applied in patients with asthma, pneumonia, and acute cardiogenic pulmonary edema.

Correct indication and training in use of NIV equipment is necessary to ensure success and facilitate patient tolerance.

Key words:

Noninvasive ventilation. Chronic obstructive pulmonary disease. Acute respiratory insufficiency. Clinical practice.

- I. Introducción
- II. Equipos y técnicas para VMNI
- III. ¿Qué ventajas ofrece la VMNI?
- IV. Selección de pacientes candidatos a VMNI
- V. VMNI para el tratamiento del fracaso respiratorio agudo
- VI. Aplicación práctica de la VMNI
- VII. Efectos adversos y complicaciones de la VMNI
- VIII. Conclusiones

I. Introducción

Se entiende por ventilación mecánica no invasiva (VMNI) la que se realiza por medios artificiales pero sin intubación endotraqueal.

* FEA. *** Jefe de Servicio.

Correspondencia:

R. Uña Orejón. Servicio de Anestesiología y Reanimación. Hospital General La Paz. Paseo de la Castellana 261. 28046 Madrid.

Aceptado para su publicación en diciembre de 2004.

El primer respirador de VMNI, utilizando presión subatmosférica, fue desarrollado por Dalziel en 1838. La generalización en el uso de la electricidad hizo que este aparato, cuyo funcionamiento era manual, mejorase sus prestaciones. Drinker en 1928 diseña el primer prototipo de pulmón de acero que se utilizó en clínica y posteriormente Emerson lo modifica y generaliza su uso. Brag, premio Nobel de medicina en 1930, diseña un sistema que ejerce presión de forma intermitente sobre el abdomen, conocido con el nombre de Pneumobelt. Por otra parte, la marina inglesa desarrolla un tipo de respirador para ventilación no invasiva, que en este caso utiliza un mecanismo de rodillos que ejerce presiones intermitentes sobre el tórax¹⁻³.

La epidemia de polio vivida en Copenhague⁴ en 1952 hizo que estos sistemas fuesen prácticamente abandonados, debido a la alta incidencia de neumonitis química por aspiración gástrica

Durante la última década del siglo XX se ha consolidado un retorno a la VMNI, ya que las nuevas tecnologías han desarrollado respiradores que utilizando

presión positiva son bien tolerados, siendo además prácticos, seguros y de coste razonable.

II. Equipos y técnicas para VMNI

La característica diferencial entre VMNI y la ventilación mecánica convencional (VMC) es que en la primera el gas que llega a los pulmones se administra a través de una mascarilla (o interfaz), mientras que en la segunda se hace directamente a través de un tubo endotraqueal.

Interfaces para VMNI

Se conoce como interfaces los medios que existen para conectar el tubo del respirador con la cara del paciente, facilitando la entrada de gas presurizado al interior de los pulmones (Figura 1).

- Mascarilla nasal:

Se utiliza principalmente en los casos de insuficiencia respiratoria crónica y de modo especial en el síndrome de apnea obstructiva del sueño (SAOS). Tiene el inconveniente de que pueden producir presión sobre el dorso de la nariz con ulceración y necrosis de la piel. Para que sean mejor toleradas existen en el mercado diferentes variedades que se acoplan con la ayuda de gorros, o bien que añaden una fina película de plástico que al recibir el aire insuflado se hinchan, actuando como un colchón amortiguador. Además se han desarrollado mascarillas de tamaño muy pequeño que reducen la sensación de claustrofobia e incluso permiten llevar gafas.

Existe una alternativa a las mascarillas faciales que son las llamadas "mariposas o pinzas nasales"⁵, que consisten en una goma blanda que se inserta directamente en el interior de la cavidad nasal. Son especialmente útiles en pacientes con lesiones en la cara y nariz.

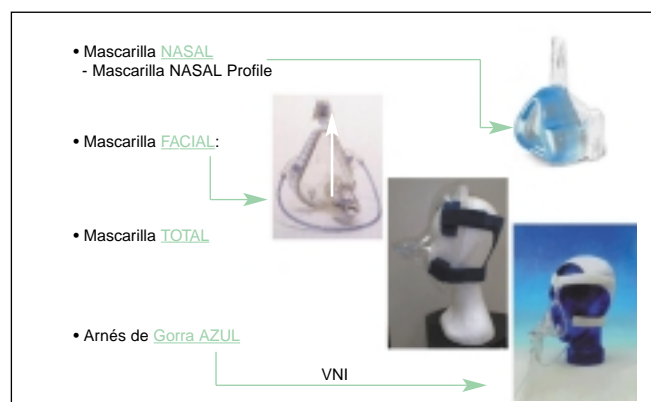


Fig. 1. Interfaces para ventilación no invasiva.

- Mascarilla oronasal (Spectrum®. Respiromic, Pennsylvania. USA. The Koo, Koo Medical, Sanghai. P R China):

Se aplican sobre la nariz pero cubren también la boca. Se utilizan preferentemente en pacientes con fracaso respiratorio agudo. Tienen el inconveniente de que en caso de fallo o desconexión del respirador la mascarilla no permite la entrada del aire ambiente ni por la nariz ni por la boca. Además impiden la expectoración y la nutrición, con el riesgo teórico de permitir reinhalación de anhídrido carbónico y aspiración del contenido gastrointestinal. Estos problemas se han minimizado en parte añadiendo una válvula antiasfixia que en caso de un fallo del respirador permite el intercambio gaseoso con el ambiente. También incorporan un sistema de "extracción rápida" que permite la retirada inmediata de la mascarilla ante situaciones de asfixia.

Al comparar la eficacia de la mascarilla nasal con la oronasal^{6,7} se ha comprobado que esta última es más eficaz para disminuir la pCO₂, debido a que con la primera existe gran fuga de aire a través de la boca, especialmente en los pacientes disneicos que suelen respirar con la boca abierta.

- Mascarilla total o careta (Total® face mask. Respiromic, Pennsylvania. USA):

Son especialmente útiles en situaciones de urgencia, pues evita las fugas de forma más eficaz que las anteriores. Sin embargo, producen mayor sensación de claustrofobia e impiden al enfermo hablar y comer.

- Sistema de casco (Cartar – R. StardMed, Mirán-dola. Italia):

En un intento de mejorar el confort y evitar las complicaciones derivadas del uso de las anteriores interfaces, el grupo de Antonelli⁸ ha desarrollado un casco, tipo escafandra (figura 2) que parece disminuir la necesidad de intubación con mayor eficacia que la mascarilla facial, siendo mejor tolerada y con menos efectos secundarios (necrosis de la piel, distensión gástrica e irritación ocular). Se recomienda utilizarla con mayor presión de soporte y mayor velocidad de flujo que cuando se usa mascarilla facial⁹.

Aunque su uso parece prometedor, en un estudio reciente¹⁰, se cuestiona su efectividad cuando se usa con presión positiva continua de la vía aérea (CPAP) a alto flujo y cuando se utiliza con presión de soporte, por lo que son necesarios más estudios para determinar sus indicaciones.

-Sistema multipiezas:

El gas proporcionado por el respirador se administra directamente en la boca del paciente a través de un pequeño tubo que incorpora un dispositivo para impe-



Fig. 2. Interfaz tipo casco para ventilación no invasiva.

dir la fuga de aire alrededor de los labios. Aunque se utiliza desde 1960 sólo goza de relativa popularidad en los casos de fracaso respiratorio crónico.

Respiradores utilizados para VMNI

A) VMNI con presión positiva. (BiPAP vision. Respironic inc, Pennsylvania, USA, Evita 2 dura. Dräger, Lubeck. Germany):

Los respiradores con presión positiva (invasiva o no invasiva) asisten a la respiración proporcionando gas presurizado en el interior de la vía aérea, incrementando la presión transpulmonar e insuflando los pulmones.

La espiración se realiza de forma pasiva por la retracción elástica pulmonar, aunque a veces puede ser suplementada por la fuerza ejercida por la musculatura espiratoria.

- Aparatos de CPAP:

Aunque no son en "sentido estricto" respiradores, ya que son incapaces de asistir activamente la inspiración, sin embargo se han utilizado con éxito tanto en el fracaso respiratorio agudo como en el crónico. Proporcionan una presión constante en la inspiración y en la espiración, aumentando la capacidad funcional residual (CFR), y reclutando alvéolos. Así disminuye el shunt intrapulmonar derecha-izquierda y por tanto mejora el intercambio gaseoso. El aumento de la CFR también puede mejorar la compliancia y disminuir el trabajo respiratorio. Además, al disminuir la presión transmural en el ventrículo izquierdo, la CPAP puede disminuir la postcarga y aumentar el gasto cardíaco¹¹, siendo útil por tanto, en el tratamiento del edema agudo de pulmón (EAP).

En los pacientes con Enfermedad Pulmonar Obs-

tructiva Crónica (EPOC) también ha demostrado su eficacia¹² ya que contrarresta la sobrecarga inspiratoria impuesta por el atrapamiento dinámico en la vía aérea (PEEP intrínseca).

Las presiones comúnmente utilizadas oscilan entre 5 y 12 cm de agua. Dependiendo del tipo de respirador, la CPAP puede administrarse "a demanda" o con "flujo continuo" no existiendo estudios clínicos que demuestren grandes diferencias entre ellas¹³. En el sistema a demanda, el consumo de gases frescos es mucho menor que en el sistema de flujo continuo.

- Respiradores con presión limitada:

Incluye dos modos de ventilación: la ventilación con presión de soporte (PS) y la ventilación controlada por presión (VCP).

En la ventilación con PS se selecciona una determinada presión inspiratoria que asiste a la respiración espontánea, mientras que en la VCP también se selecciona la frecuencia respiratoria y la relación I/E.

En algunos modelos de respiradores con PS se debe seleccionar la presión positiva inspiratoria (IPAP) y la presión positiva espiratoria (EPAP), siendo la diferencia entre ellas la presión de soporte. En estos modelos, variaciones de la EPAP originan un cambio de la PS. Sin embargo, en otros respiradores con PS se selecciona una determinada presión inspiratoria máxima sobre el nivel de PEEP, de manera que aunque esta última varíe, el nivel de PS siempre se mantiene constante.

En esta modalidad, la frecuencia respiratoria y la relación I/E está determinada por el propio enfermo lo que favorece su adaptación al respirador. Sin embargo, la ventilación con PS también puede favorecer la asincronía, especialmente en pacientes con EPOC, en los que una PS mayor que la necesaria puede dar lugar a volúmenes corrientes muy elevados que favorecen un inadecuado esfuerzo inspiratorio sobre la siguiente respiración originando un fracaso del *trigger*¹⁴. En otras ocasiones, respiraciones rápidas y poco profundas pueden dar lugar a que la espiración comience cuando el respirador todavía está administrando el flujo inspiratorio¹⁵.

En esta modalidad (a diferencia de los modos controlados por volumen) el flujo inspiratorio puede variar, favoreciendo por tanto la compensación de las fugas aéreas a través de la interface. Para ello se utiliza el siguiente algoritmo

$$\text{Flujo Total} = \text{Fugas por mascarilla} + \text{Fugas por orificio espiratorio} + \text{flujo al paciente}$$

Si realizamos la medición al final de la inspiración, pero antes de comenzar la espiración, el flujo al paciente es nulo (= 0). Por otra parte, el flujo por el agujero

espiratorio se puede medir por el respirador en el "test de control" antes de conectar al paciente, por lo que podemos deducir fácilmente las fugas por la mascarilla, que será compensado posteriormente de forma automática durante el siguiente ciclo respiratorio.

En contrapartida estos respiradores utilizan una única rama tanto para la inspiración como para la espiración, por lo que en teoría la reinhalación es posible, y el lavado de anhídrido carbónico puede ser dificultoso, aunque existe la posibilidad de mejorarlo, añadiendo una válvula accesoria que aumenta la superficie del agujero espiratorio.

- Respiradores con volumen limitado:

Estos aparatos son más sofisticados que los anteriores, añadiendo una monitorización más exhaustiva y también la posibilidad de ciclar por presión, aunque también son más caros.

En general, son respiradores que se pueden utilizar para VMNI y para ventilación invasiva. Se debe tener en cuenta que estos sistemas no son capaces de compensar las fugas aéreas, por eso cuando se utilizan para VMNI puede requerir que se seleccionen volúmenes corrientes mayores que para la ventilación invasiva.

- Nuevos modos de VMNI:

Con el fin de mejorar la sincronía paciente-respirador se ha desarrollado la ventilación asistida proporcional (PAV). En esta modalidad se intenta dar más importancia al esfuerzo¹⁶ realizado por el enfermo que a la presión o volumen que deseamos. Incorpora un neumotacógrafo en línea que hace una reconstrucción ideal del flujo respiratorio del paciente, desarrollando el respirador un flujo paralelo, pero que se puede ampliar dependiendo de la proporción de trabajo respiratorio que deseamos asistir. Esta modalidad todavía no está aprobada por la FDA, aunque los estudios preliminares son prometedores^{17,18}, ya que el sistema se adapta más fácilmente a las necesidades cambiantes del paciente, precisando por tanto menor nivel de sedación y originando menos atrofia muscular, además la incidencia de barotrauma es mínima.

B) VMNI con presión negativa:

La ventilación con presión negativa (VPN) se caracteriza por la aplicación de una presión subatmosférica en la superficie torácica durante la inspiración. Esta presión va a originar una expansión del tórax y una disminución de la presión en los alvéolos, originándose así un gradiente de presión que hace que el aire se mueva desde la atmósfera hacia el interior de los pulmones. Durante la espiración la presión alrededor del tórax aumenta hasta igualarse con la atmosférica, produciéndose una disminución del volumen pulmonar y un aumento de la presión en los alvéolos. El gradiente

de presión creado hace que el aire se mueva desde los pulmones hasta los alvéolos.

El más popular de estos aparatos es el pulmón de acero, pero su tamaño, su precio y su dificultad para el transporte hace que no se utilice en la actualidad.

Existen otros sistemas que usan el mismo principio, pero son menos aparatosos, como el respirador "tipo poncho", el "marcapasos diafragmático", el "compresor abdominal" y la "cama basculante".

Este modo de ventilación no requiere intubación endotraqueal ni el uso de mascarillas. Aunque ha demostrado su utilidad en pacientes con EPOC, enfermedades neuromusculares y defectos en la pared torácica, el riesgo de aspiración broncopulmonar limitan su utilización.

III. ¿Qué ventajas ofrece la VMNI?

Fundamentalmente, evitar los efectos secundarios de la intubación endotraqueal que pueden resumirse en:

a) Relacionados con la propia intubación y ventilación¹⁹⁻²¹

- Aspiración de contenido gástrico.
- Traumatismo a nivel de dientes, esófago, hipofaringe...
- Arritmias e hipotensión arterial.
- Barotrauma.
- En los casos de ser necesaria la traqueostomía: hemorragia, infección, mediastinitis, fístulas...

b) Pérdida de mecanismos de defensa del tracto respiratorio^{22,23}:

- Alteración de la función ciliar. Colonización bacteriana. Inflamación.
- Neumonía nosocomial.
- Sinusitis.
- Retención de secreciones.

c) Relacionados con la extubación²⁴:

- Tos, ronquera, dolor de garganta, hemoptisis.
- Edema laríngeo con obstrucción de la vía aérea.
- Estenosis traqueal.

Además, la intubación endotraqueal incapacita para comunicarse, comer, etc., creando sensación de ansiedad²⁵, su tolerancia a veces puede exigir sedación profunda, retrasando por tanto, la desconexión del respirador.

IV. Selección de pacientes candidatos a VMNI

El objetivo de la VMNI es mejorar el intercambio gaseoso, evitar la sensación de disnea por sobrecarga

de la musculatura respiratoria y mejorar el confort en el paciente con insuficiencia respiratoria.

El tratamiento tradicional, con oxigenoterapia o intubación endotraqueal según la tolerancia al trabajo respiratorio dejaba fuera un amplio grupo de pacientes que se encontraban en una situación intermedia, y que actualmente se benefician con el empleo rutinario de la VMNI.

En la tabla I se exponen los criterios que deben cumplir los pacientes candidatos a VMNI. Como puede comprobarse, son amplios y poco específicos. Sin embargo existe mayor acuerdo en los criterios de exclusión^{26,27}, cuya relación se expone en la tabla II.

Cuando se instaura tratamiento con VMNI los siguientes factores se consideran predictivos de éxito⁵:

1. Enfermos jóvenes.
2. Menor gravedad establecida por el APACHE o el SAPS.
3. Capacidad de colaboración.
4. Ausencia de enfermedad neurológica.
5. Buena adaptación al respirador y a la mascarilla.
6. Dentición intacta. Ausencia de fuga aérea.
7. Hipercapnia no severa ($pCO_2 > 45$ y < 92 mmHg).
8. Acidosis no severa ($pH < 7,35$ y $> 7,10$).
9. Mejoría gasométrica y de la mecánica respiratoria durante las primeras 2 horas.

V. VMNI para el tratamiento del fracaso respiratorio agudo

Aunque hasta ahora, la ventilación mecánica con intubación endotraqueal (IET) era la forma más común para el tratamiento de la insuficiencia respiratoria aguda, actualmente la VMNI está ganando popularidad al evitar las complicaciones derivadas de la ventilación con IET.

Es necesario seleccionar los enfermos, considerando

TABLA I
Pacientes candidatos a VMNI^{5,26}

<p>A) Criterios clínicos</p> <ul style="list-style-type: none"> - Disnea moderada o severa. - Frecuencia respiratoria > 24 rpm. - Uso de musculatura accesoria. <p>B) Criterios gasométricos</p> <ul style="list-style-type: none"> - $pO_2 / FiO_2 < 200$. - $pH < 7,35$. - $pCO_2 > 45$ mmHg.

rpm: Respiraciones por minuto

pO_2 : Presión parcial de oxígeno

pCO_2 : Presión parcial de anhídrido carbónico

TABLA II
Criterios de exclusión para VMNI^{26,27}

- | |
|--|
| <ul style="list-style-type: none"> - Parada respiratoria. - Inestabilidad hemodinámica. Shock. - Cardiopatía isquémica inestable. - Arritmias mal controladas. - Exceso de secreciones. Obstrucción de vía aérea - Riesgo de aspiración pulmonar. - Hemorragia digestiva alta. - Encefalopatía severa (GCS < 10). - Traumatismo facial. Cirugía facial. - Quemados. |
|--|

GCS: Glasgow Coma Score

este tipo de ventilación como una alternativa a la IET, pero nunca sustituyéndola cuando ésta es necesaria, ya que retrasar la intubación puede empeorar el pronóstico

Utilización de CPAP en el fracaso respiratorio agudo

Varios estudios (Rasanen¹⁸ 1985, Viasanen²⁸ 1987 y Lin²⁹ 1991) avalan la eficacia de la CPAP (10-12 cm H₂O) en el tratamiento del edema agudo de pulmón, mejorando los parámetros gasométricos y disminuyendo la necesidad de intubación (tabla III). Sin embargo, no se ha demostrado disminución del tiempo de estancia hospitalaria ni de la mortalidad. Masip³⁰, en un trabajo reciente, estudia 80 pacientes con edema agudo de pulmón, observando que la CPAP es más eficaz que el tratamiento convencional, disminuyendo la necesidad de intubación endotraqueal (6% frente a 30%) y el tiempo en resolverse el episodio (30 min frente a 90 min).

Sin embargo, el efecto hemodinámico de la CPAP, no está totalmente aclarado. Para algunos autores^{31,32} aumenta el gasto cardíaco, al disminuir la presión transmural en la aurícula izquierda, favoreciendo la postcarga. Para otros, este efecto es variable en fun-

TABLA III
CPAP y edema agudo de pulmón

Autor	Nivel de CPAP	Casos Control	pCO_2 (mmHg)	pO_2 (mmHg)
Rasanen ³¹ Am J Cardiol 1985	10 cmH ₂ O	20/20	41/39	52/60
Viasanen ²⁸ Chest 1987	10 cmH ₂ O	40/40	36/35	55/79
Lin ²⁹ Formos Med 1991	12,5 cmH ₂ O	50/50	58/46	326/416*

CPAP: Continuous positive airway pressure

pO_2 : Presión parcial de oxígeno

pCO_2 : Presión parcial de anhídrido carbónico

*Relación pO_2/FiO_2 para una FiO_2 de 1

ción de como se encuentren las presiones capilares pulmonares, aumentando el gasto si éstas se encuentran aumentadas y disminuyéndolo en caso contrario³³. Por último Lenique³⁴, en pacientes con insuficiencia cardíaca izquierda, empleando CPAP de 5 y 10 cm H₂O no encuentra modificaciones significativas en el índice cardíaco, aunque sí una ligera reducción en las presiones transmuralas izquierdas.

La CPAP también ha demostrado ser una alternativa útil en el postoperatorio de pacientes sometidos a cirugía de revascularización miocárdica³⁵.

En traumatismos torácicos cerrados³⁶, la CPAP, combinada con analgesia epidural ha conseguido disminuir los días de estancia hospitalaria, así como la necesidad de ET, aunque son necesarios estudios prospectivos

En pacientes con EPOC³⁷ ha favorecido la recuperación de enfermos descompensados, siempre que el nivel de CPAP no supere el atrapamiento dinámico (PEEP intrínseca).

Por último, en los casos de "síndrome de apnea obstructiva del sueño (SAOS)", se considera en la actualidad como actuación terapéutica de primera intención⁵, reservando el tratamiento quirúrgico sólo para casos muy seleccionados.

El nivel de CPAP utilizado varía dependiendo del tipo de enfermedad, siendo el promedio de 10 a 12 cm H₂O en los casos de edema agudo de pulmón, de 9 cm H₂O en los casos de SAOS y de 5 cm H₂O en las reagudizaciones de EPOC (tabla III).

Sin embargo, el uso de CPAP ha fracasado en los intentos de prevenir el desarrollo de atelectasias postquirúrgicas, SDRA y asma grave.

Utilización de ventilación con presión negativa en el fracaso respiratorio agudo

En España Monserrat³⁸ ha utilizado respiradores tipo poncho en situaciones de fracaso respiratorio agudo de pacientes con EPOC. Aunque parece eficaz su utilización, estos trabajos sólo pueden considerarse anecdóticos.

En otros estudios (Corrado³⁹ 1998) se sigue utilizando respiradores del tipo de pulmón de acero en pacientes con EPOC reagudizado, observándose mejoría en la ventilación alveolar y disminución de la sensación de disnea, pero ante la falta de estudios aleatorizados esta técnica no está recomendada.

Utilización de respiradores con presión positiva

Los primeros trabajos que utilizaron VMNI en el tratamiento del fracaso respiratorio agudo comprobaron su eficacia al observar una disminución de la pre-

sión esofágica y mejorar la actividad electromiográfica del diafragma. A continuación se exponen su utilización en diferentes patologías:

- Enfermedades obstructivas:

- EPOC:

Revisando series históricas, Brochard⁴⁰ observó que sólo 1 de cada 13 pacientes con EPOC reagudizado y tratados con VMNI requirieron IET, mientras que en los casos control 11 de cada 13 fueron intubados.

En estudios randomizados (Celikel⁴¹ 1998, Angus⁴² 1996, Brochard⁴³ 1995, Plant⁴⁴ 2000) se ha confirmado que la VMNI es más eficaz que el tratamiento convencional para corregir el pH (93% frente a 60%), mejorar la oxigenación, y disminuir la pCO₂ (65% frente a 55% en la primera hora).

También disminuye de forma significativa la sensación de disnea. La mortalidad, en promedio se reduce del 30% al 10%, y la necesidad de IET al 9%, frente al 67% del grupo control. El tiempo de estancia hospitalaria puede reducirse hasta en 10 días (tabla IV).

En un metaanálisis recientemente publicado⁴⁵, que incluye cinco ensayos controlados aleatorizados realizados a enfermos de UCI y cuatro de planta se confirman estos hallazgos, aunque por motivos no totalmente aclarados (mayor gravedad de los pacientes, mejores cuidados de enfermería y médicos) parece ser que la técnica es más eficaz aplicada a enfermos críticos, como se demuestra por la menor incidencia de acontecimientos desfavorables.

En un estudio controlado (Angus⁴² 1996) que compara la eficacia de la VMNI en relación con la terapia convencional combinada con doxapram, se observa que aunque este fármaco es eficaz para mejorar la oxigenación, sin embargo, no es efectivo para disminuir la pCO₂, lo que supuso la modificación del protocolo por motivos éticos.

Entre la diversidad de estudios controlados (y no controlados) que demuestran la eficacia de la VMNI en el tratamiento del EPOC reagudizado, sólo dos de ellos (Foglio⁴⁶ 1992 y Barbe⁴⁷ 1996) cuestionan su eficacia. Sin embargo, en estas dos series y comparado con el resto de estudios, se observa que los pacientes realmente no se encontraban en una situación comprometida, como queda reflejado por los valores de pH (7,33-7,34) y por el hecho de que ninguno de ellos precisase IET. Estos hallazgos sugieren que la VMNI debe reservarse para pacientes en los que la reagudización del EPOC suponga un alto riesgo de IET, evitándola en casos de descompensación leve.

- Asma:

A diferencia de los casos de enfermos con EPOC, no existen estudios prospectivos y controlados que

TABLA IV
VMNI en la insuficiencia respiratoria aguda

Autor	Modo	Presión V. Aérea	Casos control (fracasos)	Disminución PCO ₂ (mmHg)	Aumento PO ₂ (mmHg)
Celikel ⁴¹ Chest 1988	PS	10 cmH2O	15/15 (1/6)	69/64	55/85
Brochard ⁴³ N Engl J Med 1995	PS	20 cmH2O	43/42 (11/3)	70/68	41/66
Angus ⁴² Thorax 1996	PS	6 cmH2O	9/8 (0/3)	76/65	59/81
Plant ⁴⁴ Lancet 2000	BiPAP		118/118 (18/32)	66/61	52/56

PS: Presión de soporte.

BiPAP: *Bilevel positive airway pressure*.

pO₂: Presión parcial de oxígeno.

pCO₂: Presión parcial de anhídrido carbónico.

demuestren la eficacia de la VMNI en estos pacientes, aunque la experiencia clínica así lo sugiere.

En un estudio no controlado (Meduri⁴⁸ 1996), que incluye 17 pacientes con reagudización asmática (pH < 7,25 y pCO₂ > 65) se ha comprobado que después de 16 h de utilización de VMNI (modo PS) se consigue corregir las alteraciones gasométricas, precisando sólo dos enfermos IET. No obstante, y a falta de estudios controlados, la VMNI debe considerarse como un tratamiento alternativo, pues la terapia convencional es altamente eficaz.

- Fibrosis quística:

Hodson⁴⁹ ha propuesto el uso de VMNI como terapia puente en espera de trasplante pulmonar, en los casos de enfermedad terminal.

• Enfermedades restrictivas:

No existen datos disponibles sobre el uso de VMNI en casos de insuficiencia respiratoria aguda debida a patología restrictiva, seguramente por el hecho de que en estos casos es mucho más frecuente la insuficiencia respiratoria crónica.

• Edema agudo de pulmón:

Hoffman⁵⁰ (1999) y Ruterholtz⁵¹ (1999) en dos estudios prospectivos, aunque no controlados, evalúan la eficacia de la VMNI (modo PS) en pacientes con EAP.

El primer autor incluye 29 pacientes, obteniendo mejoría del intercambio gaseoso en la mayoría de los casos, precisando IET sólo en 1 paciente. Sin embargo, 4 pacientes murieron durante el desarrollo del estudio, 3 de ellos de infarto agudo de miocardio (IAM).

En el segundo estudio se incluyeron 26 pacientes, de los cuales 5 requirieron IET. La mortalidad en esta serie es de 5 pacientes, 4 de los cuales se debió a IAM.

Los autores concluyen que la VMNI en pacientes

con EAP puede ser una técnica eficaz, pero su uso debe ser cauteloso en aquellos pacientes en los que la causa del EAP es un IAM.

En un trabajo de Metha⁵² (1997), compara la utilización de BiPAP (*Bilevel positive airway pressure*; IPAP más EPAP) frente a CPAP en el EAP. Ambos modos son igual de eficaces para reducir la necesidad de IET, la mortalidad y la morbilidad, y aunque la BiPAP, consigue resultados positivos en menos tiempo, sin embargo, provoca mayor incidencia de IAM (71% frente a 31%). El autor considera que el uso de CPAP es útil en el tratamiento de EAP, salvo en aquellos casos que cursan con valores elevados de pCO₂, en los que la BiPAP es más eficaz, pero aconsejando evitar su uso en pacientes con cardiopatía isquémica.

• Neumonía extrahospitalaria:

En varios estudios no controlados y en uno reciente controlado (Meduri⁵³ 1996), no se ha demostrado la eficacia de la VMNI en esta patología.

Confalonieri⁵⁴ (1994) establece que los únicos casos en los que puede ser útil es cuando coexiste neumonía extrahospitalaria y EPOC.

• Fracaso respiratorio hipoxémico (FRH):

Se define el FRH aquel que cursa con PO₂/FiO₂ < 200 y frecuencia respiratoria > 35 rpm. Aunque Meduri⁵³ incluye 4 pacientes que cumplen estos criterios, y que se benefician de la VMNI, Wysocki⁵⁵ en un trabajo posterior observa que el fracaso respiratorio que cursa sin retención de pCO₂ responde mal a la VMNI.

Sin embargo, esta afirmación puede cuestionarse cuando se utiliza ventilación asistida proporcional (PAV), como se confirma en un estudio de Patrick⁵⁶ (1996) realizado en 8 pacientes con FRH sin retención de pCO₂ y con criterios de IET en los que esta modalidad logró finalmente evitarla.

En el trabajo de Meduri⁵³, realizado sobre 158 pacientes de los que 41 cumplían criterios de FRH, la VMNI disminuyó la necesidad de IET al 34% y la mortalidad al 22% (y no el 40% como era previsible aplicando el APACHE)

Rocker⁵⁷ (1999), en enfermos con $PO_2/FiO_2 < 102$, consigue disminuir la necesidad de IET al 50% de sus pacientes. En pacientes politraumatizados con FRH, también se han descrito buenos resultados, aunque empeoran notablemente si además del traumatismo se añaden quemaduras extensas.

En un estudio prospectivo, controlado y aleatorizado (Antonelli⁵⁸ 1998) realizado sobre 64 pacientes con FRH en los que se valoraba la VMNI frente a IET, se observó que ésta se realizó sólo en el 35% de pacientes, disminuyendo además las complicaciones sépticas (neumonía, sinusitis), el tiempo de estancia en reanimación (9 días frente a 15 días) y la mortalidad (27% frente a 45%).

En contraste con estos resultados favorables, existe un estudio (Wood⁵⁹ 1998) realizado en una unidad de urgencias respiratorias en pacientes que cumplen criterios de FRH, en los que no sólo no se consigue disminuir la necesidad de IET, sino que además el grupo que recibió VMNI presentó mayor mortalidad. Sin embargo, este trabajo puede criticarse, ya que los pacientes en los que se utilizó la VMNI presentaban peor APACHE, y además en muchos casos se retrasó la IET indebidamente.

- Pacientes inmunocomprometidos:

En los pacientes inmunocomprometidos la invasión de la vía aérea por el tubo endotraqueal puede favorecer el desarrollo de neumonía asociada al respirador.

Meduri⁵³ en 11 pacientes con SIDA y neumonía por *Pneumocisti carinii* obtiene resultados positivos en el 70% de pacientes con VMNI.

Conti⁶⁰ (1998) en pacientes con enfermedades hematológicas que desarrollan FRH, evita la IET en más del 90% de casos, aunque en este estudio no se incluyen enfermos con fracaso de más de 2 órganos, o aquellos que responden mal a la oxigenoterapia.

Antonelli⁶¹ (2000), en un estudio que incluye 40 pacientes trasplantados que desarrollan fracaso respiratorio agudo disminuye la necesidad de IET y la mortalidad (20% frente a 50%) aunque el tiempo de hospitalización fue similar. La probabilidad de desarrollar neumonía nosocomial fue 4 veces menor en los pacientes no intubados.

En dos trabajos recientes, Meert⁶² (2003) y Hilbert⁶³ (2003) confirman la utilidad de la VMNI en pacientes con cáncer (tumores sólidos y hematológicos) que desarrollan insuficiencia respiratoria, observando mayor probabilidad de alta, tanto de la UCI como del

hospital, en relación con la ventilación mecánica con intubación convencional.

- Utilización de VMNI en pacientes con orden de no intubar:

Un tema controvertido es la utilización de VMNI en aquellos pacientes que por sus características se ha decidido no tomar medidas extraordinarias.

Algunos autores defienden su utilización como medio de disminuir la sensación de disnea, mantener la autonomía del paciente y permitir la comunicación con sus familiares. Sin embargo, otros autores consideran su uso como medida extraordinaria de ventilación artificial y por tanto no indicada si se ha dado la orden de no intubar.

- Pacientes postoperados:

Pennock⁶⁴ (1991) comunica menos necesidad de IET en pacientes sometidos a diferentes cirugías que desarrollan fracaso respiratorio agudo (73% frente a 22%).

Tanto la BiPAP como la CPAP reducen el agua pulmonar extravascular en postoperados de cirugía cardíaca³⁵. Además, la VMNI es más efectiva que la CPAP para favorecer la fisioterapia respiratoria postoperatoria tras cirugía coronaria.

También se utiliza con éxito tras cirugía torácica, sin aumentar el número de complicaciones y mejorando el intercambio gaseoso⁶⁵.

En pacientes con obesidad mórbida en los que se ha realizado gastroplastia, el uso de BiPAP (IPAP = 12 y EPAP = 4), mejora el intercambio gaseoso comparado con la aplicación convencional de oxígeno⁶⁶.

- Aplicaciones en pediatría:

Existe poca experiencia en el uso de VMNI en el paciente pediátrico.

Forteberry⁶⁷ (1995) publica una serie retrospectiva de 29 niños, con edades comprendidas entre 1-16 años que se utiliza tras fracaso respiratorio agudo secundaria a neumonía, de ellos sólo 3 requirieron IET. Aunque en niños muy pequeños se puede cuestionar su uso por la necesidad de colaboración del paciente, en la serie anteriormente citada se incluyen niños menores de 5 años que la toleraban bien.

En un estudio realizado en Francia (Fauroux⁶⁸ 2003) sobre el uso de VMNI en el ámbito domiciliario, en pacientes pediátricos, se reclutaron 102 enfermos menores de 18 años, de los cuales el 7% fueron menores de 3 años, 35% se encontraban entre los 4-11 años y el 58% eran mayores de 12 años.

- Facilitación del destete:

La utilización de VMNI para favorecer el destete de

enfermos bajo ventilación mecánica es usada desde hace tiempo pero siempre de forma anecdótica.

Nava⁶⁹ (1998), valora esta hipótesis en un estudio controlado y randomizado que incluye a 50 pacientes intubados con fracaso respiratorio por EPOC reagudizado. A un grupo de estos pacientes se realiza una extubación precoz y se continúa con VMNI con mascarilla facial, mientras que en el otro grupo se sigue los pasos convencionales de extubación. En el grupo de pacientes de VMNI fue más fácil la desconexión (88% frente a 68%), menor el tiempo de ventilación mecánica (10 días frente a 16 días), el tiempo de estancia hospitalaria en reanimación (15 días frente a 24 días) y mayor la supervivencia a los 60 días. Además, en los pacientes con VMNI no se registró ninguna neumonía, mientras que se comunicaron 7 casos en los pacientes con extubación convencional.

En un estudio similar de Girault⁷⁰ (1999) se confirman estos resultados, pero no se observa menor tiempo de estancia en reanimación ni menor mortalidad.

Para que esta técnica tenga éxito es importante seleccionar a los pacientes, escogiendo a aquellos más colaboradores, que puedan realizar la fisioterapia respiratoria y que no tengan dificultad de intubación.

En un trabajo muy reciente, Ferrer⁷¹ (2003) concluye que en los pacientes que no toleran la prueba de respiración espontánea cuando llegan a la fase de retirada de la ventilación mecánica, si se procede a su extubación y se utiliza VMNI, se reduce el tiempo de ventilación invasiva (9,5 días frente a 20,1) y la mortalidad (10% en VMNI y 41% en el grupo control). Sin embargo, estos resultados son cuestionados en parte por Benito⁷², ya que debido al diseño del estudio, un paciente concreto asignado al grupo de VMNI que sólo tenga diaforesis, taquipnea o respiración paradójica puede evolucionar bien una vez extubado, pero si este mismo paciente es asignado al grupo de ventilación mecánica, mientras fracase un solo criterio le imposibilita salir de la ventilación invasiva y puede justificar en parte los 10 días más de ventilación.

La VMNI con fines de destete también es debatida por Keenan⁷³ (2002) ya que contrariamente a sus expectativas, la VMNI no evitaba la reintubación de los pacientes extubados de forma programada en los que empeoraba su situación respiratoria antes de las 48 horas. Concretamente el 79% de los pacientes en el grupo tratado con VMNI (n=39) y el 69% en el grupo de tratamiento convencional (n=42) precisaron reintubación.

Otra posible utilidad de la VMNI es en los casos de fracaso de destete y antes de proceder nuevamente a la IET. Meduri⁵³ en su serie incluye pacientes en esta situación, consiguiendo resolver el problema en el 65% de casos.

VI. Aplicación práctica de la VMNI

Antes de comenzar la VMNI, es conveniente asegurar la colaboración del paciente, explicándole la técnica y los objetivos que se desean conseguir, insistiendo en que el fin último es favorecer su confort.

Dependiendo de la gravedad del cuadro, la VMNI puede aplicarse en la unidades de reanimación y cuidados intensivos (fracaso respiratorio hipoxémico), en salas de hospitalización (EPOC reagudizado, siempre que el pH > 7,30) o incluso en el propio domicilio del paciente (síndrome de apnea sueño, enfermedades neuromusculares...).

Un tema debatido es la utilización de respiradores de ventilación convencional para uso no invasivo o la utilización de aparatos específicos. Los primeros tienen la ventaja de poder generar mayor IPAP y EPAP, incluir una monitorización más exhaustiva y tener mayor número de alarmas. Sin embargo, son más caros, complejos y pueden tener dificultades para compensar las fugas aéreas. Los respiradores específicos por su sistema de "trigger automático" y "rampa programable" ofrecen mayor confort para el paciente y compensan mejor las fugas, aunque en algunos la aceleración del flujo inspiratorio puede ser menor, contribuyendo al aumento del trabajo respiratorio.

Además, debido a que sólo utilizan una tubuladura para la inspiración y espiración, pueden favorecer la retención de CO₂, al menos que se añada una válvula de no reinhalación, que a su vez puede aumentar el trabajo espiratorio.

El intercambio de gases es similar en ambos sistemas, pero cuando se usan niveles bajos de EPAP, aumenta el trabajo respiratorio en los respiradores específicos, presumiblemente porque no pueden contrarrestar el efecto de la auto-PEEP.

El modo de ventilación (limitado por presión o por volumen) no establece diferencias en la efectividad del intercambio gaseoso, aunque es más confortable para el paciente el uso de presión limitada. Sin embargo, la utilización de "trigger de flujo" disminuye el trabajo respiratorio hasta en un 15%, aunque el confort referido por el enfermo es similar usando "trigger de flujo" o de "presión".

Cuando la VMNI sólo se utiliza de forma "nocturna", como en el SAOS, en general, se aceptan bien los sistemas limitados por presión, que además de baratos no incluyen alarmas sofisticadas, lo que en estas situaciones puede suponer una ventaja. Sin embargo, en los pacientes con enfermedades neuromusculares severas, se prefiere respiradores limitados por volumen, que se acompañan de batería que puede ponerse en funcionamiento en caso de apnea, manteniendo la respiración y permitiendo un volumen corriente adecuado aún en casos severos.

Programación inicial del respirador

Algunos autores aconsejan comenzar con IPAP baja (8 cm H₂O) y posteriormente ir aumentando según necesidades. Con ello se pretende dar prioridad al confort del paciente. Sin embargo, en situaciones agudas puede ser necesario comenzar con IPAP elevadas (20 cm H₂O), que luego se disminuyen, con el fin de favorecer el intercambio gaseoso. Cuando se utilizan respiradores limitados por volumen se comienza con volúmenes corrientes de aproximadamente 10-15 ml kg⁻¹. Estas cifras son sensiblemente mayores que en ventilación mecánica convencional puesto que aquí es necesario compensar las fugas.

En los sistemas con tubuladura única siempre es necesario aplicar una EPAP mínima alrededor de 4-6 cm H₂O, para conseguir contrarrestar la auto-PEEP impuesta por el atrapamiento dinámico, presiones menores que estas pueden ser incapaces de disminuir la pCO₂.

El modo inicial de comenzar la VMNI suele ser asistido / control, (espontánea / tiempo), pero el uso rutinario de una frecuencia programada de rescate o de seguridad no está bien establecido. En pacientes con fracaso respiratorio agudo, insuficiencia respiratoria restrictiva y patología neuromuscular, sí parece útil, no así en pacientes con EPOC, ya que el único estudio que ha demostrado su utilidad (Meehan-Jones, 74 1995) no la utilizaba. El protocolo de inicio se resume en la tabla V.

Suplementos necesarios para la VMNI

Aunque al principio se aconsejaba la utilización rutinaria de sonda nasogástrica, actualmente no se considera necesaria, al menos que exista una excesiva aerofagia o presiones anormalmente altas (> 20 cm H₂O).

La humidificación de oxígeno no es necesaria para períodos cortos (menor de 1 día), ya que la vía aérea superior conserva su función de calentamiento y humidificación.

Los modernos respiradores de VMNI suplementan el oxígeno directamente desde el propio sistema, sin embargo, en modelos antiguos, era necesario hacerlo con una fuente de O₂ que se incorporaba a unos orificios añadidos a la mascarilla o incluso de forma aún más artesanal a través de una pieza en T.

• Monitorización

Subjetiva: Se debe preguntar frecuentemente sobre la sensación de fatiga, la posibilidad de descansar, comunicarse, alimentarse y, en definitiva, si ha disminuido el trabajo respiratorio.

Fisiológica: Se debe valorar la frecuencia respiratoria, frecuencia cardíaca, y si existe buena sincronización con el respirador. Algunos pacientes aceptan la

TABLA V
Protocolo de inicio⁵

1. Monitorización adecuada (SpO₂, ECG y TA)
2. Cama incorporada a 45°.
3. Selección del tipo de mascarilla.
4. Selección del tipo de respirador.
5. No presionar excesivamente la mascarilla.
Animar al paciente a sujetar su propia mascarilla.
6. Comenzar con IPAP de 8 -12 cm de H₂O
EPAP de 3 - 5 cm de H₂O
También se puede comenzar con volumen: 10 ml/kg.
7. Ajustar frecuencia de seguridad.
8. Si es necesario, ajustar el "trigger".
9. Aumentar gradualmente las presiones (hasta 20 cm H₂O) y los volúmenes (hasta 15 ml/kg), según tolerancia.
10. Ajustar la FiO₂ para conseguir SpO₂ > 90%.
11. Valorar las fugas. Reajustar la mascarilla si es preciso.
12. Valorar si es necesario una sedación suave.
13. Hacer gasometrías en las dos primeras horas y, después, según sea necesario.

SpO₂: Saturación pulsométrica de oxígeno

ECG: Electrocardiograma

TA: Tensión Arterial

FiO₂: Fracción inspirada de oxígeno

IPAP: *Inspiratory positive airway pressure*

EPAP: *Expiratory positive airway pressure*

VMNI a "tiempo completo", pero otros no. En estas situaciones se puede utilizar de "modo secuencial", alternando la VMNI con la oxigenación convencional, sobre todo en momentos específicos como la hora de comer, la visita de familiares, etc... Es importante observar si sigue siendo necesaria la utilización de la musculatura accesoria para respirar, fundamentalmente del músculo esternocleidomastoideo.

Gasométrica: Es importante en los casos de fracaso respiratorio agudo y fundamentalmente durante las 2-4 primeras horas, ya que si no se obtiene mejoría durante este intervalo de tiempo puede indicar el fracaso de la VMNI, reconsiderando la probabilidad de IET. Pasado este tiempo las gasometrías solo se realizarán si existen cambios significativos.

VII. Efectos adversos y complicaciones de la VMNI

Los efectos adversos más frecuentemente comunicados⁵ como causa del fracaso de la VMNI se exponen en la tabla VI. Otras complicaciones descritas son:

Desadaptación al respirador

En las situaciones que cursan con insuficiencia respiratoria aguda, la causa más frecuente de fracaso es debida a la asincronía entre respirador y paciente, especialmente cuando se utiliza ventilación con presión de soporte. En estas situaciones el soporte programado

TABLA VI
Efectos adversos de la VMNI⁶

Relacionados con la mascarilla	
Disconfort	30-50%
Eritema facial	20-35%
Claustrofobia	5-10%
Ulceraciones nasales	5-10%
Relacionados con el flujo y la presión	
Congestión nasal	20-50%
Otalgia y sinusitis	10-30%
Sequedad de mucosas	10-20%
Irritación ocular	10-20%
Insuflación gástrica	5-10%
Fugas aéreas	80-100%
Complicaciones mayores	
Aspiración	5%
Neumotórax	5%
Hipotensión	5%

VMNI: Ventilación mecánica no invasiva

puede ser mayor que el requerido por el paciente, de manera que cuando el enfermo comienza la espiración, el respirador todavía puede estar alcanzando la presión inspiratoria seleccionada. Si el respirador tiene "trigger" espiratorio detectará el comienzo de la espiración y dejará de ciclar y, si no, seguirá con la inspiración y originará un aumento del trabajo respiratorio. Si el respirador permite seleccionar el tiempo inspiratorio, se recomienda que no exceda 1,5 segundos⁷⁵.

Hipercapnia

Es debido a reinhalación sobre todo en aparatos de una única tubuladura. También puede deberse a una EPAP programada por debajo del nivel necesario para contrarrestar la autoPEEP, por eso se recomienda utilizar unos niveles mínimos de EPAP de 4-5 cm H₂O^{76,77}.

Ateraciones hemodinámicas

La VMNI se tolera bien desde el punto de vista hemodinámico, ya que utiliza bajas presiones (sobre todo si se compara con la ventilación mecánica convencional).

Cuando se compara la ventilación con dos niveles de presión (BiPAP) frente a la CPAP en pacientes con edema agudo de pulmón, se observa mayor incidencia de hipotensión y de IAM cuando se utiliza la primera de ellas. Por eso, en esas situaciones se aconseja comenzar siempre con CPAP, pero si con este modo de ventilación no se consigue mejorar el intercambio gaseoso, se puede recurrir a la BiPAP, siempre que no

se sobrepase un nivel de IPAP de 12 cm de H₂O con una EPAP mínima de 4 cm de H₂O⁵².

VIII. Conclusiones

La VMNI ha demostrado ser una técnica eficaz y relativamente sencilla para el tratamiento de la insuficiencia respiratoria de diferentes etiologías. Además, puede ser una alternativa en algunos pacientes con dificultades para la desconexión de la ventilación mecánica convencional. Sin embargo, para el éxito de esta técnica es imprescindible contar con un equipo suficientemente motivado y correctamente entrenado⁷⁸.

BIBLIOGRAFÍA

1. Woollam CHM. The development of apparatus for intermittent negative pressure respiration. *Anaesthesia* 1976;31(5):666-685.
2. Woollam CHM. The development of apparatus for intermittent negative pressure respiration. *Anaesthesia* 1976;31(4):537-547.
3. Drinker P, Shaw LA. An apparatus for prolonged administration of artificial respiration: Design for adults and children. *J Clin Invest* 1929;7:229-247.
4. Lassen HCA. The epidemic of poliomyelitis in Copenhagen, 1952. *Proc R Soc Med* 1954;47(1):67-71.
5. Mehta S, Hill NS. Noninvasive Ventilation. *Am J Respir Crit Care Med* 2001;163(2):540-577.
6. Navalesi P, Fanfulla F, Frigeiro P, Gregoretti C, Nava S. Phylogenic evaluation of noninvasive mechanical ventilation delivered with three types of masks in patients with chronic hypercapnic respiratory failure. *Chest* 2000;28(6):1785-1790.
7. Kwok H, McCormack, Cece R, Houtchens J, Hill NS. Controlled trial of oronasal versus nasal mask ventilation in the treatment of acute respiratory failure. *Crit Care Med* 2003;31(2):468-473.
8. Antonelli M, Conti G, Pelosi P, Gregoretti C, Pennisi MA, Costa R et al. New treatment of acute hypoxemic respiratory failure: noninvasive pressure support ventilation delivered by helmet—a pilot controlled trial. *Crit Care Med* 2003;30(3):602-608.
9. Pelosi P, Severgnini P, Aspesi M, Gamberoni C, Chiumello D, Fachinetti C et al. Non invasive ventilation delivered by conventional interfaces and helmet in the emergency department. *Eur J Emerg Med* 2003;10(2):79-86.
10. Chiumello D, Pelosi P, Carlesso E, Severgnini P, Aspesi M, Gamberoni C et al. Noninvasive positive pressure ventilation delivered by helmet vs standard face mask. *Intensive Care Med* 2003;29(10):1671-1679. Epub 2003 Jun 12
11. Rasanen J, Heikkila J, Downs J, Nikki P, Vaisanen I, Vitanen A. Continuous positive airway pressure by facemask in acute cardiogenic pulmonary oedema. *Am J Cardiol* 1985;55:296-300
12. Goldberg P, Reissmann H, Maltais F, Ranieri M, Gottfried SB. Efficacy of noninvasive CPAP in COPD with acute respiratory failure. *Eur Respir J* 1995;8(11):1894-1900.
13. Sassoon CSH, Lodia R, Rheeman CH, Kuei JH, Light RW, Mahutte CK. Inspiratory muscle work or breathing during flow-by demand flow and continuous-flow systems in patients with chronic obstructive pulmonary disease. *Am Rev Respir Dis* 1992;145(5):1219-1222.
14. Mitrouska J, Xirouchaki N, Patakas D, Siafakas D, Gerorgopoulos D. Effects of chemical feedback on respiratory motor and ventilatory output during different modes of assisted mechanical ventilation. *Eur Respir J* 1999;13:873-882
15. Jubran A, Van de Graffe WF, Tobin MJ. Variability of patient-ventilator interaction with pressure support ventilation in patients with chronic obstructive pulmonary disease. *Am J Respir Crit Care Med* 1995;152(1):129-136.

16. Younes M, Puddy A, Roberts D, Light RB, Quesada A, Taylor K, et al. Proportional assist ventilation: results of an initial clinical trial. *Am Rev Respir Dis* 1992;145(1):121-129.
17. Patrick W, Webster K, Ludwig L, Roberts D, Wiebe P, Younes M. Noninvasive positive pressure ventilation in acute respiratory distress without prior chronic respiratory failure. *Am J Respir Crit Care Med* 1996;153(6):1005-1001.
18. Gay P, Heil D, Hollets S, Nelson D, Williams P, Hardy W, et al. A randomized prospective trial of noninvasive proportional assist ventilation (PAV) to treat acute respiratory insufficiency (ARI). *Am J Respir Crit Care Med* 1999;159:A14.
19. Zwillich CW, Pirson DJ, Creagh CE, Sutton FD, Petty TL. Complications of prolonged assisted ventilation. *Am J Med* 1974;57:161-170.
20. Colice GL, Stukel TA, Dain B. Laryngeal complications of prolonged intubation. *Chest* 1989;96(4):877-884.
21. Stauffer JL, Silvestri RC. Complications of endotracheal intubation, tracheostomy, and artificial airways. *Respir Care* 1982;27:417-434.
22. Craven DE, Kunches LM, Kilinsky V, Lichtenberg DA, Make BJ, McCabe WR. Risk factors for pneumonia and fatality in patients receiving continuous mechanical ventilation. *Am Rev Respir Dis* 1986;133(5): 792-796.
23. Niederman MS, Ferranti RD, Zeigler A, Merrill W, Reynolds HY. Respiratory infection complicating long-term tracheostomy: the implications of persistent gram-negative tracheobronchial colonization. *Chest* 1984;85(1):39-44.
24. Stauffer JL, Olson DE, Petty TL. Complications and consequences of endotracheal intubation and tracheotomy. A prospective study of 150 critically ill adult patients. *Am J Med* 1981;70(1):65-75.
25. Criner GJ, Tzouanakis A, Kreimer DT. Overview of improving tolerance of long-term mechanical ventilation. *Crit Care Clin* 1994;10(4):845-866.
26. American Thoracic Society. International Consensus Conference in Intensive Care Medicine: Non invasive pressure ventilation in acute respiratory failure. *Am J Respir Crit Care Med* 2001;163:283-291.
27. Evans TW, Albert RK, Angus DC, Bion JF, Chiche JD, Epstein SK et al. Noninvasive positive pressure ventilation in acute respiratory failure: Report of an international consensus conference in intensive care medicine. *Reanimation* 2001; 10: 112-25.
28. Vaisanen IT, Rasanen J. Continuous positive airway pressure and supplemental oxygen in the treatment of cardiogenic pulmonary edema. *Chest* 1987;92(3):481-485.
29. Lin M, Chiang H. The efficacy of the early continuous positive airway pressure therapy in patients with acute cardiogenic pulmonary edema. *J Formos Med Assoc* 1991;90(8):736-743.
30. Masip J, Betbese AJ, Paez NA, Vecilla F, Cañizares R, Padró J, et al. Noninvasive pressure support ventilation versus conventional oxygen therapy in acute cardiogenic pulmonary oedema: a randomised trial. *Lancet* 2000;356(9248):2126-2132.
31. Rasanen J, Vaisanen IT, Heikkilä J, Nikki P. Acute myocardial infarction complicated by left ventricular dysfunction and respiratory failure. The effects of continuous positive airway pressure. *Chest* 1985;87(2):158-162.
32. Fessler HR, Brower R, Wise R, Permutt S. Mechanism of reduced LV afterload by systolic and diastolic positive pleural pressure. *J Appl Physiol* 1988;65(3):1244-1250.
33. Bradley TD, Holloway RM, McLaughlin PR, Ross BL, Walters J, Liu PP. Cardiac output response to continuous positive airway pressure in congestive heart failure. *Am J Respir Crit Care Med* 1992;145(2pt1):337-382.
34. Lenique F, Habis M, Lofaso F, Dubois-Randé JL, Harf A, Brochard L. Ventilatory and hemodynamic effects of continuous positive airway pressure in left heart failure. *Am J Respir Crit Care Med* 1997;155(2):500-505.
35. Gust R, Gottschalk A, Schmidt H, Bottiger B, Bohrer H Martin E. Effects of continuous (CPAP) and bi-level positive airway pressure (BiPAP) on extravascular lung water after extubation of the trachea in patients following coronary artery bypass grafting. *Intensive Care Med* 1996;22:1345-1350.
36. Bollinger CT, Van Eaden SF. Treatment of multiple rib fractures randomized controlled trial comparing ventilation with non ventilatory management. *Chest* 1990;97(12):943-948
37. Petrof BJ, Legaré M, Goldberg P, Milic-Emili J, Gottfried SB. Continuous positive airway pressure reduces work of breathing and dispense during weaning from mechanical ventilation in severe chronic obstructive pulmonary disease. *Am Rev Respir Dis* 1990;141(2):281-289.
38. Montserrat JM, Martos JA, Alarcon A, Celis R, Plaza V, Picado C. Effect of negative pressure ventilation on arterial blood gas pressure and inspiratory muscle strength during exacerbation of chronic obstructive lung disease. *Thorax* 1991;46:6-8
39. Corrado A, Gorini M, Ginanni R, Pelagatti C, Vilella G, Buoncristiano U. Negative pressure ventilation versus conventional mechanical ventilation in the treatment of acute respiratory failure in CPOD patients. *Eur Respir J* 1998;12(3):519-525.
40. Brochard L, Isabey D, Piquet J, Amaro P, Mancebo J, Messadi AA, et al. Reversal of acute exacerbations of chronic obstructive lung disease by inspiratory assistance with a face mask. *N Engl J Med* 1990;323(22):1523-1530.
41. Celikel T, Sungur M, Ceyhan B, Karakurt S. Comparison of non invasive positive pressure ventilation with standard medical therapy in hypercapnic acute respiratory failure. *Chest* 1998;114(6):1436-1642.
42. Angus RM, Ahmed AA, Fenwick LJ, Peacock AJ. Comparison of the acute effects of gas exchange of nasal ventilation and doxapram in exacerbations of chronic obstructive pulmonary disease. *Thorax* 1996;51(10):1048-1050.
43. Brochard L, Mancebo J, Wysocki M, Lofaso F, Conti G, Rauss A, et al. Noninvasive ventilation for acute exacerbations of chronic obstructive pulmonary disease. *N Engl J Med* 1995;333(13):817-822.
44. Plant PK, Owen JL, Elliot MW. Early use of noninvasive ventilation for acute exacerbations of chronic obstructive pulmonary disease on general respiratory wards: a multicenter randomized controlled trial. *Lancet* 2000;335:1931-1935.
45. Fernández J, López Campos JL, Perea-Milla E, Pons J, Rivera R, Moreno A. Metanálisis de la eficacia de la ventilación no invasiva en la exacerbación aguda de la enfermedad pulmonar obstructiva crónica. *Med Clin (Bar)* 2003;120:281-286.
46. Foglio C, Vitacca M, Quadri A, Scalvini S, Marangoni S, Ambrosini N. Acute exacerbation in severe COLD patients. Treatment using positive pressure ventilation by nasal mask. *Chest* 1992;101(6):1533-1538.
47. Barbe F, Togores B, Rubi M, Pons S, Maimo A, Agustí AGN. Noninvasive ventilatory support does not facilitate recovery from acute respiratory in chronic obstructive pulmonary disease. *Eur Respir J* 1996;9(6):1240-1245.
48. Meduri GU, Cook TR, Turner RE, Cohen M, Leeper KV. Noninvasive positive pressure ventilation in status asthmaticus. *Chest* 1996;110(3):767-774.
49. Hodson ME, Madden BP, Steven MH, Tsang VT, Yacoub MH. Non-invasive mechanical ventilation for cystic fibrosis patients- a potential bridge to transplantation. *Eur Respir J* 1991;4(5):524-527.
50. Hofman B, Welte T. The use of noninvasive pressure support ventilation for severe respiratory insufficiency due to pulmonary oedema. *Intensive Care Med* 1999;25(1):15-20.
51. Rusterholz T, Kempf J, Berton C, Gayol S, Tournoud C, Zaehring M et al. Noninvasive support ventilation (NIPSV) with face mask in patients with acute cardiogenic pulmonary edema. *Intensive Care Med* 1999;25(1):21-28.
52. Mehta S, Jay GD, Woolard RH, Hipoma RA, Connelly EM, Cimini DM, et al. Randomized prospective trial of bilevel versus continuous positive pressure in acute pulmonary oedema. *Crit Care Med* 1997;25(4):620-628.
53. Meduri GU, Turner RE, Abou-Shala N, Wunderink R, Tolley E. Noninvasive positive pressure ventilation via face mask. First-line intervention in patients with acute hypercapnic and hypoxemic respiratory failure. *Chest* 1996;109(1):179-193.
54. Confalonieri M, Potena A, Carbone G, Porta RD, Tolley EA, Meduri GU. Acute respiratory failure in patients with severe community acquired pneumonia. A prospective randomized evaluation of noninvasive ventilation. *Am J Respir Crit Care Med* 1999;160(5):1585-1591.
55. Wysocki M, Tric L, Wolff MA, Millet H, Herman B. Noninvasive pressure support ventilation in patients with acute respiratory failure: a randomised comparison with conventional therapy. *Chest* 1995;107(3):761-768.
56. Patrick W, Webster K, Ludwig L, Roberts D, Wiebe P, Younes M. Noninvasive positive-pressure ventilation in acute respiratory distress without prior chronic respiratory failure. *Am J Respir Crit Care Med* 1996;153(3):1005-1011.
57. Rocker GM, Mackenzie M-G, Williams B, Logan PM. Noninvasive pres-

- sure support ventilation: successful outcome in patients with acute lung injury/ARDS. *Chest* 1999;115(1):173-177.
58. Antonelli M, Conti G, Rocco M, Bufi M, DeBlasi RA, Vivino G. A comparison of non-invasive positive-pressure ventilation and conventional mechanical ventilation in patients with acute respiratory failure. *N Engl J Med* 1998;339(7):429-435.
 59. Wood KA, Lewis L, Von Harz B, Kollef MH. The use of noninvasive positive pressure ventilation in the emergency department. *Chest* 1998; 113: 1339-1346.
 60. Conti G, Marino P, Cogliati A, Dell'Utri D, Lappa A, Rosa G et al. Noninvasive ventilation for the treatment of acute respiratory failure in patients with hematologic malignancies: a pilot study. *Intensive Care Med* 1998;24(12):1283-1288.
 61. Antonelli M, Conti C, Bufi M, Costa MG; Lappa A, Rocco M, et al. Noninvasive ventilation for treatment of acute respiratory failure in patients undergoing solid organ transplantation: a randomized trial. *JAMA* 2000;283(2):235-241.
 62. Meert AP, Close L, Hardy M, Berghmans T, Markiewicz E, Sculier JP. Noninvasive ventilation: Application to the cancer patient admitted in the intensive care unit. *Support Care Cancer* 2003;11(1):56-59.
 63. Hilbert G, Gruson D, Vargas F, Valentino R, Gbikpi-Benissan G, Cardinaud JP, Guenard H. Non-invasive ventilation in immunosuppressed patients. *Rev Mal Respi* .2003;20(1 pt 1):33-66.
 64. Pennock BE, Kaplan PD, Carlin BW, Sabangan JS, Magorvern JA. Pressure support ventilation with a simplified ventilatory support system administered with a nasal mask in patients with respiratory failure. *Chest* 1991;100(5):1371-1376.
 65. Aguilo R, Togores B, Pons S, Rubi M, Barbe F, Agusti AGN. Noninvasive ventilator support after lung resectional surgery. *Chest* 1997;112:117-127
 66. Joris JL, Sottiaux TM, Chiche JD, Desaive CJ, Lamy ML. Effects of bilevel positive airway pressure (BiPAP) nasal ventilation on the postoperative pulmonary restrictive syndrome in obese patients undergoing gastroplasty. *Chest* 1997;111(3):665-670.
 67. 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(4):1059-1064.
 68. Fauroux B, Boffa C, Desguerre I, Estournet B, Trang H. Long-term non-invasive mechanical ventilation for children at home: a national survey. *Paediatr Pulmonol* 2003;35(2):119-125.
 69. Nava S, Ambrosino N, Clini E, Prato M, Orlando G, Vitacca M, et al. Noninvasive mechanical ventilation in the weaning of patients with respiratory due to chronic obstructive pulmonary disease: a randomized study. *Ann Intern Med* 1998;128(9):721-728.
 70. Girault C, Daudenthun I, Chevron V, Tamion F, Leonoy J, Bonmarchand G. Noninvasive ventilation as a systematic extubation and weaning technique in acute-on-chronic respiratory failure. *Am J Respir Crit Care Med* 1999;160(1):86-92.
 71. Ferrer M, Esquinas A, Arancibia F, Bauer TT, Gonzalez G, Carrillo A, et al. Noninvasive ventilation during persistent weaning failure: a randomized controlled trial. *Am J Respir Crit Care Med* 2003;168(1):70-6.
 72. Benito Vales S. Ventilación no invasiva en el fracaso del weaning. *Med Intensiva* 2004;28:18-19.
 73. Keenan SP, Powers C, McCormack DG, Block G. Noninvasive positive-pressure ventilation for postextubation respiratory distress: a randomized controlled trial. *JAMA* 2002;287(24):3238-44.
 74. Meechan-Jones DJ, Paul EA, Grahame-Clarke C, Wedzicha JA. Nasal ventilation in acute exacerbations of chronic obstructive pulmonary disease: effect of ventilator mode on arterial blood gas tensions. *Thorax* 1994;49(12):1222-1224.
 75. Calderini E, Confalonieri M, Puccio PG, Francavilla N, Stella L, Gregoratti C. Patient-ventilator asynchrony during noninvasive ventilation: the role of expiratory trigger. *Intensive Care Med* 1999;25(7):662-667.
 76. Kacmarek RM. NIPPV: patient-ventilator synchrony, the difference between success and failure? *Intensive Care Med*. 1999;25(7):645-647
 77. Ferguson GT, Gilmartin M. CO₂ rebreathing during BiPAP ventilatory assistance. *Am J Respir Crit Care Med* 1995;151(4):1126-1135.
 78. Girault C, Briel A, Hellot MF, Tamion F, Woinet D, Leroy J et al. Noninvasive mechanical ventilation in clinical practice: A 2 year experience in a medical intensive care unit. *Crit Care Med* 2003;31(2):552-559.

Test de Autoevaluación

1. En relación con las interfaces usadas en ventilación no invasiva:
 - A) La mascarilla nasal es de elección en insuficiencia respiratoria crónica
 - B) La mascarilla oronasal (facial) se aconseja en insuficiencia respiratoria crónica
 - C) La mascarilla total (careta) es de elección en insuficiencia respiratoria aguda
 - D) La interfaz tipo casco produce menos efectos secundarios que el resto
 - E) La interfaz tipo casco se debe usar con menor soporte de presión
2. La ventilación mecánica no invasiva (VMNI) en modo CPAP:
 - A) Disminuye la presión transmural en ventrículo izquierdo
 - B) Disminuye la postcarga
 - C) Aumenta el gasto cardíaco
 - D) Es de elección en edema agudo de pulmón
 - E) Esta contraindicada en pacientes con EPOC
3. La VMNI está contraindicada en:
 - A) Pacientes con parada cardiorrespiratoria
 - B) Postoperatorio de cirugía abdominal
 - C) Postoperatorio de cirugía facial
 - D) Postoperatorio de cirugía torácica
 - E) Pacientes con cardiopatía isquémica inestable
4. En VMNI:
 - A) Los respiradores que utilizan presión limitada pueden compensar las fugas
 - B) En los respiradores que utilizan presión limitada la frecuencia respiratoria se selecciona en el aparato
 - C) En los respiradores que utilizan presión limitada la relación I: E está determinada por el paciente
 - D) Los respiradores que trabajan con volumen limitado son más eficaces para compensar las fugas
 - E) Los respiradores que utilizan presión negativa no necesitan intubación endotraqueal ni interfaces tipo mascarilla
5. La eficacia de la VMNI se ha confirmado en:
 - A) En pacientes con EPOC reagudizado
 - B) En pacientes con neumonía extrahospitalaria
 - C) En pacientes inmunodeprimidos
 - D) En pacientes con asma
 - E) En pacientes con edema agudo de pulmón

En este test de autoevaluación el lector debe responder según considere las afirmaciones verdaderas (V) o falsas (F). Las respuestas correctas se hallan en la página 114.