

Valoración de la efectividad de la ventilación de alta frecuencia oscilatoria en pacientes adultos quemados

Assessment of high-frequency oscillatory ventilation in adult burn patients

Claudia Lyssete Méndez Salinas,* Francisco Vera Rodríguez,‡
Jesús Carlos Salas García,*§ Claudia Patricia Quiroz Flores*,||

* Departamento de Evaluación Tecnológica, Instituto Nacional de Rehabilitación, México, D.F.

‡ Estudiante de Ingeniería Biomédica, Universidad Autónoma Metropolitana, México, D.F.

§ Adscripción actual: Dirección de Operaciones, Médica Sur, México, D.F.

|| Adscripción actual: Departamento de Ingeniería Biomédica y Desarrollo Gerontológico, Instituto Nacional de Geriátrica, México, D.F.

Dirección para correspondencia:
Claudia Patricia Quiroz Flores
Blv. Adolfo Ruiz Cortines Núm.
2767, Col. San Jerónimo Lídice,
10200, Delegación Magdalena
Contreras, México, D.F.
Teléfono: +52(55) 50621600,
ext. 59518
E-mail:
claudia.quiroz@salud.gob.mx

Recibido: 8 de septiembre de 2014.
Aceptado: 29 de abril de 2015.

Este artículo puede ser consultado
en versión completa en:
<http://www.medigraphic.com/rid>

Palabras clave: Síndrome de dificultad respiratoria aguda, ventilación de alta frecuencia oscilatoria, evaluación de tecnología, paciente quemado.

Key words: *Acute respiratory distress syndrome, high-frequency oscillatory ventilation, technology assessment, burn patient.*

Resumen

Al estar las quemaduras dentro de las principales enfermedades en México, es necesario contar con tecnología especializada para tratar estos padecimientos y sus consecuencias. Este trabajo pretendió conocer la efectividad de la ventilación mecánica convencional sobre la ventilación de alta frecuencia oscilatoria en pacientes quemados en la Unidad de Agudos del CENIAQ, para lo cual se realizó una evaluación de tecnología en salud que constó de 1) una revisión sistemática; 2) un trabajo de campo, aplicando un cuestionario sobre el uso de las dos tecnologías de ventilación en quemados para agregar a este estudio un argumento cualitativo; 3) una caracterización del síndrome de dificultad respiratoria aguda con el simulador de ventilación para realizar una comparación de las dos tecnologías en ventilación. Los resultados de la revisión sistemática mostraron una ligera tendencia a la efectividad de la ventilación de alta frecuencia oscilatoria, la cual mejora el porcentaje de índice de oxigenación y a su vez protege al pulmón de sufrir un barotrauma o un atelectrauma; esto se confirmó en la caracterización del síndrome de dificultad de respiración aguda en el estudio *in vitro*. Del trabajo de campo se detectó que en México, hasta el año 2009, no se tenían equipos de ventilación de alta frecuencia oscilatoria para el tratamiento de pacientes quemados. Esto favorece el desarrollo de nuevas líneas de investigación en ventilación para este tipo de individuos.

Abstract

*Successful procedures are required in order to confront the challenges presented by patients who have severe burn injuries. The results of high-frequency oscillatory ventilation were compared to those of conventional mechanical ventilation. In preparation for the study, a progressive stairway was undertaken as follows: 1) a systematic review, 2) the construction of a qualitative argument by means of field research through a questionnaire on the use of both techniques, and 3) replication of acute respiratory distress by a ventilation simulator for comparison of both techniques. Results of the systematic review demonstrated a mild tendency to better results with high-frequency oscillatory ventilation since it improves the oxygenation index and protects the lung from suffering a barotrauma or atelectrauma. This was confirmed through the characterization of the acute respiratory distress syndrome in the *in vitro* study. The fieldwork showed that until the year 2009, high-frequency oscillatory ventilation equipments for the treatment of burn patients did not exist in Mexico. This favors the development of new lines of research on ventilation for these individuals.*

Introducción

En el año 2011 se reportaron 129,779 casos de quemaduras en México, ocupando el séptimo lugar dentro de las 20 principales causas de enfermedades no transmisibles en el país.¹ Ante esta problemática, el Instituto Nacional de Rehabilitación (INR) creó el Centro Nacional de Investigación y Atención a Quemados (CENIAQ), que tiene como finalidad proporcionar atención médica especializada, formación y capacitación de recursos humanos, y la divulgación de información sobre prevención, tratamiento y rehabilitación de pacientes quemados a través de la investigación.²

Para dar cumplimiento con lo establecido, además de contar con personal altamente capacitado, es necesario tener tecnología adecuada para el apoyo en el correcto diagnóstico y tratamiento del paciente quemado. El Departamento de Evaluación Tecnológica del INR tiene como una de sus funciones el equipamiento de áreas hospitalarias, tomando en cuenta el uso eficiente y seguro de la tecnología médica; para ello existen metodologías como la evaluación de tecnologías en salud (ETS), la cual provee información documentada a los tomadores de decisiones sobre la tecnología más efectiva para el tratamiento, intervención o diagnóstico dirigida a un grupo específico de enfermos.

En los primeros acercamientos de propuestas de equipamiento de la Unidad de Agudos del CENIAQ en lo relacionado con el apoyo ventilatorio, sólo se encontraban equipos de ventilación de alta frecuencia oscilatoria, por lo que para dar respuesta a las necesidades de equipamiento, se decidió utilizar la ETS enfocada a la ventilación del paciente quemado. Para ello, fue necesario indagar el proceso de la enfermedad ventilatoria en los sujetos con quemaduras de tercero y cuarto grado, y se encontró que éstos desarrollan cuadros clínicos complejos que implican alteraciones al mecanismo homeostático, síndrome de respuesta inflamatoria severa, sepsis, heridas por inhalación, lesión pulmonar aguda (LPA), síndrome de dificultad respiratoria aguda (SDRA) y falla múltiple orgánica.³

El SDRA se caracteriza por tener una relación de $\text{PaO}_2/\text{FiO}_2 < 200$ mmHg y edema pulmonar no cardiogénico con infiltrados bilaterales, es restrictiva, causa rigidez en las paredes pulmonares y disminución en la distensibilidad, ocasionando una deficiencia en el intercambio gaseoso.⁴

Dentro de las diversas discusiones que existen para el tratamiento del SDRA, la ventilación es una de ellas; se utiliza en diferentes modos de ventilación, como ventilación mecánica convencional (VMC) en modo controlado por presión con parámetros de protección

pulmonar, ventilación por liberación de presión (APRV) y ventilación de alta frecuencia oscilatoria (VAFO).

La VMC controlada por presión es un modo de ventilación que durante la fase de inspiración aplica una presión constante en las vías aéreas independientemente de la resistencia y la distensibilidad. En este modo, la inspiración termina cuando se alcanza el límite de presión, manteniendo el tiempo inspiratorio y espiratorio constantes.⁵

La APRV utiliza presión positiva controlada en la vía aérea con el fin de maximizar el reclutamiento alveolar, con tiempos inspiratorios prolongados, permitiendo la respiración espontánea durante ambas fases del ciclo respiratorio.⁶

La VAFO proporciona volúmenes tidales pequeños de entre 1 a 2 mL/kg a frecuencias altas que van desde 3 a 15 Hz, presiones en vías aéreas entre los 30 y 40 cmH₂O, mejorando la SaO₂, favoreciendo la oxigenación y manteniendo los parámetros de protección pulmonar.⁷

El objetivo principal de este trabajo fue conocer qué tecnología de ventilación era la adecuada para el tratamiento de pacientes quemados con SDRA, para asegurar que esa tecnología estuviera dentro del activo del CENIAQ.

La empresa Servicios de Ingeniería en Medicina, quien prestó el ventilador de alta frecuencia oscilatoria utilizado en el proyecto, no tuvo injerencia en los resultados obtenidos.

Metodología

Para realizar la ETS, se utilizaron tres herramientas: 1) revisión sistemática, 2) trabajo de campo y 3) un modelo in vitro para obtener la efectividad de una ventilación con respecto de la otra.

Revisión sistemática:

Para la revisión sistemática, se planteó la pregunta de investigación, que fue «La efectividad de la ventilación de alta frecuencia oscilatoria versus la ventilación mecánica convencional en pacientes adultos quemados con síndrome de dificultad respiratoria aguda». El tipo de investigación que se decidió hacer fue de tipo cuantitativo.

Para dar contestación a la pregunta se desarrolló una búsqueda sistemática bajo los siguientes criterios de inclusión: intervalo de 1998 a 2009, pacientes humanos quemados y adultos, pacientes humanos adultos con SDRA, heridas por inhalación, VAFO y VMC; los criterios de exclusión fueron ventilación de

alta frecuencia percusiva, ventilación de alta frecuencia tipo *jet* y ventilación por respirador volumétrico difusivo. Se obtuvieron 10 publicaciones en la cadena de búsqueda efectuada, de las cuales se excluyeron siete por no cumplir con los criterios establecidos, como se observa en la *figura 1*.

Debido a la limitada información que se encontró en pacientes quemados, se amplió el criterio de inclusión a individuos que no forzosamente tuvieran quemaduras y heridas por inhalación, ya que de acuerdo con lo encontrado en la literatura, se observó que la mayoría de los sujetos con quemaduras de tercer y cuarto grado, con o sin heridas por inhalación, presentan el SDRA, mismo que se puede encontrar en otro tipo de enfermos, por lo que como segunda búsqueda y ampliación de la misma, se consideraron nuevos criterios de inclusión, exclusión y estrategia de búsqueda. En esta búsqueda se obtuvieron 127 artículos, de los cuales sólo fueron analizados ocho, como lo ejemplifica la *figura 2*.

En la selección de estudios se aplicó el cuestionario elaborado por *Critical Appraisal Skills Programme Español (CASPe)* para evaluar la calidad de ellos conforme al tipo de estudio.

Análisis estadístico

Para el análisis de datos estadísticos se tomaron en cuenta los resultados de la relación $\text{PaO}_2/\text{FiO}_2$ (mmHg) e índice de oxigenación (IO), ya que son los indicadores que determinan una mejoría en la oxigenación del paciente.

Se utilizó el programa Epidat 3.1 para realizar el metaanálisis por el método de diferencia de medias con intervalo de confianza (IC) del 95%.

Se realizaron pruebas de heterogeneidad de DerSimonian y Laird, y gráfico de Galbraith.

Para el parámetro IO, se excluyeron los resultados de los estudios de Finkelman¹⁰ y Derdak y colaboradores¹⁴ por la falta de homogeneidad, como se muestra

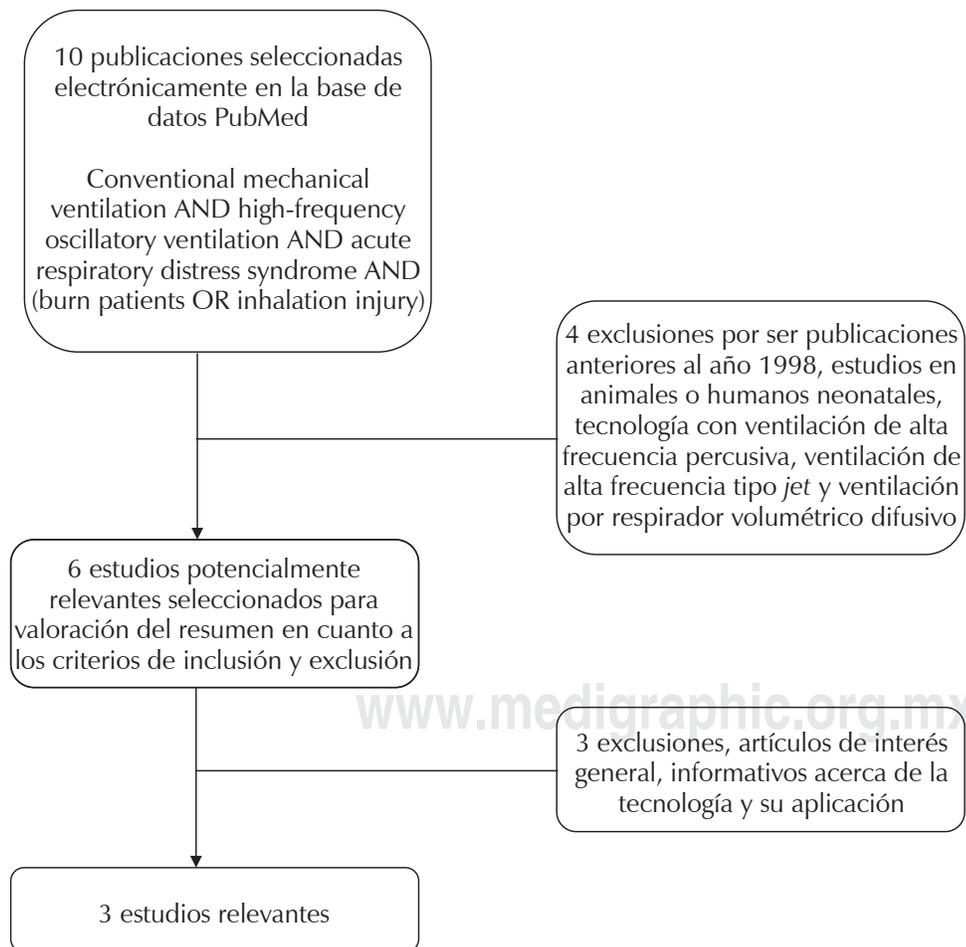


Figura 1.

Cadena de búsqueda inicial.

en la *figura 3*. Para la relación PaO_2/FiO_2 no fue posible realizar el metaanálisis debido a la heterogeneidad entre estudios, como se ejemplifica en la *figura 4*.

Se realizó el análisis de sensibilidad y con la gráfica de embudo (*funnel plot*) y las pruebas de Begg y Egger se determinó el sesgo de publicación.

Trabajo de campo:

Para el trabajo de campo se realizó un cuestionario de cinco ítems en los cuales se preguntaba el porcentaje de pacientes quemados que necesitan ventilación mecánica, porcentaje de individuos que desarrollan LPA,

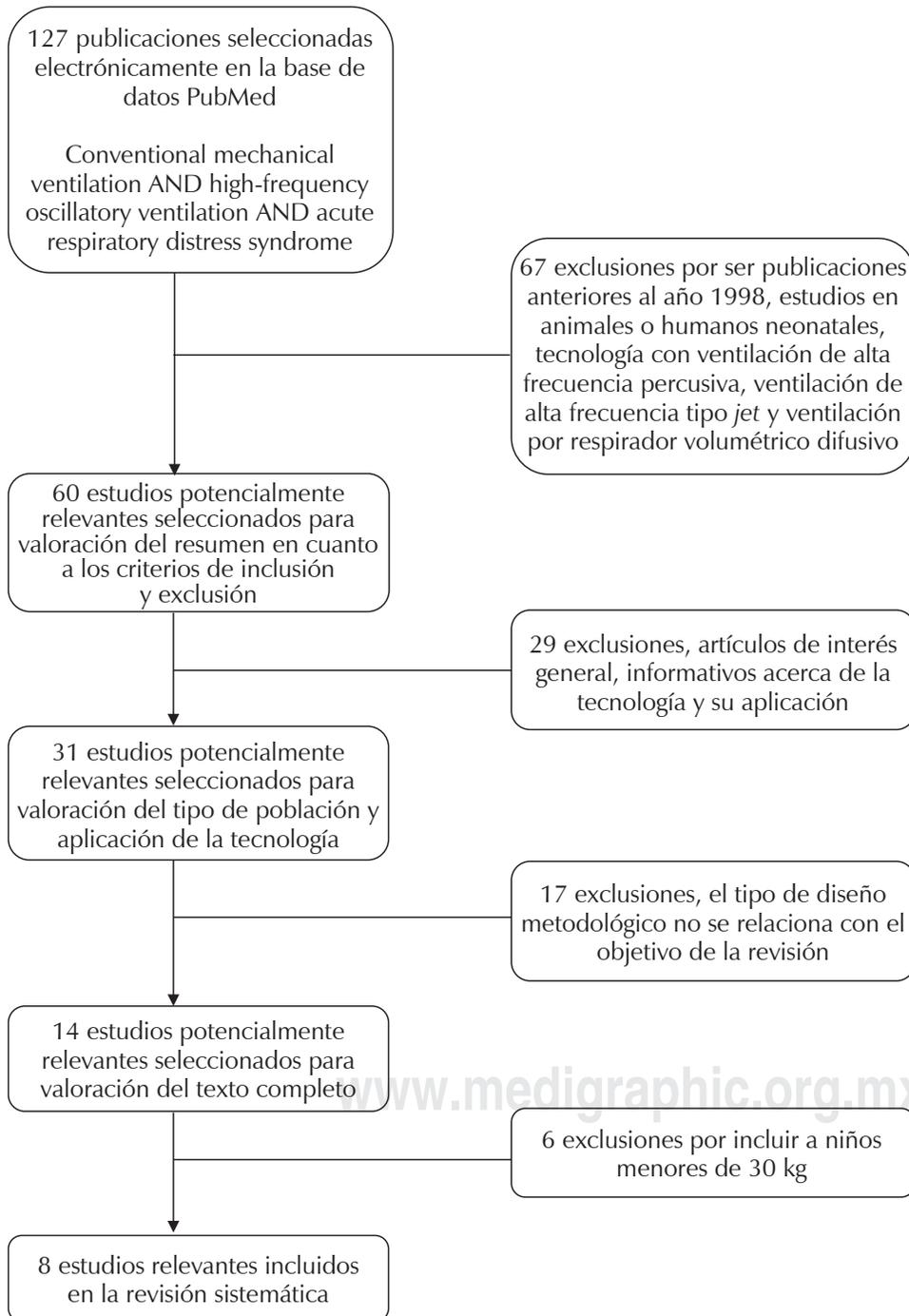


Figura 2.

Cadena de búsqueda final.

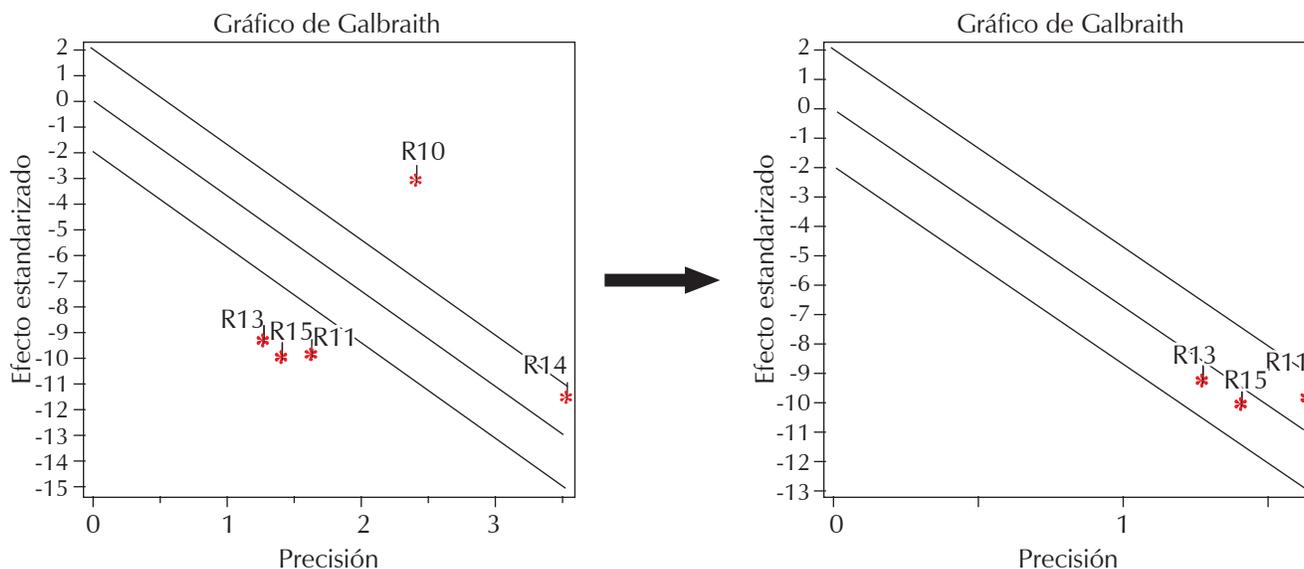


Figura 3. Gráficos de Galbraith para estudios encontrados. Prueba de heterogeneidad para grupo completo de índice de oxigenación y prueba de heterogeneidad para subgrupo analizado de índice de oxigenación.

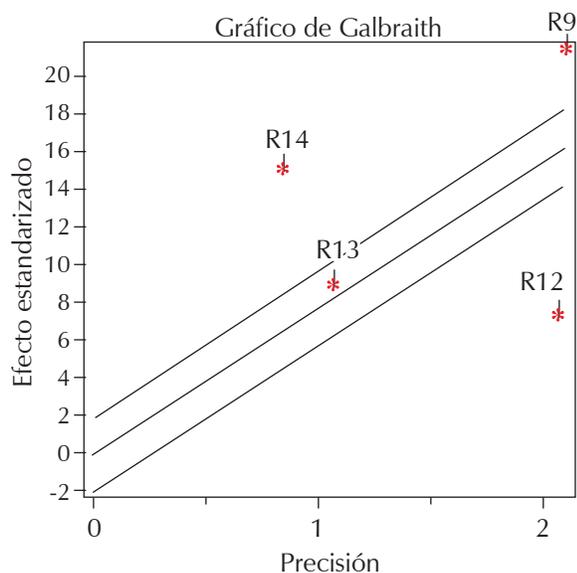


Figura 4. Gráfico de Galbraith. Prueba de heterogeneidad para grupo analizado de la relación PaO_2/FiO_2 .

porcentaje de sujetos que desarrollan SDRA, porcentaje de enfermos que superan LPA y SDRA, y si tenían experiencia con la VAFO en personas quemadas.

Para la aplicación del cuestionario se identificaron diferentes unidades especializadas para el tratamiento de pacientes quemados a lo largo de la república. El cuestionario fue aplicado en tres hospitales en el Distrito Federal y uno en provincia.

Estudio *in vitro*:

En el estudio *in vitro* se utilizó el simulador de pulmón de prueba artificial (PPA), Michigan 5160i, se caracterizó el SDRA con valores de resistencia en vías aéreas desde 5 hasta 500 $cmH_2O/L/s$ y con distensibilidad desde 0.01 hasta 0.05 L/cmH_2O para pacientes adultos. Los parámetros adquiridos en el PPA fueron volumen tidal (mL), volumen minuto (mL) y presión media (cmH_2O) en vías aéreas. Los ventiladores utilizados para la caracterización fueron un ventilador de alta frecuencia oscilatoria Sensor Medics modelo 3000B (VAFO) y el ventilador convencional Vyasis Avea (VMC). El ventilador convencional se programó en modo controlado por presión con parámetros de protección pulmonar, suponiendo un paciente adulto quemado de aproximadamente 19 años de edad con un peso de 70 kg. Los parámetros programados fueron PEEP = 10 cmH_2O , relación I:E 1:2 con flujo máximo = 15 L/min, PIP = 35 cmH_2O y frecuencia respiratoria = 18 rpm. La programación utilizada en el ventilador de alta frecuencia oscilatoria fue Pm = 35 cmH_2O , frecuencia = 4 Hz, ΔP = 60 a 90 cmH_2O , flujo = 20 a 40 L/min y tiempo inspiratorio de 33%.

Resultados

Revisión sistemática:

Los datos relevantes del estudio fueron población, porcentaje de pacientes con y sin heridas por inhalación,

Cuadro I. Resumen de los estudios prospectivos incluidos.

Autor/año	Núm. de participantes	Con heridas por inhalación	Sin heridas por inhalación	Mediciones antes de la VAFO			Mediciones después de la VAFO			Mortalidad %	Núm. de días con ventilador antes de la VAFO	Núm. de días con ventilación VAFO	Núm. de días con ventilación VMC
				PaO ₂ (mmHg)	PaO ₂ /FiO ₂ (mmHg)	IO	PaO ₂ (mmHg)	PaO ₂ /FiO ₂ (mmHg)	IO				
Cartotto et al/2001 ⁸	6	33.30%	66.60%	73±6.2	92±21.2	32±9.1	93±18	192±28	15.6±3	83.3	4.04±3.13	6.1	--
Metha S et al/2004 ⁹	156	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
Finkelman JD et al/2006 ¹⁰	14 (11 c/SDRA)	--	--	63 (8)	73 (20)	35 (10)	69 (11)	105 (33)	31 (13)	57	1.8 (0.7-3)	--	--
Cartotto R et al/2009 ¹¹	49	19	30	--	90±23	26±8	--	--	--	42	3.33±3.2	5.8±5.4	1.3±1.1
Metha S et al/2001 ¹²	24	--	--	55.7±32.3	98.8±39	32.5±19.6	--	--	--	67	1.6±1.2	--	--
Cartotto R et al/2004 ¹³	25	28	--	--	98±26	27±10	--	238±109	13±9	32	4.8±4.4	6.1±5.9	29±18

PaO₂: presión parcial de oxígeno en sangre arterial; PaO₂/FiO₂: índice de oxigenación arterial; IO: índice de oxigenación; VAFO: ventilación de alta frecuencia oscilatoria; VMC: ventilación mecánica convencional; SDRA: síndrome de dificultad respiratoria aguda.

Cuadro II. Resumen de los ensayos clínicos controlados incluidos.

Autor/año	Derdak S et al/2002 ¹⁴		Bollen CW et al/2005 ¹⁵	
Mediciones antes de la intervención	Grupo VAFO	Grupo VMC	Grupo VAFO	Grupo VMC
Núm. de participantes	75	73	37	24
Pmedia (cmH ₂ O)	22 ± 5	23 ± 6	21.5 ± 5.4	21 ± 5.1
PEEP (cmH ₂ O)	13 ± 3	14 ± 3	13.9 ± 3.8	12.9 ± 3.2
Frecuencia respiratoria rpm	18 ± 5	20 ± 6	18.1 ± 4.1	17.8 ± 4.6
V tidal (mL/kg)	10.5 ± 2.7	10.1 ± 2.8	9.3 ± 2.2	8.4 ± 2
FiO ₂	0.71 ± 0.19	0.72 ± 0.19	0.84 ± 0.19	0.76 ± 0.19
PaO ₂ (mmHg)	81 ± 6	80 ± 9	80.8 ± 24.1	93.3 ± 24.5
PaCO ₂ (mmHg)	44 ± 12	45 ± 12	53.5 ± 17.3	52.2 ± 11.9
IO	24 ± 15	27 ± 19	25.2 ± 13	18 ± 7.4
Mediciones después de la intervención	Grupo VAFO	Grupo VMC	Grupo VAFO	Grupo VMC
Núm. de participantes	45	48	29	21
FiO ₂	0.51 ± 0.15	0.51 ± 0.17	0.45 ± 0.11 y 0.57 ± 0.18	0.45 ± 0.11 y 0.51 ± 0.12
Pmedia (cmH ₂ O)	28 ± 6	22 ± 8	22 ± 7.8 y 24 ± 6.2	17 ± 5.6 y 24 ± 3.2
Frecuencia respiratoria (rpm)	4.5 ± 0.9 Hz	19 ± 7	5 ± 0.3 y 4.3 ± 0.6	17.9 ± 5.3
PaO ₂ /FiO ₂	205 a las 16 h	143 a las 16 h	--	--
PaO ₂ (cmH ₂ O)	--	--	85 ± 22.3 y 84 ± 30.5	87 ± 27.4 y 74 ± 23.7
IO	--	--	12 ± 5.6 y 18 ± 7.9	10 ± 4.3 y 19 ± 9.5

Pmedia: Presión media; PEEP: presión positiva al final de la espiración; V. tidal: volumen tidal; FiO₂: fracción inspirada de oxígeno; PaO₂: presión parcial de oxígeno en sangre arterial; PaO₂/FiO₂: índice de oxigenación arterial; IO: índice de oxigenación; VAFO: ventilación de alta frecuencia oscilatoria; VMC: ventilación mecánica convencional.

días con VAFO, días con VMC, mortalidad, parámetros de la VAFO con mediciones al inicio y al final del tratamiento (PaO₂ [mmHg], PaO₂/FiO₂ [mmHg], IO, Pmedia [cmH₂O], entre otros, como se observa en los cuadros I y II. Se decidió discriminar el parámetro de mortalidad debido a que la supervivencia de un individuo con quemaduras de tercer y cuarto grado no sólo depende de la oxigenación, sino de otras complicaciones.

Para la evaluación de los resultados de IO, la prueba de heterogeneidad de DerSimonian y Laird obtuvo un valor $p < 0.05$, por lo que se consideró que los resul-

tados de los cinco estudios eran heterogéneos entre sí. Al excluirse los estudios de Finkelman¹⁰ y Derdak y colaboradores,¹⁴ se obtuvo un valor de $p = 0.3527$.

Para las pruebas de heterogeneidad de los resultados de la relación PaO₂/FiO₂, se encontró un valor de $p < 0.05$, razón por la cual no fue posible desarrollar el metaanálisis en los estudios que contenían estos datos.

En el metaanálisis se muestra una ligera tendencia en el mejoramiento del IO con VAFO (Figura 5).

Al obtener el gráfico de influencia del análisis de sensibilidad se observó que existe estabilidad por su

robustez, como se muestra en la *figura 6A*. Así mismo, en el gráfico de embudo no se encontró evidencia de que existiera sesgo de publicación, como lo ejemplifica la *figura 6B*, lo cual es ratificado por los resultados de $p = 0.2963$ y $p = 0.1778$ de las pruebas de Begg y Egger, respectivamente.

Trabajo de campo:

En el trabajo de campo efectuado en los cuatro hospitales, se obtuvo que el porcentaje de pacientes

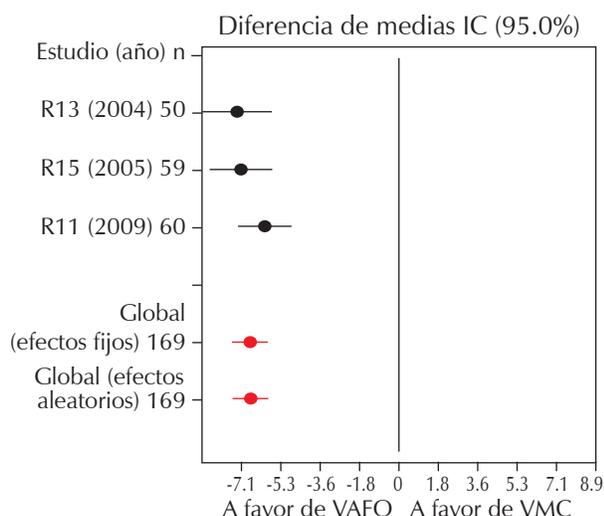
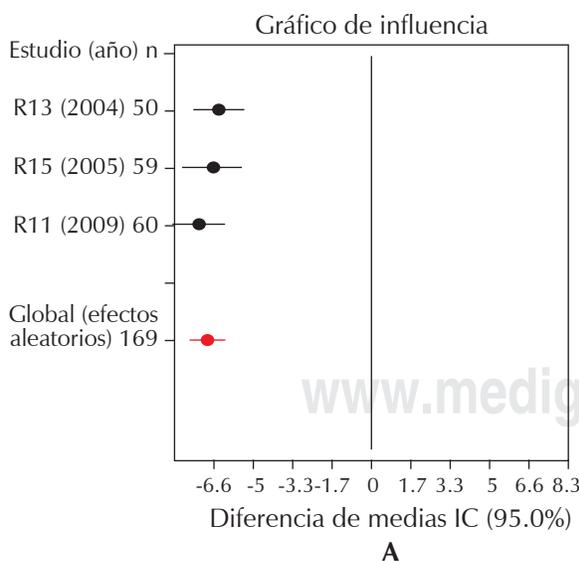


Figura 5. Diferencia de medias para subgrupo analizado de índice de oxigenación.



quemados que necesitaron ventilación osciló entre el 5 y el 20%, de ellos, sólo del 1 al 2% llegaron a desarrollar LPA y SDRA. El porcentaje mayor de atención en los hospitales eran infantes y ninguno de los hospitales encuestados en esos momentos contaba con la tecnología VAFO, como se observa en la *figura 7*.

Estudio *in vitro*:

De la caracterización del SDRA *in vitro* realizada con el simulador de ventilación, se obtuvo que en la VMC la presión pulmonar media se encontraba casi en el límite máximo permitido de los valores de protección pulmonar, así como en mayores volúmenes tidales. En cambio, la VAFO presentaba volúmenes minuto mayores, manejando presiones y volúmenes tidales menores, como lo ejemplifica la *figura 8*.

Otro punto a resaltar es la diferencial de presiones que se manejan en los dos ventiladores, en la VMC es mayor comparada con la VAFO (*Figura 9*).

Al mantener los parámetros de protección pulmonar en la VMC, se obtuvo un volumen minuto de 6.14 L; al elevar este volumen a 10.05 L, se observó que los valores de presión estaban por arriba de los parámetros de protección pulmonar, alcanzando valores de hasta 67.81 cmH₂O, como se muestra en la *figura 10*.

Discusión

Al realizar la búsqueda sistemática se observó que existe poca información acerca del tratamiento de

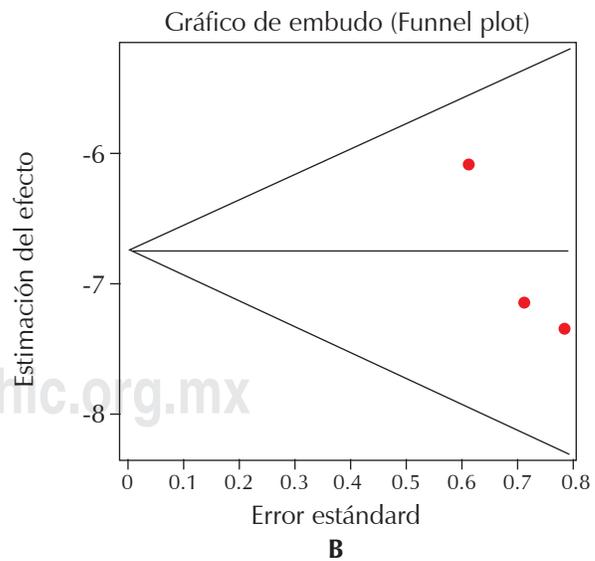


Figura 6. Análisis de sensibilidad y sesgo de publicación para subgrupo analizado de índice de oxigenación. **A.** Gráfico de influencia. **B.** Gráfico de embudo.

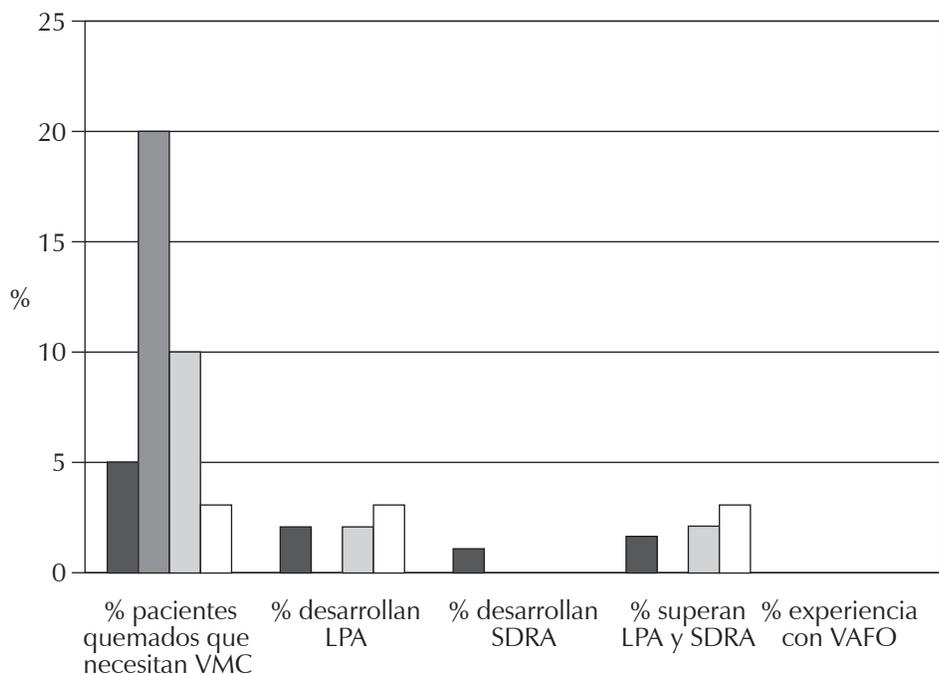


Figura 7.

Resultado de la encuesta efectuada a hospitales que atienden a pacientes quemados.

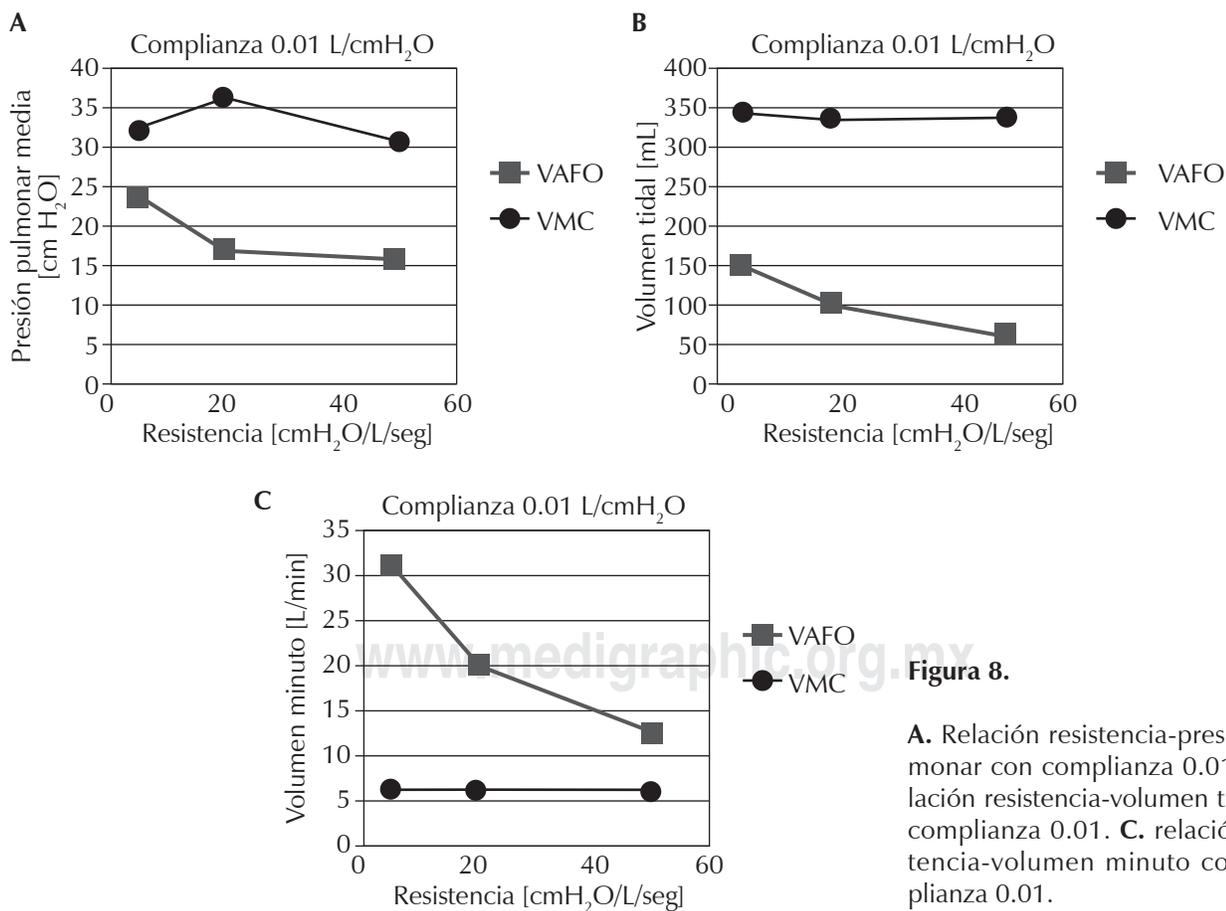


Figura 8.

A. Relación resistencia-presión pulmonar con complianza 0.01. **B.** relación resistencia-volumen tidal con complianza 0.01. **C.** relación resistencia-volumen minuto con complianza 0.01.

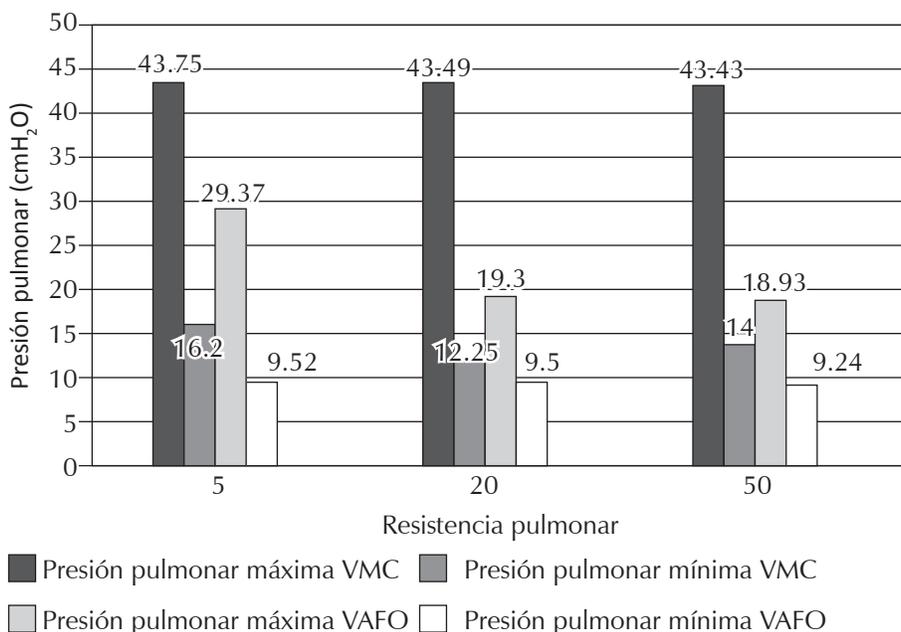


Figura 9.

Diferencial de presiones entre ambos ventiladores.

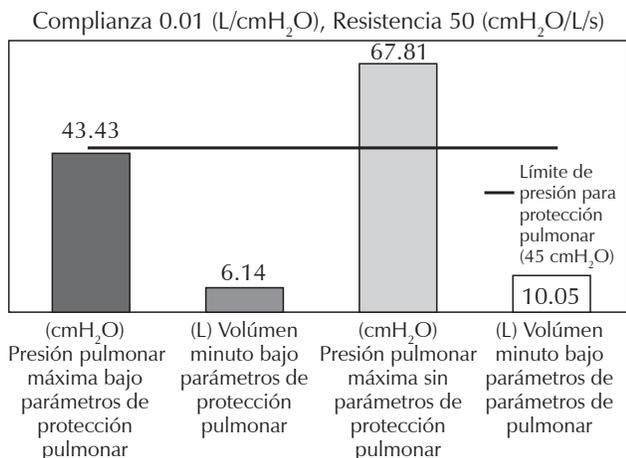


Figura 10. Comparación de volumen minuto y presión en VMC.

pacientes quemados adultos con SDRA utilizando tecnología VAFO, lo que llevó a ampliar la estrategia a individuos adultos con SDRA sin importar si éstos habían sufrido algún tipo de quemadura.

En los estudios evaluados, se pudo observar que existía una ligera mejoría al utilizar la VAFO en sujetos que habían sido manejados inicialmente con VMC, exceptuando el estudio de Cartotto,⁸ donde se estableció la posibilidad de que la VAFO no sea suficientemente favorable en personas con heridas por inhalación, por la dificultad al administrar broncodilatadores.

Este trabajo fue realizado en el año 2009 sin que hasta ese momento se hubieran realizado estudios de ensayo aleatorizados controlados multicéntricos, evaluando la eficacia de la VAFO contra la VMC. En el año 2013 se publicaron dos artículos, uno de ellos dirigido por Niall D. Ferguson y su equipo,¹⁶ en el cual participaron unidades de Canadá, Estados Unidos, Arabia Saudita, Chile e India, empezando el reclutamiento de pacientes del 2009 al 2012; este ensayo concluyó que la VAFO no disminuye la mortalidad y puede ser perjudicial para los enfermos, además de que fue interrumpido antes de la fecha estimada debido a que en tres análisis de datos consecutivos fue consistente el incremento de la mortalidad usando la VAFO. Sin embargo, estableció que estos resultados contradicen a la justificación fisiológica de la VAFO y de los estudios hechos en animales, donde se disminuyó la mortalidad usando esta tecnología. El otro artículo, publicado por Duncan Young,¹⁷ también es un ensayo aleatorizado controlado multicéntrico llevado a cabo en 12 unidades de cuidado intensivo de Inglaterra, Gales y Escocia. Al concluir conforme al análisis de datos, se observa que no hay una diferencia significativa en mortalidad entre el grupo de VAFO y el grupo control, por lo que no pudieron concluir si es benéfico o perjudicial en sujetos adultos con SDRA.

Ambos estudios son comparables debido a la similitud de criterios de inclusión de los pacientes. Una parte importante es que en nuestro trabajo se decidió no tomar la mortalidad como un parámetro determinante

debido a que las personas con quemaduras y SDRA pueden fallecer por otro motivo, por lo que sólo se analizó el IO y la relación $\text{PaO}_2/\text{FiO}_2$. Por lo anterior, se sugiere que se profundice una investigación con un número de muestra amplio con pacientes quemados para observar la respuesta de la VAFO en este particular tipo de individuos.

Por otro lado, en el estudio *in vitro* se constató que la VAFO ayuda a proteger el pulmón caracterizado con SDRA, disminuyendo el riesgo de sobredistensión y atelectrauma. También se observó dentro de las conclusiones que establecen los autores que la VAFO es segura y efectiva como medida de rescate, y que si es utilizada al principio del tratamiento, se podrán tener mejores resultados con el fin de disminuir la mortalidad en este tipo de sujetos.

El CENIAQ cuenta con tecnología de ventilación diversa para que se desarrollen diferentes protocolos de investigación y se divulgue sobre los tratamientos de vanguardia que pueden ser utilizados para disminuir la mortalidad y los días de hospitalización, entre otros parámetros, en beneficio de los pacientes quemados.

Conclusiones

Uno de los principales retos a los que se enfrentó este proyecto fue el reducido número de ensayos clínicos que existen para la evaluación de la VMC y VAFO en pacientes quemados, principalmente en México.

La VAFO al inicio fue considerada como terapia de rescate en individuos con SDRA cuando falla la VMC; al día de hoy los criterios para la aplicación de la VAFO se han optimizado para la aplicación más temprana con el fin de disminuir la mortalidad en este tipo de personas.

Del metaanálisis realizado a los estudios encontrados, se observó la poca evidencia que existe y la heterogeneidad entre ellos, ya que en relación con los resultados arrojados, solamente tres fueron homogéneos; sin embargo, de acuerdo con los resultados obtenidos de IO y la razón $\text{PaO}_2/\text{FiO}_2$, se encontró que la VAFO favorece ligeramente al tratamiento de los pacientes adultos con SDRA.

En México, al momento de realizar este proyecto, no se tenía esta tecnología, por lo que la experiencia en ella era casi nula.

Derivado del análisis *in vitro* se constató que la VAFO es una técnica de protección pulmonar, ya que al ventilar un pulmón restrictivo lo hace dentro de una ventana de seguridad, manteniendo una $P_{\text{media}} \leq 45 \text{ cmH}_2\text{O}$ y volumen minuto $\geq 10 \text{ L}$ a frecuencias

$\geq 5 \text{ Hz}$, disminuyendo el riesgo de sobredistensión y atelectrauma.

Una vez concluida la ETS con información documentada a través de estas tres herramientas de estudio, los tomadores de decisiones pudieron analizar la primera propuesta de equipamiento ventilatorio, modificando los criterios hacia la adquisición de equipos de ventilación con tecnología de alta frecuencia oscilatoria, además de la ventilación convencional con modos de ventilación de presión y APRV, con una relación de un ventilador de VAFO por cada seis ventiladores convencionales, los cuales están ubicados en las diferentes áreas médicas del CENIAQ. Este trabajo fue desarrollado mientras estaba en etapa de construcción.

Agradecimientos

Al Dr. Oscar Aguilar Díaz por su apoyo para la determinación de los parámetros de ventilación utilizados en el estudio *in vitro*.

A la empresa Servicios de Ingeniería en Medicina por el préstamo del ventilador de alta frecuencia oscilatoria.

Bibliografía

1. SUIVE/DGE/SALUD/Información epidemiológica de morbilidad, Anuario 2011. Versión ejecutiva, documento. Disponible en: <http://www.epidemiologia.salud.gob.mx/anuario/html/anuarios.html>
2. Centro Nacional de Investigación y Atención de Quemados del Instituto Nacional de Rehabilitación, página web. Disponible en: <http://www.inr.gob.mx/ceniaq.html>
3. Ipaktchi K, Arbabi S. Advances in burn critical care. Crit Care Med. 2006; 34 (9): s239-s244.
4. Dancy DR, Hayes J, Gómez M, Schouten D, Fish J, Peters W et al. ARDS in patients with thermal injury. Intensive Care Med. 1999; 25: 1231-1236.
5. Cartotto R. Use of high-frequency oscillatory ventilation in inhalation injury. J Burn Care Res. 2009; 30 (1): 178-181.
6. Jiménez-Castro E, Coronado-García O, Orozco-Saborio L, Boza-Mora A. Ventilación con liberación de presión en la vía aérea, en neonatos con insuficiencia respiratoria aguda. Acta Méd Costarric. 2013; 55 (2): 92-95.
7. Fan E, Stewart TE. New modalities of mechanical ventilation: high-frequency oscillatory ventilation and airway pressure release ventilation. Clin Chest Med. 2006; 27: 615-625.
8. Cartotto R, Cooper AB, Esmond JR, Gómez M, Fish JS, Smith T. Early clinical experience with high-frequency oscillatory ventilation for ARDS in adult burn patients. J Burn Care Rehabil. 2001; 22 (5): 325-333.

9. Metha S, Granton J, MacDonald RJ, Bowman D, Matte-Martyn A, Bachman T et al. High-frequency oscillatory ventilation in adults: the Toronto experience. *Chest*. 2004; 126: 518-527.
10. Finkielman JD, Gajic O, Farmer JC, Afessa B, Hubmayr RD. The initial Mayo Clinic experience using high-frequency oscillatory ventilation for adult patients: a retrospective study. *BMC Emergency Medicine*. 2006; 6: 2.
11. Cartotto R, Walia G, Ellis S, Fowler R. Oscillatory after inhalation: high frequency oscillatory ventilation in burn patients with the acute respiratory distress syndrome and co-existing smoke inhalation injury. *J Burn Care Res*. 2009; 30 (1): 119-127.
12. Metha S, Lapinsky SE, Hallet DC, Merker D, Groll RJ, Cooper AB et al. Prospective trial of high-frequency oscillation in adults with acute respiratory distress syndrome. *Crit Care Med*. 2001; 29 (7): 1360-1369.
13. Cartotto R, Ellis S, Gómez M, Cooper A, Smith T. High-frequency oscillatory ventilation in burn patients with the acute respiratory distress syndrome. *Burns*. 2004; 30: 453-463.
14. Derdak S, Mehta S, Stewart TE, Smith T, Rogers M, Buchman TG et al. High-frequency oscillatory ventilation for acute respiratory distress syndrome in adults. *Am J Respir Crit Care Med*. 2002; 166: 801-808.
15. Bollen CW, van Well GT, Sherry T, Beale RJ, Shah S, Findlay G et al. High-frequency oscillatory ventilation compared with conventional mechanical ventilation in adult respiratory distress syndrome: a randomized controlled trial. *Crit Care*. 2005; 9: R430-R439.
16. Ferguson ND, Cook DJ, Guyatt GH, Mehta S, Hand L, Austin P et al. High-frequency oscillation in early acute respiratory distress syndrome. *N Engl J Med*. 2013; 368 (9): 795-805.
17. Young D, Lamb SE, Shah S, MacKenzie I, Tunnicliffe W, Lall R et al. High-frequency oscillation for acute respiratory distress syndrome. *N Engl J Med*. 2013; 368 (9): 806-813.