

VENTILACION DE ALTA FRECUENCIA OSCILATORIA.

Dr. Alberto Jarillo Quijada.

I. ANTECEDENTES.

La Ventilación Mecánica Convencional (VMC), es un componente esencial en el cuidado del paciente con Insuficiencia Respiratoria, Daño Agudo Pulmonar (DAP) y SDRA. Desafortunadamente, este tratamiento de soporte vital del que depende la mejoría en la sobrevida, también está implicado en los mecanismos de DAP y SDRA, así como del desarrollo de Falla Orgánica Múltiple. La sobre distensión pulmonar resultado del exceso de presión (barotrauma), de volumen (volutrauma), así como el colapso y reclutamiento alveolar repetitivo (Atelectotrauma), y de la estimulación de la respuesta inflamatoria con liberación de citocinas y mediadores que lesionan al pulmón y a otros órganos a distancia (biotrauma), constituyen los mecanismos de producción de la lesión pulmonar asociada al ventilador.

Las estrategias de protección pulmonar sugeridas para disminuir el riesgo de lesión pulmonar asociada a ventilación mecánica, se basan en los siguientes principios:

- Uso de volumen corriente (V_t) bajo, 6 mL/kg de peso corporal ideal según el estudio ARDsNet, para limitar la distensión pulmonar (volutrauma).
- Lograr y mantener reclutamiento alveolar mediante el uso de PEEP y maniobras de reclutamiento, para prevenir atelectotrauma, lo cual puede ocurrir incluso si se usa un V_t pequeño.
- Limitar la presión meseta < de 32 cmH₂O, para prevenir el barotrauma.

La VAFO produce V_t pequeños (menores al espacio muerto anatómico), además, mantiene la presión media de la vía aérea (P_{mVA}) relativamente alta con lo que se incrementa el volumen pulmonar y la oxigenación, además, logra eliminar el CO₂ sin los grandes cambios de presión que provocan sobre distensión pulmonar cíclica que ocurre durante la VMC. La VAFO ha comenzado a demostrar que es un método prometedor para aplicar las estrategias de protección pulmonar en pacientes en los que la VMC ha fracasado (1,2)

La VAFO fue inventada por Jonzon en 1970, quien buscando un modo ventilatorio que no produjera variaciones sobre el cuerpo carotideo de sus animales de estudio, ideó un aparato que mediante oscilaciones de un diafragma mantenía la oxigenación de los animales de experimentación.

El ventilador Sensor Medics 3100, presuriza el circuito del paciente, caracterizada por la P_{mVA} , mediante el paso de un flujo continuo de gas (tasa de flujo [bias flow]) y una válvula de control. El gas en el circuito es oscilado mediante un diafragma impulsado eléctricamente que se desplaza frontal y posteriormente desde la posición de reposo. La amplitud de desplazamiento del diafragma puede modificarse (Power). La frecuencia de oscilación va de 180 a 900 ciclos por minuto o 3 a 15 Hertzios (1 hertzio= 1 ciclo/s). La presión generada en el circuito y las oscilaciones se transmiten al pulmón. La amplitud desplazamiento del diafragma, la frecuencia de oscilación, así como las características del circuito, de la vía aérea y la distensibilidad del sistema respiratorio determinan la amplitud de las oscilaciones (diferencia de presión o Δ -P) alrededor de la P_{mVA} . El V_t producido es menor al volumen del espacio muerto anatómico y está determinado por la Δ -P, la frecuencia, la resistencia de la vía aérea (principalmente por el TET) y la distensibilidad del sistema respiratorio. Aún cuando la Δ -P programada sea alta, la transmisión de la presión por delante del tubo endotraqueal (TET) se atenúa importantemente. La atenuación de la presión es determinada por el diámetro de TET, la frecuencia de oscilación, la resistencia de la vía aérea y la distensibilidad del sistema respiratorio. El grado en que el tórax oscila parece estar relacionado con el grado de presión transmitida. La FiO₂ y la P_{mVA} determinan la oxigenación (3).

II. CONCEPTO.

La VAFO es una moda de ventilación mecánica no convencional de protección pulmonar basada en:

- Una estrategia de reclutamiento alveolar
- Utilización de volúmenes corrientes pequeños (1-2 ml/kg), menores al espacio muerto anatómico.
- Frecuencias respiratorias supra fisiológicas 3-15 Hz (180-900 resp/min) (1 Hz=1 resp/s).

III. MECANISMO DE INTERCAMBIO DE GASES

Durante la VAFO, los pequeños volúmenes de gas entregado por las oscilaciones del diafragma son menores que el espacio muerto del paciente, condición inaceptable para lograr un adecuado intercambio de gases entre máquina y paciente, según los principios aplicados durante la VMC. Además, las elevadas frecuencias, flujos y velocidades del gas utilizadas durante la VAFO, en situaciones de VMC crearían una resistencia en la vía aérea tan elevada que imposibilitarían la ventilación. Otros principios que ocurren durante la VAFO que favorecen la eliminación del CO₂ y la oxigenación han permitido su aplicación clínica, aquí una breve descripción de algunos de ellos:

CONVECCION: Se entiende por convección al volumen de gas que se desplaza en la vía aérea hacia y desde los alvéolos. Dentro de este mecanismo existen variaciones como:

Ventilación Alveolar directa: Si bien el VT durante la VAFO es pequeño, las unidades alveolares proximales pueden ser ventiladas directamente por el Vt generado por las oscilaciones del diafragma, como ocurre con la VMC.

Perfil Asimétrico de Velocidad: Se refiere a la deformación parabólica del aire impulsado a gran velocidad en la vía aérea. La forma parabólica mayor penetración en el centro de la vía aérea que en la periférica. Este mecanismo es el que más se asemeja a lo descrito por Briant en relación a la deformación del volumen de gas que producen las oscilaciones de la VAFO.

Movimiento Pendular del Aire Entre los Alvéolos (Pendelluft): Consiste en el intercambio pendular de gas entre alveolos contiguos con distintas constantes de tiempo.

Dispersión Asimétrica.: Se refiere a los distintos perfiles que adopta la onda de volumen de gas al entrar y salir del pulmón, que produciría un mecanismo convectivo durante el ciclo.

Dispersión Aumentada: Se refiere a la dispersión molecular del gas en la vía aérea que aumenta por la deformación sinusoidal y de las fuerzas radiales de difusión del gas en movimientos, originadas por las turbulencias producidas en las ramificaciones bronquiales.

DIFUSION MOLECULAR PURA: Desplazamiento molecular de un gas desde zonas de mayor concentración a las de menor. Es un mecanismo conocido y puede explicar en parte el intercambio, serviría más para el CO₂ que tiene una constante de difusión mayor que el O₂.

Independientemente de estos fenómenos, la principal acción de la VAFO es el mantenimiento constante de la PmVA, a diferencia de lo que sucede en la VMC en donde esto solo ocurre durante la fase inspiratoria del ciclo. Este efecto permanente disminuye la resistencia al gas, facilitando su desplazamiento y favoreciendo los fenómenos anteriormente descritos. Se ha sugerido como un hecho adicional que el reclutamiento activo de alveolos no funcionales que se logra en pocas horas, gracias a la elevada y constante PmVA, tiene un efecto de curación activa y no de simple manutención de la función ventilatoria como en la VMC²⁷⁻²⁹

Efecto de la frecuencia y del Vt sobre la ventilación (4)

El Vt tiene un mayor efecto sobre la ventilación que la frecuencia. Sin embargo el Vt depende directamente de la Δ -P transmitida al pulmón. La Δ -P transmitida al pulmón disminuye al incrementar la frecuencia. Para

maximizar la protección pulmonar, debe ponerse énfasis en lograr la mayor frecuencia posible en combinación con la menor Δ -P.

Para una programación dada de Δ -P, frecuencia o PmVA, la presión transmitida al pulmón depende de las propiedades mecánicas del TET, vía aérea, pulmón y pared torácica.

Factores mecánicos que influyen en la transmisión de la presión (4,5).

- Si la impedancia incrementa mayor Δ -P es necesaria para mantener el flujo y el volumen de gas proporcionado a las unidades de intercambio.
- La impedancia es dependiente de la elastancia, resistencia y la inercia del ventilador, del TET y del sistema respiratorio. La inercia describe la frecuencia de cambio del flujo de gas y del volumen del sistema respiratorio para un cambio de presión dado. Aunque relativamente no es importante en la VMC, la inercia es un factor muy significativo a las altas frecuencias usadas durante la VAFO.

Factores que afectan la impedancia.

El pulmón se comporta como un sistema sobre amortiguado, con el incremento de la frecuencia se incrementa la atenuación de la Δ -P. La frecuencia natural de un pulmón adulto con SDRA ha sido estimada en 8.6 Hz, con una frecuencia de falla o fracaso de respuesta de 3.2 Hz. Estas frecuencias corresponden a las frecuencias usadas en la práctica clínica. Estos valores pueden modificarse por cambios relativos en la inercia y resistencia, p. ej., cambios en la resistencia cambian la frecuencia de fracaso a valores menores.

- La transmisión de la presión al alveolo se incrementa con la disminución de la distensibilidad.
- El incremento de la resistencia reduce la transmisión de la presión al alveolo, pero incrementa la amplitud de la presión en la tráquea.
- El TET contribuye con más del 50% del total de la impedancia y aproximadamente el 90% de inercia.

IV. INDICACIONES:

No existe evidencia de que la VAFO sea mejor que la VMC, básicamente porque en la mayoría de los estudios la VAFO ha sido empleada como una estrategia de "rescate", sin embargo, los mayores beneficios parecen obtenerse cuando se inicia precozmente. Una prueba de debe ser considerada si un paciente cumple los criterios de SDRA más:

- a) Insuficiencia respiratoria grave determinada por índice de oxigenación* (IO) > de 13 en dos muestras de gases arteriales en un intervalo de 6 horas a pesar del uso de VMC optimizada

$$* IO = FiO_2 \times 100 \times PmVA/PaO_2$$

- b) Falla en la oxigenación: PaO₂ < 65 mmHg., con Fio₂ \geq 70%, PEEP > 14 cm H₂O por más de 48 hr.

- c) Falla en la ventilación: pH < 7.25, con volumen corriente \geq de 6 m/kg y presión meseta \geq 30 cmH₂O.

- d) Síndrome de fuga aérea importante (indicación electiva).

V. OBJETIVOS:

Ventilación: Mantener un pH arterial entre 7.25 y 7.35.

Con el objetivo de limitar el incremento de la ventilación (Δ -P), considere la administración de NaHCO₃ para acelerar la compensación de la acidosis respiratoria, sobre todo si el pH es menor de 7.2. El pH puede ser <

de 7.2 si la PaCO₂ es > de 70 mmHg y el exceso de base (EB) sérico se encuentra en rango normal (acidosis respiratoria pura), en otras palabras, evalúe el efecto que tiene la acidosis metabólica sobre el pH y la posibilidad de corregir el déficit de base con bicarbonato, antes de considerar un fracaso de la VAFO.

Oxigenación: PaO₂ 55 a 80 mmHg o Sat O₂ 88 a 95% (diferir o aplazar el objetivo de PaO₂ si solo uno se encuentra fuera de rango).

VI. PROCEDIMIENTOS

A. EVALUACION RESPIRATORIA:

1. Gasometría arterial: pH, paO₂, paCO₂, Saturación de O₂, calcular relación PaO₂/FiO₂, IO,
2. En el ventilador de VMC: espacio muerto, Vt /kg de peso ideal, distensibilidad estática, presión Máxima, Presión Media de la Vía Aérea, realizar maniobra de pausa inspiratoria para determinar Presión meseta, presión transpulmonar y determinar patrón restrictivo, y pausa espiratoria para determinar auto-peep.

B. INICIO DE VAFO

La VAFO se proporciona con un oscilador de exhalación activa (Sensor Medics 3100 A para pacientes hasta de 35 Kg, o Sensor Medics 3100 B para pacientes > de 35kg, utilizando una estrategia de volumen pulmonar óptimo para reclutar alveolos y mantener arriba del volumen de cierre alveolar. Iniciar con los siguientes parámetros.

Programación inicial y modificación de parámetros.

Presión Media de la Vía Aérea (PmVA): inicialmente programarla de 4 a 8 cmH₂O por arriba de la PmVa previa utilizada en VMC, se incrementará gradualmente en 1-2 cmH₂O hasta alcanzar un volumen pulmonar óptimo que será cuando:

- mejore la saturación arterial y permita disminuir la Fio₂ al 60% o menos,
- cuando el nivel del diafragma se encuentre de T8 a T9 en la radiografía A-P de tórax.

En presencia de fuga aérea la PmVA se disminuirá aproximadamente de 1-2 cmH₂O por debajo del volumen pulmonar óptimo, tolerando una FiO₂ > 0.6 para mantener como objetivo saturación > 85% por 12-24 horas o hasta la resolución de la fuga de aire.

Se disminuirá en decrementos de 1 cmH₂O si es tolerado por el paciente.

FiO₂: al 100% de manera inicial. Debe ser el primer parámetro en disminuir progresivamente, al ser igual o menor al 60%, se iniciará la reducción de la PmVA.

Amplitud de la presión (Δ -P) (Power): iniciar con 4.0 e incrementar progresivamente hasta alcanzar que la vibración alcance el ombligo en el recién nacido y lactante y el muslo en el niño y adolescente. Por lo general se logra con una amplitud de 15 a 20 cm. H₂O por encima de la presión media. Se modificará en intervalos de 2 a 5 cmH₂O de acuerdo a la PCO₂ deseada, con la cual guarda una relación inversa ($a < \Delta$ -P, > PCO₂, $a > \Delta$ -P < PCO₂). La falla para controlar la PaCo₂ elevada con los incrementos en la Δ -P, se tratarán disminuyendo la frecuencia del ventilador de 1-2 Hz.

Frecuencia (Hz): al inicio de la VAFO se programará de acuerdo al peso del paciente:

02 a 12 Kg	10 Hz
13 a 20 Kg	8 Hz
21 a 30 Kg	6-7 Hz
>30 Kg	< 5 Hz

Se puede utilizar frecuencias más altas si las tolera el paciente y se logra la ventilación. En los síndromes de escape aéreo importante, enfisema intersticial pulmonar y resistencias de la vía aérea incrementadas, se utilizará una frecuencia 1-2 Hz inferior a la estimada en función del peso, para proporcionar un tiempo espiratorio más largo y minimizar el riesgo de atrapamiento de gas.

Generalmente al lograr la frecuencia deseada esta se mantiene sin cambios durante toda la evolución. Únicamente se disminuirá en caso de que la eliminación de PCO_2 , no sea adecuada.

Porcentaje inspiratorio: Se iniciará y mantendrá al 33%. En condiciones excepcionales en donde no se pueda disminuir la PCO_2 , a pesar de tener la Δ -P al máximo y la frecuencia mínima (3Hz), se aumentará el porcentaje inspiratorio aproximadamente un 5%, siendo esta maniobra de carácter excepcional.

Tasa de flujo (Bias flow): mínimo de 20 L/min. Inicialmente será de 20-30L/min hasta los 20 kg de peso, 30-40 L/min entre 20 y 50 kg/peso y mayor de 30 L/min por encima de los 50 kg de peso. Generalmente no es necesario modificarlo salvo en casos de necesidad de PmVA muy elevada, pacientes a los que se le permita ventilación espontánea, $PaCO_2$ muy elevada refractaria a otras maniobras, o en estrategias de resistencias elevadas o escape aéreo. Se aumentará el flujo e incrementos de 5L/min (cada 15 a 30 min). Si se aumenta el flujo, debe ajustarse simultáneamente el mando en la PMVA.

VII. MODIFICACION DE PARAMETROS

Tabla 1. Ajustes sugeridos de acuerdo a las condiciones gasométricas.

Ventilación	Oxigenación
<p>Ajustes:</p> <p>-pH en rango objetivo (a) incremente la frecuencia en 1 a 2 Hz a un máximo de 12 Hz.</p> <p>-pH muy alto. Corrija alcalosis metabólica si se encuentra indicado. (a) disminuya Δ-P en pasos de 5 cmH₂O a un mínimo de 20 cmH₂O. (b) incremente la frecuencia en 1 a 2 Hz a un máximo de 12 Hz.</p> <p>-pH muy bajo. Corrija acidosis metabólica si se encuentra indicado. Considere posibilidad de alteración en el proceso de enfermedad:</p> <ul style="list-style-type: none"> - neumotórax - obstrucción del TET - bronco espasmo 	<p>Ajustes:</p> <p>Oxigenación por debajo del rango objetivo (a) incremente la PmVA en pasos de 5 cmH₂O (máximo de 50 cmH₂O) Espere 30 min., entre cada cambio cuando la oxigenación empeora. (b) considere maniobra de reclutamiento (MR)</p> <p>Oxigenación mejorando; (a) Reducir FiO_2 en pasos de 10% hasta < 60% (b) Disminuya PmVA en pasos de 5 cmH₂O a un mínimo de 20 cmH₂O. Espere 4 horas entre cada paso cuando la oxigenación mejora Utilice la Sat O₂ y la gasometría para guiar los cambios. MR (ver nota sobre MR) si la Sat. O₂ disminuye > 5% con:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Succión - Broncoscopia

<p>- pérdida de reclutamiento</p> <p>(a) disminuya la frecuencia en pasos de 1 Hz a un mínimo de 3Hz.</p> <p>(b) incremente Δ-P en pasos de 5 cmH₂O a un máximo de 90 cmH₂O luego;</p> <p>(c) valore inducir fuga del globo del TET (ver nota abajo)</p> <p>Espera 30 minutos entre cada cambio. Use la gasometría arterial para guiar los cambios.</p>	<p>- Desconexión del circuito.</p>
<p>Fracaso de VAFO. Incremento en PaCo₂ con pH < 7.2 a pesar de una ΔP máxima, frecuencia de 3 Hz, y fuga del globo (garantice permeabilidad de TET). <i>Considere administración de óxido nítrico o posición prona.</i></p> <p>Regrese a VMC.</p>	

Tabla II: Modificación de los parámetros de VAFO en función de la Oxigenación y Ventilación.

Condición	Intervención
<ul style="list-style-type: none"> • Fio₂ < 60%, PaCo₂ alta (2) y: <ul style="list-style-type: none"> - Pa O₂ Normal - Pa O₂ Baja - PaO₂ Alta 	<p>Aumentar Amplitud Aumentar Amplitud y FiO₂ (3). Aumentar Amplitud y disminuir PmVA.</p>
<ul style="list-style-type: none"> • Fio₂ < 60%, PaCo₂ normal y: <ul style="list-style-type: none"> - Pa O₂ Normal - Pa O₂ Baja - PaO₂ Alta 	<p>No realizar cambios Aumentar FiO₂. Disminuir PmVA.</p>
<ul style="list-style-type: none"> • Fio₂ < 60%, PaCo₂ baja y: <ul style="list-style-type: none"> - Pa O₂ Normal - Pa O₂ Baja - PaO₂ Alta 	<p>Disminuir Amplitud. Disminuir Amplitud y aumentar FiO₂. Disminuir Amplitud y disminuir PaVA</p>
<ul style="list-style-type: none"> • Fio₂ > 60%, PaCo₂ alta (2) y: <ul style="list-style-type: none"> - Pa O₂ Normal - Pa O₂ Baja - PaO₂ Alta 	<p>Aumentar Amplitud y valorar aumentar PmVA. Aumentar Amplitud y aumentar PmVA (3). Aumentar Amplitud y disminuir FiO₂.</p>
<ul style="list-style-type: none"> • Fio₂ >60%, PaCo₂ normal y: <ul style="list-style-type: none"> - Pa O₂ Normal - Pa O₂ Baja - PaO₂ Alta 	<p>Valorar aumentar PmVA Aumentar PmVA . Disminuir FiO₂.</p>
<ul style="list-style-type: none"> • Fio₂ > 60%, PaCo₂ baja y: <ul style="list-style-type: none"> - Pa O₂ Normal - Pa O₂ Baja - PaO₂ Alta 	<p>Disminuir Amplitud y valorar aumentar PmVA. Disminuir Amplitud y aumentar PmVA. Disminuir Amplitud y disminuir FiO₂</p>

1. Las intervenciones propuestas son orientativas, considerar siempre la condición del paciente, patrón de vibración y volumen pulmonar en la radiografía de tórax.
2. Ante una situación de PaCO₂ alta que persiste a pesar de aspiración de secreciones y de exclusión de otras complicaciones agudas, que es refractaria al incremento de Δ -P, se aplicará, secuencialmente y en este orden disminución de la frecuencia hasta el mínimo de 3 Hz., incremento en el porcentaje inspiratorio, incremento en el flujo base.
3. La condición de hipoxia y la hipercapnia al margen de complicaciones agudas (neumotórax, secreciones, migración del TET, hipotensión) debe sugerir la posibilidad de bajo volumen pulmonar, por lo que además de los ajustes de la FiO₂ y la amplitud, debe considerarse incrementar la PmVA.

Notas:**a) Inducir fuga de globo:**

1. Reducir la presión del globo hasta que la PmVA baje 5 cmH₂O del valor inicial.
2. Incremente el bias flow para re establecer la PmVA original.
3. Considere un TET 6 mm colocado en hipofaringe si existe edema de la vía aérea (edema, quemadura) para favorecer el escape de gas.

b) Maniobra de reclutamiento (MR) Presencia o consulta de adscrito de UTIP durante el procedimiento.

Existen varios procedimientos para una maniobra de reclutamiento durante la VAFO, ninguna ha demostrado ventajas sobre las otras. Debe llevarse a cabo solo después de evaluar adecuada función cardiovascular y estado de volumen intravascular. TA y volemia adecuadas. No debe existir fuga activa de aire. Suspender la maniobra si la TAM disminuye más de 10 a 20 mmHg según la edad

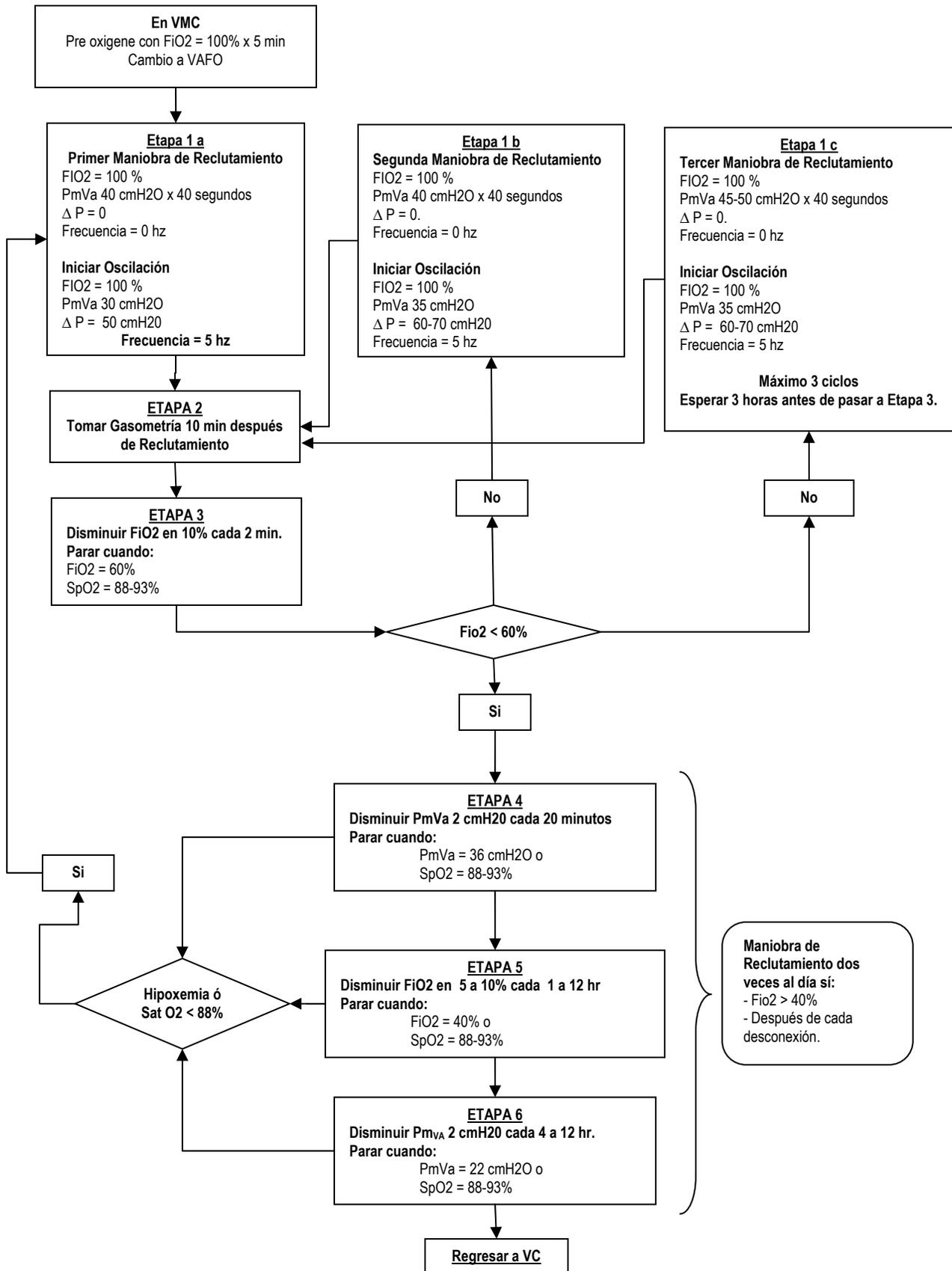
Indicaciones

- Un ciclo de hasta 3 MR al inicio de la VAFO
- Si la Saturación de O₂ disminuye > 5% después de:
 - o Succión.
 - o Broncoscopia
 - o Desconexión del circuito.
- Evolución desfavorable con aumento de Fio₂ y/o PmVA.

Procedimiento

- Incremente la FiO₂ al 100%
- Fije la alarma de presión alta de vía aérea a 50 cmH₂O.
- Selle la fuga del globo
- Detenga la oscilación.
- Incremente la PmVA 5 cmH₂O (40 a 45 cmH₂O) por 40 a 60 segundos
- Observe estrechamente la TA disminuya la PmVA inmediatamente y sus penda la maniobra si la PAM < 60 mmHg o cae más de 10 a 20 mmHg., según la edad.
- Reinicie la oscilación del pistón y observe al paciente por 10 minutos
 - o Si la respuesta es positiva:
 - disminuir la Fio₂ 5 a 10% cada 5 minutos hasta < 60%, posteriormente
 - disminuir la PmVA 1 a 2 cmH₂O cada 10 a 15 min en función de la saturación de oxígeno. Si al hacerlo la saturación de oxígeno cae por debajo del valor deseado, repetir la maniobra de reclutamiento previa con la PmVA previa más 2 cmH₂O.
 - o Si la respuesta es negativa:
 - Repetir la maniobra con PmVA 5 cmH₂O superior (45 a 50 mmHg), mientras el paciente lo tolere o hasta que la respuesta sea positiva.
- Reinicie la fuga de globo.

Reclutamiento y Modificación de Parámetros durante la VAFO



VII MONITOREO.

Hemodinámico: igual a la VMC (frecuencia cardiaca, presión arterial, presión venosa central).

Respiratoria:

- Oximetría del pulso: en general no se interfiere por las vibraciones de la VAFO, su fiabilidad depende del tipo de oxímetro y el tamaño del paciente: en niños pequeños el temblor de la VAFO puede originar interferencias y lecturas erróneas.
- Gasometría arterial:
 - o Obtenga gasometría arterial 15 minutos después de iniciar la VAFO
 - o Obtenga gasometría cada media hora en las primeras 2 horas de VAFO y después cada hora o por razón necesaria.

Radiografía de tórax:

- o Tomar la primera radiografía una hora después de iniciar VAFO, posteriormente siempre que se tengan dudas de si existe sobre o infra insuflación pulmonar o se sospecha de alguna complicación
- o Tomar la radiografía siempre con el oscilador funcionando.
- o Evalúe volumen pulmonar: es correcto cuando el nivel del diafragma se encuentre en el octavo a noveno arco costal.

Observaciones.

Registre cada hora: PmVA, Amplitud (Δ -P), Fio₂, Frecuencia, Tasa de flujo (Bias flow), Sat O₂, Potencia, Nivel del agua en el humidificador.

Vibración: es el parámetro más importante en el control clínico inicial y evolutivo de la ventilación. Es más sensible que la auscultación para la detección precoz de complicaciones.

- Si la vibración disminuye sin cambios asociados en la programación del ventilador, debe pensarse siempre en aspirar al paciente. De no mejorar realizar un control radiológico.
- Incremento en potencia para la misma Δ -P puede indicar
 - o Incremento en la resistencia del TET (acodamiento, bloqueo parcial, desplazamiento)
 - o Bronco espasmo
- Respiración espontánea puede causar fluctuaciones en la PmVA y en la Δ -P.
- Cambios en la distensibilidad pulmonar puede causar cambios en la Δ -P.
- El incremento de la vibración sin un cambio asociado en los parámetros del ventilador, valorar un ajuste en los parámetros.

IX ANALGESIA, SEDACION Y BLOQUEO NEUROMUSCULAR.

- Es recomendable la relajación inicial durante el inicio de la VAFO, durante las maniobras de reclutamiento y durante patologías específicas como síndromes de fuga de aire y resistencia incrementada de la vía aérea.
- Valore la analgesia y sedación para garantizar la tolerancia a la VAFO
- La respiración espontánea no suele interferir con la VAFO, aunque origina oscilaciones en la lectura de la PmVA. Es posible tolerar < 5 cmH₂O de oscilación de la PmVA durante respiración espontánea si esta no interfiere con la oxigenación ni con la ventilación.
- Preferentemente administre dosis en bolo de bloqueadores neuromusculares en lugar de infusión continua.
- De requerir de bloqueadores neuromusculares a infusión continua, use las menor dosis requerida para lograr la tolerancia de la VAFO.

ESTRATEGIA EN CONDICIONES ESPECIALES.

Desconexión.

El reclutamiento alveolar es en general un proceso lento. La desconexión supone un importante retroceso, más deletéreo mientras más inestable se encuentre el paciente, menos tiempo lleven en VAFO y más agresivo sea el soporte ventilatorio.

- Prevención: extremar precauciones ante cualquier manipulación del paciente y utilizar sistemas cerrados de aspiración.
- En desconexión programada valorar inflar el globo al máximo y pinzar el TET.
- En desconexión y despresurización accidental se dispara la alarma y el oscilador se detiene automáticamente.
 - o Presurizar el sistema antes de encender el oscilador
 - o Incrementar transitoriamente la PmVA 1 a 2 cmH₂O y la FiO₂ al 100%.
 - o Valorar maniobra de reclutamiento.
 - o

Hipercapnea Refractaria.

La ventilación no suele ser un problema durante la VAFO. Descartar inicialmente secreciones, complicaciones agudas y replantearse la situación del paciente y los parámetros programados.

Aplicar secuencialmente:

-
- Disminuir la frecuencia de Hz. En Hz.
- Desinflar el globo del TET.
- Aumentar el flujo base de 5 en 5 L/min, ajustando a la baja la PmVA.
- Aumento del porcentaje inspiratorio.

Síndrome de Fuga de Aire.

- Programar una PmVA inicial similar a la VMC, aún a expensas de una FIO₂ más alta.
 - o De forma ideal ajustar la PmVA por debajo de la presión de fuga. Esta presión se determina de forma manual con una bolsa válvula y un manómetro. Si la presión de fuga es menor de 15 cmH₂O, es posible que esta PmVA sea insuficiente para una oxigenación adecuada.
 - o Priorizar el descenso de la PmVA sobre el descenso de la FiO₂. En ocasiones y para lograr una adecuada expansión pulmonar después de una fuga aérea importante, es necesario una PmVA elevada pero debe disminuirse rápidamente para evitar nuevas fugas, sobre distensión y proteger al pulmón.
- Frecuencia inicial: 2 Hz., por debajo de la correspondiente para su peso.
- Amplitud: mínima que garantice pH > 7.25
- Relajación muscular

Patología con aumento de resistencia de vía aérea (asma, bronquiolitis).

Objetivo: disminuir el riesgo de atrapamiento y/o barotrauma.

- PmVA: 1-2 cmH₂O mayor a la usada durante la VMC
- Frecuencia: 1-2 Hz., por debajo de la correspondiente a su peso, para proporcionar un tiempo espiratorio más largo.
- Amplitud: mínima que garantice pH > 7.25
- Flujo base: 5-10 L/min por encima del correspondiente para el peso.
- Relajación muscular.

Patología combinada.

Debe individualizarse cada paso y el predominio de cada patología.

- SDRA y escape aéreo:

- Solucionar primero la fuga aérea (hiperoxia e hipercapnea permisivas) y posteriormente las estrategias para el SDRA (reclutamiento con descenso de FiO₂)

Terapia con óxido nítrico.

La fuente de óxido nítrico se coloca en el puerto del circuito más proximal al ventilador, el sensor de óxido nítrico se coloca en el puerto más distal.

EFFECTOS SECUNDARIOS.

La VAFO no elimina el riesgo de daño pulmonar, tiene una morbilidad asociada y dependiente de la experiencia del equipo y/o inadecuada de la misma.

- La principal complicación es la aparición de síndromes de escape aéreo (20 a 25% de los casos en algunas series).
- La inmovilización del paciente junto con las vibraciones a alta frecuencia pueden favorecer la incidencia de escaras de presión.
- Puede disminuir el retorno venoso, aunque en menor medida que la VMC a presiones equivalentes.
- La mortalidad de los pacientes ventilados con VAFO es del 33 al 45%, pero puede ser de un 85% EN aquellos que no responden a la técnica.

X CONTROL DE LA INFECCION (8).

La VAFO no utiliza un filtro de exhalación, por lo que debe usarse equipo de protección respiratoria personal rutinariamente (guantes, cubre bocas, bata).

Si se conoce que el paciente requiere aislamiento respiratorio o su estado infeccioso se desconoce, además de aislamiento debe utilizarse mascarilla N95.

XI RETORNO A LA VMC (6, 7).

Considere una prueba de VMC cuando

- la FiO₂ sea < de 40% y la PmVA < de 15 cmH₂O, Δ -P < 40 cmH₂O
- durante la aspiración y la desconexión transitorias no se producen desaturaciones significativas ni mantenidas (> 10 min).

-

Procedimiento:

- Prepare y programe el ventilador convencional con los siguientes parámetros:
 - Moda: Asisto-Controlada por presión.
 - Presión inspiratoria inicial de 20 cmH₂O, al conectar al paciente modificarla para lograr un volumen corriente de aproximadamente 6 a 8 mL/Kg.
 - FiO₂ 10% superior a la de la VAFO.
 - PEEP inicial 15 cmH₂O, al conectar al paciente y una vez ajustada la presión inspiratoria máxima para lograr un Vt de 6 a 8 ml/K, ajustar el PEEP para alcanzar una PmVA o igual o 5 cmH₂O menor a la PmVA final en VAFO.
 - Frecuencia de 15 a 25/min de acuerdo a la edad.
 - Ti 0.5 a 1 segundo de acuerdo a la edad.

Procedimiento:

- Coloque al ventilador de alta frecuencia en espera.
- Pinzar el TET y desconecte el circuito de VAFO.
- Conecte al ventilador convencional, despinzar el TET, iniciar VMC.
- Tomar gasometría arterial 15 minutos después y re evalúe los parámetros.

XII PUNTOS ADICIONALES.

- Asegure que la cámara del humidificador se encuentre siempre con nivel adecuado de agua.
- Aspiración del TET preferentemente con circuito de aspiración cerrada, sin desconectar al paciente y aumentando transitoriamente la FiO₂ al 100% y la PmVA 2 a 5 cmH₂O. Aspirar previamente al inicio de la VAFO. Posteriormente cada vez que sea necesario, especialmente las primeras 24-48 hrs., para prevenir pérdida del reclutamiento.
- Asegúrese que el circuito de VAFO no se doble.

BIBLIOGRAFIA.

1. Mehta S, Lapinsky SE, Hallett DC, Merker D, Groll RJ, Cooper AB, et al. Prospective trial of high-frequency oscillation in adults with acute respiratory distress syndrome. *Crit Care Med* 2001;29(7):1360-1369.
2. Derdak S, Mehta S, Stewart TE, Smith T, Rogers M, Buchman TG, et al. Highfrequency ventilation for acute respiratory distress syndrome in adults. *Am J Respir Crit Care Med* 2002;166:801-808.
3. Operators manual, 3100B High Frequency Oscillatory Ventilator. 767164 Rev.K, SensorMedics Corporation 2001.
4. Pillow JJ. High-frequency oscillatory ventilatory ventilation: mechanisms of gas exchange and lung mechanics. *Crit Care Med* 2005;33(Suppl 3):S135-S141.
5. Van de Kieft M, Dorsey D, Morison D, Bravo L, Venticinque S, Derdak S. Highfrequency oscillatory ventilation: Lessons learned from mechanical test lung models. *Crit Care Med* 2005;33(Suppl 3):S142-S147.
6. Higgins J, Estetter B, Holland D, Smith B, Derdak S. High-frequency oscillatory ventilation in adults: respiratory therapy issues. *Crit Care Med* 2005;33(Suppl 3):S196-S203.
7. Fessler HE, Brower R. Protocols for lung protective ventilation. *Crit Care Med* 2005;33(Suppl 3):S223-S227.
8. Sweeney A-M, Lyle J, Ferguson N. Nursing and infection-control issues during highfrequency oscillatory ventilation. *Crit Care Med* 2005;33(Suppl 3):S204-S208.
9. Schlichtig R, Grogono AW, Severinghaus JW. Human PaCO₂ and the standard base excess compensation for acid-base imbalance. *Crit care Med* 1998;26(7):1173-1179.
10. Ferguson ND, Chiche J-D, Kacmarek RM, Hallett DC, Mehta S, Findlay GP, et al. Combining high – frequency oscillatory ventilation and recruitment maneuvers in adults with early acute respiratory distress syndrome: The treatment with oscillation and an open lung strategy (TOOLS) trial pilot study. *Crit Care Med* 2005;33(3):479-486.
11. James AF, Michael AM. Science review: Mechanisms of ventilator-induced injury. *Critical Care* 2003;7:233-241.

12. Kopp R. Kuhlen R. Max M. Rossaint R. Evidence-based medicine in the therapy of the acute respiratory distress syndrome. *Intensive Care Med* 2002;28:244-255.
13. Arnold JH, Hanson JH, Toro-Figuero LO, et al.: Prospective, randomized comparison of high-frequency oscillatory ventilation and conventional mechanical ventilation in pediatric respiratory failure. *Crit Care Med* 1994, 22:1530–1539.
14. Jerry A. Krishnan and Roy G. Brower. High-Frequency Ventilation for Acute Lung Injury and ARDS. *Chest* 2000;118;795-807
15. Joseph John, MD, PhD and Steven Idell, MD, PhD, Strategies for Optimizing Oxygenation in Acute Respiratory Distress Syndrome. *Clin Pulm Med* 2004;11: 318–327.
Arnold J. High Frequency Ventilation In The Pediatric Intensive Care Unit. *Pediatric Crit Care Med*. Vol 1, No.2, 2000:93-99.
16. Nejla Ben Jaballah. High- Frequency oscillatory ventilation in pediatric patients with acute respiratory failure. *Pediatr Crit Care Med* 2006 Vol.7, No.4: 362-367.