

Asistencia ventilatoria no invasiva: Guía para el manejo de pacientes con insuficiencia respiratoria aguda

Dra. Rebeca Paiva⁽¹⁾, Dra. Carolina Campos⁽²⁾, E.U. Pamela Salinas⁽³⁾, Dr. Francisco Prado⁽⁴⁾

1. Neumólogo Pediatra. Hospital Exequiel González Cortés.

2. Becada Neumología. Universidad de Chile. Hospital Exequiel González Cortés. Hospital Sotero del Río

3. Enfermera Unversitaria. Hospital Josefina Martínez. Programa AVNI, MINSAL-Chile

4. Neumólogo Pediatra. Hospital Josefina Martínez. Profesor Asistente de Pediatría PUC, Programa AVNI, MINSAL-Chile

Resumen

En este capítulo se describen los fundamentos necesarios para entregar ventilación mecánica no invasiva en pacientes con insuficiencia respiratoria aguda. Se discuten los criterios de selección y aspectos teórico- prácticos de su implementación en una guía clínica, con objeto de fomentar su uso en unidades pediátricas de paciente crítico (unidades de cuidados intensivos e intermedios). Se hace énfasis en el equipamiento y monitorización requerida, las complicaciones posibles y los factores asociados al éxito.

Palabras Claves: Ventilación mecánica no invasiva, insuficiencia respiratoria aguda, guía clínica.

INTRODUCCIÓN

La ventilación no invasiva (VNI) se usó inicialmente en pacientes con síndrome de apneas obstructivas del sueño (SAOS) y en forma posterior como tratamiento de los síndromes de hipoventilación nocturna en patologías crónicas, principalmente en pacientes con enfermedades neuromusculares y cifoescoliosis.⁽¹⁾

La razón para su uso en el paciente agudo es evitar la intubación endotraqueal, con los riesgos asociados de daño de la vía aérea, barotrauma y neumonía asociada a ventilación mecánica. En adultos se ha descrito su utilidad en IR aguda hipoxémica e hipercapnica, agudizaciones de enfermedad pulmonar obstructiva crónica (EPOC), edema pulmonar cardiogénico, asma agudo y en la salida de la ventilación mecánica invasiva (VMI). En estas condiciones se ha demostrado una menor tasa de complicaciones en relación a la ventilación mecánica invasiva (VMI) y su utilidad en la disminución de la mortalidad, días de hospitalización y baja frecuencia de complicaciones respecto al grupo con manejo convencional sin apoyo ventilatorio.⁽²⁻⁶⁾ En pediatría se ha descrito su beneficio en agudizaciones de pacientes con enfermedades neuromusculares y fibrosis quística, en IR aguda excluyendo el síndrome de distress respiratorio agudo (SDRA) y en asma agudo.⁽⁷⁻¹³⁾ Existe menos información en situaciones de edema pulmonar no cardiogénico.^(14,15)

Actualmente, es cada vez mayor su uso en unidades de paciente crítico en niños con morbilidad aguda, aún cuando

los criterios de selección y resultados han sido frecuentemente establecidos mediante estudios retrospectivos o series clínicas pequeñas, la mayoría de las veces, en pacientes crónicos con descompensaciones agudas.^(11,16) No existen estudios que comparen los beneficios de la VNI con la ventilación mecánica invasiva, más aún cuando el resultado a evaluar es la disminución de la tasa de intubación.^(7,17) Incluso se ha relativizado su utilidad, mencionando que su efecto pudiese sólo retardar el inicio de la VMI.⁽⁷⁾

Para establecer la VNI en pacientes con IR aguda se requiere una vía aérea permeable, una situación hemodinámica estable y ausencia de compromiso sensorial.⁽⁸⁻¹⁰⁾ Con estos criterios se ha reportado disminución de los días de hospitalización y una proporción de fracaso < del 30%, definida como la necesidad de intubación.⁽¹⁷⁾ La mortalidad observada ha sido < del 10%.⁽⁹⁾ Del mismo modo la VNI ha sido útil en el retiro de la ventilación mecánica invasiva, disminuyendo la falla de extubación, especialmente en unidades de neonatología.^(18,19) En el caso de pacientes con asma grave los estudios muestran resultados dispares, posiblemente dado lo heterogéneo en la selección de pacientes.^(12,13) Por lo tanto el universo de los niños, con IR aguda, que puede beneficiarse con VNI, no está aún claramente establecido.

En Chile, en los últimos años ha aumentado el uso de VNI en niños con IR aguda. Una encuesta reciente que consulta sobre el uso de VNI en las unidades de cuidados intensivos del país, señala que el 81% de los centros la emplea. Sin embargo, el 55% de ellos no posee criterios de inicio, retiro y fracaso.⁽²⁰⁾ Lo que pone en evidencia que las estrategias para proporcionar VNI en nuestro medio son heterogéneas.

En conocimiento de esta realidad y frente al hecho que las claves para el éxito de la VNI en pacientes con IR aguda son

Correspondencia: Dra. Rebeca Paiva. Neumólogo Pediatra. Hospital Exequiel González Cortés. Email: rebpai@gmail.com

los criterios de selección, monitorización adecuada, disponibilidad del material necesario, experiencia del equipo tratante y contar con protocolos consensuados, proponemos la siguiente guía clínica.

CRITERIOS DE SELECCIÓN

Para la selección de los pacientes es importante considerar los beneficios y objetivos de la VNI factibles de conseguir en pacientes con IR aguda, precisando el escenario y monitorización requerida.

Las ventajas más importantes de la ventilación mecánica no invasiva son:

1. El paciente puede hablar y alimentarse.
2. Mejor tolerada que la ventilación mecánica invasiva.
3. No requiere paralizar o entregar sedación profunda.
4. Fácil de instalar y retirar.
5. Preserva la tos.
6. No invade la vía aérea (Interfases nasales, nasobucales, faciales completas).
7. Puede ser implementada en unidades de cuidados intermedios.

Los objetivos del uso de VNI son:

1. Optimizar el manejo de los pacientes con IR aguda, con un alto perfil de seguridad y eficiencia.
2. Reducir los días de hospitalización y tasas de morbilidad.
3. Disminuir el uso de VMI y/o facilitar el proceso de extubación.
4. Reducir las complicaciones de la VMI.
5. Optimizar el poder resolutivo de la red asistencial.
6. Lograr una apropiada definición de roles del equipo de salud (médicos, enfermeras, kinesiólogos y técnicos paramédicos).

La VNI en niños con IR aguda debe ser implementada en una unidad de paciente crítico (unidad de cuidado intensivo o intermedio), con personal y monitorización adecuados. Es indispensable tener monitorización no invasiva cardiorrespiratoria y de la saturación de oxígeno (SpO_2).

INDICACIONES

Insuficiencia respiratoria aguda:

- 1.- Neumonía.
- 2.- Crisis asmática / bronquiolitis.
- 3.- Atelectasias.

- 4.- IRA en paciente inmunodeprimido u oncológico.
- 5.- Edema pulmonar cardiogénico y no cardiogénico.
- 6.- Post extubación (para facilitar el weaning o retiro de la VMI y evitar el fallo de la extubación).
- 7.- Apoyo post anestesia.

Insuficiencia respiratoria crónica con exacerbación aguda (neumonía, atelectasias, postoperatorios):

- 1.- Enfermedades neuromusculares: Atrofia Espinal, enfermedad de Duchenne.
- 2.- Cifoescoliosis.
- 3.- Fibrosis quística.
- 4.- Daño pulmonar crónico (displasia broncopulmonar, bronquiolitis obliterante post-viral).

Para seleccionar al paciente, es necesario definir los criterios clínicos y gasométricos que establecen las recomendaciones para el inicio de la VNI

CRITERIOS DE INCLUSIÓN

Uno o más de los siguientes criterios:

- 1.- Dificultad respiratoria moderada a severa establecida por el aumento del trabajo respiratorio (uso de musculatura accesoria) y frecuencia respiratoria mayor al límite superior para la edad.
- 2.- Necesidad de fracción inspirada de oxígeno (FiO_2) > 0.4 y SpO_2 < de 93% o relación entre la PaO_2 y la FiO_2 ($PaFi$) < 200.
- 3.- Hipercapnea con $PaCO_2$ > 45 mmHg , pero pH no inferior de 7,25.
- 4.- Progresión del compromiso pulmonar clínico y radiológico.

La VNI debe ser indicada con precaución, debe existir estricta vigilancia para no retrasar la intubación.⁽⁷⁾ En el grupo de pacientes oncológicos con edema pulmonar, la VNI asociada al tratamiento convencional puede reducir la mortalidad.⁽¹⁵⁾ Del mismo modo, se aconseja la indicación precoz en los pacientes con enfermedad neuromuscular y/o cifoescoliosis toracoabdominal.^(11,16)

CONTRAINDICACIONES

- 1.- Indicación de intubación.
- 2.- Vía aérea inestable.
- 3.- Falla orgánica múltiple.

- 4.- Inestabilidad hemodinámica.
- 5.- Compromiso agudo de conciencia (Glasgow < 10).
- 6.- Neumotórax o neumomediastino.
- 7.- Ausencia de reflejo de tos o nauseoso.
- 8.- Vómitos.
- 9.- Incapacidad de manejar secreciones.
- 10.- Alto riesgo de aspiración.
- 11.- Cirugía, trauma o deformidad facial.
- 12.- Intolerancia al método.

Predictores de éxito en insuficiencia respiratoria aguda^(9,17)

- 1.- Menor severidad de enfermedad (PRIMS).
- 2.- Paciente cooperador, ausencia compromiso sensorial.
- 3.- Apropiaada sincronía paciente-ventilador.
- 4.- Menor fuga de aire.
- 5.- Hipercapnia sin acidosis respiratoria severa (pH >7,25).
- 6.- Mejoría oxigenación, requerimientos de oxigenoterapia, frecuencia cardiaca y respiratoria en las primeras 2 horas de iniciar VNI.

EQUIPAMIENTO NECESARIO

Interfase

La máscara facial y la nasobucal es lo recomendado en morbilidad aguda, en que el paciente no pueda respirar sólo por la nariz. La mascarilla nasal es más cómoda, pero requiere que el paciente mantenga la boca cerrada, pues en caso contrario la compensación de fugas hará intolerable la mascarilla (ventilador que compense fugas), se usa más fácilmente en escolares. La máscara nasal es la mejor tolerada, sin embargo



Figura 1.- Ventilación mecánica no invasiva con BiPAP y mascarilla nasal. Equipamiento complementario: Base termohumedificadora y Monitor cardiorrespiratorio.

la máscara oro-nasal es la que disminuye más rápidamente los niveles de PaCO₂.⁽⁸⁾

La elección de la mascarilla dependerá de la experiencia personal de cada centro y de la tolerancia del paciente. Deben ser de material blando, flexible, siliconado, transparentes, con la superficie de adaptación lisa y acolchada (inflable o material tipo gel).

Arnés

Las interfases existentes deben ser adosadas a la cara mediante fijadores elásticos, impidiendo las fugas, pero a la vez, permitiendo que el paciente esté lo más confortable posible sin producir una compresión exagerada. Se ha adoptado el uso de gorro, para evitar las molestias del velcro con el pelo de los niños. En resumen, los sistemas de fijación no deben permitir fugas excesivas y no deben producir compresión exagerada.

Ventiladores mecánicos

La VNI utiliza modos ventilatorios limitados por presión y ciclados por tiempo, lo que significa fijar límites de presión inspiratoria y espiratoria. Existen generadores de flujo exclusivos para VNI, más económicos que los ventiladores convencionales. Entre ellos destacan los equipos de BiPAP o bi-level, transportables, eléctricos y de flujo continuo, que generan presión a través de un compresor.

Estos equipos permiten reconocer y compensar las fugas involuntarias del sistema, los equipos tradicionales (ST-D, Respironics) entregan el flujo inspiratorio para alcanzar la presión positiva inspiratoria en la vía aérea (IPAP) que ha sido programada cuando cesan que el flujo generado por el paciente en el sistema es de 40 ml/s por más de 30 ms. El término de la inspiración se produce cuando esta se prolonga por más de 3 segundos o el flujo ha descendido a 1/4 del flujo máximo. Otros generadores de flujo existentes en el país (Eclipse delta, Taema, Knight Star, Puritan Benett) tienen algoritmos similares.

Los equipos Resmed Vipap II y III pueden ser programados para la entrega de un tiempo inspiratoria mínimo y máximo y los equipos Respironics S/T-D 30, Vision, Harmony y Synchrony poseen un algoritmo de sensibilidad definido como Auto-Track que detecta el patrón de flujo del paciente ajustando automáticamente los umbrales de sensibilidad a través de tres algoritmos:

- a) Umbral de trigger inspiratorio de 6 ml/segundo en un periodo de 30ms.
- b) Algoritmo de disparo determinado por la forma de la curva de flujo de IPAP a EPAP y EPAP a IPAP.
- c) Trigger según umbral espiratorio espontáneo para ciclar a la presión positiva espiratoria en la vía aérea (EPAP).

El Bipap Synchrony de Respironics y el Carina de Dräger dan la posibilidad de programar volumen corriente (VT), permitiendo minimizar el riesgo de hipoventilación en sistemas limitados por presión. La modalidad de presión de soporte con volumen promedio asegurado (AVAPS) de Respironics es posible desde 200 ml de VT y la modalidad de VT asegurado de Dräger es posible desde 50 ml. La VNI, puede además realizarse utilizando ventiladores mecánicos convencionales con microprocesador, que cuenten con la modalidad de presión de soporte (New Port Wave, New Port E 500), o aquellos con modalidad no invasiva incorporada (Evita®, Vela, I-Vent). La administración de VNI a través de un ventilador convencional permite determinar la concentración inspirada de oxígeno, prevenir la respiración de aire exhalado por el uso de doble tubuladura y usar los monitores y alarmas del ventilador. En resumen, la elección del respirador para la administración de VNI dependerá de la variedad y características particulares de los equipos disponibles, del tipo de paciente, el ámbito en que se aplique y la experiencia del operador.

MODOS DE VENTILACIÓN NO INVASIVA

CPAP (Continuos positive airway pressure)

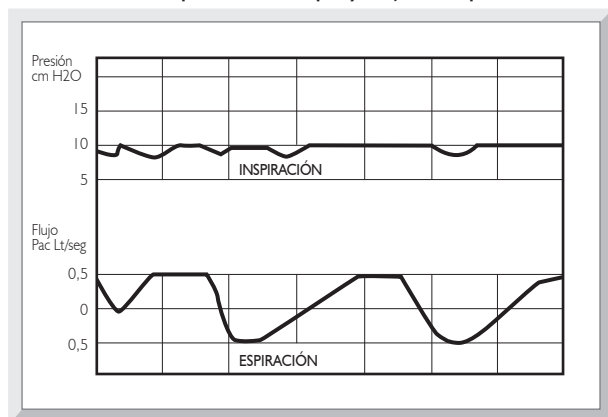
El paciente respira espontáneamente con un flujo de aire a una presión supra-atmosférica, tanto en la inspiración como en la espiración.

La CPAP es la modalidad de VNI más sencilla. Se mantiene una presión positiva continua durante todo el ciclo respiratorio, mediante un flujo continuo o una válvula de presión, permitiendo la respiración espontánea del paciente.

El niño determina la frecuencia respiratoria y el volumen corriente depende de su esfuerzo respiratorio.

La presión continua de la CPAP mantiene la vía aérea abierta, aumenta la capacidad funcional respiratoria y disminuye el colapso alveolar.

Figura 2.- Representación del CPAP en curva presión/tiempo y flujo/tiempo.



No es una modalidad ventilatoria en términos estrictos ya que todo el volumen corriente movilizado depende del esfuerzo del paciente. En patologías restrictivas agudas como edema pulmonar agudo, injuria pulmonar o síndrome de distress respiratorio agudo, la CPAP aumenta la capacidad residual funcional, mejorando las propiedades mecánicas del pulmón al desplazar la ventilación hacia una zona más favorable dentro de la curva presión-volumen, lo que produce reclutamiento alveolar, disminuye el trabajo respiratorio y mejora el intercambio gaseoso.

En pacientes con patología obstructiva y generación de auto-PEEP o presión positiva al final de la espiración mayor a la presión medida en la boca, condición que es determinada por el colapso dinámico de la vía aérea durante la espiración, el uso de CPAP, disminuye el trabajo respiratorio durante la inspiración al disminuir el gradiente de presión necesario para generar flujo inspiratorio. Para esto se puede usar cualquier interfase: cánula nasofaríngea o nasal, mascarilla nasobucal o nasal.

Se recomienda comenzar con valores no menores de 5 cm H₂O, titulando la presión necesaria en forma rápida según la respuesta y tolerancia del paciente con aumentos de 2 en 2 cm H₂O. En general presiones > a 10 cm de H₂O no son bien toleradas, y de ser requeridas, es preferible cambiar la modalidad de ventilación a BIPAP.

Efectos fisiológicos del CPAP

- Se reclutan alvéolos colapsados, mejora la CRF y se expanden zonas atelectasiadas.
- Disminuye el trabajo respiratorio al disminuir la presión generada por la musculatura inspiratoria, contrarrestando el auto-PEEP en las patologías obstructivas y aumentando la CRF en las patologías restrictivas.
- Mantiene abierta la vía aérea superior, impidiendo el colapso inspiratorio causado por hipotonía de la musculatura faríngea (apnea obstructiva del sueño).
- Mejora la función cardíaca por disminución de la post carga.

BIPAP (Bilevel positive airway pressure)

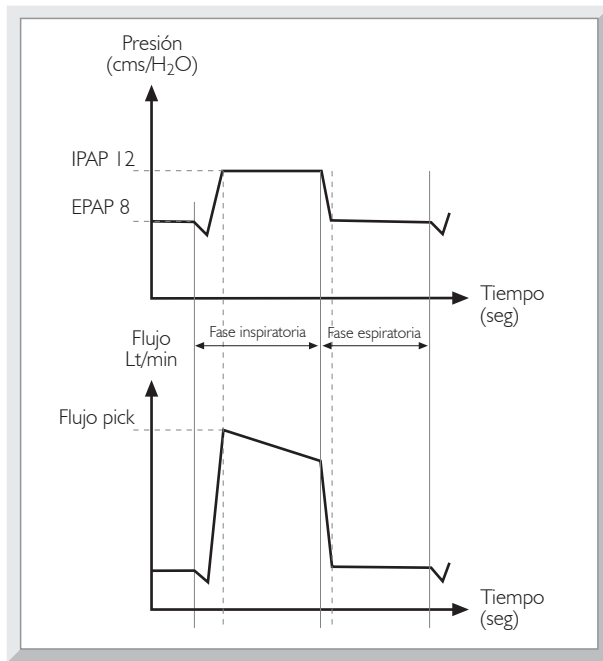
EPAP (expiratory positive airway pressure): Fija el límite de presión espiratoria por encima del nivel cero de la presión atmosférica.

IPAP (inspiratory positive airway pressure): Fija el límite de presión inspiratoria.

Efectos fisiológicos del BIPAP

Presión positiva en dos niveles durante la respiración. Esta modalidad permite un ajuste independiente de la presión

Figura 3.- Representación del IPAP y EPAP en curva presión/tiempo.



inspiratoria (IPAP), y de la presión espiratoria (EPAP). La diferencia entre ambos es el nivel de presión de soporte. El volumen corriente que ingresará dependerá del nivel de presión de soporte y de la compliance tóraco-pulmonar del paciente. De ésta forma mejora el volumen corriente, el intercambio gaseoso, disminuye el trabajo respiratorio y la frecuencia respiratoria.

1.- Presión de soporte (IPAP - EPAP): Es la diferencia entre la presión inspiratoria o IPAP y la espiratoria o EPAP. La ventilación se produce como consecuencia de la diferencia entre estas presiones.

2.- IPAP: controla la ventilación, a mayor IPAP se generan mayores volúmenes corrientes durante la fase inspiratoria. El tiempo inspiratorio (Ti) determinará la duración del IPAP.

3.- EPAP: mejora la capacidad residual funcional y la oxigenación.

Modalidades de BIPAP

Modo S (Espontáneo)

Se mantiene un EPAP y cuando el paciente genera una inspiración se gatilla el IPAP programado. La frecuencia y la duración de la inspiración la controla el paciente. El paciente realiza todas las respiraciones y la máquina las apoya.

Modo S/T (Espontáneo/Ciclado)

Durante las respiraciones espontáneas el paciente recibe presión de soporte. Si el paciente no realiza un número determinado de respiraciones, o no censa las respiraciones

del paciente, el aparato genera un IPAP y un EPAP a la frecuencia determinada (ciclo automático).

Modo T (Programado)

El respirador genera los ciclos programados, independiente de las respiraciones espontáneas del paciente, el ventilador proporciona IPAP y EPAP a una frecuencia fija. El IPAP es iniciado a intervalos de tiempo predeterminados. En estos intervalos predeterminados el IPAP es entregado durante un tiempo inspiratorio (Ti) que se fija directamente en segundos o indirectamente al elegir el porcentaje del Ti en relación al tiempo total de ciclo (TOT). Esta última modalidad es la utilizada en el Bipap ST-D de Respironics. En este equipo si la FR elegida es 10 por minuto, el TOT es de 6 segundos (60/10); y si el % de Ti fijado es 40%, el Ti será 2,4 segundos.

ELECCIÓN DE LA MODALIDAD VENTILATORIA

La modalidad a usar es la que el paciente tolere mejor. En situación de IR aguda, tanto en trastornos ventilatorios restrictivos y obstructivos en pacientes sin enfermedades crónicas y en aquellos con exacerbaciones agudas el BIPAP en su modo S o S/T es mejor tolerado. En el edema pulmonar agudo cardiogénico, estudios en adultos no demuestran ventajas del BIPAP en relación al uso de CPAP.^(21,22)

En insuficiencia respiratoria aguda

El uso de BIPAP en sus modos S y S/T han sido la propuesta más validada por las distintas experiencias. Esto logra:

- mejorar la ventilación minuto
- disminuir la frecuencia respiratoria
- disminuir el trabajo respiratorio
- mejorar la relación ventilación perfusión
- reducir la tasa de intubación

En insuficiencia respiratoria crónica agudizada

Lo más usado, es BIPAP en su modo S/T, con la que se logra:

- mejorar la ventilación minuto
- mejorar la frecuencia respiratoria
- mejorar la relación ventilación perfusión
- mejorar la PaO₂, PaCO₂ y el pH

Edema pulmonar agudo cardiogénico

Ha sido útil tanto el CPAP y BIPAP en su modo S. Se logra:

- disminuir la frecuencia respiratoria
- corregir la acidosis respiratoria
- mejorar la hemodinamia

PROGRAMACIÓN DE PARÁMETROS

La mayoría de los equipos permite programar CPAP, IPAP, EPAP, FR, T_i o % T_i , rise time (tiempo de elevación desde EPAP a IPAP) y rampa (tiempo demora el EPAP en llegar al nivel programado). Algunos permiten programar además: biflex (descenso de presión al final de IPAP para ayudar a la espiración), AVAPS variando la entrega de la presión inspiratoria entre un IPAP máximo y mínimo, adicionando una alarma de volumen minuto mínimo (Q_{min}) no logrado. Estos equipos poseen alarmas de apneas y desconexión y algunos pueden monitorizar el VT y Q_{min} espiratorio, FR y Q de escape o leak.

a.- CPAP: Iniciar presión no menor de 5 cmH₂O. Aumentar de 2 en 2 hasta 10 cmH₂O máximo, si no mejora plantear el uso de BIPAP.

b.- BIPAP:

IPAP: 8 cm H₂O, aumentar de 2 en 2, los rangos terapéuticos van de 10 a 20 cm de H₂O, siendo los valores de 10 a 14 los mejores tolerados.

EPAP: no menor de 5 cm H₂O, aumentar de 1 a 1, rango terapéutico recomendado entre 5 a 10 cm de H₂O.

Rise - Time: es el tiempo de transición o pendiente de ascenso hasta alcanzar la IPAP al inicio del tiempo inspiratorio. Se mide en segundos y va desde 0,1 a 0,6 segundos. Generalmente se programa en una escala de 1 a 6.

Mientras más dure el rise - time menor será el T_i efectivo y por lo tanto, en función que la presión media de la vía aérea es el area bajo la curva de la relación Presion - Tiempo, menor será la presión media ejercida. En patologías restrictivas es mejor usar rise - time breves.

Rampa: se planifica en minutos, 0, 5, 10 o 20 minutos y corresponde al tiempo que demora en subir la presión en la vía aérea hasta alcanzar la presión planificada (EPAP). La presión mínima de inicio es 4 cm de agua. Es muy util para entregar CPAP en pacientes con SAOS, permitiendo que la presión aumente gradualmente mientras el paciente va durmiendose.

OXÍGENOTERAPIA

Se aportará el O₂ necesario para lograr SpO₂ mayor o igual a 92%. Recordar que los generadores de flujo no tienen un mezclador interno, por este motivo la entrega de FiO₂ será variable dependiendo de los flujos necesarios para la entrega de las presiones programadas y del escape que se produzca en la interfase o por la boca.

La mejor manera de entregar oxígeno será a través de una conexión en T colocada a la salida del Bipap, previo a la conexión a la tubuladura ya que ésta, puede servir de reservorio y determinar una FiO₂ más estable. Con flujos de O₂ menores de 3 l/m generalmente solo es necesario usar un humidificador tipo burbuja. En caso de flujos mayores podría ser necesario sistemas de termo-humidificación tradicionales

tipo sobrepaso o aquellos ad-hoc compatibles con los generadores de flujo.

Siempre que exista desaturación es necesario revisar las interfaces y corregir las situaciones que aumenten el flujo de escape.

HUMIDIFICACIÓN

La humidificación de los gases inspirados es esencial en el tratamiento de pacientes que necesitan aporte de gases medicinales, oxigenoterapia y ventilación mecánica.

La VNI entrega aire a flujos altos, lo que se asocia con desecamiento de la mucosa nasal y del epitelio de la vía aérea alterando el transporte mucociliar.⁽²³⁾

Las secreciones secas pueden conducir a alteraciones de la actividad ciliar, alteraciones del movimiento de moco, cambios inflamatorios y necrosis del epitelio ciliado pulmonar; retención de secreciones viscosas y adherentes con impactación secundaria, colonización bacteriana, atelectasias y neumonía.

Cuando el paciente presenta una excesiva sequedad de la mucosa nasal, se liberan leucotrienos vasoactivos, que producen aumento de la resistencia de la vía aérea alta.

En la insuficiencia respiratoria aguda la humidificación insuficiente se relaciona con fracaso de la VNI. Por ello si la VNI dura más de 12 h continuas es necesario optimizar la termo-humidificación de la vía aérea con sistemas tradicionales tipo sobrepaso o aquellos ad-hoc compatibles con los generadores de flujo.

AEROSOLTERAPIA^(Capítulo 15)

Los aspectos teóricos y prácticos que sustentan la efectividad de la terapia broncodilatadora en pacientes en VNI son menos conocidos que cuando se usan en VMI.⁽²⁴⁻²⁷⁾ Dado que hay poca información que demuestre la distribución de estos fármacos durante la VNI la manera más eficiente de entregar aerosoles broncodilatadores es con inhaladores de dosis medidas y aerocámaras durante los periodos de ventana.⁽²⁸⁾

Durante la VNI, los factores relacionados a un mejor depósito distal de estos fármacos, como son los tipos de interfase, gradientes de presiones, tipo de termohumidificación y momento de la entrega (inspiración, espiración o continua en ambos ciclos) han sido pobremente explorados.⁽²⁹⁾

En pacientes asmáticos con IR aguda, puede realizarse nebulización continua con salbutamol 0,3 a 0,5 mg por kilo hora (0,1 a 0,05 ml por kilo por hora de salbutamol al 0,5%, 1 cc = 5mg) + 0,25 a 0,5 mg de bromuro de ipatropio. Con un nebulizador tipo Hudson Draft II que asegure un debito de 18 ml por hora (0,3 ml minuto). La infusión puede ser calculada para 4 horas es decir con un volumen total de 72 cc completado con solución fisiológica al 0,9% y con un microgoteo o bomba de infusión continua que asegure un

debito horario de 18 cc/ hora.⁽¹⁶⁾

En esta situación una máscara facial probablemente hará más eficiente el depósito pulmonar del broncodilatador que una mascarilla nasal. En los equipos de flujo continuo, es conveniente colocar el nebulizador interpuesto en el circuito con una conexión en T lo más cercano a la mascarilla, no esta claro si las mascarillas que tienen un portal exhalatorio incorporado aseguran una mejor entrega que cuando el portal exhalatorio esta en el circuito de conexión.⁽²⁹⁾ Se puede obtener una mejor entrega del fármaco utilizando 15 cm de H₂O de IPAP y 5 cm de H₂O de EPAP.⁽²⁹⁾

Dado que no existen dispositivos específicos para su uso en VNI, es posible agregar al circuito sistemas de inhalación con cámara espaciadora o con adaptadores para inhaladores diseñados para circuitos de VMI. Estos sistemas deben disparar la carga del inhalador en sentido contrario al paciente con objeto de:

- 1) Reducir la impactación del fármaco en el circuito.
- 2) Coordinar el inicio de la inspiración con la administración del fármaco.

INCONVENIENTES Y COMPLICACIONES DE LA VNI

En pediatría el principal inconveniente del uso de esta técnica de ventilación es la de requerir mayor atención y trabajo al lado del paciente para ajustar la mascarilla, minimizar las fugas y de este modo, conseguir la mejor adaptación y tolerancia del paciente.

Complicaciones

Las complicaciones asociadas a la VNI son en general, menos importantes que las producidas por la VMI.⁽³⁰⁾

1. Distensión Gástrica: asociada al uso de altas presiones.
2. Aspiración.
3. Conjuntivitis o irritación ocular por fuga de aire.
4. Lesiones de la piel en los puntos de apoyo. Es la principal complicación y generalmente ocurre en el puente nasal, inicialmente erosión e infrecuentemente necrosis.
5. Hipercapnia: Recordar que es necesario usar interfases con el menor espacio muerto posible y eventualmente dejar abierto un orificio de la mascarilla para disminuir riesgo de re-inhalación.
6. Ruptura alveolar: Neumotórax, neumomediastino.
7. Hipoventilación.

Criterios de fracaso de VNI

Los criterios de fracaso deben ser definidos previos al uso de VNI, estos son:

- 1.- Incapacidad de mejorar los síntomas, parámetros de oxigenación y ventilación previos al inicio de la VNI, dentro de las dos horas de su inicio.
- 2.- Imposibilidad de acoplar o falta de tolerancia al sistema de VNI.
- 3.- Compromiso de conciencia.
- 4.- Deterioro rápidamente progresivo con necesidad de intubación endotraqueal.
- 5.- Hipercapnia con acidosis respiratoria (pH < 7,20).
- 6.- No aceptación del método por el paciente y/o los padres.

RETIRADA DE VNI

- 1.- Mejoría de la condición clínica, resolución de las apneas, disminución de la disnea y dificultad respiratoria, aumento de la fuerza muscular y mejoría de la oxigenación con SpO₂ estable > de 93% con FiO₂ < 40% (evaluado sin VNI).
- 2.- Mejoría del trabajo respiratorio evaluado por la disminución de la FR.
- 3.- Mejoría de los índices de ventilación con eucapnia en pacientes sin insuficiencia respiratoria crónica hipercápnica y PaCO₂ en rango de su nivel histórico para aquellos pacientes hipercápnicos.
- 4.- Mejoría radiológica con resolución de las atelectasias, disminución o desaparición de las imágenes parenquimatosas pulmonares y presencia de a lo menos 7 espacios intercostales en cada campo pulmonar.
- 5.- Regreso a parámetros habituales de ventilación y de condición medica en los pacientes con VNI domiciliaria.

No está claramente definido el mejor método de retirada de VNI. Es aconsejable bajar primero el aporte del flujo de oxígeno, idealmente a menos de 6 l/m, y luego disminuir según tolerancia la presión de soporte, minimizando el diferencial entre la IPAP y EPAP hasta dejar en CPAP con presiones de 5 a 6 cm de H₂O. También es posible realizar ventanas sin VNI, progresivas, hasta el retiro completo de la VNI. Es aconsejable mantener el apoyo ventilatorio nocturno como último eslabón antes de la suspensión de la VNI.

En aquellos pacientes con enfermedades neuromusculares, cifoescoliosis o insuficiencia respiratoria crónica en etapas avanzadas es importante considerar la necesidad de incluir en VNI en domicilio.

MONITORIZACIÓN

Monitorización clínica

Las primeras 4 h son fundamentales para establecer la tolerancia, evaluable generalmente dentro de los 30 minutos de inicio, y el éxito de la VNI.^(9,17) Es necesario evaluar:

1. Adaptación al equipo, interfase (mascarilla) y arnés.
 2. Distensión abdominal. Algunos pacientes requieren instalación de sonda nasogástrica (SNG) a caída libre.
 3. FR, trabajo respiratorio y la actividad de los músculos accesorios (incluida la presencia de respiración paradójal), éstos deben disminuir en el plazo de 1 a 2 horas.
 4. Movilidad torácica y ventilación en función de la apropiada auscultación del murmullo pulmonar en los planos axilares y posteriores. Permite ajustar el nivel de IPAP necesario. Permite seguir la evolución de la patología que condicionó la indicación de VNI.
 5. Estado de conciencia: aletargamiento o agitación.
 6. FC y Presión arterial.
 7. Radiografía de tórax, es importante tener una antes de iniciar la VNI, y luego de acuerdo a la evolución del paciente. Esta sirve para evaluar la patología de base, nivel de EPAP necesario, los efectos de la VNI, la presencia de atelectasias, edema pulmonar y aerofagia.
3. Fugas, es aceptable hasta 30 % del flujo total del sistema, recordar que las fugas son compensadas para mantener los niveles de presión elegidos. Al existir fugas exageradas se dificulta la adaptación del paciente. Sin embargo una interfase fijada en forma muy hermética favorece las úlceras por compresión.
 4. Neumotórax, neumomediastino, enfisema subcutáneo.

CONCLUSIONES

La VNI es una alternativa a la VMI en pacientes con criterios estrictos de selección que evolucionen con insuficiencia respiratoria aguda, o en el weaning de la VMI como técnica que logre evitar el fallo de extubación. Requiere una monitorización básica fácilmente implementable en Unidades de Cuidado intensivo e intermedios médico-quirúrgicos. Se ha logrado demostrar el cumplimiento de las siguientes metas a corto plazo con niveles de seguridad y eficiencia aceptables:

1. Mejoría clínica y funcional, del intercambio gaseoso (PaO_2 , SpO_2 , PaCO_2 , pH) y del trabajo respiratorio.
2. Mayor confort del paciente.
3. Puede prevenir la necesidad de intubación y VMI.
4. Menores complicaciones que la VMI.

Monitorización de gasometría

El registro de SpO_2 es útil para evaluar la oxigenación y tiene la ventaja de ser un método no invasivo. Los gases sanguíneos arteriales o venosos (GSA o GSV) deben ser registrados para evaluar si existe una tasa de ventilación eficiente en situaciones de insuficiencia respiratoria global o en aquellos pacientes en que no se logra mantener la $\text{SpO}_2 >$ de 90%.

Es recomendable tomar el primer registro entre las 2 a 4 horas de conexión. Los registros posteriores deben realizarse al momento de efectuar cambios en los parámetros ventilatorios o al existir cambios clínicos que así lo justifiquen. Los analizadores de sangre por micro-método permiten realizar el examen sin la necesidad de enviarlos al laboratorio, teniendo el resultado en 3 minutos.

Monitorización del equipo

Es importante mantener un chequeo permanente de los parámetros de ventilación elegidos (a lo menos cada 4 horas), con objeto de establecer los cambios necesarios según la evolución del paciente.

Algunos equipos permiten registrar la FR total lograda, el TV y Q_{min} exhalatorio, el flujo de escape (Q_{leak}), IPAP, EPAP, T_i o % de T_i , Rise time, tiempo de rampa.

El TV idealmente debe permanecer entre 7 a 10 cc/kg y el Q_{leak} no debe ser mayor al 30% del flujo total del sistema.

Monitorización de efectos adversos

1. Zonas de apoyo de la interfase.
2. Distensión gástrica.

ANEXO I. RESUMEN ASPECTOS PRACTICOS PARA ENTREGAR VNI EN IR AGUDA.

Instalación

1. Selección del paciente.
2. Conversar con el paciente y con los padres, explicándoles adecuadamente en que consiste este sistema ventilatorio y como pueden colaborar.
3. Chequear que el equipo funcione adecuadamente y que tenga los filtros limpios y tubulatura con las conexiones adecuadas.
4. Elegir las interfases posibles y el correspondiente arnés. Colocar gorro para evitar que el velcro del arnés tire el pelo.
5. Proteger piel con duoderm, en los sitios de presión de la interfase.
6. Posición niño Fowler 30°, con cabeza alineada, impidiendo que se lateralice o flecte la cabeza.
7. Probar las presiones y flujos en la palma de la mano del paciente. Probar la mascarilla y arnés con el equipo apagado. Iniciar la VNI con las presiones más bajas tolerables y luego aumentar según tolerancia.
8. Sedación SOS, con hidrato de cloral en dosis de 50 a 70 mg/kg v.o. Es posible utilizar dosis de midazolam 0,1 a 0,2 mg/kg e.v en bolos según necesidad o en

goteo continuo 0,15 mg/kg/h, también Ketamina 0,5 a 1 mg/kg ev o en infusión continua.

- Oxigenoterapia para mantener SpO₂ mayor o igual a 90%.

Precauciones

- Observar si el paciente se adapta al modo usado. Auscultar una adecuada entrada de aire a los pulmones (simétrico y audible fácil).
- Dejar en régimen 0, a lo menos por 2 horas hasta chequear adaptación y evolución del paciente.
- Aseo bucal y lubricación de boca y labios cada 4 horas. Hacer coincidir con KTR y aerosolterapia.
- Termo-humedificación en los pacientes debidamente seleccionados.
- Cambios de mascarillas si la elegida no quedó cómoda.
- Monitorizar signos vitales horario hasta la estabilización y luego cada 3 horas.
- Si es posible medir el TV y Qmin exhalado, ajustar diferencial IPAP - EPAP para asegurar un TV entre 7 a 10 cc / kg , si se ausculta una adecuada entrada de aire.
- Siempre estar atento a la agitación, llanto, y si el paciente se desacopla, ante esto las opciones son revisar las interfases, arneses y sitios de apoyo. Revisar que no exista aerofagia o distensión gástrica secundaria. Revisar la modalidad y parámetros elegidos, revisar complicaciones como atelectasias, hipoventilación o escape aéreo. En la medida de lo posible siempre se debe conversar con el paciente, hacerle cariño y permitir el contacto físico con sus padres. Siempre debe ser considerada la necesidad de retiro transitorio o definitivo de la VNI.
- Descartada las complicaciones es posible considerar un nivel de sedación superficial con hidrato de cloral o midazolam SOS.
- Bajar primero los niveles de O₂ usado para luego ir bajando las presiones.
- Considerar el retiro de VNI si logra saturar sobre 92% con FiO₂ menor o igual a 40%

- Soroksky A, Stav D, Shpirer I. A Pilot Prospective, Randomized, Placebo-Controlled Trial of Bilevel Positive Airway Pressure in Acute Asthmatic Attack. *Chest* 2003; 123:1018-1025.
- Teague W.G. Non-invasive positive pressure ventilation: current status in paediatric patients. *Paediatric Respiratory Reviews* 2005; 6: 52-60.
- Medina A, Prieto S, Rey M, Concha A, Menendez S, Crespo M. Aplicación de la Ventilación no Invasiva en una Unidad de Cuidados Intensivos Pediátricos. *An Pediatr (Barc)* 2005; 62: 13-9.
- Essouri S, Chevret L, Durand P, Haas V, Fauroux B, Devictor D. Noninvasive positive pressure ventilation: Five years of experience in a pediatric intensive care unit. *Pediatr Crit Care Med* 2006; 7:329-34.
- Akingbola O.A, Hopkins R.L. Pediatric noninvasive positive pressure ventilation. *Pediatr Crit Care Med* 2001; 2: 164-9.
- Fortenberry JD, 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.
- Akingbola O.A, Simakajornboon N, Hadley E.F, Hopkins R.L. Noninvasive positive-pressure ventilation in pediatric status Asthmaticus. *Pediatr Crit Care Med* 2002; 3: 181-184.
- Carroll CL, Schramm CM.. Noninvasive positive pressure ventilation for the treatment of status asthmaticus in children. *Ann Allergy Asthma Immunol.* 2006; 96: 454-9.
- Yildizdas D, Yilmaz HL, Erdem S. Treatment of Cardiogenic Pulmonary Oedema by Helmet-delivered Non-invasive Pressure Support Ventilation in Children With Scorpion Sting Envenomation. *Ann Acad Med Singapore* 2008; 37: 230-4.
- Piastra M, Antonelli M, Chiaretti A, Polidori G, Polidori L, Conti G. Treatment of acute respiratory failure by helmet-delivered non-invasive pressure support ventilation in children with acute leukemia: a pilot study. *Intensive Care Med* 2004; 30: 472-6.
- Prado F, Godoy MA, Godoy M. Ventilación no invasiva como tratamiento de la insuficiencia respiratoria aguda en Pediatría. *Rev Méd Chile* 2005; 133: 525-533.
- Bernet V, Hug M.I, Frey B. Predictive factors for the success of noninvasive mask ventilation in infants and children with acute respiratory failure. *Pediatr Crit Care Med* 2005; 6: 660-4.
- Pope JF, Birnkrant D, Besunder J, Jurmetz M, Buildt D. Noninvasive nasal ventilation can facilitate endotracheal extubation in the pediatric intensive care unit. *Chest* 1996; 110: 184-5.
- Halliday HL. What interventions facilitate weaning from the ventilator? A review of the evidence from systematic reviews. *Paediatr Respir Rev* 2004; (suppl A): S347-52.
- Valenzuela J, Donoso A, León J, Díaz F, Cruces P. Caracterización de la ventilación mecánica no invasiva pediátrica hospitalaria. *Rev Chil Pediatr* 2006; 77: 568-576.
- Moritz F, Brousse B, Gellée B, Chajara A, L'Her E, Hellot MF, Bénichou J. Continuous positive airway pressure versus bilevel noninvasive ventilation in acute cardiogenic pulmonary edema: a randomized multicenter trial. *Ann Emerg Med.* 2007; 50: 666-75.
- Ho KM, Wong K. A comparison of continuous and bi-level positive airway pressure non-invasive ventilation in patients with acute cardiogenic pulmonary oedema: a meta-analysis. *Crit Care* 2006; 10: R49.
- Holland AE, Denehy L, Buchan CA, Wilson JW. Efficacy of a heated passover humidifier during noninvasive ventilation: a bench study. *Respir Care* 2007; 52:38-44.
- Dhand R. Basic techniques for aerosol delivery during mechanical ventilation. *Respir Care* 2004; 49: 611-22.
- Dhand R. Inhalation therapy with metered-dose inhalers and dry powder inhalers in mechanically ventilated patients. *Respir Care* 2005; 50: 1331-34.
- Fink J. Aerosol delivery to ventilated infant and pediatric patients. *Respir Care* 2004; 49: 653-65.
- Dhand R. Inhalation therapy in invasive and noninvasive mechanical ventilation. *Curr Opin Crit Care* 2007; 13: 27-38.
- Hess DR. The mask for noninvasive ventilation: principles of design and effects on aerosol delivery. *J Aerosol Med.* 2007; 20 Suppl 1:S85-98.
- Branconnier M, Hess D. Albuterol delivery during noninvasive ventilation. *Respir Care* 2005; 50:1649-53.
- Fauroux B, Lavis JF, Nicot F, Picard A, Boelle PY, Clément A, Vazquez MP. Facial side effects during noninvasive positive pressure ventilation in children. *Intensive Care Med* 2005; 31: 965-9.

REFERENCIAS

- Norregaard O. Noninvasive ventilation in children. *Eur Respir J* 2002; 20: 1332-1342.
- Calfee CS, Matthay MA. Recent advances in mechanical ventilation. *Am J Med* 2005; 118: 584-591.
- 18.- Caples SM, Gay PC. Noninvasive positive pressure ventilation in the intensive care unit: A concise review. *Crit Care Med* 2005; 33: 2651-8.
- Caples S.M, Gay P.C. Noninvasive positive pressure ventilation in the intensive care unit: A concise review. *Crit Care Med* 2005; 33:2651-8.
- Ambrosino N, Vaghegghini G. Noninvasive positive pressure ventilation in the acute care setting: where are we? *Eur Respir J* 2008; 31: 874-86.