

Ventilación de alta frecuencia en Recién Nacidos. Un soporte necesario en la Unidades Neonatales

High-Frequency Ventilation in Newborns. A Needed Capability in Neonatal Units

Prof. Dr. Ramon Mir Villamayor⁽¹⁾.

RESUMEN

La ventilación de alta frecuencia es una forma de ventilación mecánica que se utiliza en el recién nacido con insuficiencia respiratoria aguda; se caracteriza por la utilización de pequeños volúmenes corrientes, menor que el espacio muerto anatómico, con frecuencia de ventilación extremadamente alta. Su mecanismo de acción es diferente al de la ventilación convencional, por lo cual es importante conocer sus características técnicas y operacionales antes de su uso clínico. Las ventajas potenciales de esta técnica sobre la ventilación mecánica convencional incluyen su capacidad para realizar un adecuado intercambio gaseoso, en un pulmón lesionado por barotrauma y volutrauma, usando presiones bajas en las vías áreas proximales. En este artículo se presentan algunos tipos de ventilación de alta frecuencia, sobre todo la Ventilación de Alta Frecuencia Oscilatoria, los posibles mecanismos de intercambio gaseoso que realiza este tipo de ventilación, sus principales indicaciones y las estrategias de manejo clínico.

Palabra clave: Ventilación de Alta frecuencia, recién nacido, insuficiencia respiratoria.

INTRODUCCIÓN

La ventilación de alta frecuencia (VAF) es una modalidad ventilatoria que se empezó a utilizar en forma experimental a fines de la década de los años ochenta, actualmente es utilizada en la mayoría de las unidades neonatales de EEUU, Europa y América para el tratamiento de RN con insuficiencia respiratoria.

El primer ventilador de alta frecuencia fue patentado por Jhon Emmerson en 1959, éste era un vibrador de la vía área. Luego, Luckehmeiker en 1972, estudiando la impedancia torácica en perros apneicos, fortuitamente descubrió que podía mantener normocapnia con un

ABSTRACT

High-frequency ventilation is a form of mechanical ventilation used in newborns with acute respiratory insufficiency and is characterized by the use of small volumes of flow, smaller than the anatomic space available, but at extremely high frequency. Its mechanism of action is different from that of conventional ventilation, for which reason it is important to recognize its technical and operational characteristics prior to clinical use. The advantages of this technique over conventional mechanical ventilation include the ability to achieve adequate gas exchange in a lung damaged by barotrauma or volutrauma by using low pressures in the proximal airways. In this article we present some types of high-frequency ventilation, concentrating on high frequency oscillatory ventilation, the possible mechanisms of gas exchange occurring in this type of ventilation, its primary indications, and some strategies for clinical management.

Keywords: High-frequency ventilation, newborns, respiratory insufficiency.

pequeño volumen de aire en las vías áreas en los animales con frecuencia de 23 a 40 Hz (1Hz = 60 ciclos por minutos). Posteriormente, diversos investigadores demostraron que era posible una adecuada ventilación alveolar con volúmenes corrientes menores que el espacio muerto anatómico, con frecuencia supra fisiológica que caracteriza al ventilador de alta frecuencia⁽¹⁾. Sin embargo a pesar de numerosas publicaciones sobre todo de habla inglesa sobre el uso de la VAF, aun hay una controversia importante sobre cómo y cuándo debe utilizarse VAF. En un extremo del

1. Pediatra-Neonatólogo. Jefe de Sala. Unidad Cuidados Intensivos Neonatales. Centro Materno Infantil y Profesor Asistente. Cátedra de Pediatría. Facultad de Ciencias Medicas. Universidad Nacional de Asunción. Miembro del Tribunal de Recertificación de la Sociedad Paraguaya de Pediatría.

Solicitud de Sobretiros: Prof. Dr. Ramón Mir. rmir1960@gmail.com.py

Artículo recibido en Diciembre de 2009, aceptado para publicación en Febrero de 2010.

espectro, está un grupo de clínicos que la utilizan como una modalidad primaria de ventilación para recién nacidos que requieren apoyo ventilatorio, en tanto que en el otro extremo, se encuentran aquellos que la utilizan como una técnica de rescate solo cuando fracasa la ventilación convencional⁽²⁾.

La ventilación de alta frecuencia oscilatoria (VAFO) consigue un efectivo intercambio de anhídrido carbónico (CO₂) y oxígeno (O₂) con menores valores de presión pico a nivel alveolar, mínimas variaciones en las presiones y en los volúmenes de ventilación, manteniendo los pulmones con un volumen relativamente constante, por encima de su capacidad residual funcional debido a la aplicación de una presión media estable, minimizando los efectos volutrauma y el barotrauma⁽³⁾.

Actualmente existen tres tipos generales de VAF:

Ventilación de Alta Frecuencia de Presión Positiva (VAFPP), la cual se realiza con ventilación mecánica convencional o modificada que opera a altas velocidades; ventilación Jet de Alta Frecuencia (VAFJ), utiliza ventiladores que entregan chorros de gases a alta velocidad, dentro de las vías aéreas, y Ventilación Oscilatoria de Alta frecuencia (VAFO), la cual se realiza con un mecanismo que mueve el aire hacia delante y hacia atrás en la vía área proximal, produciendo un flujo mínimo de gas.

En este momento solo un numero pequeño de sistema de VAF esta aprobado para el uso clínico por la Administración de Drogas y Alimentos de Estados Unidos **tabla 1**.

La Unidad de Cuidados Intensivos Neonatales del Centro Materno Infantil cuenta con un Oscilador de alta Frecuencia desde hace aproximadamente dos años, es el Sensor Medics 3100; en virtud a esto, nos propusimos presentar una actualización del conocimiento de la Ventilación de Alta Frecuencia con énfasis en la VAFO

Tabla 1: Clasificación de los ventiladores de alta frecuencia

Respirador	Mecanismo	Espiración
Sensor Medics 3100 A	Piston (VAFO)	Activa
Babylong 8000	diafragma	pasiva/activa
Bunell Life pulse	Jet (VJAF)	pasiva
Infant star	interruptor de flujo (VAFPP)	Pasiva (activa=venturi)
++SLE 5000	rotor	Pasiva (activa= venturi)

VAFPP, Ventilación de Alta Frecuencia de Presión Positiva. VAFJ, Ventilación Jet de Alta Frecuencia. VAFO, ventilación Oscilatoria de Alta frecuencia.

*Aprobado en Canadá, no en USA

** Se utiliza en Reino Unido

El ventilador de alta frecuencia oscilatoria (VAFO), proporciona un volumen de gas a través de un pistón o diafragma que comprime y luego libera la mezcla de gas en el circuito del respirador, movimiento del pistón que determina un volumen corriente siempre menor que el espacio muerto anatómico. La presión de la amplitud (que se mide como ΔP) que determina el volumen corriente entregado al paciente es ajustado aumentando o disminuyendo el movimiento de pistón del diafragma y la presión media de la vía área (PMVA), se controla variando el flujo basal (*bias flow*) y la apertura de la válvula espiratoria.

Una de sus características principales es que proporciona una espiración activa, por la cual, la posibilidad de atrapamiento aéreo es mínima o prácticamente nula⁽⁴⁾. Se utiliza una relación inspiración/espiración (I/E) 1:1 o mejor 1:2 con frecuencia entre 6 a 20 Hz. La modalidad oscilatoria tiene la ventaja que tanto la PMVA, la amplitud, frecuencia y el tiempo inspiratorio, se puede ajustar directa e independientemente, facilitando el manejo para el operador.

MECANISMO DE TRANSPORTE DE GASES EN LA VAFO

La VAFO presenta cierta dificultad para comprender el mecanismo exacto de cómo se efectúa el transporte de gas dentro del pulmón y como se mantiene el intercambio gaseoso con volúmenes corrientes menores que el espacio muerto anatómico.

En el VAFO la distribución del gas es más uniforme y regular que la ventilación mecánica convencional (VMC) dependiendo más de la resistencia de las vías aéreas principales y menos de la compliancia alveolar.

Además, al utilizar volúmenes estables y menor variación de presión en los ciclos de inflación-deflación, disminuye el riesgo de sobredistensión y el peligro de rotura^(4,5).

En la VAFO el CO₂ es removido fundamentalmente por una mezcla muy eficiente de gas en las vías aéreas, la llamada **difusión** aumentada. La eliminación del CO₂ es proporcional al **producto de la frecuencia del ventilador de alta frecuencia y el volumen corriente al cuadrado ($f \times Vt^2$)**. De esto se deduce que durante la VAFO el **aumento del volumen corriente o de la amplitud oscilatoria medida como Delta P (ΔP)**, tiene gran efecto con la eliminación del CO₂^(5,6).

Los posibles mecanismos que explican el transporte y el intercambio gaseoso de la VAF están muy bien descritos en el trabajo de Chang⁽⁷⁾ y los principales mecanismos serían:

1. La ventilación alveolar directa de las unidades alveolares más cercanas a las vías aéreas principales.

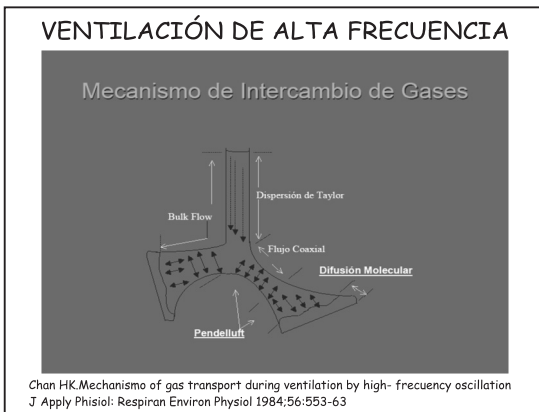
2. El fenómeno de Pendelluft o mezcla interregional de gases. Debido a la constante de tiempo que pueden existir entre las unidades alveolares vecinas, el llenado y el vaciado de la misma con asincronismo en el tiempo permite el paso de gas de las unidades lentas a las rápidas y viceversa según el ciclo respiratorio.

3. La dispersión convectiva axial. Los perfiles de velocidad en las vías respiratorias son asimétricas, acentuándose en las bifurcaciones bronquiales, presentando unos perfiles inspiratorios más alterados que los espiratorios. La presencia de turbulencia produce una elevada mezcla de gases.

4. La ley de Taylor o de la dispersión aumentada. La dispersión de un gas es la resultante de la interacción de su perfil de velocidad axial y su difusión. A frecuencias altas se produce dentro de la columna de gas un flujo turbulento que con lleva una gran mezcla de gas entre el flujo central y el lateral.

5. La difusión molecular. Se trata del transporte de gas producida por la difusión de las moléculas de O_2 y CO_2 a través de la membrana alveolocapilar por efectos de los diferentes gradientes de presión.

Mezcla cardiaca. El gasto cardiaco favorece la mezcla de gas en la periferia del pulmón.



OXIGENACIÓN

La oxigenación en la VAFO, es igual que en la VMC, depende de la **Fracción inspiratoria de O_2 (FiO_2)** y de **la presión media de la vía área (PMVA)**. La PMVA en la VAFO es tal vez el parámetro más importante; de su correcto uso depende en gran parte la oxigenación del paciente. La PMVA óptima que se debe alcanzar en la VAFO es aquella necesaria para superar la presión de cierre alveolar y que consiga reclutar el mayor número posible de alveolos, aumentando así al máximo la superficie pulmonar para realizar el intercambio gaseoso sin incrementar la resistencia vascular

pulmonar o disminuir el gasto cardiaco, y esto debe ser mantenida en forma constante evitando el desreclutamiento alveolar⁽⁸⁻¹⁰⁾. La PMVA es controlada directamente en el oscilador, manteniéndose estable durante todo el ciclo respiratorio. Para medir el grado de expansión pulmonar se utiliza la radiografía de tórax en forma seriada, contándose el número de espacios intercostales como una guía de expansión pulmonar. En general entre **8 y 9 espacios intercostales con diafragma plano** se considera una satisfactoria expansión pulmonar; **más de 9** espacios intercostales, diafragma plano y silueta cardiaca estrecha, son sugerentes de una **sobre expansión pulmonar**.

MANEJO DE VENTILADOS DE ALTA FRECUENCIA:

Los parámetros iniciales dependen de la patología basal del recién nacido.

1. Fracción Inspiratoria de Oxígeno: Igual que en la ventilación convencional, elevando ésta para aumentar la oxigenación y disminuyendo en caso contrario.

2. Presión Media en la Vía Área (PMVA): La PMVA es controlada directamente en el oscilador, manteniéndose estable durante todo el ciclo respiratorio, se comienza con **1 a 2 cm H_2O** superior a la que tenía en el ventilador Convencional o la misma para escapes aéreos. La PMVA en la VAFO es tal vez el parámetro más importante; de su correcto uso depende en gran parte la oxigenación del paciente.

3. Frecuencia: Se utiliza dentro de un rango entre 10 y 15 Hz (600 a 900 ciclos por minuto). En general cuando mayor es el peso del paciente, menor es la frecuencia utilizada; se sugiere en un recién nacido de muy bajo peso (< de 1500 gr) iniciar con 15 Hz (900 ciclos por minutos) y en los de mayor peso con 10 Hz (600 ciclos por minuto).

4. Amplitud: También denominada ΔP , por ser la diferencia entre la presión máxima y la mínima. El volumen proporcionado en cada ciclo respiratorio es directamente proporcional a la diferencia de la presión máxima y la mínima. A mayor amplitud oscilatoria medida en cm H_2O , mayor el volumen corriente entregado al paciente y por ende mayor eliminación de CO_2 . Se puede iniciar entre 30 a 40 cm de H_2O .

5. Flujo: 20 litros por minuto

6. Tiempo inspiratorio: 33%

INDICACIONES DE LA VAFO

La indicación actual de la Ventilación de Alta Frecuencia Oscilatoria es utilizarlo como terapia de rescate cuando fracasa la VMC en patologías que cursan con atelectasia^(4,11), escapes aéreos graves⁽¹²⁻¹⁵⁾, hipertensión pulmonar persistente^(16,17) y hernia diafragmática congénita^(18,19).

RECOMENDACIONES GENERALES

Humidificación. Debido a la alta velocidad del flujo de gas se debe mantener una adecuada humidificación y temperatura de los gases inspirados (37°).

Sedación y relajación. Es frecuente el uso de sedación mientras el paciente permanece en la VAFO.

Monitorización. La monitorización debe ser completa incluyendo clínica, laboratorial y radiológica en forma continua; controles gasométricos para reconocer el riesgo de hipocapnia que pudiera producirse, con el ulterior desarrollo de secuelas neurológicas^(20,21).

CONCLUSIÓN

La VAFO tiene actualmente indicaciones precisas, como son aquellos RN con escapes aéreos y con insuficiencia respiratoria aguda reuentes a la ventilación mecánica convencional; sin embargo como cualquier otra técnica, presenta potenciales ventajas, pero también potenciales riesgos si no es correctamente empleada; la VAFO solo debe ser aplicada en unidades con instalaciones que permitan una monitorización tanto clínica como bioquímica adecuadas. El personal médico y de enfermería debe estar bien entrenado para lograr su uso en forma segura y eficaz en la practica clínica. Es indudable sin embargo que las Unidades de Cuidados Intensivos Neonatales con número significativo de pacientes graves deberían contar con un Ventilador de Alta Frecuencia como ayuda a la Ventilación Mecánica convencional, para aquellos Recién nacidos con insuficiencia respiratoria severa que requieran su uso.

BIBLIOGRAFÍA

1. Bancalari AM. Ventilación de Alta Frecuencia en el recién nacido: Un soporte respiratorio necesario. *Rev Chl Pediatr.* 2003;74(5); 475-486.
2. Kesler M, Durand D. Ventilación de alta frecuencia neonatal: pasado, presente y futuro. *Clínicas Perinatologías de Norteamérica.* 2001;3:557-583.
3. Mammel MC. Ventilación de Alta Frecuencia. En: Goldsmith JP, Karotkin EH, editores. *Ventilación Asistida Neonatal.* 4ed. Bogota: Colombia. Distribuna Editorial Médica; 2005.p.267-291.
4. Bancalari E, Gerhardt T, Bancalari E. Gas trapping with high-frequency ventilation: jet versus oscillatory ventilation. *J Pediatr.* 1987;110:617-22.
5. Grupo de trabajo sobre Patología Respiratoria de la Sociedad Española de Neonatología. Recomendaciones sobre Ventilación de Alta Frecuencia en el recién nacido. *An Esp Pediatr.* 2002;57(3):238-43.
6. Hatcher D, Watanabe II, Ashbury T, Vincent S, Fischer J, Froese A. Mechanical performance of clinically available, neonatal, high frequency, oscillatory-type ventilators. *Crit Care Med.* 1998;26:1081-88.
7. Chang HK. Mechanisms of gas transport during ventilation by high-frequency oscillation. *J Appl Physiol.* 1984;56:553-63.
8. McCulloch PR, Forker PG, Froese AB. Lung volume maintenance prevents lung injury during high frequency oscillatory ventilation. *Am Rev Respir Dis.* 1988;137:1185.
9. HIFO Study Group. Randomized study of high-frequency oscillatory ventilation in infants with severe respiratory distress syndrome. *J Pediatr.* 1993;122:609-19
10. Morcillo F, Gutiérrez A, Izquierdo I. Ventilación de alta frecuencia oscilatoria como estrategia de rescate en el recién nacido. Estudio Multicentrico Español. *An Esp Pediatr.* 1999;50;269-74.
11. Thome U, Kossel H, Lipowsky G. Randomized comparison of high frequency ventilation with high-rate intermittent positive pressure ventilation in preterm infants with respiratory failure. *JPediatr.* 1999;135:39-46.
12. Moriette G, Paris-Llado J, Walti H. Prospective randomized multicenter comparison of high-frequency oscillator ventilation and conventional ventilation in preterm infants of less than 30 weeks with respiratory distress syndrome. *Pediatric.* 2001;107:363-72.
13. Courtney SE, Durand DJ, Asselin JM. High-Frequency oscillatory ventilation versus conventional mechanical ventilation for very low birth weight infants. *N Engl J Med.* 2002;347:643-52.

14. The HIFI Study Grup. High-frequency oscillatory ventilation compared with conventional mechanical ventilation in the treatment of respiratory failure in preterm infants. *N Engl J Med.* 1989;320:88-93.
15. Johnson AH, Peacock JL, Greenough A, Marlow N. High-Frequency oscillatory Ventilation for the prevention of chronic lung disease of prematurity. *N Engl J Med.* 2002;347:633-42.
16. Clark RH, Yoder BA, Sell MS. Prospective, randomized comparison of high-frequency oscillation and conventional in candidates for extracorporeal membrane oxygenation. *J Pediatr.* 1994;124:447-54.
17. Bancalari A, Bustos R, Fasce J, Bello P, Campos L, Cifuentes L. Ventilación de alta frecuencia en recién nacido con falla respiratoria aguda. *Rev Chil Pediatr.* 2002;73:667.
18. Paranka MM, Clark RH, Yoder BA, Sell MS. Predictors of failure of high-frequency oscillatory ventilation in terms of infants with severe respiratory failure. *Pediatrics.* 1995;95:400-4.
19. Miguët D, Claris O, Lapillone A, Bakra, Chapuis JP, Salle BL. Preoperative stabilization using high-frequency oscillatory ventilation in the management of congenital diaphragmatic hernia. *Crit Care Med.* 1994;22:S77.
20. Morgan C, Dear PR, Newells SJ. Effect of changes in oscillatory amplitude PaCO₂ and PaO₂ during high frequency oscillatory ventilation. *Arch Dis Chil Fetal Neonatal ed.* 2000;82:F237-F42.
21. Okumara A, Hayakawa F, Kato T, Itomi K, Maruyama K, Ishihara N, et al. Hypocarbica in preterm infants with periventricular leukomacia: the relation between hypocarbica and mechanical ventilation. *Pediatrics.* 2001;107:469-75.