

## EFFECTOS PSICOLÓGICOS

El niño sometido a VM puede sufrir importantes alteraciones psicológicas ya que el niño está incómodo, se le somete de forma periódica a maniobras molestas y dolorosas como la aspiración endotraqueal o el cambio de fijación del tubo endotraqueal, se le impide la movilidad y frecuentemente está sujeto de pies y manos y no puede comunicarse verbalmente ni con sus padres ni con el personal sanitario. Por ello, es necesario que se ajuste la sedación para hacer la ventilación lo más cómoda posible, y facilitar en los niños que están conscientes la presencia y comunicación gestual con los padres y personal sanitario.

## BIBLIOGRAFÍA

1. Velasco Jabalquinto M, Ulloa Santamaría E, López-Herce Cid J. Ventilación mecánica. En: López-Herce Cid J, Calvo Rey C, Lorente M, Jaimovich D, Baltodano A, editors. Manual de cuidados intensivos pediátricos. Madrid: Publimed, 2001; p. 620-43.
2. Ruza F, González Garrido M. Modalidades de ventilación artificial en el niño. En: Ruza F, editor. Tratado de Cuidados Intensivos Pediátricos. Madrid: Norma, 1994; p. 381-99.
3. Chatburn RL. Ventilación asistida. En: Blumer JL, editor. Guía práctica de cuidados intensivos en pediatría. Madrid: Mosby, 1993; p. 943-55.
4. Ricard JD, Dreyfuss D, Saumon G. Ventilator-induced lung injury. *Curr Opin Crit Care* 2002;8:12-20.
5. Pinhu L, Whitehead T, Evans T, Griffiths M. Ventilator-associated lung injury. *Lancet* 2003;361:332-40.
6. Pellicer C, Sanchís R, Aragón J. Efectos hemodinámicos de la ventilación artificial. En: Modesto V, editor. Ventilación artificial en el niño críticamente enfermo. Medicina Crítica Práctica. Barcelona: EdikaMed, 2002; p. 1-10.
7. Calvo Rey C. Infección nosocomial: diagnóstico y tratamiento empírico. En: López-Herce Cid J, Calvo Rey C, editors. Manual de cuidados intensivos pediátricos. Madrid: Publimed, 2001; p. 278-87.
8. Garner JS, Jarvis WR, Emori TG, Horan TC, Hughes JM. CDC definitions for nosocomial infections, 1988. *J Infect Control* 1988;16:128-40.
9. Johanson WG Jr, Dever LL. Nosocomial pneumonia. *Intensive Care Med* 2003;29:23-29.
10. Craven DE, De Rosa FG, Thornton D. Nosocomial pneumonia: Emerging concepts in diagnosis, management and prophylaxis. *Curr Opin Crit Care* 2002;8:421-9.

# Ventilación no invasiva

M. Pons Ódena y F.J. Cambra Lasaosa

Unidad de Cuidados Intensivos Pediátricos. Unidad Integrada de Pediatría. Hospital Sant Joan de Déu-Clinic. Universidad de Barcelona. España.

**La necesidad de minimizar la agresividad y las complicaciones de la VM en los pacientes con insuficiencia respiratoria, ha favorecido la reutilización de la VNI, es decir, sin intubación traqueal. Actualmente, la técnica más extendida es la VNIP, que se realiza mediante una mascarilla sujeta con arneses. Esta técnica puede aplicarse con diferentes mascarillas (nasal, buconasal, facial completa) con distintos mecanismos de sujeción. Puede optarse por una gran variedad de respiradores, desde aquellos de uso convencional en las unidades de cuidados intensivos (UCI), a aquellos específicos para VNI, pasando por respiradores convencionales de UCI con módulos de VNI. Así mismo, existen diferentes modalidades ventilatorias en función del respirador (BiPAP,**

**ventilación asistida proporcional, presión de soporte, SIMV, etc.).**

**Sus principales indicaciones son la insuficiencia respiratoria crónica agudizada: enfermedades neuromusculares, fibrosis quística en fase pretrasplante y síndrome de apnea obstructiva del sueño. También está indicada en la insuficiencia respiratoria aguda: neumonía, insuficiencia respiratoria postextubación, estatus asmático, edema agudo de pulmón. Las contraindicaciones principales son la incapacidad de proteger la vía aérea (ausencia de reflejo túsi-geno) y la inestabilidad hemodinámica.**

**Las ventajas de la VNI derivan sobre todo de la eliminación de las complicaciones asociadas a la ventilación invasiva. La VNI no está exenta de inconvenientes. Destacan el**

**Correspondencia:** Dr. M. Pons Ódena.  
Unidad de Cuidados Intensivos Pediátricos.  
Hospital Sant Joan de Déu.  
Pº Sant Joan de Déu, 2. 08950 Esplugues de Llobregat. Barcelona. España.  
Correo electrónico: mpons@hsjdbcn.org

Recibido en abril de 2003.

Aceptado para su publicación en abril de 2003.

mayor requerimiento de atención y trabajo para conseguir una buena adaptación del paciente al respirador. La lesión cutánea por presión en el puente nasal es la secuela más frecuente de la VNI.

**Palabras clave:**

*Ventilación mecánica no invasiva. BiPAP. Niños. Presión de soporte.*

**NONINVASIVE VENTILATION**

Noninvasive ventilation (NIV), i.e. without tracheal intubation, has been reintroduced for the treatment of respiratory failure to reduce the complications of mechanical ventilation. Nowadays, NIV with positive pressure is the preferred method, applied through a mask held in place by a harness. Several masks can be used (nasal, bucconasal, facial) and a variety of means can be used to keep them in place. Many respirators can be selected, ranging from those traditionally used in the intensive care unit (ICU) to specific NIV respirators and conventional ICU respirators with specific software for NIV. Many respiratory modalities can be used according to the respirator (biphasic positive airway pressure [BiPAP], proportional assist

ventilation, pressure support, synchronized intermittent mandatory ventilation [SIMV], etc.).

NIV is mainly indicated in exacerbations of chronic respiratory failure: neuromuscular diseases, pretransplantation cystic fibrosis, and obstructive sleep apnea syndrome. It is also indicated in acute respiratory failure: pneumonia, status asthmaticus, and acute lung edema. The main contraindications are a weakened airway protection reflex (absent cough reflex) and hemodynamic instability.

The advantages of NIV derive mainly from avoiding the complications associated with invasive ventilation. NIV also presents some disadvantages, especially the greater workload involved to ensure good patient adaptation to the respirator. The most common sequelae of NIV are skin lesions due to pressure on the nasal bridge.

**Key words:**

*Non invasive ventilation. BiPAP. Children. Support pressure.*

**INTRODUCCIÓN**

La necesidad de minimizar la agresividad y las complicaciones de las medidas terapéuticas en los pacientes con insuficiencia respiratoria aguda (IRA) o crónica agudizada (IRCA) ha favorecido la reutilización de la VNI, es decir, sin intubación traqueal. La VNI se utilizó hace aproximadamente 40 años con los pacientes que desarrollaban IRA en el curso evolutivo de la poliomielitis, entonces se realizaba ejerciendo una presión negativa sobre la caja torácica con los llamados pulmones de acero. Actualmente, la técnica más extendida es la VNIP, que se realiza mediante una mascarilla (nasal o facial) sujeta con arneses. La aplicación de esta técnica ventilatoria en adultos tiene casi 20 años de evolución, pero su introducción en el paciente pediátrico se inició a mediados de 1990 en Estados Unidos<sup>1-3</sup>.

**MATERIAL NECESARIO**

**Mascarillas**

Existen mascarillas nasales, nasobucales y de cara completa. En adultos se está empezando a utilizar la interfase tipo casco (*Helmet*) (figs. 1 y 2).

La mascarilla nasobucal es más adecuada para situaciones agudas en que el paciente no pueda respirar sólo por la nariz, pero es más claustrofóbica, con mayor riesgo de aspiración en caso de vómito y menos cómoda para su utilización a largo plazo. La mascarilla facial completa minimiza la posibilidad de fugas, con los mismos inconvenientes que la mascarilla nasobucal. La mascarilla nasal es más cómoda, pero precisa que el paciente mantenga la boca cerrada, pues en caso contrario la compensación de fugas hará intolerable la mascarilla. Existen también interfases que no son propiamente mascarillas como la interfase tipo Adams, que se acopla en las fosas nasales y se apoya sobre el vértice craneal (fig. 3) evitando producir apoyo sobre el puente nasal o el *Helmet* diseñado para adultos (fig. 4).



**Figura 1.** VNI con respirador convencional. Insuficiencia respiratoria hipercápnica en el postoperatorio de escoliosis.



**Figura 2.** VNI con BiPAP Vision. Insuficiencia respiratoria hipoxémica en neumonía.

El material de la mascarilla es variable: la silicona es el componente principal en la mayoría, aunque la adaptación a la cara del paciente puede ser insuficiente. El gel de silicona (modelo Profile®) (fig. 5) tiene la ventaja de ser modelable y permitir un mejor acoplamiento a la nariz del paciente.

### Sistemas de sujeción

La mascarilla puede sujetarse mediante gorros o cinchas. El gorro es más fácil y rápido de colocar, pero la transpiración que permite es menor y resulta incómodo en verano. Las cinchas precisan de un mayor entrenamiento para el ajuste adecuado, pero son menos calurosas.

### Respirador

#### Respiradores de VNI y convencionales

Respiradores de ventilación no invasiva (compensan fugas, fáciles de usar y programar, transportables, permiten uso domiciliario, permiten pocas modalidades, no todos tienen oxígeno incorporado, sólo algunos permiten monitorización). Existen modelos ciclados por presión (BiPAP Respronics) y por volumen (Breas, O'nyx).

Respiradores convencionales (no compensan fugas, no se sincronizan bien con el paciente, no suelen tener posibilidad de uso domiciliario, permiten más modalidades y posibilidad de monitorización).

#### Administración de oxígeno. Aerosoles y humidificación

El oxígeno se administra en aquellos respiradores que no lleven toma incorporada, en la parte proximal de la tubuladura mediante una pieza en "T". En algunas mascarillas (Respronics®) puede administrarse conectando la línea de oxígeno en unos orificios de la mascarilla pero se producen turbulencias. La humidificación puede realizarse con tubuladuras especiales con trampa de agua que permiten intercalar un humidificador. En cuanto a los aerosoles pueden administrarse intercalando dispositivos de aerosolización en los circuitos de las tubuladuras con válvula espiratoria (respiradores volumétricos).

### MODALIDADES DE VENTILACIÓN NO INVASIVA

Existen diversas modalidades de ventilación no invasiva: CPAP, BiPAP y ventilación asistida proporcional.

#### CPAP

Se genera un nivel de presión positiva en la vía aérea mediante un flujo continuo, siendo la respiración del paciente espontánea. Su utilidad está casi limitada a pacientes con apneas (prematuros, lactantes con bronquiolitis) y en el edema pulmonar cardiogénico. También se utiliza



Figura 3. Mascarilla tipo Adams.



Figura 4. Interfase tipo Helmet.



Figura 5. Mascarilla nasal con gel de silicona (Profile®).

en niños con síndrome de apnea obstructiva (SAOS), como en los adultos. Se puede administrar mediante un tubo nasofaríngeo conectado a respirador convencional, o mediante un flujo continuo a través de una cánula de Benveniste o de cánulas nasales sujetas con arnés ("Infant flow system").

## BiPAP

Modalidad de presión producida mediante una turbina que administra dos niveles de presión (IPAP durante la inspiración y EPAP durante la espiración) y que permite la sincronización con la respiración espontánea del paciente mediante un *trigger* de flujo muy sensible, así como la compensación de las fugas alrededor de la mascarilla. Es la modalidad de uso más generalizado para todo tipo de pacientes y situaciones clínicas.

## Ventilación asistida proporcional

Modalidad asistida en la que se programa una proporción de ayuda al esfuerzo inspiratorio del paciente; de esta manera, el paciente recibe una presión de soporte proporcional a sus necesidades en cada ciclo respiratorio. La ventilación asistida proporcional es la modalidad ventilatoria más moderna, recientemente incorporada en adultos con buenos resultados.

## PARÁMETROS A FIJAR

A continuación se detallan las características básicas de la programación de los dos modelos de respirador más utilizados para VNI, así como la programación más adecuada para el uso de ventiladores convencionales.

## Programación del BiPAP S/T

### Modalidades

1. *S (espontánea)*. El paciente realiza todas las respiraciones.
2. *S/T (espontánea/programado)*. El respirador garantiza un mínimo de respiraciones si la frecuencia respiratoria del paciente desciende por debajo del valor programado.
3. *T (programada)*. El respirador administra el número de respiraciones programadas.

### Parámetros iniciales

1. IPAP: 8 cmH<sub>2</sub>O.
2. EPAP: 4 cmH<sub>2</sub>O.
3. % IPAP aproximadamente 33% (relación 1: 2) (en S/T o T).
4. Frecuencia respiratoria (en S/T o T).

### Parámetros diana

1. IPAP: 14-20 cmH<sub>2</sub>O. Ascenso de 2 en 2 cmH<sub>2</sub>O.
2. EPAP: 4-6 cmH<sub>2</sub>O. Ascenso de 1 en 1 cmH<sub>2</sub>O.

## Programación del BiPAP Vision

### Modalidades

1. CPAP.
2. S/T: el respirador garantiza un mínimo de respiraciones si la frecuencia respiratoria del paciente desciende por debajo del valor programado. En las respiraciones espontáneas le administra una presión de soporte igual hasta llegar a la IPAP.
3. PAV: el respirador administra una presión de soporte variable de acuerdo con el esfuerzo respiratorio del paciente.

### Parámetros iniciales

Al inicio se debe realizar una prueba del orificio espiratorio de la tubuladura.

1. IPAP: 8 cmH<sub>2</sub>O (sólo en la modalidad de BiPAP).
2. EPAP: 4 cmH<sub>2</sub>O (es el valor mínimo posible).
3. % IPAP aproximadamente 33% (relación 1:2).
4. Frecuencia respiratoria (sólo en la modalidad de BiPAP).
5. Tiempo de rampa: 0,4 s en niños (más lento cuanto menor sea el niño).
6. FiO<sub>2</sub>.

Las diferencias respecto al BiPAP-S/T son:

1. Permite regular con precisión la concentración de FiO<sub>2</sub>.
2. Permite regular la rapidez de entrada de flujo inspiratorio desde 0,05 a 0,4 s (rampa) lo que facilita la adaptación a los niños más pequeños.
3. Tiene monitorización gráfica de curvas de presión, volumen y flujo.
4. Permite la monitorización de la frecuencia respiratoria, volumen corriente, volumen minuto y volumen de fugas.
5. Tiene alarmas de volumen minuto.

## Programación del respirador convencional

En aquellos centros en que no se disponga de respiradores específicos para VNI, se utilizarán los respiradores convencionales.

### Modalidad

Puede programarse en cualquier modalidad, aunque se recomienda la modalidad de presión-control, a pesar de que la sincronización no es óptima en pacientes muy taquipneicos y no realiza compensación de fugas. En la modalidad de presión-soporte, las fugas comportan un alargamiento del tiempo inspiratorio (TI) puesto que en esta modalidad, el TI no finaliza hasta alcanzar la presión programada. De esta forma, el paciente inicia la espiración en contra del respirador con el consiguiente incremento del trabajo respiratorio, causando descoordinación y fracaso de la técnica. Este inconveniente puede

evitarse en los respiradores en los que se puede fijar un tiempo máximo de presión de soporte.

### Parámetros iniciales

1. Sensibilidad al máximo, a ser posible con disparo de flujo (evitando el autociclado).

2. Ajustar la frecuencia respiratoria:

a) Al máximo: frecuencia parecida a la del paciente y sincronizar.

b) Al mínimo: permitir el ritmo respiratorio del paciente.

3. En caso de fugas elevadas, puede añadirse un flujo de oxígeno al asa espiratoria para engañar a la alarma de bajo volumen minuto y apnea.

Algunos respiradores convencionales de última generación, disponen de una modalidad específica de VNI (Evita 2 Dura<sup>®</sup>, Evita4<sup>®</sup>, Galileo<sup>®</sup>, etc.)

### VENTILACIÓN NO INVASIVA EN EL PACIENTE AGUDO

#### Insuficiencia respiratoria hipercápnica

1. *Mascarilla.* La mascarilla nasal es bien tolerada, pero necesita de un proceso de adaptación dado que el paciente tiene que mantener la boca cerrada para evitar las fugas en el circuito. Este proceso de adaptación acostumbra a ser lento, aunque puede oscilar entre sólo unos minutos y varios días.

2. *Respirador.* Como opción preferida se utilizan respiradores de presión que administren 2 niveles de presión de forma sincronizada con la respiración del paciente (presión inspiratoria- IPAP, presión espiratoria- EPAP).

3. *Programación.* Parámetros iniciales: IPAP; 8 cmH<sub>2</sub>O; EPAP; 2-4 cmH<sub>2</sub>O. Incrementos progresivos de 2 en 2 cm de IPAP, una vez conseguida la tolerancia a la mascarilla, hasta alcanzar una IPAP entre 14-20 cm. En pacientes con atelectasia se recomienda elevar la EPAP hasta 5-7 cmH<sub>2</sub>O.

#### Insuficiencia respiratoria hipoxémica

1. *Indicación.* La adaptación lenta en el niño limita el uso de esta técnica en la insuficiencia respiratoria aguda hipoxémica; a pesar de todo, en el adolescente colaborador puede utilizarse con éxito, evitándose la intubación.

2. *Mascarilla.* Modelo buconasal que se adapte mejor a la cara del paciente (Resmed, Respiroics<sup>®</sup>), o en pacientes adolescentes el modelo facial completo (Respiroics<sup>®</sup>), aunque algunos autores consiguen buenos resultados con mascarilla nasal<sup>1</sup>.

3. *Respirador.* La elección ideal es un respirador de VNI con toma de oxígeno (p. ej., BiPAP Vision<sup>®</sup>), o respiradores convencionales con módulo de VNI. En caso de disponer de un BiPAP S/T 30 puede administrarse oxígeno en una entrada en la parte proximal de la tubuladura,

siempre que las necesidades de oxígeno sean inferiores al 60%.

4. *Programación.* Respiradores de ventilación no invasiva: parámetros iniciales: IPAP, 10 cmH<sub>2</sub>O; EPAP, 4 cmH<sub>2</sub>O; incrementos de IPAP de 2 en 2 cm. La IPAP eficaz oscila entre 10 y 16 cmH<sub>2</sub>O, siendo entre 10-14 los valores mejor tolerados. La EPAP recomendada oscila entre 5-7 cmH<sub>2</sub>O. En adultos se está empezando a utilizar en el manejo del síndrome de dificultad respiratoria aguda (SDRA) la interfase tipo casco (Helmet) que permite administrar 10-12 cm de EPAP.

5. *Respiradores convencionales.* La modalidad ventilatoria mejor tolerada es la presión control con una frecuencia respiratoria ajustada a la que realiza de forma espontánea el paciente.

### MONITORIZACIÓN Y VIGILANCIA

Los parámetros que se deben vigilar y monitorizar durante la VNI son los siguientes:

1. Frecuencia respiratoria.
2. VC administrado.
3. Volumen de fugas.
4. *Score* de dificultad respiratoria.
5. Presencia de distensión abdominal.
6. Pulsioximetría.
7. Control gasométrico (CO<sub>2</sub>).
8. Respuesta clínica: la respuesta clínica suele producirse en la primera hora, reduciéndose la taquipnea y el tiraje o bien, en caso contrario, precipitándose la intubación por el incremento de trabajo respiratorio inducido por la desadaptación a la VNI.

### VENTAJAS

Las ventajas de la VNI derivan sobre todo de la eliminación de las complicaciones asociadas a la ventilación mecánica convencional (barotrauma, neumonía asociada al ventilador, lesiones laringotraqueales, traqueítis necrosante, polineuropatía asociada al uso de paralizantes musculares, etc.). Así pues, supone un nuevo paradigma que rompe el axioma por el cual todo paciente con insuficiencia respiratoria grave precisa intubación traqueal y conexión a un respirador.

En su uso domiciliario, en pacientes neuromusculares, se ha demostrado una mejoría en la calidad de vida. Con ello mejora el descanso nocturno, disminuye la tasa de complicaciones respiratorias, y el número de ingresos hospitalarios<sup>4-7</sup>. Posiblemente en pocos años se podrá demostrar también una prolongación de la vida media de este grupo de pacientes.

### INCONVENIENTES Y COMPLICACIONES

La ventilación no invasiva no está exenta de inconvenientes<sup>8</sup>. Dentro de los más frecuentes es el mayor requerimiento de atención y trabajo sobre el paciente para

ajustar la mascarilla, minimizar las fugas y así conseguir una buena adaptación al respirador. Otro inconveniente, a veces difícil de salvar, es la carencia del material adecuado, como respiradores específicos de VNI, modelos de mascarilla, etc., lo cual conduce a una tasa de éxito menor y también a una pérdida de confianza en la técnica. Finalmente, en el paciente pediátrico existen muchas variables (edad, variedad de patología, etc.) que limitan su uso a un número relativamente pequeño de pacientes con insuficiencia respiratoria, dificultando la adquisición de experiencia para manejo de pacientes complejos.

Las complicaciones asociadas a la VNI se dividen en dos grupos: relacionados con la mascarilla y relacionados con la presión en la vía aérea.

## Relacionadas con la mascarilla

### Intolerancia

Suele ser causada por el incremento de flujo secundario a la compensación de fugas.

También puede deberse a alteraciones neurológicas secundarias a la hipercapnia-hipoxemia o la sensación de claustrofobia. El ajuste adecuado de la mascarilla, o el cambio a otro tipo de mascarilla que sea más adecuado al perfil del paciente, solucionarán la mayor parte de las intolerancias. En paciente angustiados puede utilizarse durante las primeras horas sedación intravenosa continua con midazolam o propofol en dosis bajas.

### Dermatitis irritativa

Se produce en la zona de apoyo de la mascarilla. Puede conducir a necrosis cutánea en el puente nasal. Es la complicación más frecuente en los pacientes que precisan VNI de forma continua. La prevención se basa en la interposición de apósitos especiales anti-escaras, la alternancia de dos modelos de mascarilla diferente o el uso de una mascarilla tipo Adams (apoyo directo sobre las fosas nasales) (v. fig. 3).

### Conjuntivitis irritativa

La fuga de aire por los bordes laterales de la mascarilla puede causar irritación conjuntival. Su prevención y tratamiento es el ajuste adecuado de la mascarilla o el cambio a un modelo con perfil más acorde con la cara del paciente.

### Hipercapnia

El uso de un circuito de una sola rama en los ventiladores específicos de VNI, y de mascarillas faciales con un importante espacio muerto, condicionan un riesgo de hipercapnia durante la VNI. Para evitarla se recomienda el uso de la mascarilla con menor espacio muerto posible. Existen válvulas que, intercaladas en el circuito, tienen una mayor capacidad de eliminar CO<sub>2</sub>. Se debe recordar que una EPAP por debajo de 4 cm no garantiza, en

los circuitos de fuga controlada, la eliminación del aire espirado, lo cual podría causar hipercapnia por *rebreathing*.

## Relacionadas con la presión en la vía aérea

*Distensión gástrica.* Esta complicación suele presentarse sólo con presiones inspiratorias superiores a 25 cmH<sub>2</sub>O, aunque en pacientes neuromusculares puede presentarse con presiones inferiores a 20 por la debilidad de la musculatura diafragmática. El riesgo asociado de vómito hace que sea una complicación potencialmente grave. Para prevenirla se recomienda usar la presión mínima efectiva para ventilar al paciente. Algunos autores minimizan esta complicación administrando fármacos contra la aerofagia (Aerored® o similares) y recomendando la posición de decúbito lateral izquierdo durante la ventilación.

*Aspiración alimentaria.* En los pacientes que mantienen una ingesta oral o por sonda nasogástrica existe el riesgo del vómito y aspiración alimentaria, sobre todo en aquellos portadores de mascarilla facial. Para disminuir el riesgo se recomienda, en la VNI intermitente, no realizar VNI durante las 2 h postingesta. En aquellos pacientes que precisen VNI continua y estén alimentados por sonda enteral se recomienda el débito continuo asociando procinéticos. Aunque la sonda transpilórica no reduce la tasa de reflujo puede ser útil.

*Hiperinsuflación pulmonar.*

*Herniación orbitaria.* Está descrita, de forma excepcional, en pacientes con fractura etmoidal en los que se produce una comunicación con la fosa orbitaria<sup>9</sup>.

## INDICACIONES

Las indicaciones de la VNI en pediatría se observan tanto en la fase aguda en el ámbito hospitalario como de forma continua en el domicilio.

### Insuficiencia respiratoria aguda

Dentro de las aplicaciones en los pacientes pediátricos críticos (tabla 1)<sup>9,10</sup>, destaca especialmente su utilidad en el rescate de pacientes con hipodinamia en el período inmediato postextubación con alto riesgo de reintubación, como por ejemplo los pacientes neuromusculares tras intervención correctora de escoliosis. También se ha establecido su utilidad en la fase pretrasplante de los pacientes afectados de fibrosis quística. Respecto a la insuficiencia respiratoria hipoxémica los resultados suelen ser peores, pero en adolescentes colaboradores se puede conseguir evitar la intubación; en este aspecto, la VNI durante la fase precoz de la insuficiencia respiratoria aguda en pacientes oncológicos puede convertirse en una posibilidad terapéutica.

### Insuficiencia respiratoria crónica

La VNI domiciliar está dirigida sobre todo a pacientes con enfermedades neuromusculares que favorecen los

**TABLA 1. Indicaciones de la ventilación no invasiva en pediatría**

<p><i>Insuficiencia respiratoria crónica agudizada</i>            Enfermedades neuromusculares: atrofia espinal, enfermedad de Duchenne            Fibrosis quística: fase pretrasplante            SAOS</p> <p><i>Insuficiencia respiratoria aguda hipoxémica</i>            Neumonía (<i>Pneumocystis</i>, <i>Legionella</i>)            Insuficiencia respiratoria postextubación            Estatus asmático            Edema agudo de pulmón            Insuficiencia respiratoria en paciente oncológico</p>
--

SAOS: Síndrome de apnea obstructiva del sueño.

**TABLA 2. Indicaciones de ventilación no invasiva domiciliar en pacientes neuromusculares**

<p>Atelectasias/neumonías de repetición            Capacidad vital &lt; 40%            Disminución del 25% de la capacidad vital en decúbito            SatHb &lt; 95% diurna sin patología respiratoria aguda            Registro pulsioximétrico nocturno patológico            SatHb inferior a 90% &gt; a 1 h            Episodios de bradicardia secundarios a desaturación</p>
--

**TABLA 3. Contraindicaciones de la ventilación no invasiva**

<p>Ausencia de reflejo de tos o nauseoso            Secreciones respiratorias abundantes            Parálisis de cuerdas vocales            Neumopatía bullosa            Neumotórax            Inestabilidad hemodinámica            Traumatismo craneoencefálico con neuromoéalo o rinoliquorraquia            Agitación o falta de colaboración del paciente para mantener la mascarilla            Infección sinusal/ótica (contraindicación temporal)</p>
--

problemas respiratorios repetidos. En el paciente con patología neuromuscular, la hipodinamia es la causante de aparición de atelectasias, siendo el riesgo superior durante la noche al disminuir el impulso voluntario de la respiración, y generarse un volumen corriente inferior. Como es lógico, este problema se acentúa en presencia de infecciones respiratorias, pues la producción de moco junto con un menor drenaje de éste, facilita la impactación del moco en la vía aérea. Así pues, parece claro el avance que representa una técnica que asegure un VC adecuado mientras el paciente duerme y presenta riesgo de hipoventilar. La aplicación nocturna de una asistencia ventilatoria domiciliar permite al paciente disfrutar de

un período de sueño correcto<sup>7</sup>, mantener una autonomía durante el día y minimizar el riesgo de aparición de lesiones en el puente nasal por el uso continuo de la mascarilla. La aplicación durante el día puede ser necesaria en situaciones puntuales como infecciones respiratorias o cuando se instaura un deterioro secundario a defectos de la caja torácica (cifoescoliosis). En estos pacientes, la VNI está indicada cuando presentan criterios de insuficiencia crónica respiratoria hipercápnica (tabla 2) con empeoramiento nocturno confirmado por registro de frecuencia cardíaca, respiratoria y pulsioximetría<sup>9</sup>.

Los niños con SAOS secundario a malformaciones craneofaciales que no mejoran con adenoidectomía, pueden requerir VNI de forma crónica. También pueden requerir VNI en el período perioperatorio inmediato, o cuando sufren sobreinfecciones respiratorias.

## CONTRAINDICACIONES

La tabla 3 recoge las contraindicaciones de la VNI. La alteración de conciencia profunda con ausencia del reflejo de tos e incapacidad de eliminación de secreciones, la inestabilidad hemodinámica, la insuficiencia respiratoria grave con neumotórax y las complicaciones locales son las contraindicaciones más importantes<sup>9,10</sup>.

## BIBLIOGRAFÍA

1. Padman R, Lawless ST, Von Nessen S. Use of BIPAP by nasal mask in the treatment of respiratory insufficiency in pediatric patients: Preliminary investigation. *Pediatric Pulmonol* 1994;17: 119-23.
2. Padman R, Lawless ST, Kettrick RG. Noninvasive ventilation via bilevel positive airway pressure support in pediatric practice. *Crit Care Med* 1998;26:169-73.
3. Fortenberry JD, Del Toro J, Jefferson LS, Evey L, Haase D. Management of pediatric acute hypoxemic respiratory insufficiency with bilevel positive pressure (BiPAP) nasal mask ventilation. *Chest* 1995;108:1059-64.
4. Netzer N, Werner P, Korinthenberg R, Matthys H. Nasal BIPAP respiration with controlled respiratory mode in neuromuscular diseases and severe kyphoscoliosis. *Pneumologie* 1995;49 (Suppl 1):161-4.
5. Díaz-Lobato S, Dorgham A, García Tejero MT, Redondo MA, Echevarri C, Martínez J, et al. Home mechanical ventilation by nasal mask in a patient with Duchenne's disease. *Rev Neurol* 1996;24:562-3.
6. Nirajan V, Bach JR. Noninvasive management of pediatric neuromuscular ventilatory failure. *Crit Care Med* 1998;26:2061-5.
7. Guilleminault C, Philip P, Robinson A. Sleep and neuromuscular disease: Bilevel positive airway pressure by nasal mask as a treatment for sleep disordered breathing in patients with neuromuscular disease. *J Neurol Neurosurg Psychiatry* 1998;65: 225-32.
8. Hill NS. Complications of noninvasive ventilation. *Respir Care*. 2000;45:480-1.
9. García Teresa MA, Martín Barba C. Ventilación no invasiva. En: López-Herce J, Calvo C, Lorente M, Jaimovich D, editores.

Manual de Cuidados Intensivos Pediátricos. Madrid: Publimed, 2001; p. 655-60.

10. Raposo G, Correia M. Ventilación mecánica no invasiva. En: Ruza F, editor. Tratado de cuidados intensivos pediátricos. Madrid: Norma-Capitel, 2003; p. 690-5.

11. Fortenberry JD. Noninvasive ventilation in children with respiratory failure. Crit Care Med 1998;26:2095-96.

12. Padman R, Nadkarni VM. Noninvasive nasal mask positive pressure ventilation in a pediatric patient with acute hypoxic respiratory failure. Pediatr Emerg Care 1996;12:44-7.

## Ventilación de alta frecuencia

F. Martín-Torres<sup>a</sup>, I. Ibarra de la Rosa<sup>b</sup>, M. Fernández Sanmartín<sup>a</sup>, E. García Menor<sup>b</sup> y J.M. Martín Sánchez<sup>a</sup>

<sup>a</sup>Servicio de Críticos y Urgencias Pediátricas. <sup>a</sup>Hospital Clínico Universitario de Santiago de Compostela.

<sup>b</sup>Hospital Universitario Reina Sofía. Córdoba. España.

En la era de las estrategias de ventilación protectoras para el pulmón, la ventilación de alta frecuencia oscilatoria (VAFO) ha logrado un interés renovado, y su uso ha aumentado de manera significativa en las unidades de cuidados intensivos neonatales y pediátricas. La VAFO es capaz de disminuir el daño pulmonar inducido por la ventilación, limitando la incidencia de volutrauma, atelectrauma, barotrauma y biotrauma. Durante la VAFO, se logra una oxigenación y una ventilación adecuadas, utilizando volúmenes corrientes bajos y pequeños cambios de presión, a frecuencias suprafsiológicas. Al contrario que otros modos de ventilación de alta frecuencia, la VAFO tiene una fase espiratoria activa. La VAFO constituye un modo de ventilación seguro y eficaz en el tratamiento de pacientes pediátricos con insuficiencia respiratoria refractaria a la ventilación mecánica convencional optimizada, con mejores resultados cuando se inicia precozmente. Por otro lado, el uso electivo de VAFO requiere más estudios que precisen sus beneficios sobre los modos convencionales de VM y que justifiquen su uso habitual como tratamiento de primera línea. El Grupo de Trabajo Respiratorio de la Sociedad Española de Cuidados Intensivos Pediátricos revisa en este trabajo los principales aspectos de la aplicación pediátrica de la VAFO. Además, establece un protocolo general práctico y estrategias específicas de tratamiento, monitorización, cuidados del paciente y otros aspectos peculiares, del uso de la VAFO en el contexto pediátrico.

### Palabras clave:

Ventilación de alta frecuencia. Niños. Estrategia ventilatoria protectora pulmonar. Ventilación mecánica. Insu-

ficiencia respiratoria. Unidades de Cuidados Intensivos Pediátricos.

### HIGH-FREQUENCY VENTILATION

In the era of lung-protective ventilation strategies, high frequency oscillatory ventilation (HFOV) has attracted renewed interest and its use has dramatically increased in neonatal and pediatric intensive care units. HFOV is able to reduce ventilator-induced lung injury by limiting the incidence of volutrauma, atelectrauma, barotrauma and biotrauma. During HFOV, adequate oxygenation and ventilation is achieved by using low tidal volumes and small pressure swings at supra-physiologic frequencies. Unlike other high-frequency ventilation modes, HFOV has an active expiration phase. HFOV constitutes a safe and successful ventilation mode for managing pediatric patients with respiratory insufficiency refractory to optimized conventional mechanical ventilation and provides better results when initiated early. However, the elective use of HFOV requires further studies to identify its benefits over conventional modes of mechanical ventilation and to support its routine use as a first line therapy. In the present article, the Respiratory Working Group of the Spanish Society of Pediatric Critical Care reviews the main issues in the pediatric application of HFOV. In addition, a general practical protocol and specific management strategies, as well as the monitoring, patient care and other special features of the use of HFOV in the pediatric setting, are discussed.

### Key words:

High-frequency ventilation. Children. Lung protective ventilatory strategies. Mechanical ventilation. Respiratory insufficiency. Pediatric intensive care units.

**Correspondencia:** Dr. F. Martín-Torres.  
Servicio de Críticos y Urgencias Pediátricas.  
Hospital Clínico Universitario de Santiago.  
A Choupana, s/n. 15706 Santiago de Compostela. España.  
Correo electrónico: fedemartinon@hotmail.com

Recibido en abril de 2003.

Aceptado para su publicación en abril de 2003.