

Hospital Ginecoobstétrico "Ramón González Coro"

Ventilación de alta frecuencia en neonatología: a quiénes y cómo ventilar

Dr. Fernando Domínguez Dieppa¹

RESUMEN

En Cuba, desde inicios del presente siglo, los recién nacidos comenzaron a ventilarse con un método de asistencia respiratoria aún relativamente novedoso, que se denomina ventilación de alta frecuencia. Es el objetivo fundamental de esta revisión precisar sus indicaciones, contraindicaciones, orientar como utilizarla y señalar algunas de sus complicaciones. La ventilación de alta frecuencia es ya una estrategia alternativa muy útil en la asistencia respiratoria neonatal.

Palabras clave: Ventilación de alta frecuencia, asistencia respiratoria neonatal, ventilación neonatal.

Desde inicios del presente siglo los recién nacidos cubanos comenzaron a ventilarse con un método de asistencia respiratoria aún relativamente novedoso, que se denomina ventilación de alta frecuencia (VAF). Aunque fue descrita por *Luckenheimer*¹ a principios de la década de los setenta del siglo XX, esta modalidad de ventilación no ha dejado de desarrollarse y su uso se ha extendido al mundo entero. Como ha señalado *Aldo Bancalari*,² aquellos servicios de neonatología que cuentan con cuidados intensivos y sobre todo los que atienden un número considerable de pacientes críticamente enfermos deben tener al menos un ventilador de alta frecuencia.

En las dos últimas décadas del pasado siglo se publicaron, básicamente en idioma inglés, más de 1 300 artículos sobre la VAF, pero aún existen controversias acerca de cuándo y cómo debe ser usada esta modalidad de ventilación en los recién nacidos. Existen tres grandes tendencias al respecto. Un grupo minoritario de neonatólogos intensivistas la utilizan como método primario de ventiloterapia; otros la prefieren como técnica de rescate sólo para ser indicada en aquellos pacientes en los que falla la ventilación mecánica convencional. Finalmente existe un grupo de neonatólogos que la prefieren como una ventiloterapia de rescate, usada precozmente en los neonatos considerados de alto riesgo de presentar complicaciones en la ventilación mecánica convencional (VMC) o en los que ya han desarrollado un enfisema pulmonar intersticial a pesar de que mantengan una adecuada oxigenación y ventilación con la VMC.³ Sin embargo, puede asegurarse que hoy la VAF ya

tiene indicaciones bien precisas y que son ampliamente aceptadas por casi todos los neonatólogos.

Existen tres tipos de ventiladores de alta frecuencia: el oscilador, el *Jet* y el llamado ventilador por interrupción de flujo; algunos resultan ser híbridos.²

Es el objetivo fundamental de esta revisión precisar las indicaciones de la VAF, sus contraindicaciones, orientar cómo utilizarla y señalar algunas de sus complicaciones, toda vez que en nuestro medio se ha ido extendiendo el uso de ventiladores neonatales multipropósitos. Estos permiten contar con este modo de soporte ventilatorio en casi todo el país.

CARACTERÍSTICAS BÁSICAS DE LA VAF

La eficacia de la VAF se mide por la mejoría en el intercambio de gases a través del pulmón. Puede influir favorablemente en la mecánica ventilatoria y en la hemodinámica. Si consideramos que el volumen alveolar es la resultante de la diferencia entre el volumen tidal o corriente y el volumen del espacio muerto, no podemos explicar fácilmente su efecto, puesto que se utiliza en esta modalidad de ventilación un volumen tidal similar al del espacio muerto. No obstante, se piensa que una mezcla de gas fresco y exhalado en la vía aérea podría ser la clave que explica su éxito, al lograr ventilar los pulmones con tan bajo volumen tidal. Pero esto aún no está bien comprendido y es motivo de controversias.⁴

Efectos de la ventilación de alta frecuencia oscilatoria:

- Aumenta el transporte longitudinal de gases y permite su dispersión
- Permite cierta ventilación alveolar directa
- Hay un Intercambio pendular de gas entre los alvéolos
- Sobre la mecánica respiratoria y la función hemodinámica se evidencia que al aplicar alta presión media de la vía aérea (PMA) se reclutan más alvéolos por lo cual se incrementa la compliancia, mejora la relación ventilación-perfusión y disminuye la resistencia vascular pulmonar.

Sin dudas, la eficiencia que se logra en el curso de la VAF con respecto al intercambio gaseoso podría deberse más bien a todo el conjunto de factores expuestos, sin que pueda determinarse que alguna de ellas sea la predominante en determinadas zonas del pulmón.⁵

INDICACIONES DE LA VAF EN NEONATOLOGÍA

Para *Stachow*⁴ esta modalidad de ventilación estará indicada cuando falla la VMC en las enfermedades donde predominan las atelectasias y compliancia pulmonar disminuida. Tal es el caso de la enfermedad de la membrana hialina y el síndrome de dificultad respiratoria tipo adulto, así como también en otras afecciones como el síndrome de aspiración meconial, bloqueos aéreos, neumonía, hipoplasia pulmonar y la hipertensión pulmonar

primaria o secundaria a infección pulmonar y a la asfixia perinatal. Aunque obviamente, como se sabe, la hipertensión pulmonar neonatal persistente puede estar asociada a otros factores, pero estas dos últimas entidades mencionadas son las que con más frecuencia la ocasionan.

El criterio de falla de la VMC en los problemas respiratorios mencionados está dado por la necesidad de emplear una presión inspiratoria pico superior a 25 mbar en los neonatos pretérmino o mayor de 28 mbar en los recién nacidos a término, con un índice de oxigenación mayor de 20 en los pretérmino y de 25 o más en los neonatos a término.

Sin embargo, consideramos como *Keszler y Durand*³ que la VAF es preferible siempre a la VMC, de inicio en las entidades siguientes:

- enfisema pulmonar intersticial y otras formas de bloqueo aéreo,
- fístula bronco pleural o traqueo-esofágica,
- neumonía con hipertensión pulmonar en su forma severa (es una enfermedad pulmonar uniforme),
- síndrome de aspiración meconial en su forma severa (no es uniforme),
- hipoplasia pulmonar con hernia diafrágica congénita,
- restricción extrínseca (por enfermedad torácica o diafrágica),
- así como en los neonatos a quienes se realizará la oxigenación de membrana extracorpórea.

Debe puntualizarse que la principal indicación continúa siendo el enfisema pulmonar intersticial, el cual es en los neonatos menores de 37 sem de edad gestacional, la forma clínica más frecuente de bloqueo aéreo, en tanto que el neumotórax lo es en los recién nacidos a término. Esto se debe a que la VAF posibilita un buen intercambio gaseoso con menor presión inspiratoria y menor PMA que la VMC y se facilita así la resolución del aire extra alveolar.⁶

Aún se desconoce cuál resulta ser el modo óptimo de ventilación con respecto al síndrome de aspiración meconial. No se han realizado ensayos aleatorizados adecuados que comparen las diferentes modalidades de ventilación. Esta es una enfermedad que predispone al atrapamiento aéreo y al escape de gas alveolar. En el pasado se recomendaba la hiperventilación en neonatos con síndrome de aspiración meconial con hipertensión pulmonar persistente secundaria, pero la elevada incidencia de barotrauma y otras indeseables complicaciones, como la vasoconstricción cerebral, ya hoy nos hace meditar mucho antes de emplearla como parte del tratamiento.⁷

Algunos neonatólogos utilizan la VAF como procedimiento primario de asistencia ventilatoria en la enfermedad de membrana hialina y sobre todo, en aquellos recién nacidos en quienes existe una alteración importante de la relación ventilación-perfusión, por atelectasia pulmonar significativa. En este caso tiene la finalidad de lesionar menos el pulmón del prematuro, sin embargo, no parece estar indicada como primera opción para el tratamiento de esta enfermedad, pues los trabajos que se han realizado en tal sentido muestran resultados bastante contradictorios.⁸⁻¹⁰

CONTRAINDICACIONES DE LA VAF

La ventilación de alta frecuencia tiene contraindicaciones médicas y éticas. Dentro de las primeras, se considera que la VAF está contraindicada relativamente en las enfermedades obstructivas del pulmón: la aspiración meconial ligera o moderada sin hipertensión pulmonar asociada, la displasia fibrosa broncopulmonar y la bronquiolitis, que puede ser causada en neonatos y lactantes, por el virus sincitial respiratorio. La contraindicación se debe a que con este modo de ventilación existe siempre el riesgo de que se produzca una sobredistensión pulmonar, que podría agravar aún más al paciente.⁴

Desde el punto de vista ético no parece adecuado emplearla en los pacientes con malformaciones incompatibles con la vida, ni en los recién nacidos de muy bajo peso con hemorragia intraventricular grado 4, pues en ellos se reportan elevadas tasas de letalidad y secuelas en su neurodesarrollo.

ATENCIÓN INICIAL Y EVOLUTIVA DEL NEONATO EN VAF

Al igual que sucede con la VMC, es necesario, para la atención adecuada del paciente, que el médico especialista conozca bien las bases fisiológicas para la ventilación en el recién nacido. Debe además identificar correctamente en qué estado fisiopatológico se encuentra el neonato pues este puede ser inestable aún en el curso de una misma enfermedad.

En esta modalidad de ventilación se actúa básicamente sobre 5 parámetros. La primera variable a manejar es la **Fracción Inspirada de Oxígeno** (FiO_2), para la cual se aplican los mismos principios que en la VMC: se eleva para mejorar la oxigenación y se disminuye cuando esta va mejorando.

La segunda variable es la **Presión Media de la Vía Aérea** (PMA). Esta es sin dudas la más importante, pues de ella depende muchísimo la oxigenación del paciente ventilado. En los inicios de la VAF se pensaba que lo mejor era tratar siempre de mantener una buena oxigenación con baja para disminuir la posibilidad de sobredistender el pulmón.¹¹ Ya es sabido, a través de ensayos en animales y humanos, que es útil emplear la PMA elevada para poder expandir bien el pulmón en la fase aguda de la enfermedad. Siempre se debe tratar de que dicha PMA no sea capaz de producir sobredistensión y así evitar lesionar más el pulmón.¹²

El mayor reto al ventilar un neonato en VAF es el lograr el volumen pulmonar óptimo, a pesar del estrecho margen que existe entre algunas variables del ventilador pero durante la VAF, esta es controlada directamente por el oscilador y se mantiene estable prácticamente tanto en la inspiración como en la espiración.²

Se recomienda realizar una radiografía de tórax a los 30 min de iniciada la VAF, para evaluar si se ha producido una sobredistensión pulmonar indeseada. De ser así, debe valorarse regresar el paciente a la VMC.

El tercer parámetro o variable es la **Frecuencia Respiratoria** (FR). El manejo de esta es lo que más desconcierto produce en los neonatólogos intensivistas que tienen vasta experiencia en el uso de la VMC, ya que en ella una frecuencia respiratoria elevada permite siempre más eliminación de CO₂. Pero sucede que en la VAF ocurre todo lo contrario. Para el descenso de la PCO₂ en la VAF, lo más importante es el volumen corriente pues sobre la PCO₂ tienen menos efecto los cambios en la frecuencia respiratoria del ventilador.²

De este modo la variable que menos se mueve en el curso de la VAF es la FR. Esta se expresa en hertz (Hz), que son los ciclos respiratorios que se producen por cada segundo. Así una FR de 5 Hz equivale a 300/min (es el producto de multiplicar 5 X 60), en tanto que una FR de 10 Hz es de 600/min (el producto de 10 X 60). La FR que se utiliza de inicio depende mucho del tipo de ventilador.

La cuarta variable es la llamada **Amplitud Oscilatoria** o simplemente, **Amplitud**. El volumen entregado en cada ciclo es directamente proporcional a la diferencia de las presiones máxima y mínima. Así a mayor amplitud, mayor es el volumen corriente y mayor será la eliminación de CO₂. En VAF es fundamental observar que las conexiones del ventilador con el tubo no contengan agua ni estén acodadas, pues esto modifica desfavorablemente el volumen aportado al paciente, al igual que ocurre cuando hay disminución en la luz del tubo endotraqueal.²

Por último tenemos la variable **Flujo** pero este es diferente según el tipo de ventilador. El flujo es la resultante del flujo basal del circuito y la presión retrógrada que se produce por la abertura de la válvula espiratoria.¹³

Puede resumirse que en la VAF la oxigenación depende de la FiO₂ y de la PMA. En tanto que el control de la ventilación, cuya resultante es el valor de la PCO₂ alcanzada, estará en función de la variable **Amplitud**, que determina el volumen corriente entregado al paciente y también en función de la FR, aunque en menor cuantía.

Los parámetros iniciales de la ventilación en VAF dependen de la enfermedad y del estado fisiopatológico. De modo general se puede establecer que siempre se comienza con una PMA igual o superior en 2 cm de H₂O a la que estaba sometido en el ventilador convencional, excepto en los pacientes con enfisema pulmonar intersticial u otros bloqueos aéreos. La FR puede iniciarse entre 7 y 10 Hz y la amplitud dependerá del tipo de neonato y de la observación directa de la expansión torácica o vibraciones por parte del intensivista. Puede comenzarse de modo general entre el 60-70 %. Obviamente, el volumen tidal o corriente siempre será de 2 a 2,5 mL/kg de peso corporal.^{2,4}

A los 30 min no sólo deberá repetirse la radiografía de tórax, sino que también debe realizarse una gasometría evolutiva para ajustar las variables oportunamente.⁴ Mientras se espera el resultado de la gasometría es recomendable que el enfermo mantenga una oxigenación dada por el oxímetro de pulso entre el 88-95 %.

Evolutivamente se realizarán los cambios de las variables en función del intercambio de gases, pero debe recordarse que la FR no se modifica, excepto en condiciones de difícil manejo o deterioro del paciente.²

De modo general, las siguientes son recomendaciones útiles para el manejo evolutivo de las variables en el neonato en VAF, según cada situación específica.⁴

A) En hipoxia sostenida con atelectasia o pobre expansión pulmonar:

- Aumentar PMA en 1-2 mbar cada vez, valorando la presión venosa central (de ser posible)
- Después de la mejoría: disminuir la PMA de igual forma

B) En hipoxia con hipercapnia y sobredistensión pulmonar con bajo gasto cardíaco:

- Disminuir la PMA en 1-2 mbar, cada vez, hasta que se obtenga mejoría y se repita la radiografía
- Disminuir la FR
- Si no mejora debe volverse a VMC

C) En hipercapnia sin sobredistensión:

- Aumentar la amplitud hasta el 100 % si fuera necesario
- Disminuir la FR

D) En hipocapnia:

- Disminuir la amplitud para disminuir el volumen tidal o corriente
- Aumentar la FR si la amplitud está al mínimo

E) En hiperoxia:

- Disminuir la FiO_2
- Disminuir la PMA

En el neonato sometido a VAF deberán monitorizarse los aspectos siguientes:

- Parámetros ventilatorios indicados; muy importante también la humedad (90 %)
- Gasometría
- Frecuencia cardíaca y tensión arterial
- Presión venosa central (si es posible)
- Microcirculación (llenado capilar)
- Diuresis
- Radiografía de tórax (los pulmones deben estar a nivel del 8vo-9no arco costal posterior)
- Función pulmonar (sólo si es posible, no es estrictamente necesario).

El empleo de sedantes y relajantes musculares obedece en la VAF a los mismos principios que en la VMC. Cuanto más inmaduro es el neonato ventilado, menos necesario resulta indicar estos medicamentos.

DESCONEXION DE LA VAF

Las condiciones óptimas para la desconexión de la VAF son todavía motivo de definición. El tiempo de desconexión es variable. Se puede extubar directamente al recién nacido de la VAF cuando la actividad respiratoria es suficiente, pero de modo general, coexisten dos tendencias ante la mejoría del paciente. Una de ellas es regresar a la VMC y de ahí efectuar la extubación electivamente. La otra es extubar directamente al neonato que está con parámetros bajos en la VAF.¹⁴

La estrategia que seguimos actualmente es la de volver a la VMC y luego procedemos a la desconexión y extubación del paciente mientras esta se aplica.

COMPLICACIONES

Desde el punto de vista teórico la VAF, previene la lesión pulmonar. Sucede que el volutrauma se produce más rápidamente cuando el pulmón se somete a ciclos repetidos de un volumen bajo y otro alto. El empleo de una presión al final de la espiración en cero y volúmenes corrientes excesivos puede originar una lesión pulmonar en sólo minutos. La aplicación de la presión al final de la espiración reduce el atelectrauma pues preserva la capacidad residual funcional al final de cada espiración. La sobredistensión del pulmón se evita con volúmenes corrientes pequeños. De este modo, con la VAF se evitan los extremos de volúmenes pulmonares bajos y altos y por tanto la lesión pulmonar.¹⁵

La necrosis traqueal y bronquial se ha descrito como complicación de la VAF pero es rara con sistemas óptimos de calentamiento y humidificación.¹⁶ Se han señalado también como una complicación de la VAF el atrapamiento aéreo o sobredistensión pulmonar, la cual sin dudas es la más frecuente de las complicaciones cuando se emplea en enfermedades pulmonares obstructivas. Sin embargo, cuando se aplica con la modalidad oscilatoria esto es menos probable.¹⁷

Se han reportado, como complicaciones potenciales de la VAF, la hemorragia intracraneal y la leucomalacia periventricular, pero no ha sido confirmado en la mayoría de las investigaciones realizadas.^{8-10, 18}

Un efecto secundario, más bien que una complicación, es cierto grado de irritabilidad que se observa en algunos neonatos al inicio de la VAF por lo que en ocasiones se requiere un poco de sedación. De modo general los pacientes suelen tranquilizarse cuando disminuye la hipercapnia.⁴

Para concluir puede decirse que la VAF es una estrategia alternativa muy útil para la asistencia respiratoria neonatal. Puede ofrecerse a algunos recién nacidos para un mejor reclutamiento de alvéolos en comparación con la VMC, pero no es una técnica necesaria para todos los neonatos con insuficiencia respiratoria. Los equipos son costosos, se requiere de un adecuado entrenamiento para aplicar la VAF cuando resulte realmente necesario y para hacerlo de un modo seguro. Siempre que se emplee así, podrá resultar muy beneficiosa esta arma del arsenal terapéutico del intensivismo neonatal.^{19, 20}

HIGH FREQUENCY VENTILATION IN NEONATOLOGY: WHO SHOULD BE VENTILATED AND HOW

In Cuba, since the beginning of the present century, the newborn infants started to be ventilated by a method of respiratory assistance called high frequency ventilation, which is still relatively new. The main objective of this review is to determine its indications and contraindications, to explain how to use it and to make reference to some of its complications. High frequency ventilation is a very useful alternative strategy in neonatal respiratory assistance.

Key words: High frequency ventilation, neonatal respiratory assistance, neonatal ventilation.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Luckenheimer PP, Raffin W, Sessler H. Application of transtracheal pressure oscillations as modification of "diffusion respiration". *Br J Anaesth.* 1972; 44:627.
2. Bancalari A. Ventilación de alta frecuencia en el recién nacido: Un soporte respiratorio necesario. *Rev Chil Pediatr.* 2003; 74:475-486.
3. Keszler M, Durand DJ. Neonatal High-Frequency Ventilation. Past, Present and Future. *Clinics Perinatol.* 2001: 579-607.
4. Stachow R. Ventilación de Alta Frecuencia. Aplicación básica y práctica. Hamburgo: Dräger Medizintechnik GMBH;1995
5. Chang HK. Mechanisms of gas transport during ventilation by high-frequency oscillation. *J. Appl. Physiol. Respirat. Environ. Exercise Physiol.* 1984; 56:553-563.
6. Keszler M, Donn SM, Bucciarelli RL. Multicenter controlled trial comparing high-frequency jet ventilation and conventional mechanical ventilation in newborn infants with pulmonary interstitial emphysema. *J Pediatr* 1991; 119:85-93.
7. Gelfand SL, Fanaroff JD Walsh MC. Controversies in the treatment of meconium aspiration syndrome. *Clin Perinatol* 2004; 31:445-452.
8. 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: 643-652.

9. 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; 347:633-642.
10. Plavka R, Kopecky P, Sebron A. A prospective randomized comparison of conventional mechanical ventilation and very early high-frequency oscillatory ventilation in extremely premature newborns with respiratory distress syndrome. *Intensive Care Med.* 1999; 25: 68-75.
11. Carlo WA, Chatburn RL, Martín RJ. Randomized trial of high-frequency jet ventilation versus conventional ventilation in respiratory distress syndrome. *J Pediatr.* 1984; 110:275-282.
12. Froese AB. Role of lung volume in lung injury: HFO in the atelectasis-prone lung (review). *Acta Anaesthesiol. Scand.* 1989; 90:126-132
13. Bancalari A, Bancalari E, Hehre D. Effect of distal endotracheal bias flow on PaCO₂ during high-frequency oscillatory ventilation. *Biol Neonate* 1988; 53: 61-67.
14. Bancalari A, Bustos R, Bello T. Extubación directa desde ventilación de alta frecuencia oscilatoria. *Rev Chil Pediatr.* 2002; 73:668.
15. Polin RA, Spitzer AR: ¿Cómo previene la ventilación de Alta Frecuencia una lesión aguda del pulmón? En su: *Secretos de la Medicina Fetal y Neonatal.* México, McGraw-Hill Interamericana, 2001 p.406.
16. Boros SJ, Mammel MC, Lewallen PK. Necrotizing tracheobronchitis: A complication of high-frequency ventilation. *J Pediatr.* 1986; 109:95-101 .
17. Bancalari A, Gerhardt T, Bancalari E. Gas trapping with high-frequency ventilation: Jet versus Oscillatory ventilation. *J Pediatr.* 1987; 110:617-622.
18. Clark RH, Gertsman DR, Null DM. Prospective randomized comparison of high-frequency oscillatory and conventional ventilation in respiratory distress syndrome. *Pediatrics* 1992; 89:5-12.
19. Domínguez F, Moreno O, Lagarde G. Asistencia Ventilatoria. En: *Guías de Prácticas Clínicas en Neonatología.* C. Habana, Ed. Ciencias Médicas, 1999. p.99 .
20. Fariña D, Sola A: Nuevas Terapéuticas en Insuficiencia Ventilatoria: Ventilación de Alta Frecuencia. En: Sola A, Rogido M: *Cuidados Especiales del Feto y el Recién Nacido. Fisiopatología y Terapéutica.* Buenos Aires, Ed. Científica Interamericana, 2001. p.1124 .

Recibido: 31 de marzo de 2005. Aprobado: 15 de abril de 2005.

Dr. Fernando Domínguez Dieppa. Hospital Ginecoobstétrico "Ramón González Coro".
Calle 21 No. 854, e/ 4 y 6, Vedado. Correo electrónico: fdieppa@infomed.sld.cu

¹Doctor en Ciencias Médicas. Profesor Titular de Pediatría y Neonatología