

La ventilación de alta frecuencia (VAF) en un modo ventilatorio que utiliza volúmenes corrientes pequeños, incluso menores que el espacio muerto anatómico, combinado con frecuencias respiratorias muy altas. Inicialmente fue desarrollada como una técnica para disminuir el daño pulmonar y para mejorar el intercambio gaseoso en los pacientes críticamente enfermos¹. Esta propiedad le confiere muchas ventajas sobre la ventilación convencional, la cual necesita de presiones más altas para poder suministrar el volumen minuto adecuado y llevar a un mayor volutrauma.

Actualmente, la tendencia en el manejo de las patologías pulmonares en el recién nacido busca una estrategia de “pulmón abierto”, lo cual se logra manteniendo un reclutamiento alveolar al final de la expiración y evitando su sobredistensión². Esta estrategia se logra fácilmente con la ventilación de alta frecuencia.

Desde hace más de treinta años comenzaron las investigaciones con ventilación de alta frecuencia en recién nacidos. En ellas llamaba la atención principalmente su capacidad de eliminar CO_2 ^{3,4} y se recomendó inicialmente para el manejo de las fístulas broncopleurales y enfisema del intersticial^{5,6}. Hoy en día es una técnica que se usa frecuentemente como terapia inicial o de rescate en pacientes con falla respiratoria.

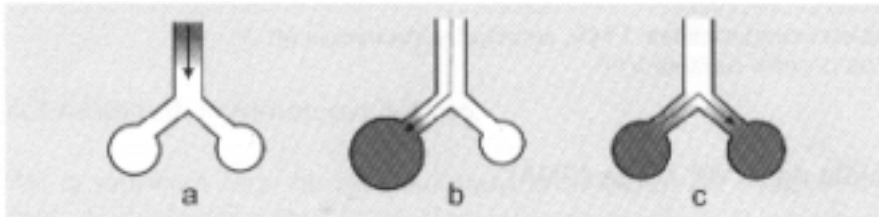
Mecánismo de transporte de gases en ventilación de alta frecuencia

La VAF logra realizar un intercambio gaseoso usando volúmenes corrientes subfisiológicos aplicándolo a altas frecuencias. El transporte de oxígeno y la eliminación de CO_2 durante la VAF es el resultado de por lo menos cinco mecanismos⁷ ver figura 1:

1. La ventilación alveolar directa de las unidades alveolares más cercanas a las vías aéreas principales, similar a lo que hace la ventilación convencional.

2. En el fenómeno de Pendelluft, que es el intercambio de gases entre unidades alveolares adyacentes con diferentes tiempos constantes, los alvéolos tienen diferentes complacencia y resistencia, lo que genera diferencias sutiles en el tiempo que necesitan para igualar sus presiones con la vía aérea (diferentes tiempos constantes). En ventilación convencional los tiempos inspiratorios y expiratorios que se programan son lo suficientemente largos para el tiempo constante que necesitan los alvéolos, sin importar las sutiles diferencias entre ellos y sin diferencias en presiones entre ellos. Al aumentar la frecuencia respiratoria en forma importante (ventilación de alta frecuencia), esas diferencias en los tiempos constantes entre alvéolos vecinos generan diferentes presiones y permiten que exista un gradiente de presión entre ellos y paso de gas de uno a otro. (ver figura 1).

Figura 1



Pendelluft. A) antes de empezar el ciclo ventilatorio. Inicialmente, sólo una parte de los alveolos están ventilados. B) Durante el siguiente paso C) se produce el intercambio de gas alveolar. Por supuesto, las fases iniciales duran sólo una fracción del ciclo completo de ventilación.

3. La dispersión convectiva axial. Los flujos de velocidad del gas en las vías respiratorias son asimétricos y se acentúan en las bifurcaciones bronquiales, por lo que presentan flujos inspiratorios más alterados que los espiratorios. La presencia de turbulencias aumentadas produce un elevado grado de mezcla de gases.

4. Ley de Taylor o de la dispersión aumentada. A frecuencias altas, se produce dentro de la columna de gases un flujo turbulento que conlleva una gran mezcla de gas entre el flujo central y el lateral. Cuando la presión se aplica lentamente a un gas, la velocidad de todo el gas es relativamente la misma en toda la vía respiratoria, pero si se aplica gas inspiratorio a gran velocidad (VAF), el gas no se acelera uniformemente en toda la columna respiratoria; la velocidad del gas es mayor en el centro que en la periferia (la magnitud de la diferencia varía con el diámetro y presión aplicada), pero en la exhalación el diámetro es menor y se reduce la velocidad. Es así que si se corta transversalmente la columna de gas en un segmento de la vía aérea. El gas en el centro es fresco, rico en O_2 (nuevo

ciclo) y está rodeado en la periferia por gas del anterior ciclo rico en CO_2 , entonces existe un gradiente de concentración entre el centro y la periferia de O_2 y CO_2 y difusión entre ellos (ver figura 2).

Figura 2 Taylor Dispersion



Si bien estos cinco mecanismos son considerados tradicionalmente como los responsables del transporte de gas durante la VAF, actualmente se han identificado factores adicionales como:

1. Mezcla Cardiogénica: No es más que la superimposición de los latidos rítmicos del corazón, los cuales pueden promover una mezcla periférica de gas, al generar un flujo entre las regiones del parénquima vecinas. Aunque este mecanismo no ha sido cuantificado, se cree que en un paciente en apnea, la mezcla cardiogénica puede ser la responsable de más de la mitad de la captación de oxígeno.

2. Ventilación Colateral: Ocurre a través de conexiones no aéreas entre alveolos vecinos.¹⁶

VAF y la función pulmonar

La VAFO es un modo de ventilación eficiente para recién nacidos con una variedad de condiciones pulmonares, debido a su capacidad de mantener volúmenes pulmonares por encima de la capacidad residual funcional, evitando altas presiones pico (PIP). Si bien en VAF se obtienen una complacencia pulmonar mayor con una Paw menor que la usada en ventilación convencional⁹, si se excede de los valores óptimos, puede ocurrir sobredistensión, con una serie de eventos adversos como

neumotórax y alteración de la circulación⁷. Es por esto que en la VAF, como en todas las formas de ventilación mecánica, mantener un adecuado volumen pulmonar ayuda a prevenir atelectasias y preservar la función del surfactante y, de esta manera, mejora el intercambio de oxígeno¹⁰. Igualmente, la VAF, en contraste con la ventilación convencional, mantiene un volumen pulmonar a un nivel relativamente constante con mínimas variaciones del volumen corriente.

VAF y la función hemodinámica

En la ventilación mecánica convencional al aumentar el volumen pulmonar, aumenta la presión intratorácica la cual se trasmite a la aurícula derecha y reduce el retorno venoso disminuyendo el gasto cardiaco. Se produce además una compresión de los conductos intra-alveolares que no tienen soporte perivascular, produciéndose de esta forma un aumento de la resistencia vascular; también se ha encontrado una cascada vascular en la vena cava inferior (VCI) asociada con la compresión mecánica de los lóbulos inferiores del pulmón derecho sobre la vena cava inferior que produce una limitación del flujo.

Los efectos de la VAFO en el gasto cardiaco, el flujo sanguíneo a órganos blanco y la presión venosa central son los mismos cuando se comparan con la ventilación convencional. Esta interacción está directamente relacionada con el nivel de Paw y la complacencia respiratoria, pero es independiente de la frecuencia respiratoria. Si se usan Paw altas puede ocurrir sobredistención pulmonar, lo que lleva a una alteración del retorno venoso la función cardiaca y reduce la perfusión cerebral^{11,12}. Un estudio documentó bradicardias paroxísticas severas relacionadas con la sobredistención alveolar cuando la complacencia pulmonar había mejorado¹³.

Cuando se utiliza ventilación de alta frecuencia con una estrategia de volumen pulmonar óptimo, el volumen pulmonar se mantiene por encima de la presión de cierre crítica del pulmón, produciendo una "PEEP" mayor que la observada en la ventilación mecánica convencional, aunque múltiples autores no han encontrado diferencias significativas en cuanto el gasto cardiaco, el flujo sanguíneo del órgano ni el estado metabólico.

Kinsella y otros, en estudios animales, encontraron que la ventilación oscilatoria de alta frecuencia produjo un mejoramiento importante del grado de oxigenación durante las 24 horas de tratamiento sin afectar el gasto ventricular izquierdo, el flujo sanguíneo cerebral ni la presión venosa central.¹⁴

Nicol y otros encontraron que la estabilidad hemodinámica se mantiene mejor durante la HFV o la HFOV cuando se necesitan niveles altos de PEEP para la oxigenación.¹⁵ Minton y otros compararon la hemodinámica de cien infantes neonatos con pesos al nacer inferiores a 2500 gramos con síndrome de distress respiratoria, que fueron tratados en forma aleatoria con ventilación mecánica convencional y surfactante, y ventilación oscilatoria de alta frecuencia y surfactante. Los investigadores no encontraron ninguna diferencia en el gasto cardiaco ni en la hemodinámica ventricular¹⁶. Estos y otros estudios parecen sugerir que la ventilación de alta frecuencia con un manejo de volumen óptimo no produce efectos cardiovasculares negativos comparándola con la ventilación convencional.

Aunque inicialmente se atribuyó el uso de VAF a un mayor riesgo de hemorragia intraventricular severa (grados III y IV) y leucomalacia intraventricular¹⁷, revisiones actuales muestran que esa tendencia de la VAF a incrementar la hemorragia intraventricular no tiene una diferencia significativa^{18,19}.

Estudios clínicos de VAF

En sus inicios, el uso de VAF en recién nacidos era una técnica ventilatoria de rescate e incluso muchos de estos estudios iniciales se realizaron en la era pre-surfactante, lo que no hace posible generalizar los resultados de estos con los resultados que se obtienen ahora, porque estos pacientes generalmente tenían patología pulmonar severa y muchos de ellos ya presentaban complicaciones del manejo ventilatorio. Cuando se miran todos estos estudios, los resultados son muy variables y es imposible sacar algunas conclusiones (ver Tabla 1).

TABLA 1 – DESENLACE PULMONAR EN ESTUDIOS CONTROLADOS DE VAF EN RECIEN NACIDOS PREMATUROS

Autor y Año	N	Población en Estudio	Resultados
HFI, 1989	673	Falla respiratoria, 750–2000 g (promedio 1100 g)	VAFO no mejora el desenlace
Carlo et al, 1990	42	EMH, 1000–2000 g (promedio 1420 g)	VAFJ no mejora el desenlace
Keszler et al, 1991	144	EMH complicada con EPI, ≥ 750 g (promedio 1336 g)	VAFJ acelera la resolución del EPI; pero no disminuye EPC
Clark et al, 1992	83	EMH, ≤ 1750 g (promedio 1100 g)	VAFO disminuye EPC; VAFO x 72 horas seguido de ventilación convencional, no disminuye EPC
HFO, 1993	176	EMH severa, ≥ 500 g (promedio 1738 g)	VAFO disminuye la incidencia de fugas de aire comparado con ventilación convencional; no hay diferencias en EPC
Ogawa et al, 1993	92	Falla Respiratoria, 750–2000 g (promedio 1200 g)	VAFO no mejora el desenlace
Wiswell et al, 1996	73	EMH severa, ≤ 32 semanas, > 500 g (promedio = 954 g)	VAFJ no mejora el desenlace (no hay diferencias en fugas de aire o EPC)
Gerstmann et al, 1996	125	EMH, ≤ 35 semanas (promedio 1510 g)	VAFO mejora la sobrevida sin EPC; reduce la necesidad de surfactante
Keszler et al, 1997	130	EMH, 700–1500 g ≤ 36 semanas (promedio 1020 g)	VAFJ reduce la incidencia de EPC a las 36 semanas y la necesidad de oxígeno en casa; no disminuye fugas de aire
Retowitz-Volk et al, 1998	96	EMH, < 32 semanas (promedio 1100 g)	VAFO no mejora el desenlace
Plavka et al, 1999	43	EMH, 500–1500 g (promedio 836 g)	VAFO no disminuye EPC a los 30 días, pero sí a las 36 semanas
Thome et al, 1999	284	EMH, 24–30 semanas, peso promedio, 880 g	VAFFI fue asociada con más fugas de aire y no disminuye EPC
Moriette et al, 2001	273	EMH, 24–29 semanas (promedio 985 g)	VAFO reduce la necesidad de surfactante, pero no disminuye EPC
NVSG 2001	500	EMH, 601–1200 g, < 4 h	VAFO disminuye el tiempo de extubación, incrementa la sobrevida sin EPC

EPC = Enfermedad Pulmonar Crónica; VAFO = Ventilados de Alta Frecuencia Oscilatorio; VAFJ = Ventilador de Alta Frecuencia Jet; EMH = Enfermedad de Membrana Hialina; EPI = Enfisema Pulmonar Intersticial; VAFFFI = Ventilación de Alta Frecuencia con Flujo Intermitente

En conclusión, si revisamos los estudios que reportan el uso de alta frecuencia como técnica de rescate, veremos que a pesar de que hay una gran cantidad de datos de estudios, esta es pequeña e incompleta². Incluso solo se encuentran dos estudios de buena calidad que comparan este modo ventilatorio como rescate. Como sucede con todos estos estudios, los métodos ventilatorios son muy distintos al igual de los tipos de pacientes incluidos. Ninguno de ellos encontró diferencias en los desenlaces grandes. (ver tabla 2).

Tabla 2

Resumen de estudios aleatorizados y controlados del uso de VAF de rescate versus ventilación mecánica convencional				
Referencia	RN en el estudio	Criterio de inclusión	Tipo de VAF	Resultados pulmonares
Keszler y cols.	144	EPI en ventilación convencional, ≥ 750 g.	VAFJ	Incremento del éxito en el grupo de VAFJ. Disminución de la mortalidad en el grupo de VAFJ. No hay diferencias en EPC, nuevas fugas de aire, obstrucción de la vía aérea o traqueobronquitis necrosante.
HFO Study Group	176	EMH severa, > 500 g. < 48 h	VAFO	Disminución de nuevas fugas de aire en VAFO. No hay diferencias en síndrome de fuga de aire ya establecidas, duración de ventilación mecánica o muerte.
Clark y cols.	79	Falla respiratoria severa, ≥ 34 semanas, ≥ 3000 g. < 14 días	VAFO	Mejoría en el intercambio gaseoso y del éxito en el grupo de VAFO. No hay diferencias en EPC, fugas de aire, duración de la ventilación, necesidad de ECMO o muerte.
Engle y cols.	24	Falla respiratoria severa e hipertensión pulmonar, ≥ 35 semanas, ≥ 2000 g.	VAFJ	Mejoría en el intercambio gaseoso en VAFJ. No hay diferencias en EPC, fugas de aire, duración de la ventilación, necesidad de ECMO o muerte.

EPC = Enfermedad Pulmonar Crónica; VAFO = Ventilados de Alta Frecuencia Oscilatorio; VAFJ = Ventilador de Alta Frecuencia Jet; EMH = Enfermedad de Membrana Hialina; EPI = Enfisema Pulmonar Intersticial; ECMO = Oxigenación con membrana extracorporea

Así como existen dudas en el uso de esta técnica de manera de rescate, el uso de la VAF de manera inicial electiva por su parte también muestra resultados contradictorios. Esto hace que los múltiples metaanálisis muestren que aún no existe consenso sobre si el uso de VAF de manera electiva en recién nacidos pretérminos sea una manera ventilatoria de elección^{2,3,4,5}, debido quizá a la heterogeneidad que existe en cuanto a los tipos de ventilador usados, las distintas patologías que afectan a estos recién nacidos y el uso de distintos protocolos de ventilación (ver tabla 3). Aunque los estudios muestran una discreta disminución de la incidencia de displasia broncopulmonar, no todos muestran la misma tendencia y la aparición de resultados negativos, como la hemorragia intraventricular, que no ha permitido generalizar la recomendación de usar esta técnica como de elección especialmente en recién nacidos pretérmino.

En resumen, al igual que en el uso de la VAF como una técnica de rescate, no existe una evidencia clara de que el uso de VAF de manera temprana ofrezca importantes ventajas sobre la ventilación convencional, lo cual es más notorio cuando se analizan desenlaces como mortalidad; incluso un estudio realizado en cinco unidades en Bogotá y publicado en 2005, mostró que la VAF recién nacidos mayores de 35 semanas como modo inicial de soporte ventilatorio no es superior a la ventilación convencional⁸.

Ahora bien, en un aspecto en que la literatura médica sí coincide es en que el uso de la VAF en los pacientes con hernia diafragmática congénita, de manera precoz y combinada con un manejo conservador preoperatorio, ha incrementado la sobrevivencia de estos recién nacidos^{6,7}. De la misma manera, existe una evidencia clara de que en pacientes con insuficiencia respiratoria severa, sobre todo aquellos pacientes con hipertensión pulmonar persistente, el uso de óxido nítrico en combinación con VAF logra una mejor oxigenación en este tipo de pacientes².

TABLA 3. VAFO electiva vs ventilación mecánica convencional

Desenlace	Estudios (N)	RD	RD Típico (IC 95%)
Fugas de aire	9	1.14 (1.00, 1.29)	0.03 (0.00, 0.07)
HIV	10	1.05 (0.96, 1.15)	0.02 (-0.01, 0.05)
HIV severa	11	1.11 (0.95, 1.31)	0.02 (-0.01, 0.04)
EPC a los 28 días	5	0.95 (0.83, 1.08)	-0.02 (-0.09, 0.04)
Mortalidad a los 28 días	8	1.08 (0.86, 1.35)	0.01 (-0.02, 0.04)
EPC o muerte a los 28 días	4	0.90 (0.80, 1.01)	-0.06 (-0.12, 0.00)
EPC a las 36 semanas	9	0.88 (0.79, 0.99)	-0.04 (-0.08, 0.00)
Mortalidad a las 36 semanas	9	0.98 (0.83, 1.16)	0.00 (-0.03, 0.03)
EPC o muerte a las 36 semanas	9	0.92 (0.85, 1.00)	-0.04 (-0.07, 0.00)
LPV	10	1.10 (0.84, 1.44)	0.01 (-0.01, 0.02)
Demora en el neurodesarrollo	2	1.26 (1.01, 1.58)	0.09 (0.01, 0.17)

HIV= Hemorragia Interventricular; EPC= Enfermedad Pulmonar Crónica; LPV= Leucomalacia preiventricular

Tabla 3. tomado de Soll RF. The clinical impact of high frequency ventilation: review of the Cochrane meta-analyses J Perinatol. 2006 May;26 Suppl 1:S38-42²

Podemos concluir que cuando se introdujo la ventilación de alta frecuencia existían esperanzas de que el uso de unos volúmenes corrientes menores a los usados en ventilación convencional fuera a repercutir directamente en resultados como la incidencia de displasia broncopulmonar; después de veinte años de uso esto no es tan evidente. Existen varios estudios que muestran resultados muy disímiles. Al revisarlos como un total vemos cómo la literatura actual no ha mostrado que el uso de VAF sea mejor que la ventilación convencional en el manejo ventilatorio del recién nacido. Esto ha generado que la mayoría de los estudios soporte que el uso de la VAF debe estar reservada a los pacientes en los que la ventilación convencional no da el resultado esperado y existe un fracaso con este tipo de ventilación.

Aplicaciones prácticas y guía de manejo de ventilación alta frecuencia (VAF)

Diferentes estudios muestran las ventajas de utilizar una estrategia ventilatoria que utilice bajos volúmenes corrientes, pero con un buen reclutamiento alveolar. La ventilación de alta frecuencia es probablemente la estrategia que mejor aplica estos dos fundamentos y por eso se emplea en diferentes patologías que se benefician de esta estrategia, como el enfisema intersticial, restricción pulmonar de origen extra torácico, como gastrosquisis, onfalocele y en hipoplasia pulmonar, incluida la hernia diafragmática. Adicional a esto, es útil para evitar daño pulmonar en recién nacidos con pulmones inmaduros y como rescate “temprano” en recién nacidos pretérmino que requieran altas presiones: PIP mayores de 18-20 en recién nacidos pretérmino o más de 25 en los a término.^{1,2,20}

Manejo de la oxigenación en VAF

Se usan dos parámetros (dos botones) para mejorar la oxigenación: La FiO_2 y la presión media de la vía aérea.

Estrategias ventilatorias:

Las estrategias usadas en VAF dependen de su patología:

1. Alto volumen (reclutamiento pulmonar): Se utiliza una estrategia de alto volumen para síndromes atelectásicos o patologías de bajo volumen (enfermedad de membrana hialina, neumonías, SDRA, síndrome meconial difuso atelectasico,

síndrome de escape con pobre inflación) y se inicia entonces la presión media de la vía aérea (PMVA), 2 centímetros de H₂O por encima de la PMVA que recibía en ventilación mecánica convencional (VMC). Se continúa aumentando la presión media progresivamente de un 1 centímetro en un 1 centímetro de H₂O hasta lograr un incremento importante en la oxigenación; es decir, hasta que el PO₂ aumente 20-30 mmHg o se logre una saturación de 88-93 por ciento, lo que resulta en un reclutamiento de alveolos anteriormente colapsados (shunt intrapulmonar). Se inicia entonces una reducción en el FiO₂ hasta 0.30 y luego se podrá disminuir la PMVA hasta la presión mínima efectiva, lo que evitará llegar al punto de colapso donde se perdería el reclutamiento realizado. Se debe tener cuidado al reducir la PMVA menor de 8-9 cm de H₂O para evitar atelectasia y retención de CO₂. En general, si hay sobre distensión durante el destete, se debe reducir presión; si no hay sobre distensión, se reduce el FiO₂¹⁰.

2. Bajo volumen: Se emplea en patologías con atrapamiento de aire (en síndrome de escape aéreo, síndrome meconial con atrapamiento, enfisema pulmonar intersticial, entre otros). La estrategia de bajo volumen se inicia entonces con una PMVA 2 centímetros debajo de la que se tenía en VMC y después de mejorar la oxigenación, se reduce primero la PMVA hasta el parámetro mínimo tolerado y al final se reduce el FiO₂. En patologías de escape (neumotórax por ejemplo), es necesario “aceptar” saturaciones límites 87 % niveles altos de FiO₂, de CO₂ (55mmhg) y bajo volumen pulmonar hasta mejorar el escape.

En patologías como hipertensión pulmonar e hipoplasia pulmonar, se puede iniciar con la misma presión media de la vía aérea que recibía en VMC.

Manejo de CO₂ en VAF

Existe una relación entre la amplitud y el volumen corriente. El volumen corriente depende del volumen que se desplaza por el pistón o por el diafragma, la resistencia de la vía aérea, la complacencia del circuito del ventilador y la mecánica pulmonar del paciente. De esta manera, la eficiencia de la oscilación es segura por la visualización de las vibraciones del tórax.

El manejo del CO₂ se realiza de acuerdo con dos parámetros (dos botones), la frecuencia respiratoria y la amplitud.

Amplitud

Usualmente, se modifica el CO_2 con la amplitud (delta de P) y es directamente proporcional con el barrido de CO_2 ; a mayor amplitud, mayor barrido y a menor amplitud, menor barrido. La amplitud inicial varía en los diferentes ventiladores (ver tabla); sin embargo, la vibración es el parámetro clínico más importante para evaluar la magnitud de la amplitud programada. Una vibración óptima es la vibración del tórax hasta la región umbilical y la forma de confirmar una amplitud adecuada es lograr un volumen corriente de 2cc/kg (medido en algunos ventiladores) y normocapnia^{3,4}.

Frecuencia

La frecuencia respiratoria dada en Hz (1 Hz = 60) es inversamente proporcional al CO_2 ; un mayor barrido se logra con menor frecuencia y un menor barrido de CO_2 con mayor frecuencia. En la mayoría de los casos se recomienda usar frecuencias respiratorias altas que favorece un menor volumen corriente y menor daño, y modificar el CO_2 con la amplitud. Solo en casos de retención de CO_2 con amplitudes máximas (más frecuente con el babylog 8000), se reducirá la frecuencia respiratoria para barrer CO_2 .

Relación inspiración-expiración

La relación inspiración-expiración generalmente es de 1:1, pero en los ventiladores que se pueden ajustar, se prefiere una relación 1:2. Esto se logra al ajustar el tiempo inspiratorio en 0.33, lo que disminuye el atrapamiento de gas, aunque se trata de un aspecto que no presenta un problema significativo durante la VAFO⁸

PARAMETRO	PO2 Alta	PO2 Baja	CO2 Alta	CO2 Baja
PMVA	bajo	subo		
FIO2	bajo	subo		
AMPLITUD			subo	bajo
FR			bajo	subo

Cambios en parámetros para modificar CO_2 y PCO_2 en vaf

Monitoreo

Rx. de tórax: Aunque sigue siendo con frecuencia una herramienta de uso clínico para evaluar la PMVA requerida en ventilación de alta frecuencia, existen dudas acerca de la correlación entre volumen pulmonar adecuado y Rx, pues solo detecta excesos, pero no el volumen pulmonar óptimo.

Gases arteriales

Debe mantenerse un PaO_2 : 60-70 mmHg, PaCO_2 : 45-55 mmHg y un $\text{Ph} > 7,25$. Es importante una línea arterial para un monitoreo continuo de la tensión arterial, frecuencia cardíaca y toma de gases. No obstante, si se pierde la línea arterial, una línea arterial periférica, gases venosos o gases capilares son una alternativa en el monitoreo gasimétrico.

Monitoreo continuo no invasivo

El monitoreo de saturación continua de oxígeno es esencial; la ventilación de alta frecuencia es eficaz al barrer CO_2 ; es por eso que la hipocapnia debe prevenirse. La medición de CO_2 continua es importante, pero no se puede realizar por capnografía por lo que un medidor trascutáneo de CO_2 sería necesario.

Incubadora

Una incubadora abierta es de mayor comodidad para el abordaje en pacientes que tienen tubos de tórax, requieren cirugía o manipulación más frecuente; sin embargo, se puede utilizar VAF en pacientes en incubadoras cerradas, teniendo especial cuidado en la desconexión de los circuitos en forma accidental.

Succión

Se debe tener en cuenta que las desconexiones prolongadas pueden disminuir el reclutamiento alveolar logrado, por lo cual las succiones de rutina no son necesarias. Las succiones cortas se pueden realizar de acuerdo con la necesidad de cada paciente y se debe aumentar la FiO_2 en 10 % y la PMVA 1-2 cmH_2O antes del procedimiento para regresar luego al nivel previo. Se recomienda el uso de sistemas cerrados de succión en esta modalidad.

Posición

Existen estudios que sugieren ventajas de la posición en prono en VAF. Sin embargo, lo más importante es que los pacientes pueden y deben cambiarse de posición para evitar escaras y otras complicaciones de posiciones fijas; la mejor posición para cada paciente se debe individualizar²¹.

Sedación y relajación

Hace varios años al inicio de VAF, los pacientes eran relajados y sedados en forma permanente. Al igual que en VMC, la relajación y sedación de rutina no está indicada. Se debe realizar por necesidad y debe utilizarse solo en pacientes con hipertensión pulmonar severa críticos, que van a llevarse a cirugía o que ha mostrado, particularmente en ese paciente, ser beneficiosa.

Hiperinflación

La hiperinflación puede ocurrir y debe ser prevenida, pues produce volutrauma, barotrauma y disminución del retorno venoso y shock.

Evaluación cardiovascular

Los ruidos cardiacos deben revisarse periódicamente. Algunos modelos de ventiladores tienen la posibilidad de una pausa en la oscilación, manteniendo la PMVA. Los ruidos cardiacos pueden escucharse y evaluarse.

Tubo endotraqueal

En VAF oscilatoria no es necesario cambiar el tubo endotraqueal, si debe evitarse el escape y está indicado el número de tubo de mayor diámetro posible

Surfactante

El surfactante ha demostrado ser más eficaz asociado a VAF comparativamente con VMC. La colocación de surfactante en VAF debe realizarse sin desconectar el ventilador, aumentando la FiO_2 en 10 por ciento e infundido en forma rápida²².

Óxido nítrico

El óxido nítrico, como tratamiento de hipertensión pulmonar, es más efectivo si se asocia a VAF y si se compara con óxido nítrico más ventilación mecánica convencional².

Reclutamiento

Se requiere al principio y periódicamente durante el tratamiento o en caso de deflación del pulmón (succión, desconexión). Esto se logra incrementando la PMVA gradualmente hasta lograr la mejor oxigenación para evitar llegar al punto de sobre distensión, la cual se reconoce por deterioro inicial de la oxigenación, retención de CO₂ y en forma tardía, por la caída de la tensión arterial y una Rx con más de nueve espacios intercostales, aplanamiento de diafragma, radiolucidez y disminución del tamaño cardíaco, siendo necesario reducir la presión de inmediato.

Deterioro agudo

En un paciente con ausencia o disminución de los movimientos respiratorios más acidosis respiratoria, se debe sospechar extubación accidental, obstrucción del tubo endotraqueal, neumotórax, falla en el equipo o traqueobronquitis necrozante (más frecuente en ventilación jet).

Vía Oral

Se puede dar vía oral a un paciente en VAF. Su contraindicación dependerá de la patología de base o los medicamentos (relajantes por ejemplo) en él utilizados.

Información a padres

Los padres deben ser informados acerca del estado de su bebé, la metodología empleada y la razón de la vibración del tórax de su hijo.

Extubación

Los pacientes pueden ser extubados desde VAF, pero más que eso no debe apresurarse su paso a VMC y menos en patologías que se benefician de bajos volúmenes (enfisema intersticial, síndromes de escape).

TIPOS DE VENTILADORES

Ventilador Babylog 8000

Es un ventilador que incluye modos ventilatorios modernos en VMC como presión soporte, volumen garantizado, SIMV y Asistido Controlado (A/C), y mide variables de función mecánica pulmonar, como complacencia, resistencia y tiempos constantes. Consta de un módulo accesorio con gráficas de función pulmonar para evaluar y tratar más objetivamente el recién nacido.

En alta frecuencia, el Babylog 8000 es útil al rescatar pacientes en su modo de alta frecuencia y no presenta problemas para dar altas presiones medias de la vía aérea, pues puede hacerlo hasta 25 cm. de H₂O. Sin embargo, para el manejo del CO₂, en pacientes con un peso mayor a 2.5- 3.0 kg, el barrido de CO₂ puede ser deficiente; mide el volumen corriente que recibe el paciente (objetivo de 2cc/kg), que puede predecir un suficiente barrido de CO₂; es de fácil uso, puede administrarse óxido nítrico, pero requiere circuitos específicos para alta frecuencia y tiene un sensor delicado.

SLE 5000

Es un ventilador que tiene modos PTV (A/C), SIMV, presión soporte y volumen garantía en ventilación convencional. Igualmente, cuenta con medición de dinámica pulmonar, medición de volumen corriente, PMVA e incluye gráficas de buena resolución y fácil interpretación de presión /volumen, volumen, presión y flujo en el tiempo, entre otras. En ventilación de alta frecuencia es un oscilador, permite usarse hasta en pesos de 20 kg y es potente. Se usa su frecuencia de 10 Hz en a términos y 15 Hz en pretérminos, aunque cabe recordar que las frecuencias mayores ofrecen más bajos volúmenes y menor daño pulmonar. La amplitud que ofrece está entre 4 mbar – 180 mbar. Se inicia en 30 y pocas veces es necesario aumentarla por encima de 40 para lograr un adecuado PCO₂; el tiempo inspiratorio y el flujo se dejan estáticos; se puede realizar una “pausa” en la oscilación, manteniendo la presión media; trae un circuito para la conexión de óxido nítrico; mide el volumen corriente en alta frecuencia; no necesita diferentes circuitos y su panel es de fácil interpretación y uso.

SENSORMEDICS

Ha sido el prototipo por excelencia de la ventilación oscilatoria. Se trata de un ventilador muy potente que se puede usar en pacientes hasta de 20 kg. Es efectivo en el barrido de CO₂ y en mejora la oxigenación. No tiene VMC, ni gráficas para función pulmonar, lo cual es una limitación en unidades que solo ventilen pacientes en alta frecuencia esporádicamente. La amplitud y la frecuencia se inician igual que en el SLE 5000. El tiempo inspiratorio (TI) se ajusta en 33% para todas las estrategias si se incrementa el porcentaje del TI puede producir atrapamiento de aire.

PARAMETRO	SENSORMEDICS		BABYLOG		SLE 9000	
	PREMATURO	ATERMINO	PREMATURO	ATERMINO	PREMATURO	ATERMINO
AMPLITUD	20-30	30	70%	80%	20-30 Mbar	30 Mbar
FRECUENCIA	15 Hz	10 Hz	9 Hz	8 Hz	15 Hz	10 Hz

Parámetros de inicio recomendados en amplitud y frecuencia para diferentes tipos de ventiladores

COMPARACIÓN DE TIPOS DE VENTILADORES DE ALTA FRECUENCIA

	DRAGER	SENORIM	ELI LING
TAMANO	PEQUEÑO, CÓMODO	GRANDE	MEDIANO
ALARMA	VISUAL Y AUDITIVA	VISUAL Y AUDITIVA	VISUAL Y AUDITIVA
PERMITE MANIOBRALIZACIONES	NO	NO	SI
CIRCUITO	DESCONECTABLE REUSABLE	DESCONECTABLE REUSABLE	DESCONECTABLE REUSABLE
MÉTODO DE ESTERILIZACIÓN	LÍQUIDO-AUTO CLAVE	DIFFUSION EN GAS	LÍQUIDO-AUTO CLAVE
MATERIAL CIRCUITO	PLÁSTICO	PLÁSTICO	PLÁSTICO
SOPORTE CIRCUITO	NO SOPORTE	SOPORTE ADICIONAL	NO SOPORTE
HELD CALIBRACION	SI	SI	SI
TIPO DE VAV	IBRIDO	OSCILADOR	OSCILADOR
MODOS VENTILATORIOS	VAV-VAV	VAV	VAV-VAV
TIEMPO INSPIRATORIO	FIJO	MODIFICABLE	FIJO
MEJORA VOLUMEN CORRIENTE	SI	NO	SI
PEEP	CONECTOR PEEP	DIRECTO	DIRECTO
AMPLITUD	PORCENTAJE	2-80 cmH ₂ O	4 - 100cmH ₂ O
EXHALACION	PARCIALMENTE ACTIVA	ACTIVA	ACTIVA
PEEP	< 2000 GRAFOS	HASTA 18 Kg	HASTA 10 Kg
PEEP	2 - 28 cmH ₂ O	2 - 18 cmH ₂ O	0 - 28 cmH ₂ O
HC	0-20 Hz	2-18 Hz	2 - 20 Hz
CALIBRACION	AUTOMÁTICA	MANUAL	AUTOMÁTICA
HUMIDIFICACION	SERVO CONTROL	SERVO CONTROL	SERVO CONTROL
MECANICA VENTILADOR	LIBRE VO Y CIRC	NO TIENE	LIBRE VO Y CIRC
PERMITE PARRA	NO	SI	SI
REINICIACION	NO TIENE	NO TIENE	SI TIENE

GUÍA TÉCNICA DE MANEJO

SENSORMEDICS

Ventilador de Alta Frecuencia Oscilatoria con potencia para todos los pesos en neonatos.

Solo se modifican 3 parametros que cuentan con tres botones respectivos

PMVA - botón verde de la derecha (el azul sólo es de seguridad).

AMPLITUD - ubicado al lado del identificador del centro del panel de control.

FIO₂ - queda lateral izquierdo inferior al ventilador.

Al Iniciar: se colocan los siguientes parámetros:

1. Flujo a 20 lts/min. Se puede disminuir hasta 12 lts/min, en Preterminos, (desde que se mantenga la misma PMVA). Y en caso de colocación de Oxido Nitrico (para disminuir consumo de este).
2. Tiempo Inspiratorio - modificable pero se mantiene en 33% , al cambiarlo puede atrapar aire.
3. Frecuencia - 10- 12 htz en A Termino, 15 htz en Preterminos.
4. PMVA - incrementar 2 puntos a la establecida en Ventilación Convencional (en Síndrome Atelectásico) y 2 puntos abajo en Síndrome de Escape Aéreo.
5. Amplitud - delta P (PIP – PEEP) Generalmente 20 en Preterminos y 30 en A términos.
6. FIO₂ - siempre la misma que se había establecido en convencional.

SLE-5000

Los comandos estan en pantalla táctil en la parte inferior, un botón para cada parámetro: presión media, frecuencia, fiO₂ y amplitud que se llama delta P.

1. Tiempo Inspiratorio - fijo rel 1:2 automático.
2. Frecuencia 10- 12 htz en A Termino, 15 htz en Preterminos.
3. PMVA incrementar 2 puntos a la establecida en Ventilacion Convencional (en Sindrome Atelectasico) y 2 puntos abajo en Sindrome de Escape Aereo.
4. Amplitud delta P (PIP – PEEP) Generalmente 20 en Preterminos y 30 en a términos
5. FIO₂ siempre la misma que se había establecido en convencional.

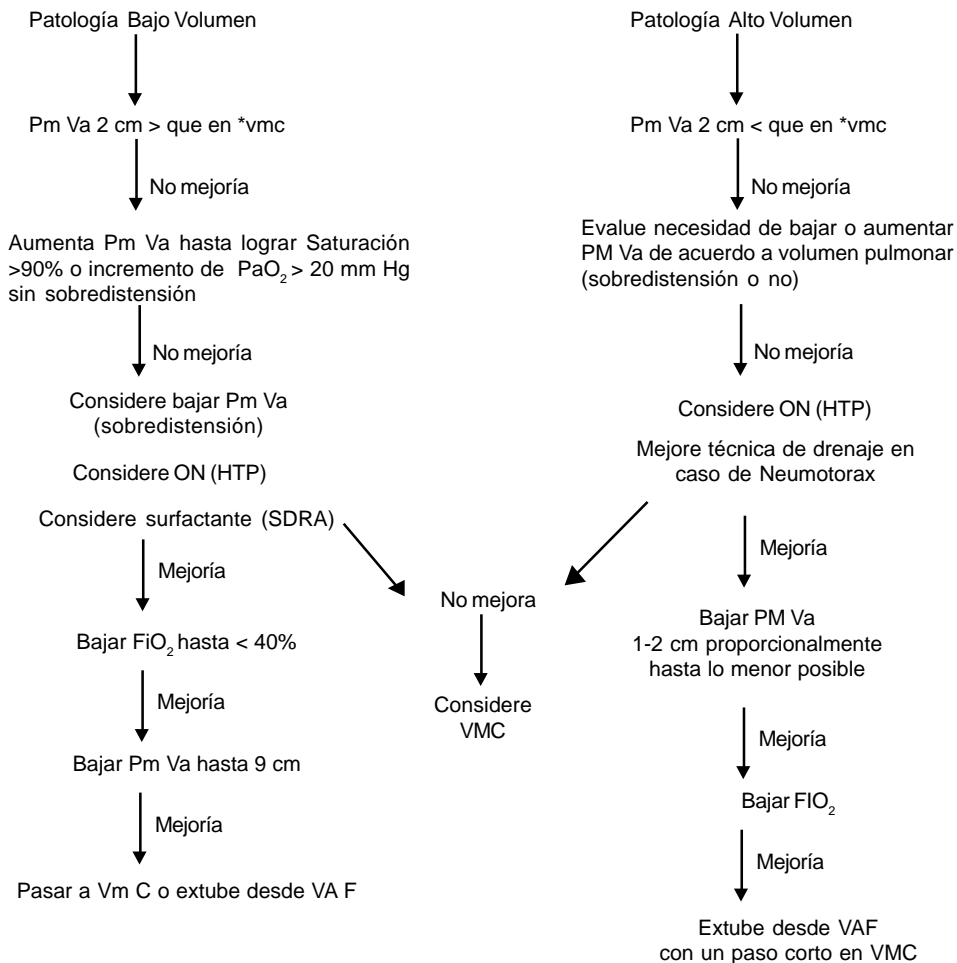
Babylog -8000

En general para manejo de neonatos menores de 2.500 grs en mayores puede no ser tan eficiente barriendo co₂.

Los parámetros se modifican también en pantalla táctil, presión media con el botón de peep, un botón para frecuencia, uno para amplitud en porcentaje y un botón para fiO₂

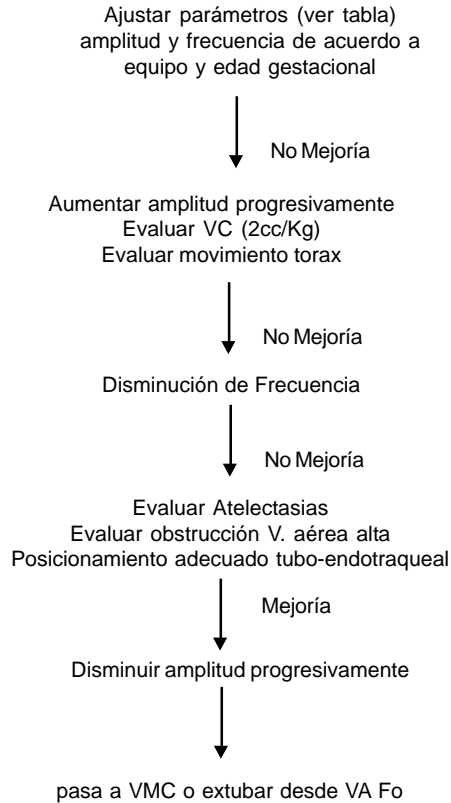
1. Tiempo Inspiratorio - fijo, rel 1:2.
2. Frecuencia - entre 6-10 hz; 6-7 hz en A Termino, 8- 9 hz en Preterminos.
3. PMVA - incrementar 2 puntos a la establecida en Ventilacion Convencional (en Sindrome Atelectasico) y 2 puntos abajo en Sindrome de Escape Aereo.
4. Amplitud Generalmente se inicia con 70% en Preterminos y 80% en A términos
5. FIO₂ siempre la misma que se había establecido en convencional.
6. Flujo 8 lts/min automático.

OXIGENACIÓN EN VAFO



* Ventilación Mecánica Convencional

MANEJO CO₂ EN VA FO



Bibliografía

1. Thome UH, Carlo WA. High-frequency ventilation in neonates. *Am J Perinatol*. 2000;17(1):1-9.
2. Sangeeta Mehta. High frequency ventilation. *Curr Opin Crit Care* 2000, 6:38–45.
3. Butler WJ, Bohn DJ, Bryan AC, et al: Ventilation by high-frequency oscillation in humans. *Anesth Analg* 1980; 59:577–584.
4. Marchak BE, Thompson WK, Duffy P, et al: Treatment of RDS by high - frequency oscillatory ventilation: a preliminary report. *J Pediatr* 1981; 99:287–292.
5. Carlon GC, Kahn RC, Howland WS, et al: Clinical experience with high frequency jet ventilation. *Crit Care Med* 1981; 9:1–6.
6. Pokora T, Bing D, Mammel M, et al: Neonatal high-frequency jet ventilation. *Pediatrics*. 1983; 72:27–32.
7. Bouchut JC, Godard J, Claris O High-frequency oscillatory ventilation *Anesthesiology*. 2004 Apr;100(4):1007-12.
8. Pillow JH, Wilkinson MH, Ramsden CA: Effect of I/E ratio on mean alveolar pressure during high-frequency oscillatory ventilation. *J Appl Physiol* 1999;87: 407–14.
9. Imai Y, Kawano T, Miyasaka K, Takata M, Imai T, Okuyama K: Inflammatory chemical mediators during conventional ventilation and during high-frequency oscillatory ventilation. *Am J Respir Crit Care Med* 1994; 150:1550–4.
10. Eichenwald EC, Stark AR: High-frequency Ventilation: Current Status. *NeoReviews*. 1999; 12: e127 – e133.
11. Traverse JH, Korvenranta H, Adams EM, Goldthwait DA, Carlo WA: Cardiovascular effects of high frequency oscillatory and jet ventilation. *Chest* 1989; 96:1400–4.
12. Goodman AM, Pollack MM: Hemodynamic effects of high-frequency oscillatory ventilation in children. *Pediatr Pulmonol* 1998; 25:371–4.

13. Mellema JD, Baden HP, Martin LD, Bratton SL: Severe paroxysmal sinus bradycardia associated with high-frequency oscillatory ventilation. *Chest* 1997;112:181–5.
14. Kinsella, JP, Gerstmann DR, Clark RH et al. High frequency oscillatory Ventilation versus intermittent mandatory ventilation: Early hemodynamic effects in the premature baboon with hyaline membrane disease. *Pediatric Research* 1991; 29:160-166.
15. Nicol ME, Dritsopoulou A, Wang C, et al. Ventilation techniques to minimize circulatory depression in rabbits with surfactant deficient lungs. *Pediatr Pulmonol* 1994;18:317-322.
16. Minton SD. Echocardiographic comparison of high frequency oscillatory ventilation to conventional mechanical ventilation in neonate with respiratory distress syndrome during the first twenty-four hours of life (Abstract). *Soc Crit Care Med* 1996.
17. Henderson-Smart DJ, Bhuta T, Cools F, Offringa M. Elective high frequency oscillatory ventilation versus conventional ventilation for acute pulmonary dysfunction in preterm infants. *Cochrane Database Syst Rev.* 2000;(2).
18. Bhuta, T. Clark, RH. Henderson-Smart, DJ. Rescue high frequency oscillatory ventilation vs conventional ventilation for infants with severe pulmonary dysfunction born at or near term. *Cochrane Database Syst Rev.* 2008; (1).
19. Pillow JJ. High-frequency oscillatory ventilation: mechanisms of gas exchange and lung mechanics. *Crit Care Med.* 2005 Mar;33(3 Suppl):S135-41.
20. Kaam A, Rimensberger P Lung protective ventilation strategies in neonatology. *Crit Care Med* 2007; 35(3): 925 - 928.
21. Papazian L et al. Comparison of prone positioning and high frequency oscillatory ventilation in patients with acute respiratory distress syndrome. *Crit Care Med* 2005; 33(10): 2162-2166.
22. Jobe A. Techniques for administering surfactant. In: Robertson B. *Surfactant Therapy for Lung Disease*. New York, NY: Marcel Dekker, Inc; 1995: 309–324.