

# Ventilación de Alta Frecuencia Oscilatoria (VAFO): Experiencia inicial en una Unidad de Cuidados Intensivos Neonatales.

## *High-Frequency oscillatory ventilation (HFOV): Initial experiences of a Neonatal Intensive Care Unit*

Mir R<sup>(1)</sup>, Fonseca R<sup>(2)</sup>, Mendieta E<sup>(3)</sup>, Lacarrubba J<sup>(3)</sup>, Céspedes E<sup>(3)</sup>, Caballero CL<sup>(4)</sup>.

### RESUMEN

**Introducción:** La Ventilación de Alta Frecuencia Oscilatoria (VAFO) ha surgido como una alternativa en el tratamiento de diversas formas de falla respiratoria, ante el fracaso de la ventilación Mecánica Convencional. **Objetivo:** Describir la experiencia de un servicio de Neonatología en la utilización de un ventilador de alta frecuencia, según criterios de dificultad en la ventilación, valores de índice de oxigenación y/o valores de PMVA. **Materiales y Métodos:** Estudio observacional, descriptivo y analítico. Se incluyeron recién nacidos con el diagnóstico de insuficiencia respiratoria severa, con Índice de Oxigenación (IO) mayor de 20 o Presión Media Vía Área mayor (PMVA) de 12 en cm de H<sub>2</sub>O. **Resultados:** En el periodo de estudio comprendido entre marzo 2008 y marzo 2009, en 9 pacientes se decidió el uso de VAFO, de los cuales fueron excluidos 2 pacientes por haber fallecido antes de la hora de instalada la terapéutica, por causas no atribuibles al uso de la VAFO; en los 7 pacientes restantes se obtuvieron los siguientes resultados: edad promedio 35 semanas (26-41), peso promedio 2310 grs.(850-3810); el IO (índice de oxigenación) de ingreso a VAFO promedio fue de 33,6, con valores que variaron entre un máximo de 50 y un mínimo de 15. Con relación a la pO<sub>2</sub> se observó una mejoría post VAFO en 6/7 (90%) mayor de 20 mmHg dentro de la primera hora. La sobrevida fue 3/7 (43%). **Conclusiones:** Si bien se observó mejoría en la oxigenación, en la ventilación y en el índice de oxigenación luego del ingreso de los pacientes a la VAFO, sin embargo la sobrevida no fue buena 3/7 (43%).

**Palabras Claves:** Recién Nacidos, Ventilación de Alta Frecuencia Oscilatoria, falla respiratoria, Índice de Oxigenación.

### ABSTRACT

**Introduction:** High-frequency oscillatory ventilation (HFOV) has become an alternative for various types of respiratory failure due to the failure of conventional mechanical ventilation. **Objective:** To assess the results of high-frequency oscillatory ventilation (HFOV) as resuscitative therapy for severe respiratory failure in newborns at a neonatal unit. **Materials and Methods:** A descriptive, analytic, observational study. Newborns were included with a diagnosis of severe respiratory insufficiency with an oxygenation index (OI) greater than 20 or a mean airway pressure (MAP) of 12 cm H<sub>2</sub>O. **Results:** During the study period lasting from March 2008 to March 2009, it was decided to use HFOV for 9 patients, of whom 2 were excluded due to death before use of HFOV therapy for unrelated causes. The remaining 7 patients had a mean age of 35 weeks, (range: 26-41 weeks), average weight of 2310 grams (range: 850-3810 grams), and an average OI on presentation of 33.6 with values of a maximum of 50 and a minimum of 1.5. Post-HFOV improvement greater than 20 mmHg PO<sub>2</sub> was seen in 6 of 7 (90%) within the first hour. The survival rate was 43% (3 of 7). **Conclusions:** Although improved oxygenation, ventilation, and oxygenation index were seen after beginning HFOV, the survival rate of 43% (3 of 7) was not good.

**Keywords:** Newborns; high-frequency oscillatory ventilation; high-frequency ventilation; respiratory failure; respiratory insufficiency; oxygenation index

1. Pediatra-Neonatólogo. Prof. Asistente. Cátedra de Pediatría. Jefe de sala. Unidad de Neonatología-Dto. de Neonatología-Cátedra de Pediatría.

2. Médica de Guardia - Consultorio de seguimiento de RN de alto riesgo; Departamento de Neonatología-Cátedra de Pediatría. FCM-UNA.

3. Jefe de Sala de la Unidad de Neonatología. Departamento de Neonatología-Cátedra de Pediatría. FCM-UNA.

4. Prof. Titular de Pediatría. Jefe de Departamento de Neonatología. FCM-UNA.

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

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

## INTRODUCCIÓN

En anteriores décadas, los problemas clínicos que se planteaban en relación al manejo respiratorio de los pacientes, eran la hipoxemia persistente observada en pulmones colapsados, con atelectasias; y la observación de que en la génesis de la displasia broncopulmonar el rol más importante lo poseía la presión utilizada más que el nivel oxígeno empleado; esto estimuló el inicio de la búsqueda de formas más suaves de ventilación. Es así que en la década del 70, en Toronto, Canadá, se observó por primera vez como una máquina podía provocar oscilaciones de flujo con volúmenes pequeños en las vías aéreas<sup>(1)</sup>.

En la década del 80 estaba claro que la VAFO era una efectiva herramienta para tratar síndrome de distrés respiratorio; pero complicaciones observadas en relación al descenso brusco de la PaCO<sub>2</sub>, atribuibles a la falta de destreza en el manejo de esta nueva técnica respiratoria, hizo que el interés por la ventilación con alta frecuencia disminuya. En los años 90 se renovó el interés por la VAFO, incluso reconociendo sus virtudes en pacientes tratados con surfactante exógeno, poniéndose el énfasis en las estrategias para optimizar el volumen pulmonar. Ahora se lo reconocía como un recurso útil y seguro para mantener el pulmón abierto hasta que cada alvéolo pueda hacerlo por sí mismo. Este resurgimiento se produjo en una época de notables progresos en la atención neonatal como el uso de esteroides prenatales, el surfactante exógeno y la aplicación de CPAP nasal. Así el beneficio adicional que se podía aportar fue cada vez menor, además que la ventilación convencional se alimentó conceptualmente de la VAFO, estableciéndose estrategias protectoras con volúmenes pequeños, presiones altas al final de la expiración y sincronización. Actualmente el beneficio demostrable con VAFO se limita a los pulmones mediana o severamente enfermos ya que los pulmones con enfermedad leve se pueden ventilar con respiradores convencionales usando estrategias protectoras<sup>(1,2)</sup>.

De esta forma la Ventilación de Alta Frecuencia Oscilatoria (VAFO) surgió como una alternativa en el tratamiento de diversas formas de falla respiratoria ante el fracaso de la Ventilación Mecánica Convencional (VCM)<sup>(2)</sup>.

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 ventilador, movimiento del pistón que determina un volumen corriente siempre menor que el espacio muerto anatómico.

La VAFO es una modalidad ventilatoria que emplea

volúmenes corrientes menores al espacio muerto anatómico, con frecuencia respiratoria supra fisiológica (mayor de 150 por minuto) proporcionando el reclutamiento de un pulmón atelectásico y/o enfermo a través de la facilitación del intercambio gaseoso<sup>2</sup>. El manejo ventilatorio consiste en lograr el más rápido reclutamiento alveolar y la manutención del volumen pulmonar óptimo, esto es, una estrategia de apertura pulmonar ("Open lung").

Ventilando por medio de la VAFO en una zona de seguridad situada entre los puntos de inflexión superior e inferior de la curva de presión- volumen, se evitan los ciclos de colapso pulmonar seguidos de sobredistensión pulmonar<sup>(3,4)</sup>.

Una de las características del Ventilador de Alta Frecuencia es que tiene una espiración activa, con la cual el atrapamiento aéreo es mínimo. En este respirador la PMVA, la amplitud, frecuencia y tiempo inspiratorio, pueden ser ajustados directa e independientemente, facilitando el manejo del operador. El modelo de VAFO con que actualmente cuenta la Unidad, es el Sensor Medic 3100-A uno de los ventiladores más comúnmente utilizados en los EEUU y en Latinoamérica<sup>(1-5)</sup>.

En los últimos años se han publicado diversos estudios multicéntricos comparando la VAFO y la VMC, con la finalidad de recurrir a la mejor estrategia ventilatoria en ambas modalidades.

En el estudio de Thome<sup>(6)</sup> se randomizó RN a VAFIF (Infant Star) o VMC, a 284 RN entre 24 y 30 semanas de edad gestacional con Síndrome de distress respiratorio (SDR) que requirieron soporte ventilatorio. No hubo diferencias en la incidencia de displasia, definido como la necesidad de oxígeno a las 36 semanas post menstrual, ni tampoco en la incidencia de hemorragia intracraneala (HIC), concluyendo además que la VAFO no disminuye la injuria pulmonar respecto de la ventilación convencional.

En la investigación de Morrietti<sup>(7)</sup> se randomizó a ventilación de alta frecuencia (Dufour OHF1) y ventilación convencional a 273 RN entre 24 y 29 semanas de edad gestacional, demostrando una menor necesidad de surfactante exógeno en RN manejados en VAFO, pero sin diferencia en la incidencia de displasia broncopulmonar. Sin embargo, en este estudio se observó un aumento significativo de HIC severa en los niños ventilados en alta frecuencia (24% vs 14%).

El estudio de Courtney<sup>(8)</sup>, con 500 RN prematuros incluidos con peso entre 600 y 1200 gramos, comparó la VAFO (Sensor Medics 3100-A) y la ventilación mecánica sincronizada con monitoreo continuo del

volumen corriente demostrando que los RN asignados a ventilación de alta frecuencia fueron extubados antes y presentaron una significativa menor incidencia de DBP. No se encontraron diferencias entre los grupos en la incidencia de HIC, leucomalacia periventricular u otras complicaciones.

El ultimo trabajo de Jonson <sup>(9)</sup> cuenta con mayor cantidad de pacientes, fueron incluidos 400 RN asignados al VAFO y 397 a VMC (total 797RN) entre 23 y 28 semanas de edad gestacional; se propuso determinar si el inicio precoz dentro de las primeras horas de vida, de la ventilación de alta frecuencia en RN con SDR, disminuye la mortalidad y la incidencia de enfermedad pulmonar crónica. Los resultados de este estudio, mostraron similar porcentaje de RN fallecidos o que presentaron enfermedad pulmonar crónica.

Existe un consenso generalizado de que los pacientes que se benefician de VAFO son aquellos con enfermedades con daño pulmonar difuso, ocupación alveolar, escape aéreo <sup>(10)</sup> y disminución del volumen pulmonar, con insuficiencia respiratoria aguda refractaria a la ventilación convencional, con un índice de oxigenación (IO) mayor o igual a 25 en recién nacidos de término y de 20 en prematuros <sup>(11)</sup>. Clark y colaboradores <sup>(12)</sup>, en un estudio clínico multicéntrico, distribuyeron al azar 79 lactantes a términos que eran sujetos idóneos potenciales para oxigenación con membrana extracorpórea (ECMO) a recibir VAFO o Ventilación Convencional. Veinticuatro (60%) de los 40 pacientes asignados inicialmente a ventilación convencional llenaron los criterios de fracaso terapéutico comparados con 17 (44%) de los 39 asignados a la VAFO. De los 24 pacientes en quienes fracasó la ventilación convencional, 15 (63%) respondieron a la VAFO.

El mejor parámetro para decidir el cambio de la ARM a la VAFO es el incremento del índice de oxigenación (IO) donde índice de oxigenación = MAP X FIO<sub>2</sub>/PAO<sub>2</sub>. <sup>(11,13)</sup> La ventaja de usar este índice es que integra la mediciones de la oxigenación (Pao<sub>2</sub>, Fio<sub>2</sub>) y la de respirador <sup>(14,15)</sup>.

El objetivo del presente trabajo es describir la experiencia de un servicio de Neonatología en la utilización de un ventilador de alta frecuencia, según los criterios de dificultad en la ventilación, valores de índice de oxigenación y/o valores de PMVA, sin ser estrictos con el peso y la edad gestacional.

## MATERIALES Y MÉTODOS

Estudio observacional, descriptivo, analítico. Desarrollado en el periodo comprendido entre marzo del 2008 y marzo del 2009. Los criterios de inclusión

fueron: recién nacido (RN) nacidos en el Centro Materno Infantil en el periodo mencionado, con el diagnóstico de insuficiencia respiratoria severa (hipoxemia y/o hipercapnia), con Índice de Oxigenación (IO) mayor de 20 o Presión Media Vía Área mayor o igual (PMVA) de 12 en cm de H<sub>2</sub>O o pCO<sub>2</sub> mayor a 55. Las variables estudiadas fueron: edad gestacional, peso de nacimiento, puntuación de APGAR al primer y quinto minuto, diagnóstico de ingreso, motivo de ingreso a VAFO. De la muestras de sangre arterial obtenidas, se analizaron las siguientes variables; pO<sub>2</sub> previa y pos (una hora después) VAFO, pCO<sub>2</sub> previa y pos (una hora después) VAFO, PMVA en ventilación convencional; índice de oxigenación (IO) previa al ingreso, al inicio y durante la VAFO, complicaciones asociadas y sobrevida. El índice de oxigenación es una variable continua, se mide mediana, al igual que la pO<sub>2</sub> y la pCO<sub>2</sub>.

Se consideraron variables de mejoría con la nueva modalidad respiratoria los siguientes parámetros: Índice de Oxigenación (IO): con variación menor al 20% del valor inicial: sin mejoría; IO con variación entre 20 – 50%: mejoría aceptable; IO con variación mayor 50%: mejoría evidente. PO<sub>2</sub>: variación menor 10 mmHg: sin mejoría; variación entre 10 – 30 mmHg: mejoría aceptable; variación mayor a 30 mmHg: mejoría evidente.

## RESULTADOS

En el periodo de estudio comprendido entre marzo 2008 y marzo 2009, en 9 pacientes se decidió el uso de VAFO, siendo excluidos 2 pacientes porque fallecieron antes de completar una hora de instalada la VAFO, por causas no atribuibles a su utilización; en los 7 pacientes restantes se obtuvieron los siguientes resultados: Edad gestacional, con una mediana de 36 semanas, el promedio fue de 35 semanas (Mínimo: 26 semanas, Máximo: 41 semanas).

En relación al peso de nacimiento, se encontró una mediana de 2450 gramos y un promedio de 2310 gramos (Mínimo: 850 gramos, Máximo: 3810 gramos). En promedio el Apgar al minuto fue de 6 (Mínimo: 3, Máximo: 8). En promedio el Apgar al minuto 5, fue de 8 (Mínimo: 6, Máximo: 9) **Tabla 1.**

**Tabla 1:** Datos de PN, EG y APGAR de los pacientes.

	Edad Gestacional (semanas)	Peso de Nacimiento (gramos)	APGAR 1'	APGAR 5'
Paciente 1	36	2450	8	9
Paciente 2	36	1900	7	8
Paciente 3	30	1630	6	7
Paciente 4	26	850	5	7
Paciente 5	41	3810	8	9
Paciente 6	39	2550	3	6
Paciente 7	37	2980	7	9

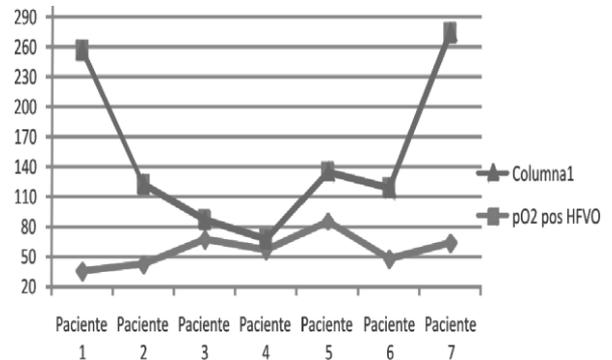
En relación a la variación de  $pO_2$  en el control gasométrico pre VAFO y el control pos VAFO (una hora después de instalada), se comprobó mejoría evidente en 5 pacientes; en un solo paciente hubo una variación de menos de 10 mmHg en el valor de la  $pO_2$ ; en los 6 pacientes restantes la variación fue mayor, en un paciente hubo una variación de 20 mmHg, en los demás la mejoría en los valores gasométricos fue franca, obteniéndose valores equivalentes al doble o más del valor previo al VAFO **Figura 1**.

En relación a la variación de  $pCO_2$  comparando los controles gasométricos pre VAFO y los controles pos VAFO (una hora después de instalada), en los pacientes 3, 4 y 5, que habían ingresado por dificultad para la ventilación, se obtuvieron descensos mayores a 20 mmHg, posterior a la instalación de VAFO, la respuesta de los pacientes 4 y 5 se considero favorable por los valores de  $pCO_2$  descendieron a valores alrededor de 45 mmHg, en el paciente 3 se observo una variación muy brusca de 83 mmHg previa a 23 mmHg posterior al VAFO **Figura 2**.

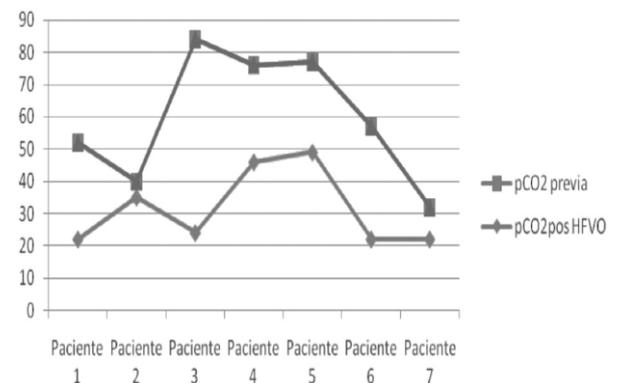
El valor promedio de PMVA en ventilación convencional con el cual fueron ingresados los pacientes en VAFO fue de 13 (Mínimo: 10 mmHg, Máximo: 18 mmHg), con una mediana de 12,5 mmHg. Todos los pacientes requirieron en los primeros minutos de instalada la terapéutica valores de PMVA (parámetro modificable en VAFO) más elevados, el primer paciente incluido en este estudio incluso requirió 13 mmHg más (PAM en ARM convencional: 12; PAM al ingreso a VAFO: 25), lo que hizo que en un principio el IO aumentara como se observa en la **figura 3**; obteniéndose una repuesta favorable posteriormente. El IO (índice de oxigenación) de ingreso a VAFO, presento una mediana de 32 y un valor promedio de 33,6; con valores que variaron entre un máximo: 50 y como mínimo 15. Obsérvese variación en los valores de IO. En el paciente 1 se observo un aumento del IO en los primeros minutos de instalada la terapéutica, pero presentando mejoría posteriormente a las 2 horas de iniciada la asistencia respiratoria con VAFO, en 3 pacientes se observo una mejoría aceptable, y en 2 pacientes mejoría evidente **Figura 3**.

En la **tabla 2** se aprecian cuales fueron los diagnósticos de ingreso a la unidad neonatal, cual fue la indicación para la utilización de VAFO y cual el criterio utilizado; siendo en tres pacientes la dificultad en la oxigenación adecuada la indicación de ingreso, en tres pacientes fue la dificultad en la ventilación, y en un paciente desde el nacimiento se instalo VAFO, con la intención de disminuir riesgos de lesión pulmonar por tratarse de un RN con diagnóstico prenatal de Hernia diafragmática. Los pacientes 1, 3 y 7 ingresaron a VAFO antes de las 72

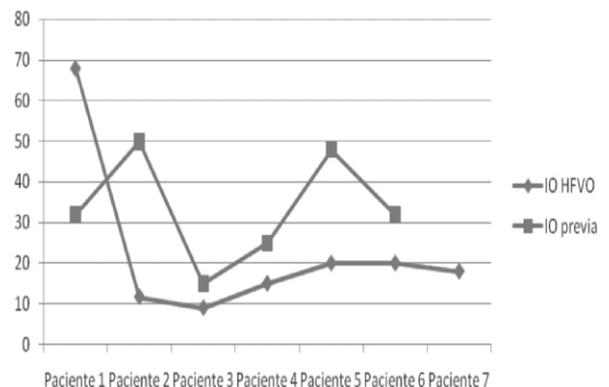
hs de vida, los demás pacientes lo hicieron pasado este periodo de tiempo. En tres pacientes se observaron complicaciones atribuibles a la utilización de VAFO, estas fueron en dos casos neumotórax y en un caso hemorragia intraventricular. La tasa de sobrevida de los pacientes fue de 3/7 (43%).



**Figura 1:** Variación de la  $pO_2$  previa y pos VAFO



**Figura 2:** Variación de la  $pCO_2$  previa y pos VAFO



**Figura 3:** Variación en el IO.

**Tabla 2.** Diagnostico, complicaciones y situación al alta.

	Diagnósticos	Indicación para HFVO	Criterio de Ingreso (PMVA/IO)	Complicaciones	Alta
Paciente 1*	HPP severa, Poliglobulia	Hipoxemia	12/32	sin complicaciones	Vivo
Paciente 2	Gastroesquísis	Hipoxemia	18/50	NTX	Óbito
Paciente 3	Prematurez, HPP severa	Hipercapnia	12/15	HIV	Vivo
Paciente 4	RNP, TMRPN, FNH, Enfisema intersticial, HIV GIV	Hipercapnia	14/25	sin complicaciones	Óbito
Paciente 5	SALAM, HPP	Hipercapnia	12/48	NTX	Vivo
Paciente 6	Gastroesquísis, Asfixia severa, SALAM, Hemorragia pulmonar	Hipoxemia	13/32	sin complicaciones	Óbito
Paciente 7*	Hemia diafragmática	Desde el nacimiento		sin complicaciones	Óbito

\* Pacientes que recibieron además oxido nítrico.

## DISCUSIÓN

En el presente estudio se expone la experiencia de un año en la instauración en nuestro servicio de una nueva modalidad ventilatoria (VAFO) en recién nacidos. En este periodo de adaptación y aceptación de la nueva modalidad de soporte respiratorio por parte de todo el personal, se pudo comprobar que con el adecuado entrenamiento, el manejo del equipo de alta frecuencia no encierra misterios. En la evaluación de los casos de pacientes en los que se ha utilizado VAFO, pudimos observar una real mejoría en los índices de oxigenación y ventilación en prácticamente todos nuestros pacientes, en coincidencia con otros reportes en la literatura.

De hecho en la actualidad no existe discusión acerca de la eficacia del respirador de alta frecuencia. La discusión sí se halla instalada en relación a dos puntos; en primer lugar al uso en forma precoz o de rescate; y en segundo lugar considerando las complicaciones que pueden presentarse con la utilización de esta modalidad ventilatoria, versus las observadas con la ventilación convencional; algunas series publican mayor riesgo de hemorragias intracraneales (HIC)<sup>(11)</sup>, en cambio otras demuestran que no existen diferencias significativas en relación a RN fallecidos o que presentaron enfermedad pulmonar crónica, y que tampoco se observaron diferencias en la incidencia de HIC, leucomalacia periventricular, escapes aéreos u otras patologías<sup>(8-11,16,17)</sup>. Es importante resaltar que la mayoría de los estudios clínicos realizados hasta el momento no son estrictamente comparables porque presentaban variaciones en el diseño, el uso o no de surfactante

exógeno, en los criterios de entrada de los pacientes, la estrategia ventilatoria y en los tipos de ventiladores de alta frecuencia utilizados<sup>(12,18)</sup>. En nuestra experiencia en menos del 50% de los pacientes se observó complicaciones atribuibles a la utilización de la ventilación con VAFO que podría relacionarse con la dinámica utilizada en el manejo de parámetros.

La tasa de sobrevida fue solo del 43%, pero considerando otros factores mórbidos en los pacientes más allá de la falla respiratoria, como prematurez extrema, fenómenos hipóxicos perinatales, procesos infecciosos asociados, malformaciones congénitas, hemorragias entre otras, hace difícil atribuir a este modo de ventilación mecánica la tasa de mortalidad obtenida. Es probable sin embargo que la premura en el inicio de la terapéutica con VAFO y los tiempos en la modificación de parámetros hayan sido nuestros déficits al observar que el valor promedio de IO al ingreso a la VAFO fue de 33, cuando según nuestros propios criterios de inclusión, un paciente con IO > 20 debe ser ingresado a VAFO.

No obstante, es posible afirmar que la VAFO constituye una terapia eficaz para brindar soporte ventilatorio ante el fracaso de las modalidades ventilatorias convencionales, constituyéndose en una alternativa válida en las Unidades Neonatales.

Se ha observado una mejoría en la oxigenación, en la ventilación y en el índice de oxigenación luego del ingreso de los pacientes a la VAFO, sin embargo la sobrevida no fue buena.

---

## REFERENCIAS

1. Froese A, Kinsella J. High-frequency oscillatory ventilation: lessons from the neonatal/pediatric experience. *Critical Care Medicine*. 2005;33(3suppl):S115-21.
2. Bancalari AM. Ventilación de Alta Frecuencia en el recién nacido: un soporte respiratorio necesario. *Rev Chil Pediatr*. 2003;74(5):475-486.
3. 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.
4. McCulloch PR, Forker PG, Froese AB. Lung volume maintenance prevents lung injury during high frequency oscillatory ventilation. *Am Rev Respir Dis*. 1988;137:1185-92.
5. Mammel MC. Ventilación de Alta Frecuencia. En: Goldsmith JP, Karotkin EH, editores. *Ventilación Asistida Neonatal*. 4ed. Bogota: Distribuna Editorial Medica; 2005.p.267-291.
6. Kesler M, Durand D. Ventilación de alta frecuencia neonatal: pasado, presente y futuro. *Clínicas Perinatológicas de Norteamérica*. 2001;3:557-583.
7. Thome U, Kossel H, Lipowsky G. Randomized comparison of high frequency ventilation with high-rate intermittent positive pressure ventilation in preterm infant with respiratory failure. *JPediatr*. 1999;135:39-46.
8. 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. *Pediatrics*. 2001;107:363-72.
9. 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.
10. 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.
11. 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.
12. 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.
13. Morcillo F, Gutiérrez A, Izquierdo I. Ventilación de alta frecuencia oscilatoria como estrategia de rescate en el recién nacido: estudio multicéntrico Español. *An Esp Pediatr*. 1999;50:269-74.
14. 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.
15. Paranka MM, Clark RH, Yoder BA, Sell MS. Predictors of failure of high-frequency oscillatory ventilation in terms infants with severe respiratory failure. *Pediatrics*. 1995;95:400-4.
16. Miguet D, Claris O, Lapillone A, Bakr A, Chapuiss JP, Salle BL. Preoperative stabilization using high-frequency oscillatory ventilation in the management of congenital diaphragmatic hernia. *Crit Care Med*. 1994;22:S77-S82.
17. Grupo de Trabajo sobre Patología Respiratoria de la Sociedad Española de Neonatología. Recomendaciones sobre ventilación de alta frecuencia en Recién Nacidos. *An Esp Pediatr*. 2002;57(3):238-43.
18. Bhuta T, Clark R, Henderson-Smart D. Ventilación oscilatoria de alta frecuencia de rescate versus ventilación convencional para recién nacidos a término o cerca del término, con disfunción pulmonar grave (Revisión Cochrane). En: *La Biblioteca Cochrane Plus*, 2008 Número 4. Oxford: Update Software Ltd. Disponible en: <http://www.update-software.com>. (Traducida de The Cochrane Library, 2008 Issue 3).