

VENTILACION DE ALTA FRECUENCIA (VAF).

Dr. Raúl Nachar H.
Dr. Antonio Ríos D.

I. Introducción. El término VAF se refiere a la ventilación mecánica realizada con frecuencias mayores a las habitualmente utilizadas en ventilación convencional.

Usualmente estas frecuencias oscilan entre 150 y 3000 respiraciones por minuto, se utilizan volúmenes corrientes menores que el espacio muerto anatómico y tiempos inspiratorios extremadamente reducidos.

II. Tipos de ventiladores.

A. Tres son los tipos de ventiladores de alta frecuencia usados en RN:

1. Ventilación de alta frecuencia por interrupción de flujo (exhalación pasiva): Infrasonics, InfantStar, Draeger Babylog 8000.
2. Ventilación de alta frecuencia jet o a chorro (exhalación pasiva): Bunnell Lifepulse Jet Ventilador.
3. Ventilación de alta frecuencia oscilatoria VAFO (exhalación activa): SensorMedics 3100^a.

B. A continuación se detallan las principales diferencias entre estos 3 tipos de VAF.

	Oscilador (Sensor Medics3100 A)	JET (LifePulse Bunnell)	Interruptor de flujo (InfantStar / Babylog 8000)
Ajuste PMVA	Directo	Indirecto	Indirecto
Ajuste de ΔP	Directo	Indirecto	Indirecto
Relación I:E	1:1 ó 1:2	1:6	1:5
Espiración	Activa	Pasiva	Pasiva
Atrapamiento aéreo	Mínimo	Mayor	Mayor
FR	600-900	300-420	400-600
Vol. corriente	< espacio muerto (1-2 ml/kg)	\leq ó $>$ espacio muerto (2-5 ml/kg)	\leq espacio muerto (2-4 ml/kg)
Uso c/ vent. convencional	Infrecuente	Frecuente	Frecuente
Uso RN y pediátrico	Sí	No	No

C. En nuestro Servicio utilizamos de preferencia el ventilador de alta frecuencia Sensor Medics 3100 A (VAFO), el cual ha sido diseñado para su uso en pacientes pediátricos y neonatales. En este ventilador, por medio de un pistón se transmiten cambios de presión a un diafragma de goma, con lo

cual se producen vibraciones a alta frecuencia y baja amplitud que son transmitidas a la vía aérea del paciente. La amplitud del movimiento (ΔP) determina el volumen corriente, que siempre es menor que el espacio muerto. La presión media de la vía aérea (PMVA) se controla variando el flujo basal y la apertura de la válvula espiratoria. En este ventilador la espiración es activa, lo que determina menor riesgo de atrapamiento aéreo. Este ventilador está aprobado por la FDA para uso precoz en RN con SDR.

III. Funcionamiento.

A. Definición. El mecanismo responsable de la oxigenación en la VAF es el mismo que en la ventilación convencional y depende de la fracción inspirada de oxígeno (FiO_2) y de la PMVA. La PMVA se puede modificar directamente en el Sensor Medics 3100 A, sin afectar la ventilación.

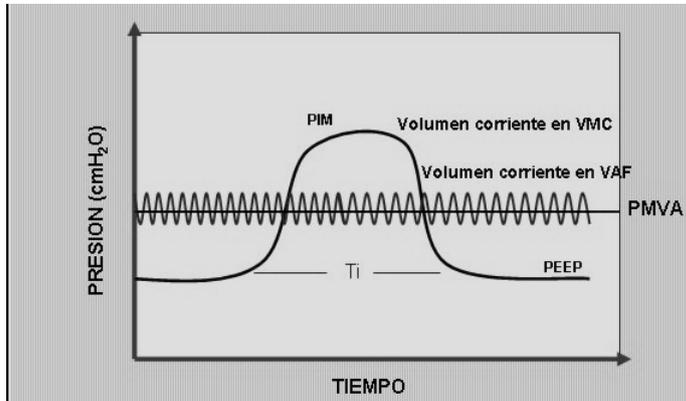
B. Diferencias con la ventilación convencional. La diferencia fundamental entre la VAF y la ventilación mecánica convencional (VMC) está dada por el mecanismo utilizado para eliminar el CO_2 . En la VMC la eliminación del CO_2 depende directamente del volumen minuto (frecuencia respiratoria por volumen corriente). En cambio en la VAF, los volúmenes corrientes son muy pequeños, y si bien también son determinantes importantes de la ventilación, otros mecanismos son claves en la obtención de un intercambio gaseoso efectivo. Estos son: turbulencia en las grandes vías aéreas, ventilación alveolar directa, efecto Pendelluft, perfil de velocidad asimétrico, difusión molecular y ventilación colateral.

De todas formas para obtener una mayor ventilación, basta con aumentar la amplitud del movimiento del diafragma (ΔP) ya que de esta forma se logra aumentar los volúmenes corrientes utilizados. Otra forma en que se puede aumentar los volúmenes corrientes es disminuyendo la FR, estrategia que no es de elección y debe dejarse para casos excepcionales.

C. Diferencias entre VAFO y VMC.

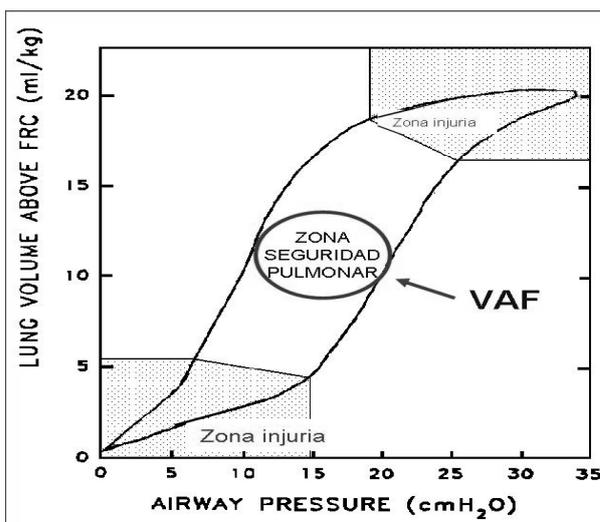
	VMC	VAF
FR	5 – 150 c/min	180 – 900 c/min
Volumen corriente	> espacio muerto (4-8 ml/kg)	≤ espacio muerto (0.1-3 ml/kg)
Intercambio gaseoso	Volúmenes de gas fresco elevados (vol.corriente)	Otros mecanismos de intercambio gaseoso
PMVA	$\frac{P_i \cdot T_i}{T_o} + \frac{P_e \cdot T_e}{T_o}$	Medida directamente
Aumento oxigenación	↑PIM, ↑TIM, ↑FR, ↑PEEP, ↑FiO ₂ .	↑PMVA, ↑FiO ₂
Ventilación (CO ₂)	Vol. min = FR * vol.cte. Vol. cte = $\delta \cdot \Delta P$ $\Delta P = (PIM - PEEP)$	↑ ΔP (↑vol. Corriente) ↓FR (↑vol. Corriente)

D. Comparación gráfica de presiones y volúmenes corrientes observados en VMC y VAF



E. Ventajas de la VAFO.

1. Se producen sólo pequeñas oscilaciones en la presión y el volumen pulmonar durante el ciclo respiratorio (menores a las observadas en ventilación convencional para una misma PMVA). Esto podría explicar el menor daño pulmonar observado en algunos trabajos experimentales (relacionado a una menor frecuencia de EPC), así como su utilidad en los síndromes de escape aéreo.
2. Permite el uso de una PMVA mayor. De esta forma logra el reclutamiento alveolar y optimiza el volumen pulmonar, mejorando la relación ventilación perfusión. Esto podría ser particularmente importante en cuadros con microatelectasias difusas (por ej. membrana hialina).



Durante la VMC el pulmón es inflado con volúmenes elevados y durante la espiración éste cae en forma significativa (zonas de injuria pulmonar)

Durante la VAF el volumen pulmonar es constante, se mantiene en la parte media de la curva presión volumen (zona de seguridad pulmonar).

3. Se puede manejar oxigenación (PMVA y FiO_2) y ventilación (ΔP) en forma independiente.

F. Desventajas de la VAFO:

1. Son ventiladores más complejos, caros y con los que se posee menos experiencia en el resultado de su uso a largo plazo.
2. A pesar de las ventajas teóricas por sobre la ventilación convencional, no existe evidencia que permita recomendar su uso en forma precoz y electiva en alguna patología del RN. El uso de rescate tampoco ha demostrado hasta el momento, beneficios a largo plazo por sobre VMC, tanto en pacientes prematuros como RN término, aunque cabe destacar que en su mayoría los estudios controlados y randomizados que evaluaron este uso, se realizaron cuando la administración de surfactante exógeno y corticoides antenatales no eran la norma.

IV. Indicaciones de la VAFO según medicina basada en evidencia.

- A. RN Término o Pretérmino con **síndrome de escape aéreo**, particularmente útil en el enfisema intersticial y fistulas broncopleurales.
- B. RN Término o cercano a término (mayor o igual a 34 semanas de EG) con insuficiencia respiratoria aguda grave refractaria a VMC, definido como Índice de Oxigenación > 20 .
- C. RN con hipertensión pulmonar persistente primaria o secundaria, en especial si tiene indicación de Oxido Nítrico Inhalatorio. (ver normas correspondientes)

V. Sugerencias para el manejo de la VAFO.

- A. **Volumen pulmonar óptimo.** Mejora la oxigenación y disminuye la exposición a FiO_2 elevadas. Para obtenerlo debemos utilizar la PMVA adecuada para cada caso. Se recomienda iniciar la VAF con una PMVA 2 cm H_2O mayor a la previamente usada en VMC. En los síndromes de escape aéreo iniciar la VAF con una PMVA igual a la previamente usada en VMC. Los ajustes posteriores de la PMVA se realizan de acuerdo a la PaO_2 y saturación arterial de oxígeno, recordando que para aumentar oxigenación se deberá aumentar PMVA. En las primeras 24-48 hrs de VAF se recomienda un control radiológico frecuente (aprox. cada 12 hrs) para evaluar el volumen pulmonar. Se considera como óptimo 8 espacios intercostales
- B. **La FiO_2** se regula de acuerdo a la oxigenación, tratando de usar la menor posible, para obtener niveles de saturación seguros para el RN, según su patología de base y edad gestacional
- C. **Tiempo inspiratorio** se mantiene sin cambios (I:E 1:2)
- D. **Amplitud (ΔP):** La amplitud inicial debe ser la mínima necesaria como para lograr visualizar la vibración del tórax y parte alta del abdomen (sólo como referencia comenzar con un ΔP de 20 cm H_2O). Posteriormente de acuerdo a la $PaCO_2$ (evaluada con gases arteriales) la amplitud se modifica hasta lograr la $PaCO_2$ deseada. Sólo en casos excepcionales, en que los cambios de amplitud no son suficientes para

lograr una ventilación adecuada, se recurre a cambios en la frecuencia. Recordar que a mayor ΔP , menor será la $PaCO_2$

- E. Frecuencia:** (1Hz = 60 ciclos/min):
10-12 Hz en el RN de término o > 2 Kg.
15 Hz en el RN prematuro o < 2 Kg.
- F. Flujo:**
15-20 lts/min en RN de término.
10-15 lts/min en RN prematuro.

G. Weaning de VAF :

La extubación se realiza pasando a VMC y después a nCPAP. También se describe el paso directo a Hood. En nuestro servicio, se inicia el weaning reduciendo la FiO_2 progresivamente hasta llegar a 0,40 y entonces se disminuye la PMVA de 1 a 2 cm H_2O cada vez. Una vez alcanzada una PMVA de 8 a 10 cm H_2O en el RN menor de 1500 gramos y de 10 a 12 cm H_2O en el RN mayor de 1500 gramos se pasa al paciente a VMC para continuar con el weaning.

VI. Consideraciones generales en el manejo del RN en VAFO

- A. Sedación:** No es necesaria en todos los RN. De requerirse, preferir el uso de fentanil en goteo continuo (2-4 mcg/kg/hr). Usar relajantes musculares en casos de hipertensión pulmonar y hernia diafragmática.
- B. Hemodinamia:** Monitoreo estricto y permanente. Preferir la monitorización invasiva y considerar el uso precoz de inótrópos debido a las presiones utilizadas y la patología de base
- C. Ecografía encefálica:** Considerar su realización previo al inicio de la VAF.
- D. Aspiración endotraqueal:** Debe realizarse cada vez que existan secreciones evidentes o disminuya la vibración del tórax. Se recomienda aspirar al menos una vez al día. Al desconectar el paciente de VAF se produce pérdida de volumen pulmonar y deterioro de la oxigenación, por lo que al reconectar deben realizarse maniobras de reclutamiento, si es que no se cuenta con sondas de aspiración de circuito cerrado.

VII. Complicaciones

Si bien son poco frecuentes, en la literatura se describen las siguientes:

- A. Compromiso de la función cardiaca.** Dado por las presiones utilizadas. Se puede manejar con apoyo de inótrópos y adecuado aporte de volumen.
- B. Sobreexpansión pulmonar y barotrauma** si las presiones no son las adecuadas.
- C. Atelectasia.** Atelectrauma, especialmente si se desciende rápidamente PMVA.
- D. Hemorragia intracraneana.** Efecto descrito en los primeros estudios en RN prematuros, pero asociado a estrategias de volumen inadecuadas.
- E. Atrapamiento aéreo.**
- F. Necrosis traqueobronquial.**

VIII. BIBLIOGRAFIA

- 1) Goldsmith JP, Karotkin EH. Assisted Ventilation of the Neonate. Fourth edition, 2003. High-Frequency Ventilation. 183-201
- 2) The Role of High-Frequency Ventilation in Neonates: Evidence-Based Recommendations. Andrea L. Lampland, Mark C. Mammel, Clin Perinatol 34 (2007) 129–144