

10. Monitoreo de la ventilación no invasiva

Autores: Dr. Eduardo Borsini, Dr. Carlos Codinardo, Dr. Claudio Rabec

10.1. ¿Por qué monitorear la ventilación no invasiva (VNI)?

El desarrollo de la VNI ha cambiado radicalmente el manejo de la insuficiencia respiratoria, tanto en situación aguda como al estado estable. No obstante, asistimos en un cierto número de casos a resultados poco satisfactorios o a fracasos de dicho tratamiento.

Estos fracasos pueden reconocer dos grandes causas:

1) Escasa compliance a la terapéutica 2) Ineficacia parcial o total de la misma pese a una ventilación técnicamente correcta. El porcentaje de dichos fracasos es variable según las diferentes indicaciones estimándose entre 5 y 40%.

Si se tiene en cuenta que la VNI representa, en situación aguda, un tratamiento de soporte vital y en los pacientes ventilados en el largo plazo, una técnica capaz de modificar la sobrevida y la calidad de vida, el monitoreo de los resultados tanto al momento del debut del tratamiento como en el seguimiento periódico del paciente es crucial.

El monitoreo del paciente bajo VNI reconoce dos ítems: 1) la evaluación del cumplimiento 2) la evaluación de la eficacia

10.2. Monitoreo del cumplimiento de la VNI

El cumplimiento del tratamiento con VNI es un elemento clave para el éxito de la terapéutica.

El cumplimiento incorrecto del tratamiento puede ser la consecuencia de problemas vinculados al respirador (tipo de respirador o inadecuación de los parámetros), de problemas de interfase o de la aparición de efectos adversos de la ventilación, pero también depender del tipo de paciente (problemas cognitivos, soporte familiar insuficiente, rechazo de la ventilación)

La utilización durante al menos un porcentaje importante del tiempo total de sueño parece indispensable para obtener un beneficio significativo de la VNI.

El cumplimiento de la VNI es directamente proporcional a la percepción de mejoría, a las intervenciones educativas realizadas sobre el paciente, a la periodicidad del seguimiento y a la disponibilidad del equipo tratante y del prestador de servicio para la resolución práctica de los problemas que surjan^{1, 2}.

Por último, es importante señalar que el cumplimiento debe ser calculado a partir del perfil de cumplimiento de la memoria que poseen los respiradores y no a partir de los datos reportados por el paciente, que conducen frecuentemente a una sobreestimación de la utilización^{1, 2}.

La revisión formal de los datos de cumplimiento y perfil de utilización del equipo debe ser un elemento semiológico de rutina durante la revisión clínica del paciente que recibe tratamiento con VNI cuando este recurso está disponible.

10.3. Monitoreo de la eficacia de la VNI

Cuando se implementa VNI, los parámetros ventilatorios son determinados empíricamente teniendo en cuenta la patología de base, la tolerancia del paciente durante los períodos de adaptación con el paciente

despierto y los gases en sangre. Sin embargo, la VNI se aplica durante la noche, periodo de profundas modificaciones fisiológicas, en particular en los pacientes con IRC, lo que lleva a priorizar los estudios de sueño, de estar disponibles^{3, 4}.

Por otro lado, a diferencia de la ventilación invasiva, la VNI presenta dos particularidades: el carácter no hermético del sistema y la presencia de una resistencia variable tipo Starling interpuesta entre el respirador y la vía aérea superior (VAS). Ello explica que el ensamble respirador-pulmón no pueda considerarse como un modelo unicompartmental³.

Mecanismos de fallo de la VNI

Una VNI eficaz requiere:

- Volumen librado o el soporte de presión aplicado al paciente adecuado para asegurar un buen nivel de ventilación alveolar.
- Vía aérea superior permeable en todo el ciclo respiratorio.
- Interfase correctamente aplicada para que el sistema guarde una relativa hermeticidad.
- Sincronización entre el paciente y el respirador.

Existen entonces cuatro mecanismos potenciales que pueden alterar la eficacia de una VNI: una programación de parámetros (presión o volumen) inadecuado a las necesidades del paciente, existencia de fugas en el circuito (bucales o en su defecto a nivel de la interfase), disminución de la permeabilidad de la vía aérea superior (VAS) y asincronía paciente-ventilador.

La presencia de fugas durante la ventilación puede alterar a diversos niveles la eficacia de la misma. Sus consecuencias son múltiples:

- Reducción de la ventilación eficaz.
- Fallo del “trigger” inspiratorio: Las fugas pueden impedir la detección del esfuerzo inspiratorio del paciente por parte del respirador (conduciendo a un esfuerzo inspiratorio ineficaz), o al contrario, “engañar” al ventilador que confunde la variación de flujo producto de la fuga como un esfuerzo del paciente gatillando un ciclo, fenómeno llamado “autotriggering”.
- Fallo de ciclado de inspiración a espiración
- Alteración de la calidad del sueño
- Intolerancia al tratamiento: las fugas pueden generar odinofagia, sequedad de boca, irritación ocular, síntomas nasales y ruido, lo que disminuye la compliance al tratamiento. Además aumentan la resistencia nasal, disminuyendo la eficacia de la ventilación.
- Dificultad para obtener una fracción inesperada de O₂ (FiO₂) adecuada

Asincronía paciente-respirador

Diferentes tipos de asincronía pueden presentarse en VNI. Es necesario tener en cuenta que la fuga no intencional es la causa principal de asincronía en el paciente con VNI⁴.

¿Cómo monitorear la eficacia de la VNI?

El monitoreo de la VNI debe incluir como mínimo una evaluación de la mejoría clínica (incluyendo el restablecimiento o cuanto menos la preservación de una buena calidad de sueño), una apreciación objetiva de los “targets” buscados con la ventilación (corrección o mejoría de gases en sangre diurnos y de la oxigenación y ventilación nocturna) pero también el asegurarse una buena sincronía paciente ventilador, sin eventos anormales¹⁻⁴. De tal manera, la ineficacia de la VNI puede reflejarse tanto en el plano clínico (no mejoría), como en el gasométrico (persistencia de la hipercapnia) o en el instrumental (trazados oximétricos o poligráficos bajo VNI no satisfactorios) La evaluación de la eficacia de la VNI comporta diferentes etapas, que son presentadas aquí en orden de complejidad.

10.4. Monitoreo básico de la VNI

La periodicidad de la evaluación básica de la eficacia de la VNI dependerá del diagnóstico, de la severidad del compromiso ventilatorio, del curso evolutivo de la enfermedad y de los resultados observados bajo VNI. Dicha evaluación debe comprender al menos:

- Resultado clínico.
 - o Mejoría de los síntomas: somnolencia, disnea y fatiga.
 - o Satisfacción del paciente.
 - o Calidad de sueño.
 - o Control del material: arnés, máscara, tubuladura y ventilador.
- Identificar y corregir causas de intolerancia
- Gases en sangre
 - o PaO_2 y PaCO_2 diurna en ventilación espontánea
- SpO_2 nocturna bajo ventilación
- Capnografía continua transcutánea (PtcCO_2) cuando esté disponible

Evaluación clínica

El interrogatorio es en teoría un elemento clave para juzgar la eficacia de la VNI⁶.

Identificar y tratar causas de intolerancia (inadecuada humidificación, fuga excesiva o lesiones por las interfases) puede significar la diferencia en el éxito o fracaso de la técnica o derivar en cambios en el cumplimiento de la terapia⁴.

El control del material es esencial en cada visita. Los proveedores y financiadores de la VNI deben asumir el compromiso de asegurar la correcta entrega del material necesario en condiciones óptimas de funcionamiento según las necesidades de cada paciente. Por su parte, el equipo tratante es responsable de colaborar en su mantenimiento y asegurar que el paciente y su entorno adquieran las destreza mínimas para garantizar un adecuado cuidado de los dispositivos y accesorios.

- El “pack básico”: gases en sangre arteriales (GSA) + registro continuo de la SpO_2 nocturna bajo ventilación. Ver **Figura 10.1** Pack básico de monitoreo en VNI

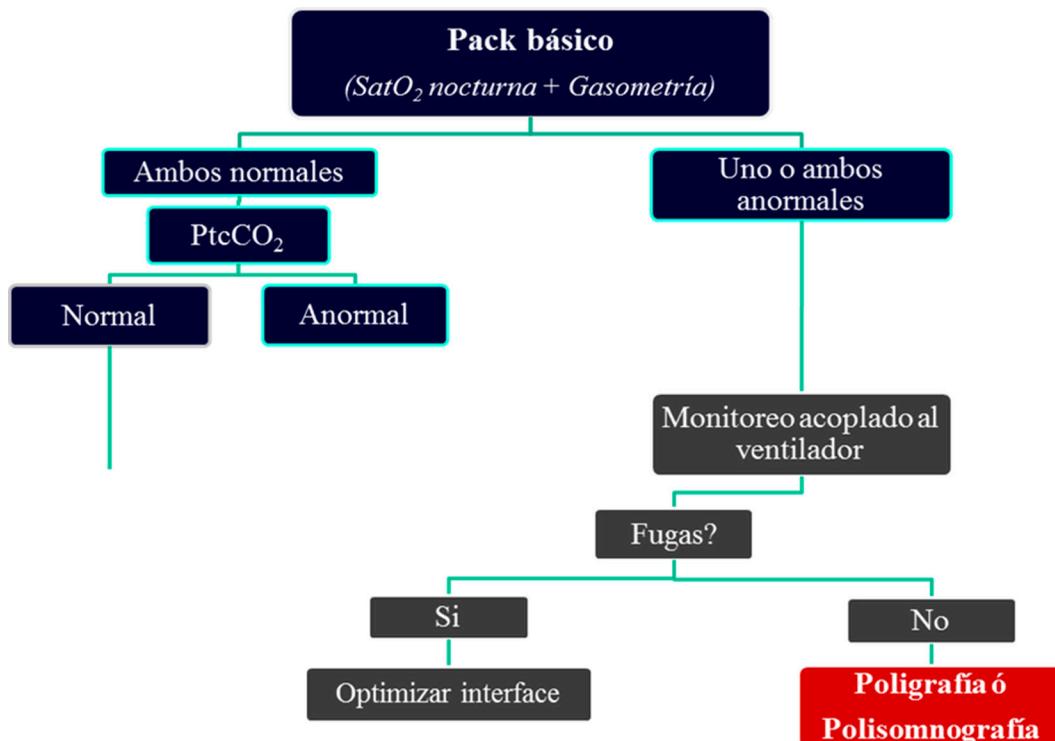


Figura 10.1 Pack básico de monitoreo en VNI

El objetivo primordial de la VNI a largo plazo es la corrección de la hipercapnia. Es de señalar que algunos estudios muestran buena correlación entre la PaCO₂ nocturna y la PaCO₂ en las primeras horas de la mañana tras desconexión de la VNI⁶.

En relación al monitoreo de la SpO₂ durante el sueño, ha sido sugerido que el diagnóstico de hipoventilación nocturna reposa sobre los siguientes argumentos: presencia de hipoxemia nocturna severa con aspecto típico de la curva, con disminución cíclica y sostenida de la SpO₂ cada 90 minutos, correspondiente a una hipoventilación en sueño REM. Este patrón difiere del de las apneas del sueño que es oscilante (“serrucho”).

Por otro lado, en la práctica clínica otros dos distintos criterios⁷⁻⁹ son utilizados para definir la desaturación nocturna significativa:

1. > 30% de la noche con SpO₂ < 90% (criterio de Levi Valensi)
2. > 5 minutos pasados con una SpO₂ < 88% (no en picos)

Limites del “pack básico”. Rol de la capnografía transcutánea

Durante el sueño se producen modificaciones en todo el eje respiratorio, desde el control de la ventilación hasta el efector alveolo-capilar. Si bien estas variaciones no tienen relevancia en el sujeto sano, el sueño representa un período de fragilidad extrema en el paciente con enfermedad respiratoria avanzada. Diferentes capnógrafos transcutáneos se encuentran disponibles para la evaluación de la PaCO₂. No obstante, como ocurre con la SpO₂, distintos valores de corte han sido descriptos para la PtcCO₂ (PtcCO₂ media > 50 mm Hg, PtcCO₂ pico > 49 mm Hg, porcentaje de tiempo con una PtcCO₂ > 50 > 10%) sin que al día de hoy ninguno de estos valores haya sido validado en la práctica clínica y no se conozca con certeza cuál es el valor de PaCO₂ residual que resulta pernicioso durante la VNI. No obstante, el primero de estos valores de corte (PtcCO₂ media superior a 50) parece ser pertinente y es sugerido en una reciente revisión^{6, 10}.

Los inconvenientes de esta técnica están representados en particular por el costo (material y consumible), la poca portabilidad y la fragilidad de los equipos. Por otro lado, el muestreo de los valores de capnografía es promediado sobre 30” o más, lo que lo hace inapto para la evaluación de las modificaciones dinámicas¹¹. Es de destacar que todos estos equipos permiten igualmente medir la SpO₂ en simultáneo por intermedio del mismo captor (oxicapnografía). Esta particularidad del muestreo de la PtcCO₂ explica también un retardo de 2 a 5’ en la detección de los cambios rápidos de PaCO₂. Pese a estas limitaciones, la capnografía transcutánea representa hoy día una herramienta importante en la evaluación de la calidad del paciente ventilado en complemento del “pack básico”.

En nuestro país existen escasos centros con capacidades de ofrecer PtcCO₂. La mayoría de los pacientes pueden ser manejados con el “pack básico”. Casos seleccionados podrían requerir esta tecnología. Los centros que no disponen de ella podrían trabajar en red con aquellos con capacidades más complejas.

10.5. Monitoreo avanzado de la ventilación no invasiva

Cuando se detecta un resultado insuficiente de la ventilación mediante VNI ocupa un rol esencial y su objetivo es comprender la causa del fracaso.

Dos tipos de técnicas se encuentran disponibles:

1) Monitoreo por tarjetas inteligentes: Sistemas de monitoreo acoplados a los respiradores domiciliarios.

Un número importante de respiradores domiciliarios disponen de herramientas de monitorización propias que han permitido mejorar la presurización de los equipos, la compensación de fugas, la sincronización paciente-respirador y la confortabilidad del paciente. Un avance notable ha sido la capacidad de disponer de software integrado que permite monitorizar la eficacia de VNI: denominado “built-in” software.

Built-in” software de los respiradores

Los respiradores son capaces de analizar durante la ventilación parámetros relacionados con la presión, el flujo, el volumen (volumen tidal y volumen minuto), las fugas, la frecuencia respiratoria, la compliance del sistema, tiempos inspiratorios y espiratorios, el porcentaje de respiraciones activadas (“triggered”) por el paciente y el porcentaje de presurizaciones interrumpidas (“cycled”) por él. Pueden mostrar la activación de las alarmas programadas y otros parámetros relacionados con las horas de uso y adherencia a la terapia. Todo ello se puede mostrar con sus valores numéricos o en formas de curvas, bucles o tendencias, según los diferentes respiradores y fabricantes. La posibilidad de integrar todas estas señales y analizarlas con el software apropiado, permite obtener información real de cómo está ventilando el paciente y qué problemas interfieren o complican la ventilación, especialmente cuando está dormido. Los datos se pueden analizar en tiempo real, conectando la computadora al respirador o registrarlos en una tarjeta de memoria que puede ser leída en diferido¹²⁻¹⁴.

Fiabilidad del software incorporado en los respiradores

El “built-in” software plantea problemas relacionados con la interpretación de los datos que nos ofrecen. En este sentido, disponemos de poca información al respecto y son escasos los estudios que han analizado el rendimiento de los diferentes respiradores en términos de monitorización¹². La información disponible nos dice que existe una gran variabilidad entre ellos en la forma de cuantificar las fugas o estimar el volumen tidal y en la rigurosidad del software a la hora de realizar estimaciones indirectas¹⁵. Además, los umbrales de relevancia clínica, cuando se especifican, han sido elegidos arbitrariamente por los diferentes fabricantes, lo cual genera confusión.

Rabec et al en 2009 analizaron la idoneidad de la ventilación en un grupo de 169 pacientes estudiados en 222 ocasiones, utilizando el respirador VPAP III™ de ResMed con su módulo de monitorización ResLink™. En primer lugar se comprobó que los valores medidos por la VPAP III™ guardaban una alta correlación con los medidos en un modelo de pulmón artificial con un neumotacógrafo, considerándose por tanto fiables. Los criterios utilizados por estos autores para definir la VNI ineficaz fueron: 1) Fuga intencional > 24 L/min más del 20% del registro; 2) Desaturación < 90% más del 30% del trazado, acompañada o no de la reducción del volumen minuto (> 10% de disminución respecto al basal), estimada por el módulo ResLink™ en ausencia de fuga significativa; y 3) Picos de desaturación > 3% más del 10% del registro. Este estudio demuestra que el módulo ResLink™ es fiable y aporta datos de enorme interés para valorar la eficacia de la VNI¹⁶. Posibilita optimizar la VNI y resolver problemas en la mayoría de los pacientes, limitando la utilización de la poligrafía y la polisomnografía para casos más complejos y seleccionados.

Ejemplos de los principales “built-in” software del mercado

En el caso de Philips, la conectividad se instrumenta mediante el uso de módems intercambiables usando tecnología celular o Wifi, para captar los datos y transmitirlos a la “nube” EncoreAnywhere. Dentro de la misma se puede supervisar alarmas, añadir pacientes manteniendo una base de datos actualizada, visualizar curvas en ventilación y cambiar la prescripción de la programación del ventilador si fuese necesario. Inclusive es posible cargar datos desde tarjetas de memorias “online”, ver el estado de cada uno de los módems e identificar fallas del ventilador. A su vez, es posible generar informes de adherencia, eficacia terapéutica, historial de módems etc. En la actualidad es posible adicionar oximetría y gestionar reportes.

El software DirectView™ es personalizable y los datos se pueden exportar a la mayor parte de las aplicaciones para estadística. Los parámetros que arrojan son: presión, frecuencia respiratoria, porcentaje de respiraciones iniciadas por el paciente, flujo inspiratorio pico, volumen tidal espirado estimado, fuga, el Ti/Ttot y la ventilación minuto. También se pueden ver detalles diarios y visualización del tratamiento del paciente de los últimos 30 días y el resumen de las tendencias de los últimos 12 meses.

DirectView™ permite gestionar las prescripciones mediante el uso de una tarjeta de memoria SD. Se encuentra disponible en la familia de equipos Trilogy™.

Con el sistema de telemonitorización de ResMed – AirView– es posible tener acceso remoto a información como; tiempo de uso, alarmas activadas y datos de la terapia como; Vt, ventilación minuto, niveles de presión y SpO₂ (acoplada al ventilador). Los principales datos de ventilación y los parámetros ajustados se graban y se pueden acceder en el ventilador o de forma remota. Es posible verificar acontecimientos clínicos importantes relacionados con la ventilación inadecuada o problemas en la adaptación de la interfaz y establecer ajustes y correcciones. Las caídas en la SpO₂ pueden indicar mala adaptación de interfaz (fuga excesiva), hipoventilación (por la caída del Vt) o presencia de eventos apneicos obstructivos o centrales. Recordando que en pacientes traqueostomizados estos eventos no son desencadenados pues el colapso de las vías aéreas ocurre en región superior a la cánula de traqueostomía.

A través de AirView también es posible ver el estado de la batería del equipo o si éste requiere de algún tipo de servicio técnico. También es posible acceder de manera remota al historial, con fecha y hora, de activación de alarmas o cambios de parámetros. A través de esta plataforma, es posible agregar notas accediendo a datos del tratamiento online y generar informes de tratamiento, de cumplimiento y detallados.

Se puede seleccionar el nivel de monitoreo; –Estándar: se almacenan las tendencias de hasta 365 noches– el resumen de los datos se puede consultar en el software ResScan™; alguna información se muestra en la pantalla LCD del respirador, -Monitoreo nocturno: se pueden ver los cambios en el tratamiento de hasta cinco noches y-Monitoreo nocturno avanzado: se pueden analizar los cambios de hasta 30 noches.

Finalmente el software de Breas™ presenta parámetros de uso, de programación, flujo, presión, volumen, fugas, saturación, eventos y alarmas, así como la posibilidad de añadir un análisis end-tidal de CO₂. Se pueden obtener datos detallados de 24 horas y datos de cumplimiento de los últimos meses.

10.6. Poligrafía ventilatoria / Polisomnografía convencional

La posibilidad tecnológica de conectar dispositivos registradores de poligrafía respiratoria con los equipos de VNI (denominada en este contexto poligrafía ventilatoria) permite adquirir información fisiológica del paciente y del equipo de ventilación en la misma interfase visual, a fin de interpretar los eventos que suceden durante la aplicación de las técnicas de ventilación no invasiva. Una adecuada interpretación de los fenómenos dependen del tipo de patología que se intenta corregir, del modo de ventilación utilizado (ventilación presométrica o volumétrica), de la interfase elegida y de la coordinación existente entre la bomba ventilatoria del individuo y el ventilador mecánico (sincronía paciente-ventilador).

Una serie de publicaciones sintetizan la experiencia en el análisis sistemático de las anomalías documentadas mediante PR con VNI de un grupo Europeo (Somno NIV) que describe y propone una clasificación de los eventos^{3, 4, 17}.

La complejidad de este tipo de pacientes y la necesidad de realizar registros más de una noche para ajustar los parámetros de ventilación ubican fundamentalmente a la poligrafía durante la aplicación de ventilación no invasiva en las unidades de cuidados respiratorios¹⁸.

El uso de poligrafía o polisomnografía está reservado para los casos de fallo de VNI, en los que el monitoreo simple no permite sacar conclusiones acerca de sus causas. Es necesario tener experiencia en la evaluación y en el reconocimiento de los trazados poligráficos bajo ventilación y disponer además, del tiempo suficiente para el análisis de señales.

El grupo SomnoNIV ha recomendado un montaje poligráfico básico en la poligrafía bajo ventilación¹⁷. Este debe incluir como mínimo las 5 señales siguientes; flujo por neumotacógrafo incorporado en el circuito, presión a nivel de la máscara, movimientos torazo-abdominales y SpO₂.

Otras señales son; PtcCO₂, fugas bajo VNI, evaluación del trabajo ventilatorio del paciente a través de la presión esofágica o de un captor de presión supraesternal, EMG frénico y por último la evaluación

de la calidad del sueño (EEG, EMG, EOG). La complejidad y el tipo de montaje poligráfico dependerá de la disponibilidad de tecnología, de la experiencia del equipo tratante y de cada caso particular.

10.6.1. ¿Cómo interpretar una poligrafía/PSG bajo VNI?

Como se ha dicho, la interpretación de una poligrafía bajo ventilación es tarea compleja. Esquema propuesto:

Etapa 1: Comprender que la semiología de los trazados depende del tipo y modo de funcionamiento del respirador; el modo ventilatorio: presión o volumen, el modo de asistencia: asistido, controlado, asistido/controlado, el tipo de trigger, el parametraje (nivel de PIP o Vt, PEP, pendiente de presurización, FR back up), el montaje de las tubuladuras y el tipo de sistema de espiración (fuga/válvula espiratoria).

Otro elemento importante es el circuito utilizado. Mientras los ventiladores de cuidados intensivos (VCI) utilizan clásicamente un doble circuito con una válvula espiratoria integrada en el respirador, en VNI dos tipos diferentes de circuitos pueden ser utilizados. El primero usa un montaje similar al de los VCI, y puede ser provisto de un simple o doble circuito con válvula espiratoria (que puede estar incluida en la tubuladura o incorporada en el ventilador respectivamente). En dichos circuitos la inspiración y la espiración permanecen separadas y el CO₂ es eliminado independientemente de la rama inspiratoria, de manera que no existe reinhalación. El segundo tipo no cuenta con una verdadera válvula espiratoria y usa un simple circuito A fin de evitar la reinhalación, este tipo de circuitos vienen provistos de una fuga calibrada (llamada fuga intencional).

Los ventiladores barométricos a simple circuito con fuga intencional son los más utilizados hoy en VNI. Estos dispositivos ciclan entre un nivel de presión inspiratoria (IPAP) y uno más bajo de presión espiratoria (EPAP) que pueden ser ajustados independientemente. El ciclado puede ocurrir por tiempo (presión asistida controlada) o por flujo (en realidad porcentaje de caída del flujo con respecto al pico flujo, modalidad llamada presión de soporte).

En estos sistemas un nivel mínimo de presión espiratoria (establecido en 4 cm H₂O) es imperativo a fin de asegurar un buen lavado del CO₂. En el monitoreo poligráfico, el tipo de circuito y la ubicación del neumotacografo en relación a la válvula espiratoria tienen una influencia mayor en el aspecto de los trazados

Etapa 2: Conocer la semiología de un trazado normal y de los distintos eventos y su fisiopatología
à Fugas

à Obstrucción de la VAS

- Con actividad inspiratoria (“lucha”) à a mecanismo “oro faríngeo”

-Sin actividad inspiratoria (disminución del drive)à a mecanismo “glótico”

à Asincronía

Semiología de un trazado normal e influencia de los distintos eventos

En el modo por PRESIÓN, el ventilador es seteado para mantener una presión constante (parámetro controlado) y el volumen y el flujo serán variables. El aspecto de la curva de flujo dependerá entonces de la impedancia (resistencia y elastancia): a mayor impedancia el sistema necesitara menor flujo para mantener la presión (ejemplo de una obstrucción v.a. por ej). Si por el contrario, ocurre una caída de la impedancia (fuga por ejemplo) el ventilador aumentara el flujo librado a fin de compensar la caída de presión (compensación de fugas para asegurar presión). En el modo por VOLUMEN, se setea un volumen dado durante un tiempo inspiratorio determinado (flujo constante). La variable es entonces el flujo y la presión será la resultante de la interacción entre los parámetros seteados, la compliance (C) y resistencia (R) del sistema y un eventual esfuerzo inspiratorio espontáneo del paciente. En este caso será el aspecto de la curva de presión el que dependerá de la impedancia del sistema: a mayor impedancia (obstrucción de la vía aérea) mayor presión y a menor impedancia (fuga) menor presión.

Fuga no intencional. Semiología poligráfica

a. Cambios en la presión

En presencia de fugas, la importancia de la misma y la habilidad del modo ventilatorio (y del ventilador) para compensarlas determinará si la presión puede ser mantenida o disminuirá. En modo por VOLUMEN (poco capaz de compensar fuga), una fuga producirá caída de la presión. Por el contrario

en modo por PRESION una caída de la presión ocurrirá sólo en presencia de una fuga no intencional mayor (o de un respirador incapaz de compensarla). Este signo tiene un fuerte valor predictivo positivo.

b. Cambios en el flujo

Los cambios en la curva de flujo inspiratorio en presencia de fugas se manifestarán únicamente en el modo por PRESION, donde en ausencia de fugas, la curva de flujo inspiratorio mostrará un rápido incremento inicial hasta alcanzar un flujo pico seguida de una disminución progresiva hasta el ciclado. En presencia de fugas, el flujo inspiratorio tendrá aspecto en doble pico, con un rápido incremento inicial seguido de una pendiente más suave hasta el ciclado. En casos de fuga importante puede constatarse una inversión de la curva de flujo, como consecuencia del aumento marcado del flujo entregado por la turbina para mantener la presión. Si se trata de un modo en presión ciclado por flujo (presión de soporte), puede ocurrir también una prolongación de la duración de la inspiración. Ambos eventos son la consecuencia de la progresiva aceleración de la turbina en busca de compensar las fugas.

Por último, si una deflexión espiratoria está presente en el trazado basal (neumotacógrafo entre la válvula espiratoria y la máscara) una amputación de la vertiente espiratoria de la curva de flujo indicará una ausencia de flujo espiratorio, testimonio de la fuga

c. Cambios en las bandas tóraco-abdominales En ambos modos, en presencia de fugas, las bandas tóraco abdominales mostraran una reducción en su amplitud, en general permaneciendo en fase, como consecuencia de la disminución del volumen recibido por el paciente.

10.6.2. Obstrucción de la vía aérea superior. Semiología poligráfica

Cambios en el flujo y en la presión

El comportamiento de las curvas de flujo y presión será también diferente en presencia de una obstrucción de la vía aérea superior según se trate de un modo por PRESIÓN o VOLUMEN. En ventilación barométrica asistiremos a una reducción de la amplitud de la señal de flujo con mantenimiento de una curva normal de presión. En ventilación volumétrica, ocurrirá también una reducción (aunque más discreta) en la amplitud del flujo, pero esta vez acompañada de un aumento de la presión inspiratoria hasta alcanzar la presión máxima autorizada (o sea aquella seteada como presión máxima por el operador).

Cambios en las bandas tóraco-abdominales

Las modificaciones en la semiología de las bandas dependerán del tipo de obstrucción. La obstrucción episódica de la vía aérea bajo VNI puede reconocer dos mecanismos: 1) eventos obstructivos a nivel oro faríngeo debidos al colapso de la VAS al inicio de la inspiración, se notará un incremento de la amplitud con caída o abolición del flujo.

2) episodios de obstrucción a nivel glótico, con disminución del drive ventilatorio y del esfuerzo inspiratorio, con disminución/abolición de los movimientos toraco-abdominales (“silencio toraco-abdominal”). Si se ha seteado una frecuencia respiratoria de back up, la expansión toraco-abdominal “seguirá” las curvas de presión y flujo (que corresponderán en dicho caso a la frecuencia de back up).

Por último, como en el caso de la fuga, dado que en presencia de una obstrucción de la vía aérea el ventilador puede no detectar el esfuerzo inspiratorio del paciente, si no se ha seteado una frecuencia de respaldo, las señales de flujo y presión estarán ausentes. En cambio, si una frecuencia de respaldo fue programada el sistema pasara a ciclar a dicha frecuencia (y se generara asincronía paciente ventilador).

10.6.3. Interés del monitoreo de la VNI: de lo básico a lo complejo

Janssens et al, en representación del grupo SomnoNIV, publicaron en 2011 en Thorax, un artículo referente a la monitorización de la ventilación mecánica no invasiva¹⁰, en él se describe la contribución, límites y precauciones a tener en cuenta con técnicas como la pulsioximetría, la capnografía y el “built-in” software de los respiradores. Este estudio presenta algoritmos de interpretación y actuación ante los principales problemas que nos podemos encontrar en el paciente ventilado.

El monitoreo básico propuesto en la evaluación sistemática de todo paciente ventilado, permitirá ya detectar, con relativa sensibilidad, el grado de eficacia de la ventilación. El primer paso debe ser la

gasometría diurna. En efecto, la no mejoría de la hipercapnia diurna dará la primera señal de alarma. Esta hipercapnia será el reflejo de una ventilación insuficiente y pondrá en evidencia la inadecuación entre la demanda y la oferta de soporte ventilatorio.

El monitoreo nocturno de niveles de O_2 y CO_2 constituye el segundo paso en la evaluación de la eficacia de la ventilación y permitirá profundizar en la detección de anomalías durante el período en que el paciente es ventilado. Dicho monitoreo bajo ventilación debiera, idealmente ver un trazado de SpO_2 y el monitoreo de la $PtcCO_2$.

En los casos en que se utilice O_2 suplementario y sea posible suspenderlo durante la noche de monitoreo, esta señal aportará utilidad clínica. Cuando sea necesario el estricto uso de O_2 acoplado a la VNI, se recomienda disponer de $PtcCO_2$.

Además de la posibilidad de hipoventilación residual nocturna en ausencia de hipercapnia diurna, una ventilación ineficaz es pasible de alterar la calidad de sueño. Como la hipoventilación durante el sueño es uno de los mecanismos que favorece la aparición de una hipercapnia diurna, el hecho que el paciente duerma menos puede explicar una reducción en términos de $PaCO_2$ diurna, sin que ello exprese necesariamente que la ventilación sea eficaz.

Se pueden reconocer los siguientes patrones patológicos:

1. Desaturación continua: se expresa por un nivel de saturación persistentemente bajo, ya sea durante todo el trazado o durante períodos relativamente prolongados bajo ventilación. El diagnóstico a evocar y la modificación terapéutica a proponer dependerá de la existencia o no fugas en el circuito, de la existencia o no de hipercapnia y del trazado de $PtcCO_2$ bajo ventilación.
 - a. En presencia de fugas “en espejo” a los períodos de desaturación, la misma es reflejo de la ineficacia del sistema para asegurar una ventilación adecuada (hipoventilación alveolar) como consecuencia de la pérdida de hermeticidad del sistema. Puede también ocurrir, si el paciente se encuentra con suplemento de oxígeno durante el periodo de la ventilación, que la desaturación corresponda más a una caída de la FiO_2 en el circuito (sobre todo si se trata de un respirador barométrico cuya respuesta en presencia de fugas es aumentar el volumen entregado, lo que conllevará un “efecto dilución”). En este último caso el nivel de $PtcCO_2$ permitirá diferenciar ambos mecanismos ($PtcCO_2$ aumentada si el mecanismo es la hipoventilación, normal si el mecanismo es el “efecto dilución”). La conducta terapéutica en ambos casos debe apuntar a reforzar la hermeticidad del sistema.
 - b. En ausencia de fugas. El diagnóstico y la conducta serán distintos dependiendo de los resultados de la $PtcCO_2$:
 - i. Con $PtcCO_2$ aumentada bajo ventilación (acompañada o no de hipercapnia diurna): refleja un nivel de presión o volumen insuficiente y por consiguiente una ventilación inadecuada a las necesidades del paciente. En este caso la conducta terapéutica deberá apuntar a aumentar el nivel de ventilación.
 - ii. Con $PtcCO_2$ normal bajo ventilación. En este caso puede asumirse la eficacia en términos de ventilación y la desaturación nocturna pondría en evidencia una alteración del intercambio gaseoso, independiente de la hipoventilación alveolar (anomalía V/Q). En dicho caso, la conducta terapéutica deberá ser el agregado de O_2 al circuito.
2. Picos de desaturación bajo VNI: son el reflejo de episodios obstructivos intermitentes de la VAS. El diagnóstico diferencial entre estos dos mecanismos es difícil de realizar por medio de métodos simples y requiere en general la realización de una poligrafía o polisomnografía bajo ventilación. En el caso que se trate de apneas obstructivas, la conducta lógica será de aumentar el nivel de EPAP a fin de estabilizar la VAS. En ocasiones puede resultar interesante (y si el estado clínico del paciente lo permite) titular durante una noche poligráfica completa, el nivel de CPAP necesario para estabilizar la vía aérea y luego retomar la ventilación a doble nivel de presión utilizando como presión espiratoria (EPAP) un nivel cercano al nivel de CPAP retenido como eficaz.
3. Cabe destacar que en ocasiones, la semiología ventilatoria es dificultosa, pese a los recursos tecnológicos disponibles. En este contexto, una cuidadosa evaluación del caso clínico y de los cambios sugeridos en la parametrización ventilatoria por personal con experiencia tras un período prudente

de seguimiento habitualmente aclara aspectos controvertidos. En este sentido es necesario remarcar la necesidad de evaluar nuevamente al paciente y al ventilador luego de los cambios (evaluación que puede incluir un nuevo trazado oximétrico, capnográfico o de PR/PSG según el caso).

4. Es importante reconocer la condición dinámica y cambiante de la mayoría de las patologías que requieren tratamientos con VNI. Este comportamiento funcional obliga a replantearse la necesidad de implementar medidas de monitoreo adicionales cuando la condición clínica del paciente lo sugiera (ej: la parametrización eficaz del ventilador de un paciente con EPOC puede dejar de serlo durante una agudización). En este sentido, otras enfermedades pueden ser inexorablemente progresivas, obligando a ajustes necesarios debido a la caducidad del monitoreo realizado tiempo atrás.

10.7. Conclusión

Desconocemos con exactitud qué parámetros reflejan lo que podríamos definir como una VNI eficaz. Podemos hablar de fallo de la VNI desde un punto de ausencia de mejoría clínica, falta de corrección gasométrica o persistencia de trazados oximétricos o poligráficos bajo ventilación no satisfactorios.

La incorporación de respiradores con capacidad de mostrarnos datos de tendencia, datos brutos ciclo a ciclo y datos combinados con pulsioximetría o esfuerzos respiratorios, abre unas posibilidades de monitorización impensables hasta ahora para el seguimiento y control de los pacientes con VNI domiciliaria

No obstante, el control sistemático de la eficacia del tratamiento es necesario en todo paciente bajo VNI. Este control debe realizarse al inicio de la terapéutica y repetirse en forma periódica y debe tener como base tres elementos: la evolución clínica, los gases en sangre y el monitoreo nocturno bajo ventilación. Este último debe comprender una SpO₂ nocturna, de ser posible complementada por la medida en paralelo de la PtcCO₂ y la búsqueda de fugas en el circuito.

En los pacientes en los cuales uno o varios de estos elementos muestran resultados no satisfactorios, una poligrafía ventilatoria o polisomnografía con VNI, nos permitirá profundizar en el análisis de los mecanismos que producen el fallo de la ventilación. La comprensión de dichos mecanismos y el conocimiento del conjunto de las herramientas disponibles para su detección, nos ofrecerá la posibilidad de aproximarnos a la causa probable del fracaso y de intervenir en consecuencia en vistas a una optimización de la ventilación.

Bibliografía

1. Cheng SL, Chan VL, Chu CM. Compliance with home non-invasive ventilation. *Respirology*. 2012; 17(4): 735-6.
2. Arnal JM, Texereau J, Garnero A. Practical Insight to Monitor Home NIV in COPD Patients. *COPD*. 2017; 14(4): 401-10.
3. Elliott M. Non-invasive ventilation during sleep: time to define new tools in the systematic evaluation of the technique. *Thorax* 2011; 66: 82.
4. Rabec C, Rodenstein D, Leger P, Rouault S, Perrin C, Gonzalez-Bermejo J; SomnoNIV group. Ventilator modes and settings during non-invasive ventilation: effects on respiratory events and implications for their identification. *Thorax* 2011; 66: 170-8.
5. Tuncay E, Esquinas AM. COPD Patients Requiring Long-Term NIV Therapy: What Are the Critical Points in Monitoring the Efficacy of NIV? *Respiration*. 2018; 95(5): 381-2.
6. Aarrestad S, Tollefsen E, Kleiven AL, Qvarfort M, Janssens JP, Skjøsberg OH. Validity of transcutaneous PCO₂ in monitoring chronic hypoventilation treated with non-invasive ventilation. *Respir Med*. 2016; 112: 112-8.
7. Levi-Valensi P, Aubry P, Rida Z. Nocturnal hypoxemia and long-term oxygen therapy in COPD patients with daytime PaO₂ 60-70 mmHg. *Lung*. 1990; 168 Suppl: 770-5.
8. Berry RB, Budhiraja R, Gottlieb DJ, et al. American Academy of Sleep Medicine. Rules for Scoring Respiratory Events in Sleep: Update of the 2007 AASM Manual for the Scoring of Sleep and Associated Events. *J Clin Sleep Med* 2012; 8: 597-619.
9. Trucco F, Pedemonte M, Fiorillo C, Tan HL, Carlucci A, Brisca G, Tacchetti P, Bruno C, Minetti C. Detection of early nocturnal hypoventilation in neuromuscular disorders. *J Int Med Res*. 2018 Mar;46(3):1153-1161.

10. Janssens JP, Borel JC, Pépin JL; groupe SomnoVNI. Nocturnal monitoring of home non-invasive ventilation: Contribution of simple tools such as pulse-oximetry, capnography, built-in ventilator software and autonomic markers of sleep fragmentation. *Rev Mal Respir.* 2014; 31(2): 107-18.
11. Nassar BS, Schmidt GA. Estimating Arterial Partial Pressure of Carbon Dioxide in Ventilated Patients: How Valid Are Surrogate Measures? *Ann Am Thorac Soc.* 2017; 14(6): 1005-14.
12. Contal O, Vignaux L, Combescure C, Pepin JL, Jolliet P, Janssens JP. Monitoring of noninvasive ventilation by built-in software of home bilevel ventilators: a bench study. *Chest.* 2012; 141(2): 469-76.
13. Pasquina P, Adler D, Farr P, Bourqui P, Bridevaux PO, Janssens JP. What does built-in software of home ventilators tell us? An observational study of 150 patients on home ventilation. *Respiration.* 2012; 83(4): 293-9.
14. Fernandez Alvarez R, Rabec C, Rubinos Cuadrado G, et al. Monitoring Noninvasive Ventilation in Patients with Obesity Hypoventilation Syndrome: Comparison between Ventilator Built-in Software and Respiratory Polygraphy. *Respiration.* 2017; 93(3): 162-9.
15. Sogo A, Montanyà J, Monsó E, Blanch L, Pomares X, Luján M. Effect of dynamic random leaks on the monitoring accuracy of home mechanical ventilators: a bench study. *BMC Pulm Med.* 2013 Dec 10; 13:75.
16. Rabec C, Georges M, Kabeya NK, et al. Evaluating noninvasive ventilation using a monitoring system coupled to a ventilator: a bench-to-bedside study. *Eur Respir J.* 2009; 34(4): 902-13.
17. Gonzalez-Bermejo J, Perrin C, Janssens JP, et al. SomnoNIV Group. Proposal for a systematic analysis of polygraphy or polysomnography for identifying and scoring abnormal events occurring during non-invasive ventilation. *Thorax* 2012; 67: 546-52.
18. Borsini E, Ernst G, Blanco M, Blasco M, Bosio M, Salvado A, Nigro C. Respiratory polygraphy monitoring of intensive care patients receiving non-invasive ventilation. *Sleep Sci.* 2017; 10(1): 35-40.