



Repertorio de Medicina y Cirugía

www.elsevier.es/repertorio



Artículo de investigación

Ventilación de alta frecuencia oscilatoria en la Unidad de Cuidado Intensivo Neonatal del Hospital de San José, Bogotá DC, Colombia

Diana Arias^{a,*}, Pablo Vásquez^b, Aghata León^c, Carlos Ruales^c y Joanna Pérez^c

^a Departamento de Pediatría, Hospital de San José, Fundación Universitaria de Ciencias de la Salud, Bogotá DC, Colombia

^b Unidad de Cuidados Intensivos Pediátricos, Hospital de San José, Fundación Universitaria de Ciencias de la Salud, Bogotá DC, Colombia

^c Fundación Universitaria de Ciencias de la Salud, Bogotá DC, Colombia

INFORMACIÓN DEL ARTÍCULO

Historia del artículo:

Recibido el 20 de noviembre de 2015

Aceptado el 2 de febrero de 2016

On-line el 28 de abril de 2016

Palabras clave:

Ventilación de alta frecuencia

Insuficiencia respiratoria

Neonato

R E S U M E N

Objetivo: Describir la experiencia con la ventilación de alta frecuencia oscilatoria (VAFO) en recién nacidos, atendidos en la Unidad de Cuidado Intensivo Neonatal del Hospital de San José de Bogotá DC entre mayo de 2012 y mayo de 2014, y reportar la mejoría a las 6 h de iniciada.

Materiales y métodos: Serie de casos con recolección retrospectiva. Se analizaron datos demográficos, diagnóstico, parámetros clínicos y ventilatorios usados, su respuesta clínica y desenlaces.

Resultados: Veinticuatro neonatos requirieron VAFO. La edad gestacional promedio fue de $36,5 \pm 3,7$ semanas. El principal diagnóstico fue hernia diafragmática congénita ($n = 15$; 62%). Previo a la VAFO se usó la ventilación mecánica convencional en el 70%. Antes de la VAFO todos presentaban baja oximetría y en los que se reportaron gases arteriales ($n = 16$) hubo un trastorno de oxigenación severo, con mejoría a las 6 h de iniciada la VAFO, aumento de $36+ \text{ mm Hg}$ en la PaO_2 y disminución de 8 puntos en el índice de oxigenación ($n = 9$). La pCO_2 tuvo un descenso de $11,5 \pm 3 \text{ mm Hg}$ y el pH un aumento de $0,10 \pm 0,35$. El 79% de los pacientes recibieron inotrópicos. La supervivencia fue del 29%, y el 100% requirió oxígeno complementario al egreso.

Conclusión: Se observó que la VAFO mejora los trastornos de oxigenación y el equilibrio ácido base en las primeras 6 h de iniciada en pacientes con enfermedades pulmonares severas. El desenlace depende más de la enfermedad de base que aqueja al paciente y sus complicaciones.

© 2016 Fundación Universitaria de Ciencias de la Salud-FUCS. Publicado por Elsevier España, S.L.U. Este es un artículo Open Access bajo la licencia CC BY-NC-ND (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>).

* Autor para correspondencia.

Correo electrónico: dianaarias@hotmail.com (D. Arias).

<http://dx.doi.org/10.1016/j.reper.2016.02.015>

0121-7372/© 2016 Fundación Universitaria de Ciencias de la Salud-FUCS. Publicado por Elsevier España, S.L.U. Este es un artículo Open Access bajo la licencia CC BY-NC-ND (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>).

High frequency oscillatory ventilation in the Neonatal Intensive Care Unit of San José Hospital, Bogotá DC, Colombia

A B S T R A C T

Keywords:

High frequency oscillatory ventilation
Respiratory failure
Neonatal

Objective: To describe the experience with high frequency oscillatory ventilation (HFOV) in newborns admitted to the Neonatal Intensive Care Unit of San José Hospital, Bogotá DC between May 2012 and May 2014, and report the improvement in the initial 6 hours.

Materials and methods: A retrospective study based on a series of cases, in which an analysis was performed on the demographic data, diagnoses, clinical parameters and ventilators used, as well as the response and outcomes.

Results: A total of 24 neonates, with a mean age of 36.5 (± 3.7) weeks, required HFOV. The main diagnosis (15; 62%) was congenital diaphragmatic hernia. Conventional mechanical ventilation was used prior to HFOV in 70% of cases. Before HFOV, all of them had a low oxygen levels by oximetry and the arterial blood gases ($n = 16$) showed a severe oxygenation disorder, which improved 6 hours after starting on HFOV. The PaO_2 increased by 36+ mm Hg and there was a decrease of 8 points in the oxygenation index ($n = 9$). The pCO_2 decreased by 11.5 ± 3 mm Hg and the pH increased by $10 \pm .35$. Inotropic drugs were administered to 79% of the patients. The survival rate was 29% and 100% required complementary oxygen at discharge.

Conclusion: It was observed that HFOV improved the oxygenation disorders and the acid-base balance in the first 6 hours after being started in patients with severe lung diseases. The outcome depends more on the underlying disease suffered by the patient and its complications.

© 2016 Fundación Universitaria de Ciencias de la Salud-FUCS. Published by Elsevier España, S.L.U. This is an open access article under the CC BY-NC-ND license (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>).

Introducción

La VAFO es una estrategia ventilatoria que utiliza frecuencias respiratorias muy elevadas (300-1.500 rpm [5-25 Hz]) con volumen corriente igual o inferior al espacio muerto anatómico (1-2 ml/kg)¹. Este modo ventilatorio utiliza un diafragma impulsado de manera electromagnética que genera un patrón de presión sinusoidal dentro del circuito¹. La amplitud de la onda de presión es proporcional al volumen respiratorio, y la presión media de la vía aérea (PMA) está dada por la velocidad y la resistencia del flujo, manteniéndose constante durante todo el ciclo respiratorio. En VAFO tanto la amplitud como la PMA se pueden modificar y programar de acuerdo con las condiciones clínicas del paciente².

En cuanto al intercambio gaseoso, aún no se tiene claro el mecanismo, pero se han aceptado diferentes teorías como *bulk flow*, *pendeluf*, velocidades asimétricas, dispersión de Taylor y mezcla cardiogénica, con las cuales se logra un adecuado intercambio gaseoso, sin someterlo a grandes volúmenes que causen sobredistensión o por el contrario volúmenes bajos que generen atelectasias^{2,3}. En VAFO la PMA elevada permite el reclutamiento alveolar, mejorando la ventilación-perfusión, muy útil en niños con insuficiencia respiratoria grave que necesitan una PMA adecuada para mantener una oxigenación apropiada⁴. En el ámbito neonatal la VAFO es un tipo de ventilación eficaz que se ha empleado en enfermedades pulmonares severas que conllevan una alta morbilidad en recién nacidos, alcanzando un intercambio gaseoso de forma segura, reduciendo la lesión pulmonar asociada con la ventilación a presión positiva⁵.

La VAFO se indica principalmente como tratamiento de rescate en los que fracasa la ventilación mecánica convencional (VMC), también en pacientes con síndrome de fuga de aire, en especial el enfisema intersticial pulmonar². Las principales enfermedades reportadas que requieren el uso de la VAFO durante su evolución son el síndrome de aspiración de meconio, síndrome de dificultad respiratoria del recién nacido, hipertensión pulmonar persistente, síndrome de fuga de aire y malformaciones como la hernia diafragmática congénita (HDC), entre otras⁶.

En cuanto a la aplicación electiva de VAFO frente a la VMC, no hay evidencias claras de que la VAFO ofrezca ventajas importantes sobre la VMC como estrategia ventilatoria inicial en pacientes pretérmino con disfunción pulmonar aguda⁷. Una revisión Cochrane comparando la elección de VAFO inicial con la VMC, en donde se incluyeron 19 ensayos clínicos controlados, con un total de 4.096 pacientes, no reportó diferencias significativas en la mortalidad a los 28 a 30 días (RR: 1,09, IC 95%: 0,88 a 1,34), ni en la enfermedad pulmonar crónica (RR: 0,98, IC 95%: 0,88 a 1,10), ni en la hemorragia intraventricular (RR: 1,04, IC 95%: 0,95 a 1,14). Sin embargo, en la retinopatía del prematuro se encontró una disminución significativa en el grupo de la VAFO (RR: 0,81, IC 95%: 0,70 a 0,93)⁸.

El Hospital de San José, en su interés en brindar un servicio de alta complejidad a los pacientes neonatales ingresados en la Unidad de Cuidado Intensivo, introdujo la VAFO como una nueva modalidad ventilatoria desde mayo de 2012. Con el presente estudio se pretende describir la experiencia de su uso durante este periodo de tiempo identificando las indicaciones clínicas, el beneficio obtenido, las complicaciones asociadas con su uso y la mortalidad, entre otros.

Materiales y métodos

Se realizó un estudio de serie de casos, con recolección retrospectiva de la información con base en datos primarios en la UCIN del Hospital de San José de Bogotá. Se seleccionaron todos los pacientes que requirieron VAFO entre mayo de 2012 y mayo de 2014. Se excluyeron los pacientes que al terminar la fecha de recolección continuaban en VAFO y los que fueron trasladados a otras unidades neonatales para continuar el manejo médico. Los datos fueron recolectados por residentes de pediatría, pediatras y neonatólogos de la unidad, se registraron en una ficha, después se creó una matriz de datos apilados en Microsoft Excel 2010 y se exportó al paquete estadístico de Stata 13[®] para su análisis. Se describieron las características de las pruebas de laboratorio y los parámetros ventilatorios. A las variables cuantitativas se les halló la media y desviación estándar; a las cualitativas las frecuencias absolutas y relativas. Se realizó una comparación de las variables clínicas y gasométricas antes y después de 6 h de iniciada la VAFO por medio de prueba «t» para muestras pareadas. Esta investigación fue aprobada por el comité de ética e investigación de la Fundación Universitaria de Ciencias de la Salud como una investigación sin riesgo, por lo cual no se efectuó consentimiento informado.

Resultados

Durante mayo de 2012 a mayo de 2014 requirieron VAFO 24 pacientes en la UCIN del Hospital San José, de los cuales 11 eran de sexo femenino y 13 de sexo masculino. La edad gestacional promedio fue $36,5 \pm 3,7$ semanas; 6 pacientes eran pequeños para la edad gestacional y 4 prematuros extremos (< 28 semanas de edad gestacional). El principal diagnóstico de ingreso a la VAFO fue la HDC en 62%, seguido de la hipertensión pulmonar persistente del recién nacido y la hemorragia pulmonar. El patrón radiológico observado con mayor frecuencia fue la presencia de malformaciones (tabla 1).

La ventilación mecánica convencional se usó como sistema ventilatorio inicial en el 70% de los pacientes antes del ingreso a la VAFO, el 30% restante inició VAFO desde su intubación. Los

Tabla 2 – Parámetros de la ventilación mecánica convencional al pasar a VAFO

Variable	Media	DE
Presión inspiratoria pico (PIP) cm H ₂ O	23,60	2,47
Presión al final de la espiración (PEEP) cm H ₂ O	6,30	0,85
Presión media de la vía aérea (PMVA) cm H ₂ O	12,64	1,89
Tiempo inspiratorio (ti) segundos	0,39	0,02

parámetros de la VMC antes del paso a VAFO están descritos en la [tabla 2](#).

Seguimiento a las 6 horas

El 100% de los pacientes presentaba estabilidad hemodinámica antes y después de 6 h de VAFO. Desde el punto de vista respiratorio el 100% de los pacientes presentó oximetría baja previa al ingreso de la VAFO con una relación de saturación de oxígeno en la hemoglobina de pulso/fracción inspirada de oxígeno (SaO₂/FIO₂) promedio de $78,2 \pm 2,4$, mejorando a las 6 h de iniciada la VAFO en promedio $102,2 \pm 4,5$. En los pacientes que tenían gases arteriales previos a la VAFO (n = 16) se encontró una PaO₂ promedio de $43,5 \pm 4$, con una mejoría significativa a las 6 h de iniciada con un promedio de $80,1 \pm 8$, ascenso de 36 mm Hg. El índice de oxigenación (n = 9) promedio previo a la VAFO fue de 25 ± 8 con mejoría a las 6 h de iniciada con un promedio de 17 ± 4 , descenso de 8 puntos. De igual forma, los gases arteriales reportaron una acidosis respiratoria inicial en el 62% de los casos, con una presión arterial de dióxido de carbono promedio de $48,8 \pm 3,6$, que mejora a las 6 h de la VAFO. El bicarbonato no presentó diferencias, corroborando el compromiso respiratorio principalmente de estos pacientes ([tabla 3](#)).

Desenlace

El tiempo total en horas en VAFO tuvo una mediana de 51,5 h (RIQ: 24,5-117,5), la estancia hospitalaria tuvo una mediana de 5 días (RIQ: 2,5-13,5), al igual que en la UCIN 5 días (RIQ: 2,5-11,5). Durante el uso de la VAFO la mayoría de los pacientes

Tabla 1 – Características demográficas

Variables		
Sexo femenino (n, %)	11	45,80%
Edad gestacional (x, DS)	36,5	3,7
Pequeño para la edad gestacional (n, %)	6	25%
Diagnóstico al ingreso a VAFO (n, %)		
Hernia diafragmática congénita	15	62%
Hemorragia pulmonar	4	16%
Hipertensión pulmonar persistente	4	16%
Neumonía multilobar	1	4,20%
Radiografía de tórax al inicio (n, %)		
Opacidades	9	37,5%
Malformación	15	62,5%
VAFO: ventilación de alta frecuencia oscilatoria.		

Tabla 3 – Comparación pareada en variables de respuesta a VAFO

Variables	N	Previo VAFO		6 h VAFO	
		Media	DE	Media	DE
FC	24	147,00	3,50	140,00	3,20
TAM	24	49,75	2,30	46,58	1,83
SaO ₂	24	76,20	2,00	91,10	1,50
SaO ₂ /FiO ₂	24	78,20	2,40	102,20	4,50
pH	16	7,18	0,35	7,28	0,33
PaO ₂	16	43,50	4,00	80,10	8,60
PaCO ₂	16	48,80	3,60	37,30	2,20
HCO ₃	16	18,30	1,20	17,80	1,20

FC: frecuencia cardíaca; HCO₃: bicarbonato; PaCO₂: presión arterial de dióxido de carbono; PaO₂: presión arterial de oxígeno; SaO₂: saturación de oxígeno; TAM: tensión arterial media.

Tabla 4 – Desenlaces

Variables	n = 24	
Horas, total VAFO (mediana, RIQ)	51,5	24,5-117,5
Estancia hospitalaria, días (mediana, RIQ)	5	2,5-13,5
Estancia UCIN, días (mediana, RIQ)	5	2,5-11,5
Medicamentos (n, %)		
Sedación infusión	21	88%
Sedación bolos	9	38%
Relajación	16	66,7%
Inotrópicos	19	79%
Óxido nítrico	8	33%
Paso a VMC (n, %)	13	54%
Muerte durante VAFO (n, %)	11	46%
Supervivencia al egreso UCIN (n, %)	7	29%
Oxígeno domiciliario al egreso en vivos (n, %)	7	100%

UCIN: unidad de cuidado intensivo neonatal; VAFO: ventilación de alta frecuencia oscilatoria; VMC: ventilación mecánica convencional.

requirieron inotrópico, recibieron sedación en infusión y en menor proporción infusión en bolos. El 66,7% recibió relajación (tabla 4). Trece pacientes pasaron nuevamente a ventilación convencional y 11 pacientes fallecieron durante la VAFO. La supervivencia final de la cohorte fue del 29%, de los cuales todos requirieron oxígeno complementario al egreso.

Discusión

En la actualidad la VAFO se usa como una medida de rescate ante cuadros respiratorios severos que no logran mejoría, y en donde se sobrepasan los parámetros protectores de la VMC, entre otros². En esta serie de casos se observó que todos los recién nacidos antes del ingreso a la VAFO presentaron un trastorno de oxigenación severo, independiente de su enfermedad, y que se convierte en el criterio para llevar a una estrategia ventilatoria protectora, que en nuestro caso es la VAFO.

Los datos arrojados muestran la mejoría del trastorno de oxigenación después de 6 h de acoplarse a la VAFO, encontradas en la evolución de la SAFI, la PaO₂ y el índice de oxigenación, así mismo un descenso de los niveles de CO₂, logrando de esta forma una mejoría en el pH. Estos hallazgos también se encontraron en otros estudios como el realizado por Moniz et al. en 80 pacientes pediátricos en un periodo de 10 años, en donde hubo un descenso significativo de la PaCO₂ a las 6 h de iniciado la VAFO ($p < 0,001$), un ascenso del pH ($p < 0,05$) y un ascenso de la SAFI ($p < 0,05$)⁹. Lo anterior demuestra la efectividad de la VAFO para la mejoría de los trastornos de oxigenación en los pacientes críticamente enfermos, en relación con procesos patológicos pulmonares graves.

El presente estudio mostró que el 70% de los pacientes que ingresaron a VAFO lo hicieron al fallar la VMC, pero el 30% restante fue directo a VAFO como primera estrategia ventilatoria, el 100% de estos por HDC. Estudios como el de Dorriere et al., en 82 recién nacidos con HDC a los cuales se les implementó la VAFO de forma temprana, y posponiendo la corrección quirúrgica hasta la estabilización hemodinámica y respiratoria,

reportó una mejoría en la supervivencia en comparación con otras series reportadas¹⁰.

A pesar de la franca mejoría del trastorno de oxigenación en las primeras 6 h de la VAFO en esta serie de casos, se encontró que algunos de ellos presentaron una evolución irregular, posiblemente secundaria a sus enfermedades de base, entre estas la prematuridad extrema, que se relacionó con la presencia de hemorragia pulmonar, con un desenlace fatal. En las diferentes series reportadas la mortalidad por hemorragia pulmonar varía entre el 33% y 75% de los casos, siendo más altas en los prematuros extremos¹¹. Por otro lado, se encontró que los pacientes con HDC que desarrollaron una hipertensión pulmonar suprasistémica asociada con la severa hipoplasia pulmonar presentaron un desenlace fatal, como también lo reportaron Dorriere et al. en su estudio¹⁰.

En los sobrevivientes el 100% requirieron oxígeno complementario al egreso, siendo un indicador tardío de lesión pulmonar secundaria a su proceso patológico inicial. Diferentes estudios reportados no demuestran diferencias estadísticas en el requerimiento de oxígeno complementario más allá de los 28 días entre VAFO y VMC. Un estudio realizado por Singh et al. comparando la VAFO con VM modo SIMV en pacientes pretérmino con enfermedad de membrana hialina, en donde se incluyeron 150 pacientes, no reportaron diferencias estadísticamente significativas en el requerimiento de oxígeno complementario más allá de 28 días ($p = 0,37$)¹². Así mismo, la revisión de Cools et al. de 2015 también reporta la no existencia de diferencias estadísticamente significativas en el desarrollo de enfermedad pulmonar crónica entre la VAFO y la VMC, por ende en los requerimientos de oxígeno complementario más allá de 28 días⁸⁻¹³.

Con este estudio se observó que esta estrategia ventilatoria mejora el trastorno de oxigenación en las primeras 6 h de iniciada, en los pacientes con enfermedad pulmonar severa que no respondieron al manejo convencional inicial. Sin embargo, el desenlace final depende de las enfermedades presentadas en los pacientes; en nuestro caso la hipoplasia pulmonar severa secundaria a la HDC y la prematuridad extremas, así como otras complicaciones asociadas con el manejo crónico e invasivo que exigen estas enfermedades.

La fortaleza del estudio es que permite retroalimentar los protocolos de manejo y la utilidad de nuevas tecnologías en la unidad neonatal, y sirve de base para futuras investigaciones. La limitación se debe a que el tipo de estudio no permite realizar asociaciones.

Responsabilidades éticas

Protección de personas y animales. Los autores declaran que los procedimientos seguidos se conformaron a las normas éticas del comité de experimentación humana responsable y de acuerdo con la Asociación Médica Mundial y la Declaración de Helsinki.

Confidencialidad de los datos. Los autores declaran que han seguido los protocolos de su centro de trabajo sobre la publicación de datos de pacientes.

Derecho a la privacidad y consentimiento informado. Los autores han obtenido el consentimiento informado de los pacientes y/o sujetos referidos en el artículo. Este documento obra en poder del autor de correspondencia.

Conflicto de intereses

Los autores declaran no tener ningún conflicto de intereses.

BIBLIOGRAFÍA

1. Bouchut JC, Godard J, Claris O. High-frequency oscillatory ventilation. *Anesthesiology*. 2004;100:1007-12.
2. Keszler M. High-frequency ventilation: Evidence-based practice and specific clinical indications. *Neoreviews*. 2006;7:e234-49.
3. Pillow JJ. High-frequency oscillatory ventilation: Mechanisms of gas exchange and lung mechanics. *Crit Care Med*. 2005;33 Suppl:S135-41.
4. Ventilación mecánica. Cloherty JP, Eichenwald EC, Hansen AR, Stark AR, editores. *Manual de neonatología*. Philadelphia: Lippincott Williams & Wilkins; 2012. p. 377-92.
5. Yoder BA, Siler-Khodr T, Winter VT, Coalson JJ. High-frequency oscillatory ventilation: Effects on lung function, mechanics, and airway cytokines in the immature baboon model for neonatal chronic lung disease. *Am J Respir Crit Care Med*. 2000;162:1867-76.
6. Henderson-Smart DJ, De Paoli AG, Clark RH, Bhuta T. High frequency oscillatory ventilation versus conventional ventilation for infants with severe pulmonary dysfunction born at or near term. *Cochrane Database Syst Rev*. 2009;CD002974.
7. Al Ethawi Y. Elective high-frequency oscillatory ventilation versus conventional ventilation for acute pulmonary dysfunction in preterm infants. *J Clin Neonatol*. 2012;1: 121-3.
8. Cools F, Offringa M, Askie LM. Elective high frequency oscillatory ventilation versus conventional ventilation for acute pulmonary dysfunction in preterm infants. *Cochrane Database Syst Rev*. 2015;3. CD000104.
9. Moniz M, Silvestre C, Nunes P, Abadeso C, Matias E, Loureiro H, et al. High-frequency oscillatory ventilation in children: A 10-year experience. *J Pediatr (Rio J)*. 2013;89:48-55.
10. Datin-Dorriere V, Walter-Nicolet E, Rousseau V, Taupin P, Benachi A, Parat S, et al. Experience in the management of eighty-two newborns with congenital diaphragmatic hernia treated with high-frequency oscillatory ventilation and delayed surgery without the use of extracorporeal membrane oxygenation. *J Intensive Care Med*. 2008;23:128-35.
11. Sola A. Hemorragia pulmonar en el recién nacido. En: *Cuidados neonatales*, editor. descubriendo la vida de un recién nacido enfermo. Buenos aires: Edimed; 2011. p. 1018.
12. Singh SN, Malik GK, Prashanth GP, Singh A, Kumar M. High frequency oscillatory ventilation versus synchronized intermittent mandatory ventilation in preterm neonates with hyaline membrane disease: A randomized controlled trial. *Indian Pediatr*. 2012;49:405-8.
13. Elective high-frequency oscillatory ventilation versus conventional ventilation for acute pulmonary dysfunction in preterm infants. *Neonatology*. 2013;103:7-8.