

## **VENTILACIÓN DE ALTA FRECUENCIA OSCILATORIA**

Federico Martín-Torres

Sonia Marcos Alonso

Jose María Martín Sánchez

Servicio de Críticos, Intermedios y Urgencias Pediátricas, Hospital Clínico Universitario de Santiago de Compostela.

***Si un dispositivo “nuevo” es utilizado con una mentalidad “antigua”, el resultado final puede ser peor.  
Alison B. Froese MD y John B. Kinsella MD***

## **INTRODUCCIÓN**

La ventilación de alta frecuencia oscilatoria (VAFO) es una modalidad ventilatoria que se distingue por su carácter potencialmente protector pulmonar y por la aplicación sistemática de una estrategia basada en el reclutamiento alveolar y el establecimiento de un volumen pulmonar óptimo. Algunos autores consideran la VAFO como la modalidad de reclutamiento-protección pulmonar más completa, sencilla, segura y eficaz de entre las que disponemos en el momento actual.

Las evidencias existentes en el campo experimental muestran como la VAFO, aplicada correctamente, es capaz de disminuir la incidencia de barotrauma, volutrauma, atelectrauma y biotrauma, con un efecto protector del pulmón equivalente al de la ventilación líquida parcial y quizás superior al de la ventilación mecánica convencional (VMC) aplicada incluso con una estrategia de reclutamiento-protección. En el ámbito pediátrico, la VAFO constituye una técnica de rescate pulmonar segura y eficaz, con mejores resultados cuanto más precozmente se inicia su uso, capaz de disminuir la mortalidad e incidencia de enfermedad pulmonar crónica. En cuanto a la aplicación electiva de VAFO frente a la VMC, en pacientes pediátricos no existen en el momento actual evidencias que demuestren las ventajas o desventajas de una técnica frente a la otra, al igual que sucede en otros rangos de edad. Por otro lado, se desconoce cuál es la estrategia óptima de VAFO –lo que puede influir en los resultados publicados hasta la fecha-, y las recomendaciones prácticas aquí recogidas vienen determinadas en muchos casos por las características de los equipos, la experiencia de los autores y los consensos de expertos publicados.

## **CONCEPTOS**

La VAFO, a diferencia de otras modalidades de ventilación tiene como prioridad “abrir el pulmón y mantenerlo abierto”, utilizando para ello volúmenes corrientes muy pequeños (1-2 ml/kg en comparación con los 7-10 ml/kg utilizados en VMC) a frecuencias suprafisiológicas (180-900 respiraciones por minuto (4-15Hz) en comparación con las 15-30 respiraciones por minuto utilizadas en VMC).

El modo exacto por el que se produce el intercambio gaseoso durante la VAFO no está completamente aclarado, aunque se sabe que intervienen diferentes mecanismos tales como la ventilación alveolar directa, la difusión molecular, el mezclado

cardiogénico, la dispersión aumentada de Taylor, el perfil de velocidad asimétrica, o el efecto "Pendelluft" entre otros.

## **DESCRIPCION DE LA TÉCNICA**

El aparato de VAFO requiere tres elementos fundamentales: una fuente de flujo de gas fresco continuo, un mecanismo "oscilador" capaz de generar oscilaciones de la columna de gas en el circuito a altas frecuencias (un diafragma o un pistón), y una resistencia espiratoria que mantenga la presión media en la vía aérea (Paw) a lo largo de todo el ciclo respiratorio. El aparato de VAFO genera así ondas oscilatorias de presión que son de alta amplitud a nivel proximal, pero que se atenúan por las fuerzas resistivas del circuito y las fuerzas conductivas de la vía aérea, de tal modo que a nivel alveolar sólo llegan ondas de presión de baja amplitud (menores del 10% de la amplitud producida por el aparato a nivel proximal). En consecuencia, las presiones pico tanto inspiratorias como espiratorias están marcadamente disminuidas en el alvéolo. Además de esta menor oscilación de presión, el volumen corriente utilizado es más pequeño (menor que el espacio muerto anatómico y fisiológico) y el volumen tele-espiratorio mayor que los empleados en VMC, y ambos son mantenidos de forma prácticamente constante (menor oscilación de volumen). El volumen minuto continúa siendo eficaz gracias a la utilización de frecuencias respiratorias muy altas y la existencia de un sistema de espiración activa, que además de permitir una eliminación de carbónico más eficaz y controlable, disminuye el riesgo de atrapamiento de aire.

## **Ventajas de la VAFO frente a otras modalidades de ventilación de alta frecuencia**

- Espiración activa: la diferencia principal con otras modalidades de alta frecuencia subyace en el mecanismo de espiración activa, que permite una eliminación de carbónico regulable, segura, y efectiva, y disminuye los riesgos derivados del atrapamiento de aire. Esta espiración activa se origina gracias al desplazamiento hacia atrás del pistón o diafragma, que genera una presión espiratoria negativa. En la VAFO, oxigenación y ventilación pueden ser manejadas de modo prácticamente independiente: la oxigenación mediante la regulación de la presión media en la vía aérea (Paw) y la  $FiO_2$ , y la ventilación a través de la amplitud ( $\Delta P$ ), la frecuencia (Hz) y la relación inspiración/espiración (% insp).
- Posibilidad de ventilación de cualquier paciente: existen modelos de respirador de alta frecuencia cuyas características técnicas permiten realizar VAFO sin limitaciones por el peso del paciente (Tabla 1).
- Compatibilidad con otras técnicas: la VAFO es compatible con la utilización simultánea de otras modalidades terapéuticas respiratorias tales como el óxido

nítrico, el helio, la ventilación en prono, la insuflación traqueal o la ventilación líquida parcial.

## INDICACIONES

- Indicación electiva o rescate: no existen evidencias de que la aplicación de la VAFO de manera electiva tenga ventajas sobre la VMC. Su papel actual es de rescate, ante el fracaso de la ventilación mecánica convencional optimizada. El criterio de inclusión empleado en nuestra UCIP es el siguiente: insuficiencia respiratoria grave de cualquier etiología con un índice de oxigenación\* mayor de 13, en dos muestras de gases arteriales en un intervalo de 6 horas, a pesar de la utilización de VMC optimizada (\*índice de oxigenación =  $100 \times \text{FiO}_2 \times \text{presión media vía aérea} / \text{PaO}_2$ ).
- Otros criterios alternativos empleados para indicar la VAFO son:
  - Fallo de oxigenación:  $\text{FiO}_2 \geq 0.7$  y  $\text{PEEP} > 14$
  - Fallo de ventilación:  $\text{pH} < 7.25$ , con volumen corriente  $\geq 6 \text{ ml / kg}$  y presión plateau  $\geq 30 \text{ cm H}_2\text{O}$ .
  - Algunas UCIPs emplean como criterio de inicio de la VAFO un índice de oxigenación superior a 20.
- En la práctica, la mayoría de los pacientes que precisan VAFO padecen Síndrome de Dificultad Respiratoria Aguda (SDRA) grave o infección pulmonar severa por virus respiratorio sincitial (VRS).
- Escape aéreo: los pacientes con síndromes de escape aéreo grosero (neumotórax, neumoperitoneo, neumomediastino, etc.) responden particularmente bien a la VAFO, permitiendo la retirada precoz de los drenajes por la rápida resolución del escape; por este motivo en algunos centros aplicamos la VAFO de manera electiva en estos casos.

## CONTRAINDICACIONES

Al igual que sucede con la VMC existen condiciones que pueden dificultar la aplicación de la técnica o disminuir la probabilidad de respuesta positiva a la misma, entre las que podemos destacar:

- Aumento de las resistencias en la vía aérea: teóricamente aumenta el riesgo de atrapamiento aéreo y favorece el mecanismo de hiperinsuflación dinámica. El hecho de que la VAFO tenga espiración activa, junto con la aplicación de una estrategia adecuada (frecuencias más bajas, amplitudes menores) puede minimizar los riesgos potenciales de la técnica. Aún así, algunos considerarían el *status astmatics* como una contraindicación para la VAFO.

- Hipotensión arterial: siempre es preciso mantener una presión arterial media adecuada durante la técnica, pero especialmente durante la fase o las maniobras de reclutamiento o en aquellos casos en que son necesarias presiones medias elevadas en la vía aérea.
- Otras situaciones que fueron consideradas contraindicaciones de la técnica, tales como la presión intracraneal elevada o la dependencia de flujo sanguíneo pulmonar pasivo (cirugía de Fontan), sabemos hoy que pueden beneficiarse de la VAFO sin incidencias. En el caso de sospecha de presión intracraneal elevada debería considerarse la conveniencia de monitorizar la presión intracraneal antes de iniciar la VAFO.

## **METODO PRÁCTICO DE APLICACIÓN**

### **Aparatos de VAFO**

Las características de los principales aparatos de VAFO disponibles para uso pediátrico están recogidas en la tabla 1. El siguiente protocolo, ha sido específicamente diseñado para su uso pediátrico con los modelos 3100A y 3100B de Sensormedics ®. Este mismo protocolo se puede utilizar con pequeñas variaciones con el ventilador Stephanie® o el SLE® (ver apartados específicos).

### **Preparación del paciente para la técnica**

#### **a) Requisitos de monitorización del paciente**

- Presión venosa central (PVC).
- Presión arterial invasiva.
- Monitorización gasométrica (arterial discontinuo, transcutáneo, o intravascular continuo (Paratrend®)).
- En pacientes inestables, valorar la colocación del sistema PICCO® para la monitorización hemodinámica.

#### **b) Preparación del paciente para la técnica**

- Control hemodinámico: asegurar una presión arterial media adecuada a la edad del paciente y una volemia normal-alta (presión venosa central de entre 10 y 15 cm H<sub>2</sub>O). Para ello se sugieren las siguientes medidas:
  - 1º. Expansión volemia: aumentar inicialmente la PVC hasta 10-15 mmHg, utilizándose, si fuera necesario, expansión de volumen con coloides o cristaloides. Si está monitorizada la presión de enclavamiento con catéter de Swan-Ganz se seguirá con la expansión de volumen mientras la PCP sea menor de 15 mmHg.

2º. Aminas: si la PVC es 10-15 mmHg y no está colocado un sistema PICCO, un catéter de Swan-Ganz, o la presión capilar pulmonar es  $\geq 15$  mmHg, instaurar aminas (idealmente dobutamina de 5 a 20 mcg /kg/min), o ajustar las dosis si ya las estaba recibiendo.

- Considerar aumentar previamente el pH con bicarbonato, si es menor de 7,25
- Sedación en todos los casos y bloqueo neuromuscular en pacientes mayores de dos meses según la tolerancia.
- Aspirar bien al paciente previamente a la instauración del respirador
- Colocar sistemas de aspiración “cerrados” o “en línea”.

## **Preparación y programación inicial del respirador de VAFO**

### **1/ Respirador Sensormedics 3100A y 3100B® (Figura 1)**

#### **a) Preparación del ventilador: calibraciones y montaje.**

El montaje del circuito del paciente es sencillo y lógico, debiendo seguirse las instrucciones del fabricante. No obstante, debemos tomar en consideración algunas precauciones:

- Asegurar el perfecto estado y colocación de las válvulas neumáticas del circuito, ya que constituye la causa más frecuente de fallo en el funcionamiento o en las calibraciones. Es esencial que las válvulas encajen perfectamente en el circuito del paciente, así como poner especial cuidado en que no se desajusten al colocar los conectores de rosca (luer) de los tubos-sensores correspondientes.
- Cierre correcto de los cuatro cierres del compartimento oscilatorio (sujeción circuito-diafragma) y de la válvula del desagüe de la trampa de agua (es recomendable colocar un tapón de seguridad – cierre estándar).
- Una vez conectado el circuito y previamente a la conexión al paciente, deben realizarse las calibraciones obligatorias: del circuito del paciente y de comprobación de funcionamiento del ventilador (figuran en la carcasa del aparato y en el manual del operador). Si no se pasan correctamente las calibraciones, se debe buscar el origen del problema, que en la mayoría de los casos, es debido al inadecuado montaje del circuito y/o la existencia de fugas.

#### **b) Programación inicial**

- FiO<sub>2</sub> al 100%
- Paw (presión media en vía aérea): comenzar con una Paw de 4 a 8 cm H<sub>2</sub>O por encima de la Paw que se venía utilizando en el ventilador convencional, con

incrementos progresivos de 1-2 cmH<sub>2</sub>O según sea necesario hasta lograr un volumen pulmonar óptimo, que será aquel que:

- Proporcione una SatO<sub>2</sub> que permita disminuir progresivamente la FiO<sub>2</sub> a ≤ 60%.
- Coloque el diafragma a nivel de T8-T9 en la Rx de tórax.
- Flujo (Bias flow): Utilizar siempre un flujo mínimo de 20 lpm. Como orientación el flujo (*bias flow*) necesario inicialmente será de 20-30 L/min hasta los 20 kg de peso, 30-40 l/min entre 20 y 50 kg de peso, y mayor de 30 L/min por encima de los 50 kg de peso. En el modelo 3100A la forma ideal de programar el flujo antes de la conexión al paciente para evitar la necesidad de manipulaciones posteriores, consiste en colocar los mandos de ajuste (*adjust*) de Paw y límite (*limit*) en posición máxima en sentido de las agujas del reloj. A continuación aumentar el flujo (*bias flow*) hasta que la Paw sea 15 cm H<sub>2</sub>O mayor que la Paw deseada. Luego reposicionar el mando de *limit* 5 cm H<sub>2</sub>O por encima de la Paw deseada para finalmente colocar el mando de *adjust* de Paw hasta obtener el valor de la Paw de inicio deseado. En el modelo Sensormedics 3100B no existe mando de *limit*.
- Frecuencia: de entrada, se establecerá según el peso del paciente siguiendo las siguientes orientaciones:

2 kg a 12 kg	10 Hz
13 kg a 20 kg	8 Hz
21 kg a 30 kg	7 Hz
>30 kg	6 Hz

Estas recomendaciones son arbitrarias, y los autores suscriben la corriente actual consistente en emplear la frecuencia más alta posible que el paciente tolere y que permita lograr la ventilación deseada.

- Amplitud (Delta-P): Se regula con el mando *Power setting* que inicialmente debe ser de 4.0, y aumentar progresivamente hasta conseguir que la vibración del pecho del paciente llegue hasta el ombligo en el recién nacido y lactante, y hasta el muslo en el niño y adolescente. Por lo general este patrón de vibración se logra con un Delta-P de 15 a 20 cm de H<sub>2</sub>O por encima de la Paw programada.
- Porcentaje de tiempo inspiratorio: 33%.

## **2/ Respirador Stephanie®**

- Inicio:
  - 1° Seleccionar el modo de ventilación CPAP.
  - 2° Activar el pistón (mando HFO).
- Posee un mando de selección de frecuencia y de amplitud.

- La presión media se regula mediante el mando de PEEP.
- El porcentaje de tiempo inspiratorio es por defecto del 33%, y se puede cambiar a 40 o 50% entrando en el menú opciones del módulo alta frecuencia.
- El flujo no puede regularse.
- El resto de protocolo de aplicación es similar.

### **3/ Respirador SLE 5000®**

En este modelo, el operador selecciona modalidad HFO (botón HFO only). Se programan la frecuencia, la Paw (con el mando de PEEP) y la amplitud (Delta-P)

Este modelo -al igual que el Stephanie®- permite modalidades mixtas (CMV+HFO), no sustentadas por la evidencia científica, pero cuyo fin en la práctica es paliar la falta de potencia de estos aparatos en los pacientes de mayor peso o con mayores requerimientos de presión por su mayor gravedad. Además el SLE 5000® permite hacer HFO exclusivamente en la fase espiratoria de la CMV, sin que tampoco exista ninguna referencia en la literatura sobre la utilidad de esta modalidad.

### **Estrategia general de manejo y modificación de parámetros (Tabla 2)**

Los efectos clínicos de los cambios que realizamos en los parámetros no siempre aparecen de forma inmediata, por lo que si la situación del paciente lo permite, debemos realizar los cambios de uno en uno y tratando de objetivar dicho efecto. En general, durante la fase inicial de reclutamiento los ajustes de cara a optimizar la oxigenación se pueden realizar hasta cada 5 minutos; posteriormente, salvo situaciones de urgencia, deberíamos dar un margen de al menos una hora después de cada cambio.

#### *Cambios en la oxigenación*

- FiO<sub>2</sub>: debe ser el primer parámetro a disminuir, en función de la saturación de oxígeno del paciente (SatO<sub>2</sub> mayor o igual a 90%) determinada mediante pulsioximetría o gasometría. Una vez alcanzada una FiO<sub>2</sub> menor o igual al 60%, y en función de la estrategia que sigamos, se pasará a modificar otros parámetros (véase Paw).
- Paw: una vez alcanzada una FiO<sub>2</sub> menor o igual al 60%, el siguiente paso consistirá en tratar de disminuir la Paw en decrementos de 1 cm H<sub>2</sub>O, y si es tolerada por el paciente.

#### *Cambios en la ventilación*

- Amplitud (Delta-P): Se disminuirá o aumentará cada vez en 5 cm de H<sub>2</sub>O, según la PaCO<sub>2</sub> o pH deseados (a más Delta-P menor PaCO<sub>2</sub>, a menos Delta-P mayor PaCO<sub>2</sub>).
- Frecuencia: una vez ajustada la frecuencia óptima, se recomienda mantener igual durante todo el proceso de ventilación de alta frecuencia. Únicamente se disminuirá en caso de hipercapnia a pesar de un Delta-P máximo, si bien esta maniobra es necesaria de forma excepcional, y deberemos repasar la situación del paciente (secreciones, volumen pulmonar) y el resto de parámetros programados (fundamente la Paw). Por el contrario, cuando a pesar de una amplitud mínima (power setting 4.0) el paciente esté normo o hipocápnico, o en aquellos casos en los que queramos extremar la protección pulmonar, valoraremos subir la frecuencia de Hz en Hz.
- Porcentaje de tiempo inspiratorio: se mantendrá por defecto al 33%.
- Flujo: no es necesario modificarlo habitualmente, salvo en casos de: necesidad de Paw muy elevadas, pacientes a los que se permita respiración espontánea, hipercapnia refractaria a otras maniobras, o en algunas estrategias de resistencias elevadas o escape aéreo. En estas circunstancias se aumentará el flujo en incrementos de 5 L/min (cada 15-30 min). Es preciso tener en cuenta que si se aumenta el flujo con el paciente conectado, se debe reajustar simultáneamente a la baja el mando de *adjust* y *limit* de Paw para mantener la Paw deseada previa.

La Tabla 2 muestra un resumen de la estrategia de modificación de parámetros en función de las principales situaciones gasométricas que pueden acontecer habitualmente durante la VAFO.

#### **Criterios de retirada de la VAFO:**

- Clínicos: el paciente está preparado para la retirada de la VAFO cuando durante la aspiración y/o desconexión transitorias no se produzcan desaturaciones significativas ni mantenidas (>10 min), una vez reinstaurada la VAFO. Estos criterios son, no obstante, subjetivos y muy dependientes de la experiencia del operador. La evolución clínica de la patología que originó la indicación de la VAFO es también un buen indicador del momento en que puede plantearse la retirada de la misma.
- Objetivos: En el momento que el paciente requiere:
  - FiO<sub>2</sub> < 40%
  - Paw < 15 - 20 cm H<sub>2</sub>O
  - Delta-P < 40 cm H<sub>2</sub>O.

### **Modo de destete de VAFO**

- Se puede cambiar a modalidad ventilatoria convencional, recomendándose:
  - 1º Programar el ventilador convencional:
    - Modo: controlado por presión.
    - Volumen corriente 6-8 ml/kg.
    - I:E: 1:1.
    - PEEP: 10.
    - Paw similar a la usada en VAFO.
    - FiO<sub>2</sub> 10% mayor que la programada en VAFO. Desde el punto de vista práctico, puede realizarse el cambio a ventilación convencional con FiO<sub>2</sub> del 100% y reducirla rápidamente una vez comprobada la buena tolerancia por parte del paciente.
  - 2º Cuando la FiO<sub>2</sub> ≤ 40, cambiar progresivamente I:E a 1:2.
  - 3º A continuación disminuir progresivamente PEEP hasta 5 cm H<sub>2</sub>O.
  - 4º Paso a espontánea, utilizando CPAP con presión de soporte, u otra modalidad según criterio médico.
- Alternativamente, y según la indicación y la experiencia del centro, la VAFO puede mantenerse durante más tiempo, pasando al paciente directamente a ventilación espontánea o a una modalidad no invasiva de presión de soporte.

### **Criterios de fracaso de la VAFO**

- Fallo en mejorar la oxigenación, entendido como la incapacidad de descender la FiO<sub>2</sub> un 10% en las primeras 24 horas de VAFO.
- Fallo en mejorar o mantener una ventilación adecuada, entendido como la incapacidad de mantener una PCO<sub>2</sub> por debajo de 80-90 cm H<sub>2</sub>O con un pH >7,25.

Estos criterios de fracaso son relativos, ya que la única alternativa existente, modalidades de oxigenación extracorpórea (ECMO), no está disponible en muchos centros. Por otro lado, el fracaso de la VAFO, no indica necesariamente la vuelta a VMC, ya que en muchos casos, los pacientes todavía evolucionarán peor con otras modalidades ventilatorias convencionales. Ante un fracaso de VAFO es necesario replantearse la indicación y la estrategia idónea, y buscar exhaustivamente otros factores que pudiesen interferir en la respuesta a la ventilación mecánica.

### **ASPECTOS PRÁCTICOS DEL MANEJO DEL PACIENTE EN VAFO.**

El manejo del paciente en VAFO posee peculiaridades diferenciales frente a otros modos de ventilación asistida, cuyo conocimiento es esencial para el éxito de la

técnica. En este sentido, la instrucción y sensibilización adecuadas del personal, tanto médico como de enfermería, son factores determinantes en su eficacia.

### **Desconexión y desreclutamiento alveolar.**

El reclutamiento alveolar y “apertura” del pulmón durante la VAFO para lograr el volumen pulmonar “óptimo” es un proceso costoso y tiempo-dependiente (en general más lento cuanto más grave y mayor tiempo de evolución previa tiene el cuadro). La desconexión, sea programada, necesaria o accidental, supone un importante retroceso en el tratamiento del paciente, ya que se produce un rápido desreclutamiento alveolar, más deletéreo cuanto más inestable esté el paciente, menos tiempo lleve en VAFO y más agresivo sea el soporte ventilatorio que precise. Por ello, se deben extremar las precauciones ante cualquier manipulación del paciente (cambio postural, realización de técnicas, radiografías...) y utilizar sistemas cerrados de aspiración, que permiten realizar la aspiración de secreciones sin desconectar al paciente del ventilador y con una repercusión menor sobre el volumen pulmonar.

En caso de desconexión y/o despresurización accidental del ventilador, se dispara la alarma y el oscilador se detiene automáticamente. Para volver a ponerlo en marcha, se debe presurizar el sistema paciente-tubuladura-ventilador antes de encender el oscilador y además se incrementarán de forma transitoria la Paw 1-2 cm H<sub>2</sub>O y la FiO<sub>2</sub> al 100%, o se realizará una maniobra de reclutamiento (ver apartado).

### **Control clínico del paciente: vibración.**

El parámetro más importante en el control clínico inicial y evolutivo de la ventilación adecuada del paciente en VAFO se basa en el "temblor" que ésta origina en el paciente. Este “temblor” o “vibración”, no debe estar sólo limitado al área del tórax, sino que debe extenderse hasta el ombligo en el lactante, y hasta la raíz de los miembros inferiores o mitad del muslo en los niños mayores y adultos.

El control de la vibración se considera más sensible que la auscultación en la detección precoz de complicaciones durante la VAFO. Cuando el patrón de vibración del paciente disminuye sin haber cambiado la programación del aparato, lo primero que debe pensarse es que el paciente necesita ser aspirado. Si con una aspiración adecuada no se consigue que el paciente vibre del modo que lo venía haciendo, deberá sospecharse la aparición de alguna complicación mayor y realizar un control radiológico. Contrariamente, el aumento en el patrón de vibración sin modificación previa en los parámetros, puede indicar indirectamente un aumento del volumen pulmonar, por lo que habrá que valorar un ajuste de los parámetros.

## **Auscultación.**

Las características de la auscultación durante la VAFO son distintas a la VMC, pero no por ello inútiles.

- No es posible identificar los ruidos pulmonares normales durante la VAFO.
- Ruido de la oscilación del diafragma: Se debe prestar atención al tono e intensidad del mismo, y especialmente a su simetría en ambos campos pulmonares. Si deja de ser simétrico, se debe valorar en primer lugar la necesidad de aspiración de secreciones. Si la asimetría persiste tras una aspiración adecuada, será necesario un control radiológico para descartar una migración accidental del tubo endotraqueal e intubación bronquial selectiva, una atelectasia o un neumotórax.
- Auscultación cardiaca: no es factible durante la oscilación. Si es necesario realizarla, se apagará durante el menor tiempo posible el oscilador (dejarán de oscilar el diafragma y el paciente), sin desconectar al paciente del aparato. De este modo, se puede auscultar el corazón, minimizando el “desreclutamiento” y manteniendo el paciente mientras tanto en modo CPAP.
- Ruido emitido por el aparato: el cambio en las características del ruido emitido por el aparato de VAFO, puede indicar un malfuncionamiento del mismo, especialmente la necesidad de recambio del diafragma.

## **Aspiración de secreciones: sistema cerrado de aspiración.**

El paciente debe ser aspirado a conciencia previamente a la colocación del aparato de alta frecuencia. Después, se aspirará sólo si lo necesita -pero tantas veces como lo necesite- especialmente durante las primeras 24-48 horas de VAFO, por el efecto deletéreo de la pérdida del volumen pulmonar óptimo y desreclutamiento. Aún así, el funcionamiento de la VAFO, especialmente la espiración, es extremadamente sensible al acúmulo de secreciones en el tubo endotraqueal y el paciente debe ser aspirado siempre que: disminuya el “temblor” del paciente, se vean secreciones en el tubo, aumente el nivel de carbónico, o disminuya sin otra explicación la saturación de oxígeno.

La aspiración se realizará preferiblemente a través de un sistema cerrado de succión, sin desconectar al paciente del ventilador, y aumentando de forma transitoria la  $Paw$  1-2 cm  $H_2O$  y la  $FiO_2$  al 100%. Al colocar un sistema cerrado de aspiración, es importante que el adaptador no sea de menor calibre que la conexión del tubo endotraqueal; a efectos prácticos de VAFO, el tubo pasa a tener el calibre de ese adaptador, y si es menor, se produce un aumento significativo de la  $PaCO_2$  (por la amortiguación de Delta-P).

### **Monitorización respiratoria**

- Pulsioximetría: constituye la guía para ajustar la  $FiO_2$ . Por lo general su medición no se interfiere por la VAFO, aunque la fiabilidad varía en función del tipo de pulsioxímetro utilizado y el tamaño del paciente: en los pacientes más pequeños, el temblor que la VAFO produce puede originar interferencias constantes que no siempre son identificables en la curva del pulso y que dan lugar a lecturas erróneas.
- $PaO_2$  y  $PaCO_2$ : a través de controles gasométricos, que deben ser al menos horarios durante la estabilización inicial del paciente (primeras 6 horas); la periodicidad posterior dependerá de la evolución del paciente y la experiencia del equipo y se hará en general siempre que se modifiquen los parámetros del aparato. Alternativamente se puede utilizar la monitorización transcutánea de  $O_2$  y  $CO_2$ , o la monitorización intra-arterial invasiva continua mediante Paratrend® (Philips Medical Systems), que además de permitir una evaluación continua en tiempo real de los parámetros gasométricos, agiliza, rentabiliza y aumenta el rango de seguridad de las maniobras de reclutamiento, así como el ajuste inmediato de parámetros y la detección precoz de complicaciones. No es posible la realización de capnografía durante la VAFO.
- Radiografía de tórax: la primera radiografía de tórax debe realizarse una hora después de la colocación del paciente en VAFO, para determinar si el volumen pulmonar es correcto (nivel diafragmático en 8ª- 9ª costilla), especialmente cuando aún no se está familiarizado con la técnica. Más tarde, debe repetirse cada 6 horas hasta la estabilización del paciente. La pauta posterior será según indicación médica y en función de la experiencia del operado, y siempre que se tengan dudas de si existe sobre o infradistensión pulmonar, o se sospeche la presencia de alguna complicación. La radiografía sirve para determinar si el volumen pulmonar durante la VAFO es adecuado, por lo que debe realizarse siempre con el oscilador funcionando, y poniendo especial cuidado en evitar la desconexión accidental del ventilador durante el procedimiento.

### **Monitorización hemodinámica**

Es esencial monitorizar la frecuencia cardíaca, presión arterial media, presión venosa central, tiempo de relleno capilar, y según el paciente, saturación venosa mixta, gasto cardíaco y, eventualmente, presión de enclavamiento.

### **Analgo-sedación y relajación neuromuscular.**

El paciente debe estar siempre profundamente analgosedado, no sólo para garantizar una adaptación adecuada sino para prevenir la sensación de disnea que la

VAFO puede producir en el paciente consciente o semiconsciente al no producirse una expansión/contracción fisiológica del tórax. No obstante, si el paciente está bien adaptado, la respiración espontánea del paciente no interfiere en la técnica, aunque origina alguna oscilación en las lecturas de presión. En caso de permitir la respiración espontánea, y especialmente en los pacientes más grandes, se recomienda emplear flujos más altos para facilitar la adaptación.

La relajación neuromuscular del paciente es recomendable durante la conexión inicial, durante las maniobras de reclutamiento, e imprescindible en patologías específicas como los escapes aéreos o los cuadros con resistencias aumentadas de la vía aérea. La retirada de la relajación neuromuscular se realizará según la tolerancia del paciente a la modalidad ventilatoria y la experiencia del equipo.

### **Cuidados generales del paciente.**

La inmovilización del paciente junto con las vibraciones a alta frecuencia pueden favorecer la aparición de lesiones cutáneas de decúbito. En este sentido es aconsejable utilizar un colchón antiescaras, además de intensificar los cambios posturales. Aunque la utilización de colchones de aire no se recomienda por su posible interferencia en la frecuencia de resonancia de la caja torácica durante la VAFO, en nuestra experiencia no ha supuesto un problema en los casos en los que los hemos utilizado.

### **Colocación del paciente y posición de la tubuladura.**

La cabeza del paciente se debe orientar por lo general hacia el ventilador, garantizando en cualquier caso, que la tubuladura tenga una ligera inclinación descendente hacia el aparato, para permitir el drenaje de agua y/o secreciones hacia el depósito situado debajo del diafragma. El paciente puede ser ventilado en decúbito supino, lateral o prono, si bien esta última posición, dificulta el control clínico habitual del patrón de vibración del paciente. Existe un circuito más largo que el estándar que facilita la movilidad del paciente y disminuye el riesgo de desconexión accidental.

### **Humidificación y calentamiento.**

Se puede utilizar cualquier sistema convencional de humidificación y calentamiento de cascada, intercalado en el circuito del paciente. Las calibraciones iniciales deben realizarse con el humidificador ya colocado. El único cuidado especial añadido, es el vaciado frecuente y parcial del depósito de agua, dejando un sello de líquido que evite el cambio en las presiones del sistema. Nunca intercalaremos filtros / intercambiadores de humidificación/calentamiento entre la tubuladura y el paciente.

## EFECTOS SECUNDARIOS

A pesar de su papel protector del pulmón, la VAFO no elimina el riesgo del daño pulmonar agudo y además tiene una morbimortalidad asociada dependiente de la experiencia del equipo que realiza la técnica y/o de la aplicación inadecuada de la misma. La mortalidad global publicada de los pacientes pediátricos ventilados con VAFO oscila entre un 33 y un 45%; no obstante la mortalidad de los pacientes que no responden a la técnica es mayor del 85%. Estos porcentajes son muy variables dependiendo del momento de inicio de la técnica.

- La principal complicación referida de la VAFO es la aparición de nuevos síndromes de escape aéreo, que en algunas series alcanza el 20-25% de los casos.
- Repercusión hemodinámica: Algunos trabajos sugieren que la VAFO, puede disminuir el retorno venoso de la circulación sistémica al comprometer la circulación pulmonar cuando el alvéolo es sobredistendido. Sin embargo, esta disminución del llenado ventricular izquierdo puede prevenirse mediante un manejo adecuado de los líquidos y soporte inotrópico; más aún, existen algunos datos que apuntan que las interferencias de la VAFO sobre la función miocárdica y el gasto cardíaco, son similares o menores que en la VMC con presiones medias y/o PEEP equivalentes.

## MANEJO AVANZADO DE LA VAFO

**Manejo de la desconexión:** tras una desconexión programada o accidental, por defecto subiremos la  $FiO_2$  al 100% y aumentaremos la Paw 1-2 cm hasta que se reestablezca la situación del paciente. No obstante, podemos hacer una maniobra de reclutamiento, o si previamente hemos determinado la presión de apertura y cierre alveolares, un reclutamiento ajustado a esos valores.

**Hipercapnia refractaria:** en general la ventilación nunca es un problema durante la VAFO, y simplemente manteniendo la vía aérea libre de secreciones y ajustando Delta-P, se logra el nivel de  $CO_2$  / pH objetivos. No obstante, en situaciones excepcionales, ese nivel objetivo no se logra a pesar de emplear una Delta-P máxima. En esta situación, tras excluir concienzudamente que no existen secreciones en el tubo del paciente, y replantearse cuidadosamente la situación del paciente, la posible concurrencia de complicaciones, y los parámetros programados, mejoraremos la eliminación de carbónico con las siguientes medidas, aplicadas de forma secuencial:

- Desinflando el balón del tubo endotraqueal (puede ser necesario reajustar la Paw por el aumento de la fuga)
- Aumentando el flujo (de 5 en 5 lpm, y reajustando a la baja la Paw)

- Disminuyendo la frecuencia, de Hz en Hz
- Aumentando el porcentaje de tiempo inspiratorio

**Ajuste inicial de la frecuencia guiado por el pH:** aunque la frecuencia inicial se determina habitualmente en función del peso, cada día parece más claro –y es lógico– que lo ideal en VAFO es emplear la máxima frecuencia que el paciente tolere, al margen de su peso corporal. Por ello, una forma alternativa de ajuste de la frecuencia ideal es guiándose por el Ph objetivo (en general entre 7.25 y 7.35), como marcador del volumen minuto objetivo tolerable por el paciente. Subiremos la frecuencia de Hz en Hz cada 60-90 minutos, manteniendo constante Delta-P (al menos un power set de 4.0-5.0), mientras el paciente lo tolere y mantengamos nuestro Ph objetivo. A mayor frecuencia, menor volumen corriente, mayor atenuación de presión y también mayor protección pulmonar.

**Maniobra de reclutamiento:** existen múltiples posibles maniobras de reclutamiento sin que se haya demostrado la superioridad de una sobre otra. Las premisas para realizar cualquier maniobra de reclutamiento son que el paciente tenga una volemia y una tensión adecuadas, que no exista fuga activa de aire y que se suspenda inmediatamente si la tensión arterial media disminuye más de 10-20 mmHg (según la edad). Ajustaremos, con el pistón apagado, la Paw 5 cmH<sub>2</sub>O por encima de la presión que estábamos utilizando, durante un máximo de un minuto (p.ej. 30-45 seg); posteriormente encenderemos el pistón con la frecuencia y el Delta-P que le correspondan y observaremos al paciente durante 10 minutos. Si la respuesta es positiva seguiremos el protocolo habitual de ajuste a la baja de FiO<sub>2</sub> (0.05-0.1 cada 5 minutos hasta <0.60) y Paw (descenso de 1-2 cm de H<sub>2</sub>O cada 10-15 minutos, hasta que alcanzamos nuestra oxigenación objetivo) en función de la SatO<sub>2</sub> objetivo (p.ej. 88-95%); cuando la satO<sub>2</sub> caiga por debajo de nuestro nivel objetivo, volveremos al paso previo realizando una maniobra con la Paw previa más 2 cm de H<sub>2</sub>O. Si la respuesta es negativa, volveremos a intentarlo con una Paw 5 cm superior, así mientras el paciente lo tolere o hasta que la respuesta sea positiva. Estas maniobras pueden realizarse durante los primeros días después de cualquier situación de desreclutamiento (desconexión, agitación, aspiración...) o ante una evolución desfavorable (aumento de las necesidades de FiO<sub>2</sub>/Paw).

### **Estrategia de VAFO en situaciones especiales**

Ninguno de las estrategias que se proponen a continuación han sido validadas, y son únicamente recomendaciones avaladas por expertos o extrapolaciones lógicas.

Es por ello que en situaciones especiales también podremos utilizar el protocolo convencional de aplicación de VAFO.

### **1.- Escape aéreo grosero**

Existen dos posibles estrategias.

a.- Se aplicará una estrategia de hiperoxia e hipercapnia permisivas (la más clásica).

- Comenzar con una Paw similar a la que venía utilizando en VMC, aún a expensas de utilizar una  $FiO_2$  más alta (“hiperoxia permisiva”): de forma ideal ajustar la Paw por debajo de la “presión de fuga”. Dicha presión se determina mediante ventilación manual con bolsa autoinflable y un transductor de presión, siendo la presión a partir de la cual aparecen burbujas en el drenaje torácico. Si la presión de fuga es menor de 15 cm  $H_2O$ , es posible que la Paw ajustada a este nivel sea insuficiente para mantener una oxigenación adecuada, en cuyo caso diferiremos dicha estrategia hasta que la presión de fuga alcance los 15 cm  $H_2O$ . En estos casos, priorizar el descenso de Paw al descenso de la  $FiO_2$ . En ocasiones, la Paw necesaria inicialmente para re-expandir el pulmón tras un escape aéreo es elevada, pero – especialmente si no había patología pulmonar de base- también serán necesario descender la Paw rápidamente una vez que se ha logrado su re-expansión para evitar nuevas fugas, sobredistensión y proteger correctamente el pulmón.
- La frecuencia inicial será de 2 Hz por debajo de la correspondiente para su peso.
- Programar el Delta-P mínimo que garantice un pH >7.25 (hipercapnia permisiva).
- Se realizará relajación neuromuscular del paciente.

b. Sustentada por estudios animales, es similar a la anterior pero con una frecuencia hasta 5 Hz más alta de la que le corresponde por peso, ajustando Delta P y Paw a los mismos criterios que en la estrategia previa.

### **2.- Cuadros obstructivos – resistencias aumentadas: Asma, Bronquiolitis.**

En los cuadros con patrón obstructivo: asma o bronquiolitis aguda de cualquier etiología, la estrategia a emplear incluye también ciertas variaciones orientadas a minimizar los riesgos de atrapamiento y/o barotrauma:

- Establecer una Paw inicial, únicamente 1-2 cm por encima de la que se estaba empleando en VMC.
- La frecuencia será de 1-2 Hz por debajo de la estimada en función del peso, para proporcionar un tiempo espiratorio más largo.
- Programar un Delta-P mínimo que garantice un pH >7.25.
- Flujo de 5-10 lpm por encima del correspondiente, con reajuste de la Paw al nivel deseado.

- Relajación neuromuscular del paciente.

### **3.- Patología combinada**

En los casos de patología combinada, la estrategia a aplicar debe individualizarse, dependiendo de la situación del paciente y el predominio de cada patología. Idealmente, en el caso de coexistir escape aéreo y SDRA, trataremos de solucionar en primer lugar la fuga (hiperoxia e hipercapnia permisivas), para posteriormente, realizar la estrategia de SDRA (estrategia general de reclutamiento, con prioridad en descenso de  $FiO_2$ ).

### **4.- Terapia con óxido nítrico (ON)**

La fuente de ON se coloca habitualmente en el puerto del circuito más proximal al ventilador, y el sensor del monitor de ON en el más distal (Figura 1); o alternativamente, la fuente de ON se pone en "T" a nivel del humidificador, y el sensor en alguno de los tres puertos del circuito (en general, en el más proximal al ventilador).

### **5.- Ventilación en prono**

Tiene las mismas indicaciones, limitaciones y complicaciones que durante la VMC. Se debe prestar especial atención a evitar la desconexión accidental durante el cambio postural, así como a la variación en el patrón de vibración del paciente (mayor amortiguación y extensión diferente).

### **6.- Ventilación con helio**

Sólo existen evidencias de experimentación animal, o referencias anecdóticas adaptando los ventiladores existentes. Su uso es limitado por el elevado consumo de gas que supone su uso durante la VAFO. Se introduciría el gas helio a través de la entrada de aire a presión del ventilador, y desde el punto de vista práctico sólo es factible con suministro central de este gas. Es importante tener en consideración varias precauciones: 1) calentar adecuadamente el gas, para evitar la inducción de hipotermia, especialmente en los pacientes más pequeños; 2) establecer controles externos de la  $FiO_2$  entregada, si se utiliza helio puro, para evitar la administración de una mezcla hipóxica; y 3) realizar controles clínicos estrechos, puesto que los volúmenes entregados según la presión y la  $FiO_2$  programadas, varían con respecto a la utilización de aire-oxígeno, y sólo podemos determinarlos estimativamente.

## BIBLIOGRAFIA

1. Arnold JH, Anas NG, Lockett P, Cheifetz IM, Reyes G, Newth C, et al. High-frequency oscillatory ventilation in pediatric respiratory failure: a multicenter experience. *Crit Care Med* 2000; 28:3913-3919.
2. Arnold JH, Hanson JH, Toro-Figuero LO, Gutierrez J, Berens RJ, Anglin DL. Prospective, randomized comparison of high-frequency oscillatory ventilation and pressure controlled ventilation in pediatric respiratory failure. *Crit Care Med* 1994; 22:1530-1539.
3. Arnold JH. High-frequency ventilation in the pediatric intensive care unit. *Pediatr Crit Care Med* 2000; 1:93-99.
4. Bennett SS, Graffagnino C, Borel CO, James ML. Use of high frequency oscillatory ventilation (HFOV) in neurocritical care patients. *Neurocrit Care* 2007; 7(3):221-6.
5. Bouchut JC, Mallet E. Weaning directly from high frequency oscillatory ventilation: the 'open lung' strategy expanded to weaning? *Paediatr Anaesth* 2004; 14(12):1030-1.
6. Duval EL, Markhorst DG, Gemke RJ, van Vught AJ. High-frequency oscillatory ventilation in pediatric patients. *Neth J Med* 2000; 56:177-185.
7. Fessler HE, Derdak S, Ferguson ND, et al: A protocol for high-frequency oscillatory ventilation in adults: Results from a roundtable discussion. *Crit Care Med* 2007; 35:1649-1654
8. Fessler HE, Hager DN, Brower RG. Feasibility of very high-frequency ventilation in adults with acute respiratory distress syndrome. *Crit Care Med* 2008; 36(4):1043-8.
9. Hager DN, Fessler HE, Simon BA, et al: Tidal volume delivery during high frequency oscillatory ventilation in adults with acute respiratory distress syndrome. *Crit Care Med* 2007; 35:1522-1529
10. Hudson L. Progress in understanding ventilator induced lung injury. *JAMA* 1999; 282:77-78.
11. Imai Y, Nakagawa S, Ito Y, Kawano T, Slutsky AS, Miyasaka K. Comparison of lung protection strategies using conventional and high-frequency oscillatory ventilation. *J Appl Physiol* 2001; 91:1836-1844.
12. Manual Operador del Sensormedics 3100A y 3100B; Yorba, California, 2001.
13. Manual Operador del SLE 5000, Surrey, Reino Unido, 2004.
14. Martín Torres F, Rodríguez Nuñez A, Martín Sánchez JM. Ventilación de alta frecuencia oscilatoria en pacientes pediátricos. En: Lopez-Herce J, Calvo Rey C, Lorente M, Baltodano A, eds. *Manual de Cuidados Intensivos Pediátricos (2ª Edición)*; 2004, Editorial Publimed, Madrid, pp 716-725.

15. Martín-Torres F, Ibarra de la Rosa I, Fernández Sanmartín M, García Menor E, Martín Sánchez JM. Ventilación de alta frecuencia. *An Pediatr (Barc)* 2003; 59(2):172-180.
16. Martín-Torres F, Pérez Gil J, Ginesta V, Martín Sánchez JM, Álvarez J. Ventilación de alta frecuencia oscilatoria: pasado, presente y futuro. *Act Anest Reanim* 2001; 11:136-149.
17. Martín-Torres F, Rodríguez Núñez A, Jaimovich DG, Martín Sánchez JM. Ventilación de alta-frecuencia oscilatoria en pacientes pediátricos: protocolo de aplicación y resultados preliminares. *An Esp Pediatr* 2000; 53:305-313.
18. Martín-Torres F. High frequency oscillatory ventilation: "Please, keep your eyes on me", said the patient. *Pediatrics* 2002; 109:554-555.
19. Martín-Torres F. Ventilación de alta frecuencia versus técnicas de reclutamiento-protección convencionales. *Can Pediatr* 2005; 26-30.
20. Muellenbach RM, Kredel M, Said HM, Klosterhalfen B, Zollhoefer B, Wunder C, et al. High-frequency oscillatory ventilation reduces lung inflammation: a large-animal 24-h model of respiratory distress. *Intensive Care Med* 2007; 33(8):1423-33.
21. Oreiro Vilacoba MD, Martínez Pérez L, Hervés Rego M, Ageitos Lema A, Martín-Torres F. Ventilación de alta frecuencia oscilatoria en pacientes pediátricos. Aspectos teóricos y prácticos de enfermería. *Revista ROL Enf* 2001; 24:838-846.
22. Priebe GP, Arnold JH. High-frequency oscillatory ventilation in pediatric patients. *Respir Care Clin N Am.* 2001; 7:633-645.
23. Rotta AT, Gunnarsson B, Fuhrman BP, Hernan LJ, Steinhorn DM. Comparison of lung protective ventilation strategies in a rabbit model of acute lung injury. *Crit Care Med* 2001; 29:2176-2184.
24. van Heerde M, van Genderingen HR, Leenhoven T, Roubik K, Plotz FB, Markhorst DG. Imposed work of breathing during high-frequency oscillatory ventilation: a bench study. *Crit Care* 2006; 10(1):R23.

**Tabla 1.** Diferencias entre los principales dispositivos de VAFO.

	<b>Sensormedics 3100A ®</b>	<b>Sensormedics 3100B ®</b>	<b>Stephanie ®</b>	<b>SLE 5000®</b>
Tipo de oscilatoria	Diafragma	Diafragma	Pistón	Pistón
Flujo (Bias-flow)	0-40 lpm Regulable	0-60 lpm Regulable	0-25 lpm No regulable	Hasta 60 lpm No regulable
Paw	3 – 45 cmH <sub>2</sub> O	3-55 cmH <sub>2</sub> O	0-25 cmH <sub>2</sub> O	0-35 cmH <sub>2</sub> O
Delta-P (máx. proximal)	> 90 cm H <sub>2</sub> O	>100 cmH <sub>2</sub> O	< 60 cm H <sub>2</sub> O	= 180 cmH <sub>2</sub> O*
Frecuencia	3-15 Hz	3-15 Hz	5-15 Hz	3-20 Hz
% inspiratorio	30 a 50%	30 a 50%	30 o 40 o 50%	50%
Límite teórico de peso*	35 kg	Sin límite	20 kg	25 kg
Límite práctico de peso	Sin límite	Sin límite	10-12 kg	10-12 kg

Lpm =litros por minuto; (\*) determinado por el fabricante

Tabla 2. Modificación de parámetros durante la VAFO en función de la oxigenación y la ventilación <sup>(1)</sup>.

Situación previa	Intervención
$FiO_2 \leq 0.6$ , $PaCO_2$ alta <sup>(2)</sup> y PaO <sub>2</sub> normal PaO <sub>2</sub> baja PaO <sub>2</sub> alta	Aumentar Delta-P Aumentar Delta-P y aumentar $FiO_2$ <sup>(3)</sup> Aumentar Delta-P y disminuir Paw
$FiO_2 \leq 0.6$ , $PaCO_2$ normal y PaO <sub>2</sub> normal PaO <sub>2</sub> baja PaO <sub>2</sub> alta	No realizar cambios Aumentar $FiO_2$ Disminuir Paw
$FiO_2 \leq 0.6$ , $PaCO_2$ baja y PaO <sub>2</sub> normal PaO <sub>2</sub> baja PaO <sub>2</sub> alta	Disminuir Delta-P Disminuir Delta-P y aumentar $FiO_2$ Disminuir Delta P y disminuir Paw
$FiO_2 > 0.6$ , $PaCO_2$ alta <sup>(2)</sup> y PaO <sub>2</sub> normal PaO <sub>2</sub> baja PaO <sub>2</sub> alta	Aumentar Delta-P y valorar aumentar Paw Aumentar Delta-P y aumentar Paw <sup>(3)</sup> Aumentar Delta P y disminuir $FiO_2$
$FiO_2 > 0.6$ , $PaCO_2$ normal y PaO <sub>2</sub> normal PaO <sub>2</sub> baja PaO <sub>2</sub> alta	Valorar aumentar Paw Aumentar Paw Disminuir $FiO_2$
$FiO_2 > 0.6$ , $PaCO_2$ baja y PaO <sub>2</sub> normal PaO <sub>2</sub> baja PaO <sub>2</sub> alta	Disminuir Delta P (y valorar aumentar Paw) Disminuir Delta P y aumentar Paw Disminuir Delta P y disminuir $FiO_2$

<sup>(1)</sup> Las intervenciones propuestas son orientativas y basadas exclusivamente en datos gasométricos; en la práctica, deberá considerarse siempre la situación particular del paciente, patrón de vibración, volumen pulmonar radiológico y situación hemodinámica, entre otros factores.

<sup>(2)</sup> Ante una situación de hipercapnia que persiste tras aspiración de secreciones y exclusión de otras complicaciones agudas, y que es refractaria al incremento máximo de Delta-P, aplicaremos, secuencialmente: desinflado del balón del tubo endotraqueal, aumento del flujo (bias-flow), disminución de la frecuencia de Hz en Hz, y aumento del % de tiempo inspiratorio.

<sup>(3)</sup> La situación de hipoxia e hipercapnia, al margen de complicaciones agudas (secreciones, migración tubo endotraqueal, hipotensión, etc.), debe sugerirnos siempre la posibilidad de volumen pulmonar insuficiente, por lo que además de los ajustes de FiO<sub>2</sub> y Delta-P, valoraremos siempre la necesidad de aumentar Paw.

Figura 1.- Cuadro de mandos del ventilador Sensormedics 3100A, esquema del circuito, y conexión de óxido nítrico (NO).

