

**EFFECTOS DE LA VENTILACIÓN MECÁNICA CON HELIOX EN
NIÑOS Y ADOLESCENTES CON PATOLOGÍA BRONQUIAL
OBSTRUCTIVA**



UNIVERSIDAD DEL ROSARIO

UNIVERSIDAD COLEGIO MAYOR DEL ROSARIO

Bogotá D.C., Junio de 2012

**EFFECTOS DE LA VENTILACIÓN MECÁNICA CON HELIOX EN
NIÑOS Y ADOLESCENTES CON PATOLOGÍA BRONQUIAL
OBSTRUCTIVA**

Doctora Deicy Angarita

Trabajo de grado para optar al título de Especialista en Cuidado Intensivo Pediátrico

Asesores Temáticos

Doctor Jaime Fernández

Doctor Javier Godoy

Doctor Hernando Mullet

Asesor Metodológico

Dr. Germán Briceño

UNIVERSIDAD COLEGIO MAYOR DEL ROSARIO

Bogotá D.C., Junio de 2012

AUTORA

Deicy Angarita

Médico Cirujano Universidad Nacional de Colombia

Especialista en Pediatría Universidad Del Rosario

Estudiante Especialización Cuidado Intensivo Pediátrico

Universidad del Rosario

Email: dj_angarita@hotmail.com

“La Universidad del Rosario, no se hace responsable de los conceptos emitidos por los investigadores en su trabajo, solo velará por el rigor científico, metodológico y ético del mismo en aras de la búsqueda de la verdad y la justicia”.

EFFECTOS DE LA VENTILACIÓN MECÁNICA CON HELIOX EN NIÑOS Y ADOLESCENTES CON PATOLOGÍA BRONQUIAL OBSTRUCTIVA

Objetivo: Evaluar si el Heliox reduce la resistencia en la vía aérea en niños y adolescentes con patología bronquial obstructiva que requieren ventilación mecánica.

Materiales y Métodos: Se realizó estudio prospectivo observacional descriptivo en niños y adolescentes con patología bronquial obstructiva y ventilación mecánica con $FiO_2 \leq 0,5$. Se midieron diferentes variables: resistencia, presión pico, presión media de la vía aérea, presión meseta, volumen corriente, autoPEEP, distensibilidad, PetCO₂, ventilación de espacio muerto antes de inicio de heliox y a los 30 minutos, 2, 4, 6, 12, 18 y 24 horas y diariamente hasta suspenderlo por extubación o $FiO_2 > 0,5$.

Resultados: Este estudio con resultados parciales incluyó 9 pacientes encontrando descenso significativo de resistencia espiratoria a los 30 minutos (51,2 vs 32,3; $p=0,0008$), 2 horas (51,2 vs 33,4; $p=0,0019$) y 4 horas (51,2 vs 30,7; $p=0,0012$) así como de la resistencia inspiratoria a la hora 2 (48,6 vs 36,2; $p = 0,013$) y hora 4 (48,6 vs 30; $p=0,004$). Se observó tendencia al descenso de la PetCO₂ que no fue significativa (52,3 vs 34,3; $p=0,06$). No se evidenció cambios en las variables; autoPEEP, presión pico, presión media de la vía aérea, distensibilidad, ventilación de espacio muerto, presión meseta y volumen corriente antes y después del inicio del Heliox.

Conclusión: La ventilación mecánica con Heliox en niños con patología bronquial obstructiva parece ser que reduce de manera significativa la resistencia de la vía aérea, con tendencia al descenso de la PetCO₂. Se necesitan estudios prospectivos al menos observacionales analíticos que corroboren estos hallazgos.

Palabras clave: Heliox, ventilación mecánica, falla respiratoria, niños.

EFFECTS OF THE MECHANICAL VENTILATION WITH HELIOX IN CHILDREN AND ADOLESCENTS WITH OBSTRUCTIVE BRONCHIAL PATHOLOGY

Objective: To evaluate if the Heliox reduces the resistance in the airway in children and adolescents with obstructive bronchial pathology and mechanical ventilation.

Materials and Methods: An observational prospective descriptive study was made in children and adolescents with obstructive bronchial pathology and mechanical ventilation with $FiO_2 \leq 0,5$. Different variables were measured: resistance, pressure peak, mean airway pressure, pressure plateau, tidal volume, AutoPEEP, compliance, PetCO₂, dead space ventilation, before heliox and after 30 minutes, 2, 4, 6, 12, 18 and 24 hours, and daily until heliox suspension by extubation or $FiO_2 > 0,5$.

Results: This study with partial results included 9 patients finding significant reduction of expiratory resistance to 30 minutes (51.2 versus 32.3; $p=0,0008$), 2 hours (51.2 versus 33.4; $p=0,0019$) and 4 hours (51.2 versus 30.7; $p=0,0012$) as well as of the inspiratory resistance to hour 2 (48.6 versus 36.2; $p = 0.013$) and hour 4 (48.6 versus 30; $p=0,004$). PetCO₂ no significant decreasing tendency was observed (52.3 versus 34.3; $p=0,06$). No changes in variables; autoPEEP,

pressure peak, mean airway pressure, compliance, dead space, pressure plateau and tidal volume, before or after the Heliox were observed.

Conclusion: Mechanical ventilation with Heliox in Children with bronchial obstructive pathology appears to be that it reduce in a significant way the resistance of the airway, with tendency to the reduction of the PetCO₂. Prospective studies are needed at least observational analytic that corroborate these findings.

Key words: Heliox, mechanical ventilation, respiratory failure, children.

Tabla de contenido

	pág.
1. Introducción	11
2. Planteamiento del problema y pregunta de investigación	12
3. Justificación	14
4. Marco Teórico	15
4.1. Introducción	15
4.2 Propiedades físicas del heliox	16
4.3 Aplicaciones clínicas	18
4.4 Modos de aplicación	21
4.5 Efectos secundarios	24
5. Objetivos	25
5.1. General	25
5.2. Específicos	25
6. Metodología	26
6.1. Diseño de estudio	26
6.2. Población y muestreo	26
6.3. Diagrama de protocolo	27
6.4 Criterios de elegibilidad	29
6.5. Variables	29
6.6 Control de errores y sesgos	31
6.7. Plan de Análisis	31
7. Consideraciones éticas	32
8. Aspectos administrativos	33
8.1 Organigrama	33
8.2 Cronograma	34
8.3 Presupuesto	35
9 Resultados	36
10 Discusión	42
11 Conclusiones	43

12 Bibliografía	46
13 Anexos	50

Lista de siglas

Cest	Compliance estática
FiO ₂	Fracción inspiratorio de oxígeno
PetCO ₂	Presión parcial de CO ₂ espirado
PEEP	Presión positiva a final de la espiración
PIP	Presión Inspiratoria Pico
PMVA	Presión media de la vía aérea
PP	Presión Pico
V _c	Volumen corriente
V _d	Ventilación de espacio muerto
VM	Ventilación Mecánica

Lista de tablas

	pág.
<i>Tabla 1.</i> Diferencias de la vía aérea en el Niño comparado con el Adulto	16
<i>Tabla 2.</i> Principales indicaciones de la terapia con heliox en el manejo de procesos obstructivos de la vía aérea superior	19
<i>Tabla 3.</i> Ventiladores específicos para Heliox	23
<i>Tabla 4.</i> Descripción de Variables	29
<i>Tabla 5.</i> Cronograma de actividades	34
<i>Tabla 6.</i> Presupuesto	35
<i>Tabla 7.</i> Características de los pacientes incluidos en el estudio	36
<i>Tabla 8.</i> Datos obtenidos antes y después del uso de VM con Heliox sobre la resistencia inspiratoria en los 9 pacientes hasta la suspensión de Heliox	37
<i>Tabla 9.</i> Datos de la media de la resistencia inspiratoria de los 9 pacientes antes y después del uso de VM con Heliox y comparación de medias pareadas entre la medición sin Heliox y con Heliox a los 30 minutos, 2 horas, 4 horas, 6 horas, 12 horas, 18 horas, 24 horas, 48 horas y 72 horas	37
<i>Tabla 10.</i> Datos obtenidos antes y después del uso de VM con Heliox sobre la resistencia espiratoria en los 9 pacientes hasta la suspensión de Heliox	38
<i>Tabla 11.</i> Datos de la media de la resistencia espiratoria de los 9 pacientes antes y después del uso de VM con Heliox y comparación de medias pareadas entre la medición sin heliox y con Heliox a los 30 minutos, 2 horas, 4 horas, 6 horas, 12 horas, 18 horas, 24 horas, 48 horas y 72 horas	38
<i>Tabla 12.</i> Datos obtenidos antes y después del uso de VM con Heliox sobre la PetCO ₂	

en los 9 pacientes hasta la suspensión de Heliox	39
<i>Tabla 13.</i> Datos de la media de la PetCO ₂ de los 9 pacientes antes y después del uso de VM con Heliox y comparación de medias pareadas entre la medición sin Heliox y con Heliox a los 30 minutos, 2 horas, 4 horas, 6 horas, 12 horas, 18 horas, 24 horas, 48 horas y 72 horas	39
<i>Tabla 14.</i> Datos obtenidos de la media del Vd, autoPEEP y Cest de los 9 pacientes antes y después del uso de VM con Heliox	40
<i>Tabla 15.</i> Datos obtenidos de la media de PIP, meseta, PMVA y Vc de los 9 pacientes antes y después del uso de VM con Heliox	41

Lista de figuras

	pág.
<i>Figura 1.</i> Flujograma de reclutamiento de pacientes	27
<i>Figura 2.</i> Protocolo de aplicación de Heliox	28
<i>Figura 3.</i> Tendencia de la media de la resistencia inspiratoria, espiratoria y petCO ₂ de los 9 pacientes antes y después del uso de VM con Heliox	40

1. Introducción

Los pacientes con enfermedad bronquial obstructiva que requieren ventilación mecánica presentan un aumento en la resistencia de la vía aérea que genera un aumento en el volumen pulmonar al final de la inspiración fenómeno llamado hiperinsuflación dinámica. Este fenómeno genera efectos deletéreos sobre la mecánica respiratoria, intercambio de gases, la hemodinamia, transporte de oxígeno y trabajo respiratorio. Este fenómeno puede ser atenuado por medidas tales como cambios en los parámetros del ventilador así: reducción de la frecuencia respiratoria, reducción del volumen corriente, uso de broncodilatadores y aplicación de PEEP (presión positiva al final de la espiración) extrínseco, este último genera incremento de los volúmenes pulmonares y de la presión intratorácica y empeora la hemodinamia¹

Desde 1935 el uso de Heliox ha sido propuesto como una terapia en asma y obstrucción de vía aérea superior. Gracias a sus propiedades físicas se han reportado efectos tales como reducción del flujo turbulento en la vía aérea y atrapamiento aéreo, mejorando el intercambio gaseoso y reduciendo el soporte mecánico². La administración de Heliox en la práctica clínica puede ser administrado de forma no invasiva mediante sistemas de administración de oxígeno ya sea de alto ó bajo flujo y de forma invasiva con ventilación mecánica, de hecho ya existen varias máquinas de cuarta generación que han incorporado el software para Heliox dentro de su diseño (Avea, Hamilton G5, Inspiration, Adaptaer, Event, Helontix)³.

Revisando la literatura hay pocos estudios evaluando el efecto de Heliox en niños y adolescentes con patología bronquial obstructiva que requieren ventilación mecánica, en Colombia no existen estudios publicados a la fecha.^{4,5,6,7,2}. Se decide realizar un estudio que evalué el efecto del heliox sobre la resistencia en la vía aérea en niños y adolescentes con patología bronquial obstructiva que requieren ventilación mecánica, además se evaluarán otras variables de la mecánica respiratoria.

El estudio contribuirá al conocimiento y entendimiento del efecto de la ventilación mecánica con Heliox en niños y adolescentes con patología bronquial obstructiva.

2. Planteamiento del problema y pregunta de investigación

Los pacientes con enfermedad bronquial obstructiva que requieren ventilación mecánica presentan un aumento en la resistencia de la vía aérea que genera un aumento en el volumen pulmonar al final de la inspiración fenómeno llamado hiperinsuflación dinámica. Este fenómeno genera efectos deletéreos sobre la mecánica respiratoria, intercambio de gases, la hemodinamia, transporte de oxígeno y trabajo respiratorio.¹

Si reemplazamos el nitrógeno del aire inspirado por helio, que es cerca de siete veces menos denso, se obtiene una mezcla gaseosa denominada heliox cuya densidad se vuelve tres veces menor que la del aire: esta propiedad física es la determinante de sus principales utilidades terapéuticas^{8,9,10}. Respirando heliox mejora el intercambio gaseoso, el CO₂ difunde cuatro a cinco veces más rápido en heliox que en aire^{8,11,12}, al mejorar la difusión de gases en la vía aérea, disminuye el shunt intrapulmonar, se logra una mejor relación ventilación/perfusión y además mejora la compliance dinámica que sumado a la disminución de la resistencia de la vía aérea (por lograr flujos laminares) hace que se optimicen de mejor manera las constantes de tiempo de la vía aérea/pleura^{8,11,13}

Revisando la literatura hay pocos estudios en niños evaluando el efecto de heliox sobre la mecánica respiratoria e intercambio de gases, los que existen incluyen muy pocos pacientes y los resultados son contradictorios.

Martin CJ Kneyber y Marc van Heerde describen el uso de heliox sobre la resistencia en la vía aérea en niños con infección por virus sincitial respiratorio y falla respiratoria, reclutaron 9 pacientes y encontraron una disminución en la resistencia de la vía aérea sin encontrar cambios en otras variables. Shamel A. Abd-Allah y Mark S. Rogers describen el uso de heliox en pacientes con asma y falla respiratoria fue un estudio retrospectivo con 28 pacientes encontraron que puede reducir la presión pico inspiratoria, mejora el pH sanguíneo y la presión parcial de CO₂. Matthew F Gross y Robert M Spear describen el

efecto de heliox en pacientes con bronquiolitis, reclutaron 10 pacientes y no encontraron diferencias estadísticas entre la PaCO₂, PaO₂/FiO₂, o PaO₂/PAO₂^{4,5,6}.

En Colombia no existe un estudio como este representando un vacío en el conocimiento, razón por la cual se decide realizar un estudio que permita evaluar el efecto de heliox sobre la resistencia en vía aérea en niños y adolescentes con patología obstructiva bronquial que requiere ventilación mecánica.

De esta manera surge el **planteamiento de la siguiente pregunta:**

¿El uso de Heliox disminuye la resistencia en la vía aérea en niños y adolescentes con patología bronquial obstructiva que requieren ventilación mecánica?

3. Justificación

Durante el nuevo milenio han resurgido terapias para pacientes críticamente enfermos que buscan optimizar y ampliar las intervenciones existentes para poder aplicarlas a niños cada vez con mayores y severos compromisos. La búsqueda de nuevas estrategias de manejo ha permitido lograr mayores índices de supervivencia en niños que tradicionalmente fallecían o quedaban con secuelas importantes por falta de intervenciones adecuadas para su condición patofisiológica de base.^{11,14,15}

La mezcla de oxígeno y helio llamada heliox por Barach y cols en 1935 es una de esta “viejas nuevas” terapias que luego de dejarse de utilizar, han resurgido con gran fuerza logrando demostrar grandes beneficios en el grupo de pacientes pediátricos.¹⁴

El aire que respira todo ser humano está constituido por cerca de 70% de nitrógeno, 20,9% de oxígeno y una muy pequeña proporción de otros gases. Si reemplazamos el nitrógeno del aire inspirado por helio, que es cerca de siete veces menos denso, se obtiene una mezcla gaseosa denominada heliox (78/22) cuya densidad se vuelve tres veces menor que la del aire: esta propiedad física es la determinante de sus principales utilidades terapéuticas^{8,9,10}. Respirando heliox mejora el intercambio gaseoso, el CO₂ difunde cuatro a cinco veces más rápido en heliox que en aire^{8,11,12}, al mejorar la difusión de gases en la vía aérea, disminuye el shunt intrapulmonar, se logra una mejor relación ventilación/perfusión y además mejora la compliance dinámica que sumado a la disminución de la resistencia de la vía aérea (por lograr flujos laminares) hace que se optimicen de mejor manera las constantes de tiempo de la vía aérea/pleura^{8,11,13}

Como se ha descrito, las principales aplicaciones del heliox en pediatría están relacionadas con patologías que afectan y produzcan obstrucción de la vía aérea tanto alta como baja

Revisando la literatura hay pocos estudios en niños evaluando el efecto de heliox sobre la mecánica respiratoria, intercambio de gases, transporte de oxígeno y trabajo respiratorio, los que existen incluyen muy pocos pacientes y los resultados son contradictorios. En Colombia no existen estudios.

El estudio permitirá el conocimiento y entendimiento de los efectos de heliox sobre la resistencia en vía aérea en niños y adolescentes con patología obstructiva bronquial que requieren ventilación mecánica.

4. Marco teórico

4.1 Introducción

Durante el nuevo milenio han resurgido terapias para pacientes críticamente enfermos que buscan optimizar y ampliar las intervenciones existentes para poder aplicarlas a niños cada vez con mayores y severos compromisos. La búsqueda de nuevas estrategias de manejo ha permitido lograr mayores índices de supervivencia en niños que tradicionalmente fallecían o quedaban con secuelas importantes por falta de intervenciones adecuadas para su condición patofisiológica de base.^{11,14,15}

La mezcla de oxígeno y helio llamada Heliox por Barach y cols en 1935 es una de esta “viejas nuevas” terapias que luego de dejarse de utilizar, han resurgido con gran fuerza logrando demostrar grandes beneficios en el grupo de pacientes pediátricos.¹⁴ Este autor demostró que el Heliox mejoraba el flujo aéreo en pacientes con afección inflamatoria y obstructiva de la vía aérea superior e inferior. A pesar de estos excelentes beneficios su impacto en la comunidad médica fue pobre, descontinuándose rápidamente su uso especialmente por la aparición de otras terapias como los broncodilatadores, así como la menor disponibilidad de heliox durante la segunda guerra mundial.

Es importante recalcar que este gas no tiene propiedades terapéuticas intrínsecas per se, pero si tiene otras características que le permiten ser un muy buen vehículo que hace que otras medicaciones actúen, así como permitir estabilizar el paciente con intervenciones menos agresivas mientras el proceso de base se resuelve.^{16,17,18,19}

Hay que partir de la base que los niños “no son adultos pequeños”. Las diferencias en principio anatómicas de la vía aérea del niño le confieren propiedades especiales que hacen que las intervenciones sean diferentes como se discute a continuación: (tabla 1)⁸

El niño tiene la vía aérea de menor calibre lo que hace que niveles más pequeños de edema en la vía aérea sean responsables de obstrucciones más importantes. De la misma manera el tamaño de la lengua con respecto a la cavidad oral, al ser más grande, hace que fácilmente se obstruya la vía aérea al entrar en contacto el maxilar inferior con el tórax

especialmente en lactantes menores. Otra diferencia importante es la ubicación de la laringe en posición más cefálica así como la epiglotis más grande lo que hace que al tratar de realizar laringoscopia directa sea mucho más fácil visualizar completamente la vía aérea usando hojas rectas en el laringoscopio en menores de 4 años. Igualmente el hecho que la vía aérea del adulto sea cilíndrica y la del niño cónica hace que en estos últimos no se requiera neumotaponador en el tubo orotraqueal en menores de 8 años por el sello fisiológico que ejerce el cartílago cricoides (sitio más estrecho de la vía aérea del niño).^{20,21}

Otra característica adicional es menor cantidad de canales de ventilación colateral lo que predispone a atelectasias. Una caja torácica inestable limita la generación de volúmenes corrientes adecuados, como sucede en lactantes y niños con importante desnutrición, así como una mayor predisposición de los músculos respiratorios a la fatiga muscular¹¹

Estas diferencias tanto anatómicas como funcionales son importantes al momento de intervenir pacientes críticos que están en falla respiratoria posible y evoluciona a falla probable con posterior instauración de la insuficiencia respiratoria para poderse adelantar a estos eventos y lograr tener el equipo, personal y medicaciones adecuadas.

Tabla 1. Diferencias de la vía aérea en el niño comparado con el adulto (8)

DIFERENCIAS	CONSECUENCIA
Menor calibre global de la vía aérea	Menores niveles de edema generan más obstrucción
Lengua más grande respecto a tamaño cavidad oral	Obstrucción vía aérea con flexión de la cabeza
Laringe más cefálica	Hoja recta menores 4 años
Vía aérea cónica	Tubos orotraqueales sin neumotaponador en menores 8 años
Menor proporción de poros de Kohn y canales de Lambert	Mayor predisposición a atelectasias
Caja torácica inestable	Menores volúmenes y más fatiga muscular.

4.2 Propiedades físicas del heliox

La mezcla de oxígeno y helio se considera como un gas noble, inerte, no inflamable, inodoro, e incoloro, que posee el menor peso específico de todos los gases con la excepción del hidrógeno, altamente inflamable. Su bajo peso específico le confiere una densidad también muy baja.^{8,22}

El aire que respira todo ser humano está constituido por cerca de 70% de nitrógeno, 20,9% de oxígeno y una muy pequeña proporción de otros gases. Si reemplazamos el nitrógeno del aire inspirado por helio, que es cerca de siete veces menos denso, se obtiene una mezcla gaseosa denominada heliox (78/22) cuya densidad se vuelve tres veces menor que la del aire: esta propiedad física es la determinante de sus principales utilidades terapéuticas^{8,9,10}

4.2.1 Propiedades fisiológicas

a. Disminución del Trabajo Respiratorio La dinámica de gases en la vía aérea del niño está condicionada por varios factores que han sido agrupados en leyes y/o fórmulas^{11,23}

El flujo de aire en las vías aéreas es una combinación de flujos laminares y turbulentos. Que el flujo de un gas sea laminar o turbulento, estará determinado por el número de Reynolds, ($V = v \times di \times de / vis$) valor que depende de la velocidad del flujo (v), el diámetro de la vía aérea(di) y el cociente entre la densidad del gas (de) y su viscosidad (vis).

Cuando el flujo de un gas es turbulento, la resistencia a dicho flujo está aumentada y el gradiente de presión necesario para mantenerlo es directamente proporcional a la densidad del gas, osea que se necesitarán gases que a mayor turbulencia proporcionen menor densidad; sin embargo, si el Flujo es laminar, la resistencia ofrecida por la vía aérea es menor y el gradiente de presión ya no depende de la densidad del gas, sino que es simplemente proporcional al flujo. Traducido en términos de trabajo respiratorio, en situación de flujo turbulento el administrar un gas de muy baja densidad hace que se pierda esta turbulencia disminuyendo la resistencia de la vía aérea volviendo el flujo en la vía aérea laminar.^{11,23,24}

Esto sucede al administrar heliox. Logramos que para mayores tasas de flujo del gas (habitualmente oxígeno suplementario), se conserve el flujo laminar (al disminuir el número de Reynolds), favorecemos el paso de flujo turbulento a laminar y logramos que la presión requerida para mantener el flujo sea menor inclusive en condiciones de turbulencia. De este modo, respirando heliox disminuye la resistencia de la vía aérea y por consiguiente el trabajo respiratorio a realizar por el paciente. Así, de forma concreta se ha comprobado

que en adultos sanos, la respiración de heliox reduce la resistencia de la vía aérea hasta en un 40% y aumenta el flujo espiratorio máximo hasta un 50%.^{17,25}

b. Mejoría del Intercambio Gaseoso En las vías de conducción pequeñas (bronquiolos respiratorios) donde la eliminación de CO₂ está facilitada por la difusión, el CO₂ difunde cuatro a cinco veces más rápido en heliox que en aire; de este modo, para una presión parcial de CO₂ dada, la cantidad de CO₂ eliminada por unidad de tiempo es mucho mayor en heliox que en aire. Esto es debido a que el helio tiene un coeficiente de difusión binaria muy alto gracias a su bajísimo peso molecular, lo que origina que la adición de helio a una mezcla gaseosa incremente notablemente su difusión. A este efecto difusor del heliox hay que añadir también la menor producción de CO₂ propiciada por disminución del trabajo respiratorio. De esta manera mejora de forma importante la ventilación alveolar^{8,11,12}.

Pero también se ha demostrado efectos sobre la oxigenación. Estas propiedades no son intrínsecas al heliox sino son consecuencia de sus propiedades físicas. Al mejorar la difusión de gases en la vía aérea, disminuye el shunt intrapulmonar, se logra una mejor relación ventilación/perfusión y además mejora la compliance dinámica que sumado a la disminución de la resistencia de la vía aérea (por lograr flujos laminares) hace que se optimicen de mejor manera las constantes de tiempo de la vía aérea/pleura^{8,11,13}

4.3 Aplicaciones clínicas

Como se ha descrito, las principales aplicaciones del heliox en pediatría están relacionadas con patologías que afectan y produzcan obstrucción de la vía aérea tanto alta como bajas (tabla 2)

1. Obstrucción de Vía aérea superior:

Tradicionalmente el Heliox ha sido utilizado en procesos que cursen con aumento de la resistencia al flujo en el tracto respiratorio superior. Los trabajos realizados han demostrado eficacia en pacientes con Croup viral, croup post-extubación, y lesión de cuerdas vocales, en casos severos que no responden a la terapia convencional ó como coadyuvante de la misma^{26,27,28}. Su eficacia en estas entidades radica en que en las vías respiratorias de mayor calibre (ya en situación basal), el flujo es turbulento y por tanto dependiente de la densidad. Cuando se produce una obstrucción a este nivel, la resistencia al flujo de aire se hace

todavía mayor y los flujos más turbulentos, lo que incrementa de forma considerable el trabajo respiratorio. La menor densidad del heliox servirá para atenuar en gran medida estos fenómenos; más aún si tenemos en cuenta la dinámica de la porción extratorácica de la tráquea flexible del niño, que se estrecha durante la inspiración incluso en condiciones normales.^{26,27,28,29,30,31}

2. Obstrucción de Vía aérea Inferior:

En pediatría existen varias aplicaciones del heliox en patología que afecte vía aérea distal. La mayoría de los estudios se han realizado en pacientes con asma bronquial en fase de agudización moderada a severa. Rodrigo G y cols³² en su meta-análisis incluyen cinco trabajos realizados en adultos y uno en pediatría (en total 369 pacientes) considerados de alta calidad para ser incluidos luego de una búsqueda exhaustiva en más de veinte años en la literatura mundial. Estos autores llegan a la conclusión que con la evidencia actual el heliox no ha demostrado mejorar la función pulmonar con respecto al placebo en ninguna mezcla. Sin embargo se aclara que los estudios son muy pocos y aunque seleccionados no son de alto valor epidemiológico para afirmar con plena seguridad que no es una buena alternativa para el manejo de estos pacientes

Tabla 2 Principales indicaciones de la terapia con heliox en el manejo de procesos obstructivos de la vía aérea superior.

- | |
|---------------------------------------|
| A.- Etiología infecciosa |
| 1.- Laringitis |
| 2.- Epiglotitis* |
| 3.- Traqueitis* |
| B.- Etiología inflamatoria |
| 1.- Edema subglótico post- extubación |
| 2.- Edema post-radioterapia |
| 3.- Angioedema |
| 4.- Edema por lesión inhalatoria |
| 5.- Crup espasmódico |
| C.- Etiología mecánica |
| 1.- Cuerpo extraño* |
| 2.- Parálisis de cuerdas vocales |

- 3.- Estenosis subglótica
- 4.- Laringotraqueomalacia
- D.- Etiología tumoral
 - 1.- Procesos expansivos de laringe y tráquea
 - 2.- Compresión tumoral de bronquios principales

* Indicaciones relativas. Modificado de: Ruza. Manual de Cuidados Intensivos Ed 3ra 2001.

Los hallazgos de Rodrigo y cols han sido bastante cuestionados especialmente por el sesgo de selección que tuvo. De manera contraria Ho y cols³³ en otro meta-análisis que evalúa la efectividad del heliox en pacientes con crisis asmática encontró grandes beneficios cuando se aplicaba de manera precoz y sobre todo en los casos más severos. Este trabajo concluye que luego de incluir estudios de alto valor epidemiológico (incluyendo dos pediátricos) el Heliox puede mejorar tanto la rata de flujo espiratorio forzado (FEPR relacionada con flujo turbulento) como los parámetros clínicos de score de severidad y pulso paradójico. Igualmente los estudios realizados por el Dr. Federico Martínón en el Hospital Santiago de Compostela en España¹³ han demostrado que el heliox ha sido efectivo como manejo no convencional de las crisis asmáticas moderadas a severas porque disminuye la resistencia de la vía aérea y permite aumentar el flujo espiratorio, reduce el atrapamiento de aire y mejora la distensibilidad dinámica. De este modo se mejora la ventilación, se disminuye el trabajo respiratorio y se disminuye significativamente la fatiga muscular que potencialmente lo llevaría a falla respiratoria^{16,18,20}

En los niños asmáticos, las resistencias de las vías aéreas están más influenciadas por la obstrucción en vías de mayor calibre que en los adultos, por lo que es mucho más probable una respuesta positiva al heliox^{9,14,11,22}. Se ha constatado su efecto benéfico en niños con estatus asmático, reflejado fundamentalmente en la caída significativa del pulso paradójico, pero también en la mejoría del índice de disnea y el pico flujo espiratorio³⁴. Es importante practicar trabajos que permitan comparar la eficacia clínica de las distintas mezclas de helio y oxígeno (60/40, 70/30, 80/20), y establecer escalas clínicas modificadas que valoren concretamente el componente obstructivo, sobre todo el dependiente de vías aéreas mayores, con el objeto de predecir qué pacientes se beneficiarán más de la aplicación de este gas. Sin embargo la evidencia existente sugiere que puede ser útil en los casos de

mayor turbulencia, es decir, las crisis moderadas a severas que no respondan a manejo convencional y especialmente aunque no necesariamente que requieran cuidado intensivo.

Kass y cols ³⁵ sugieren que se use en pacientes asmáticos que tengan las siguientes indicaciones: -Crisis moderadas a severas ò con FEPR menor del 40% -Historia de VM previa por crisis ò crisis severas -Ventilación mecánica en pacientes asmáticos que no se puedan ventilar de forma adecuada con estrategias convencionales y que requieran FiO₂ menor de 0,7.

Otra potencial utilidad de esta terapia de sostén es en niños con Bronquiolitis. Los trabajos han demostrado que puede mejorar la resistencia de la vía aérea inferior convirtiendo flujos turbulentos en laminares reduciendo así el trabajo respiratorio, lo que se traduce en mejoría progresiva de los scores clínicos y por ende disminuyendo la posibilidad de falla respiratoria^{13,36,37}. Estos efectos se han demostrado especialmente en pacientes con mayor obstrucción de la vía aérea logrando mejores resultados en los niños críticos luego de 30 minutos de su aplicación de acuerdo a lo encontrado por Piva y cols³⁰. Recientemente Martín y cols encontraron grandes efectos sobre la mecánica respiratoria en pacientes con bronquiolitis, lo que se traducía en una significativa mejoría del score clínico de Westley modificado³⁸.

Hay otras entidades en donde el heliox ha demostrado potencialmente ser efectivo. En adultos con enfermedad pulmonar obstructiva crónica cuando se administra mediante mascarilla con presión de soporte ó BIPAP ha sido efecto en reducir la disnea y mejorar la eliminación de gas carbónico disminuyendo la necesidad de intubación³⁹. Igualmente se ha demostrado en modelos experimentales que puede ser útil para reducir el neumotórax inducido artificialmente muy probablemente por un mecanismo de denitrogenación^{34,40}. Se ha utilizado también en la inducción anestésica con sevoflurano, porque aumenta el intercambio gaseoso y la ventilación minuto, y además acelera la inducción al mejorar la llegada del anestésico^{31,41}

4.4 Modos de aplicación

La administración de heliox en la práctica clínica no es complicada, sin embargo debemos tener en cuenta algunos aspectos técnicos para que alcancemos los objetivos terapéuticos propuestos.

a. Forma no invasiva:

Puede ser administrado a cualquier paciente mediante sistemas de administración de oxígeno ya sea de alto ó bajo flujo. Es importante tener presente que para que sea efectivo debe administrarse en concentraciones de 60 a 80% de helio porque menores concentraciones son insuficientes y mayores no aportarían suficiente mezcla de oxígeno. En el mercado las mezclas disponibles habitualmente dan este rango (Relación helio/oxígeno: 60/40 ; 70/30 : 80/20) con costos 8-9 veces mayores a la mezcla de oxígeno convencional⁸

Lo ideal sería utilizar un regulador de flujo (flujómetro) específico para el heliox para evitar su sub-utilización, sin embargo puede utilizarse reguladores de flujo convencionales para oxígeno teniendo en cuenta que el verdadero flujo entregado al paciente será el producto de multiplicar el flujo señalado en el regulador por el correspondiente factor de conversión de la siguiente manera³⁸: Heliox 80/20: Flujo x Factor Conversión (2,1) Heliox 70/30: Flujo x FC (1,7) Heliox 60/40: Flujo x FC (1,4)

Se debe utilizar con flujos de 10 a 15 lit./min como flujo total. Es decir luego de multiplicar el flujo entregado por el flujómetro de oxígeno por la constante de acuerdo a la concentración de Heliox utilizado.

Cuando se administra en pacientes no intubados lo ideal sería utilizar una mascarilla de no reinhalación siendo fundamental evitar a toda costa la entrada de aire ambiente para evitar la “dilución” del gas con la pérdida subsecuente de sus propiedades³⁸. También se puede administrar por cánula nasal especialmente en los lactantes, asegurándonos que quede ajustado para evitar su pérdida. Sin embargo la condición sin a qua non para que se administrado de esta manera, es ajustarlo para entregarlo como un CPAP, porque de lo contrario la cantidad de heliox que se mezcla con el aire es alta y por ende la mezcla pierde su principal propiedad (baja densidad). En caso de necesitar oxígeno suplementario puede administrarse con mascarilla ó cámara de Hood. La administración mediante esta última es subóptima, puesto que la mezcla con aire es mayor, y mientras el helio se va a la parte alta,

el nitrógeno, más pesado, se deposita en la parte baja, justo donde está la vía aérea del paciente⁸

Su utilización como fuente de nebulización, no representa ningún problema adicional ni requiere ningún equipo específico. Aplicaremos un flujo adecuado, por lo general un 20-25% mayor que el que utilizaríamos con aire u oxígeno y debemos tener en consideración únicamente que el tiempo de nebulización será más prolongado comparado con un flujo similar de aire u oxígeno puro. No existe ninguna incompatibilidad descrita entre el heliox y cualquier medicación nebulizable de uso habitual en una unidad de cuidados intensivos pediátricos^{19,37,42}

Recientemente se ha descrito con éxito su uso como medida complementaria al CPAP. Al asociar Heliox con CPAP se logran varios objetivos para pacientes con importante compromiso bronco-obstructivo en la vía aérea. Se disminuye la resistencia, se optimiza el trabajo respiratorio y con la presión continua (CPAP) mejora la capacidad residual funcional evitando un colapso alveolar progresivo en aquellas unidades alveolares con estabilidad marginal. Esto a la vez conserva funcionalmente adecuado el surfactante tanto por vía mecánica como por vía colinérgica. Por esta razón se recomienda usarlo tempranamente en pacientes con fatiga muscular con evolución a falla respiratoria ó durante el proceso de desconexión de ventilación mecánica⁴¹.

b. Formas invasivas

La utilización en pacientes con ventilación mecánica cada vez se ha vuelto más popular. De hecho ya existen varias máquinas de cuarta generación que han incorporado el software para Heliox dentro de su diseño (Avea de la casa Vyasis, Hamilton G5, Inspiration entre otros) Tabla 3.⁴³

Tabla 3 Ventiladores específicos para heliox (43)

Ventiladores con sistema específico para suministro de heliox.						
Modelo	Hamilton	Avea	Inspiration	Adaptaer	Event	Helontix
Modos ventilatorios	Convencionales, ASVBipap, PS, CPAP	Convencionales	Convencionales	Presión soporte	Convencionales	Presión soporte
Puerto entrada exclusivo para heliox	Sí	Sí	NO	Sí	Sí	Sí
Ajuste FiO2	Convencional	Convencional	DMH*	DMH	Convencional	Convencional
Válvula PEEP	Sí	Sí	Sí	NO	Sí	Sí
Distribuidor	Galileo	Vyasis		Datex Ohmeda	Event	Linde Gas Therapeutics
Maniobras para medir mecánica pulmonar	Sí	Sí	NO	NO	NO	NO

*Determinado por mezcla de heliox.

Cuando se utilizan los modelos antiguos como el Servo 900 C (casa Maquet) se debe conectar en el sitio diseñado para entrega de oxido nitroso (sitio de entrada a baja presión) para colocar el heliox Sin embargo, las propiedades físicas de este gas, fundamentalmente su menor densidad, pueden interferir con diversas funciones claves del ventilador, esencialmente los volúmenes registrados, la FiO2, la sensibilidad, la medida del flujo, y la compensación automática de fugas de la que disponen algunos modelos⁴⁴. La importancia de dichas variaciones dependerá del modelo de ventilador utilizado, y de manera concreta, del tipo de válvula y pneumotacómetro que utilice y su mayor o menor sensibilidad a las diferentes propiedades de la mezcla gaseosa. Este problema se ha podido eliminar en los nuevos modelos en donde si traen un sensor adecuado que evalúa la densidad del gas y da información ajustada a la mecánica pulmonar de cada paciente

Recientemente el Dr. Mark Rogers y cols publicaron su experiencia en el manejo de pacientes intubados por asma severa a quienes se les aplicó Heliox en estrategias de

ventilación mecánica convencional⁶. Utilizando ventilador Servo 900c y administrando el Heliox por la válvula de entrada de baja presión con flujos de 5-8 lit./min, encontraron que existía una reducción significativa en los requerimientos de oxígeno, optimización del estado ácido /base y disminución dramática del nivel de PCO₂ así como la presión inspiratoria máxima. Berkenbosh y cols⁴⁵, compararon el comportamiento clínico y gasimétrico de pacientes a quienes se les administró Heliox en concentración 80/20 utilizando cuatro modelos de ventiladores utilizados más frecuentemente en pediatría (Bird Vip, Bird Vip Gold, Servo 300, Servo 900C). Estos autores encontraron que la adición de Heliox tenía un efecto significativo sobre la FiO₂ entregada al paciente y sobre el volumen tidal cuando se utilizaban modos controlados por volumen y presión. Sin embargo estos resultados están supeditados al tipo de ventilador y el modo ventilatorio utilizados siendo en el servo 900c en el ventilador que se observó menos variabilidad en los modelos de segunda y tercera generación.

La manera más segura de ventilar mecánicamente a un paciente con heliox, será utilizando un modo ventilatorio controlado por presión, empleando la presión media como guía; de este modo, el uso de heliox puede disminuir el tiempo necesario para alcanzar la presión pico, pero no alterará el volumen entregado por el aparato¹².

Cuando se utiliza un modo controlado por volumen debe tenerse mucho cuidado porque las alteraciones en el funcionamiento del ventilador pueden ser mayores. Generalmente el volumen tidal entregado por el ventilador será mayor al volumen corriente prefijado lo que puede favorecer la aparición de baro-volutrauma. Teniendo en cuenta que a menor FiO₂ programada mayor diferencia entre estos volúmenes^{5,46,47}. Por lo tanto los datos informados por el ventilador deben ser ajustados a cada variable

4.5 Efectos secundarios

La utilización de la mezcla oxígeno-helio es bastante segura. Se ha descrito hipoxemia profunda por ser insuficiente la mezcla de oxígeno que se administra, fenómeno que fácilmente se puede corregir. Igualmente al tener una alta conductividad térmica (cerca de 6 veces la del aire) puede inducir hipotermia si la administración del gas es prolongada y se administra a temperaturas inferiores a 36°C^{8,12,19,48}. Cuando se utiliza en ventilación

mecánica se han descrito casos de neumotórax secundario, muy probablemente debido al aumento excesivo de presiones ó volúmenes prefijados¹². Es por esto que inmediatamente se coloca, se monitoriza la presión plateau y media de vía aérea para realizar los ajustes necesarios para evitar esta complicación.

Como se ha descrito el heliox se ha convertido en un excelente coadyuvante de diferentes patologías respiratorias. Una de las principales líneas de investigación en la que se están concentrando los expertos, es en sus excelentes propiedades como vehículo para nebulizar lo que lo convierte en un medio muy prometedor para el manejo de pacientes con obstrucción de la vía aérea. Esto por sus características de convertir en flujos turbulentos en laminares y por la posibilidad de entregar mayor cantidad de medicación a la vía aérea distal.^{30,49}

5. Objetivos

5.1. General

Evaluar si el Heliox reduce la resistencia en la vía aérea en niños y adolescentes con patología bronquial obstructiva que requieren ventilación mecánica.

5.2. Específicos

5.2.1 Evaluar el efecto de Heliox sobre la $petCO_2$ en niños y adolescentes con patología bronquial obstructiva que requieren ventilación mecánica.

5.2.2 Evaluar el efecto de Heliox sobre la mecánica respiratoria en niños y adolescentes con patología bronquial obstructiva que requieren ventilación mecánica, evaluando la distensibilidad estática, autoPEEP, V_d (espacio muerto).

5.2.3 Evaluar el efecto de Heliox sobre la presión meseta, presión media en la vía aérea (PMVA) presión inspiratoria pico (PIP) y Volumen corriente en niños y adolescentes con patología bronquial obstructiva que requieren ventilación mecánica.

6. Metodología

6.1. Diseño de estudio

Tipo de estudio: Estudio prospectivo observacional descriptivo

Los niños y adolescentes entre 1 mes de edad y los 18 años de edad que se encuentren en la Unidad de Cuidado Intensivo Pediátrico de la Fundación CardioInfantil con diagnóstico de patología bronquial obstructiva que requieren ventilación mecánica (gráfica 1) entrarán en el protocolo de aplicación de Heliox (gráfica 2).

Se tendrán en cuenta las siguientes **definiciones:**

- **Patología bronquial obstructiva:** En general, se identifican tres grupos principales de cuadros obstructivos. El primero es la bronquiolitis aguda, definida como el primer episodio de obstrucción bronquial durante una infección viral. El segundo grupo es el asma. El tercer grupo corresponde a la obstrucción bronquial secundaria a causas precisas, tales como secuelas de enfermedad respiratoria del recién nacido, secuelas de infección respiratoria aguda de tipo viral o bacteriano, síndrome rinosinubronquial, contaminación ambiental intra y extra domiciliaria, alteraciones inmunológicas, fibrosis quística, aspiración de cuerpo extraño, neumopatía aspirativa, malacias, disquinesia ciliar, disquinesia bronquial, compresión de vía aérea por quistes o masas, alteraciones congénitas.

-Variable principal: Heliox

-Variable de desenlace: Resistencia en la vía aérea

-Variables de seguimiento: Volumen corriente, Presión pico inspiratoria, Presión media de la vía aérea, Presión meseta, AutoPEEP, distensibilidad estática, Ventilación de espacio muerto, PetCO₂

6.2. Población y muestreo

Población: Niños y adolescentes entre 1 mes y 18 años con patología bronquial obstructiva que requieren ventilación mecánica

Tamaño de muestra: Utilizando el programa Epidat 3.1 y tomando como referencia las estadísticas de la Unidad de Cuidado Intensivo Pediátrico de la Fundación Cardio Infantil de la población nombrada; niños y adolescentes entre 1 mes y 18 años con patología bronquial obstructiva que requieren ventilación mecánica y tomando las estadísticas de los pacientes de esta población que requirieron Heliox. Tomando el mayor tamaño de muestra requerido. Se calculó un tamaño de muestra total de 34 pacientes, con una confiabilidad del 95% y un poder del 80%.

6.3. Diagrama de protocolo

Los niños y adolescentes entre 1 mes de edad y los 18 años de edad con patología bronquial obstructiva que requieren ventilación mecánica

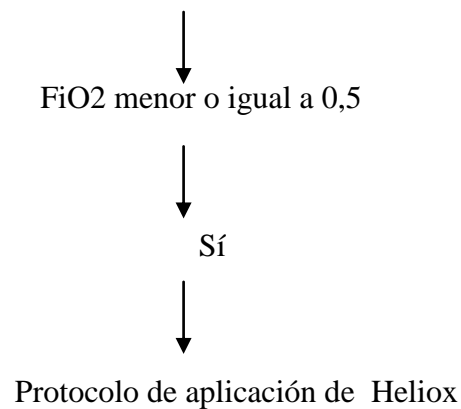


Figura 1. Flujograma de reclutamiento de pacientes

Niños y adolescentes entre 1 mes y 18 años con patología bronquial obstructiva que requieren ventilación mecánica y FiO₂ menor o igual a 0,5 que cumplan con los criterios de inclusión y exclusión



- Hora 0 antes de inicio de Heliox : Se medirán las siguientes variables:
 - Ventilación mecánica: Modo de Ventilación, FiO₂, Frecuencia respiratoria, Volumen corriente, Presión pico inspiratoria, Presión media de la vía aérea, Presión meseta, PEEP, autoPEEP, Relación inspiración espiración, distensibilidad estática, PetCO₂, Ventilación de espacio muerto, Resistencia en la vía aérea inspiratoria, Resistencia en la vía aérea espiratoria.
- Se conectará el heliox al sistema de Ventilación mecánica en su entrada específica (Ventilador Hamilton G5) con la mezcla 80/20 ajustando la FiO₂ y por lo tanto la relación a las necesidades del paciente según la FiO₂ que requiere el paciente con las siguientes proporciones 50:50 60:40 70:30
- Se continuará el modo ventilatorio y los parámetros con los que venía el paciente
- A los 30 minutos, a las 2 horas, 4 horas, 6 horas, 12 horas, 18 horas y 24 horas de iniciado el Heliox y cada 24 horas hasta lograr extubación del paciente, se volverán a medir las variables de ventilación mecánica nombradas anteriormente o hasta suspensión por aumento de la FiO₂ mayor a 0.5.
- No se realizará terapia respiratoria ni se administrará broncodilatadores 20 minutos antes del inicio del estudio.

Figura 2. Protocolo de aplicación de Heliox

Recolección de la información:

- El médico de la Unidad de Cuidado Intensivo Pediátrico de la Fundación Cardio Infantil identificará los niños y adolescentes entre 1 mes y 18 años con patología bronquial obstructiva que tengan ventilación mecánica con una $FiO_2 < 0$ o igual a 0.5 y que cumplan con los criterios de inclusión y exclusión.
- Se recolectará la información de manera escrita través de un instrumento diseñado para tal fin (Anexo 1)
- La inclusión de pacientes en el estudio se hará hasta completar el tamaño de la muestra.

6.4 Criterios de elegibilidad

Criterios de Inclusión:

- Niños y adolescentes entre 1 mes y 18 años con patología bronquial obstructiva que requieren ventilación mecánica y FiO_2 menor o igual a 0,5

Criterios de Exclusión:

- Enfermedad cardíaca congénita
- Enfermedad neuromuscular previa
- Paciente con inestabilidad hemodinámica

6.5. Variables

Tabla 4 Descripción de variables

Clasificación de la variable	Nombre de la variable	Definición	Escala de medición	Codificación
Gases	Heliox	Mezcla de Oxígeno y Helio	Cualitativa nominal	50:50 60:40 70:30
Mecánicas	Modo Ventilatorio	Estrategia ventilatoria	Cualitativa nominal	Presión control, Volumen control, APV, CMV
	Frecuencia respiratoria	Número de ciclos respiratorios por una unidad de	Cuantitativa discreta	La programada e

		tiempo, en este caso ciclos por minuto		el ventilador ciclos por minuto
	Volumen corriente	Es la cantidad de aire que el ventilador envía al paciente en cada inspiración	Cuantitativa discreta	5 – 10 cc/kilo
	Presión inspiratoria pico	Presión obtenida al final de la inspiración	Cuantitativa discreta	< 30 cmH ₂ O
	Presión media de la vía aérea	Es el promedio de todos los valores de presión que distienden los pulmones y el tórax durante un ciclo respiratorio	Cuantitativa discreta	< 15 cmH ₂ O
	Presión meseta	Es el valor obtenido al final de la inspiración haciendo una pausa inspiratoria y sin flujo aéreo	Cuantitativa discreta	< 15 cmH ₂ O
	Relación inspiración – espiración	Es la fracción de tiempo de cada ciclo dedicada a la inspiración y a la espiración	Cuantitativa discreta	1:2
	Resistencia en la vía aérea inspiratoria	Factores que limitan el acceso al aire inspirado a los alvéolos	Cuantitativa discreta	4 cmH ₂ O/vs
	Resistencia en la vía aérea espiratoria	Factores que limitan la eliminación del aire espirado de los alvéolos	Cuantitativa discreta	4 cmH ₂ O/vs
	PetCO₂	Presión parcial de CO ₂ espirado	Cuantitativa discreta	35 – 40 cmH ₂ O
	Distensibilidad estática	Cambio de volumen por unidad de cambio de presión del conjunto toracopulmonar en ausencia de flujo	Cuantitativa discreta	2 cc/cmH ₂ O
	FiO₂	Es el valor absoluto que va de 0 a 1 y que informa de la proporción de oxígeno que el paciente recibe	Cuantitativa discreta	0,21 – 1
	PEEP	Presión al final de la espiración	Cuantitativa discreta	4 cmH ₂ O
	AutoPEEP	Presión positiva al final de la espiración intrínseca	Cuantitativa discreta	0 cmH ₂ O
	Vd	Ventilación de espacio muerto	Cuantitativa discreta	2.2 cc/kilo

Efectos de La ventilación mecánica Con Heliox en niños
y adolescentes con patología bronquial obstructiva.

Dra. Deicy Angarita, Dr. Jaime Fernández Dr. Javier Godoy
Dr. Hernando Mullet, Dr. Germán Briceño

6.6 Control de errores y sesgos

- La información recolectada se registrará en una base de datos generada en Microsoft Excel, estableciendo el rango de valores permitidos en el caso de las variables cuantitativas, permitiendo en posteriores etapas codificación y análisis de los datos capturados utilizando el programa Stata date
- El control de calidad de los datos, se realizará con la verificación y corrección de aquellos que se consideren inconsistentes, recogiendo nuevamente esa información, si el caso lo amerita; así como la debida codificación de los datos para facilitar el análisis posterior, permitiendo llevar a cabo tanto el proceso de entrada de datos como la verificación de sus inconsistencias. El investigador diligenciará el instrumento de recolección de la información y en un segundo tiempo se alimentará la base de datos.
- Control de sesgos: *Sesgos de selección: Se incluirán en el estudio todas las personas que cumplan con los criterios de inclusión/ exclusión los cuales están definidos con anterioridad. Los investigadores son personas idóneas quienes se encuentran en el estándar de la curva de aprendizaje, por ello el error se minimiza *Sesgos de confusión: Se realizará análisis estadístico que permita disminuir los sesgos de confusión

6.6. Plan de Análisis

Se realizara un análisis de comparación de medias pareadas (tt) en la cual se compara la media de cada una de las variables antes del inicio del heliox y posterior al inicio de heliox a los 30 minutos, 2 horas, 4 horas, 6 horas, 12 horas, 18 horas, 24 horas y cada 24 horas hasta la suspensión del mismo. Variables de medición: Resistencia en la vía aérea inspiratoria, Resistencia en la vía aérea espiratoria, PetCO₂, Presión pico inspiratoria, Volumen corriente, Presión media de la vía aérea, Presión plateau, AutoPEEP, distensibilidad estática, Ventilación de espacio muerto.

Efectos de La ventilación mecánica Con Heliox en niños
y adolescentes con patología bronquial obstructiva.

Dra. Deicy Angarita, Dr. Jaime Fernández Dr. Javier Godoy
Dr. Hernando Mullet, Dr. Germán Briceño

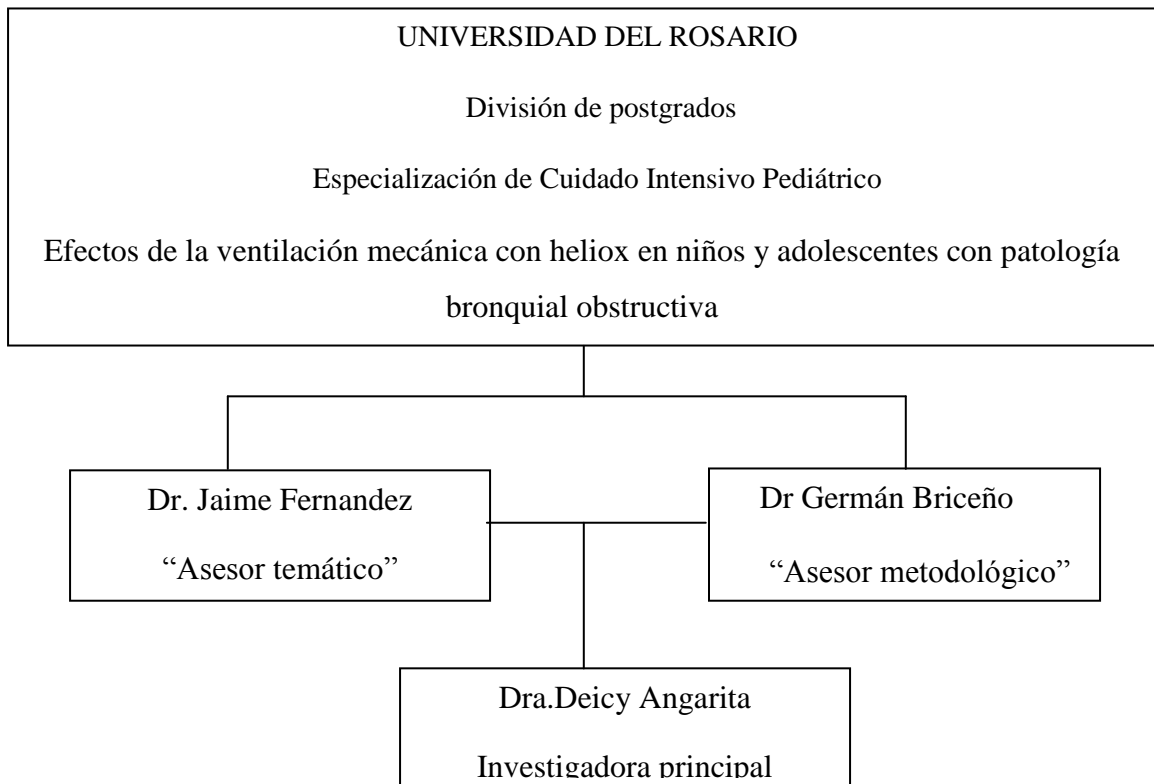
7. Consideraciones éticas

Según la resolución 8430 del Ministerio de Salud de Colombia esta es una investigación sin riesgo para este grupo etáreo dado que el uso de Heliox en niños y adolescentes con patología bronquial obstructiva que requieren ventilación mecánica es de uso habitual.

En este estudio los procedimientos realizados se efectuaron de conformidad con las normas éticas establecidas por el comité de ética de la Fundación Cardio Infantil.

8. Aspectos administrativos

8.1. Organigrama



8.2 Cronograma

Tabla 5 Cronograma de actividades

	Meses													
	1									1	1	1	1	1
										0	1	2	3	4
Actividades														
Búsqueda de literatura	■													
Diseño del protocolo		■	■											
Presentación al comité de investigación y de ética médica			■											
Recolección de datos				■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	
Proceso de verificación y digitación de la información				■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	
Limpieza y verificación de la base de datos														■
Análisis estadístico de los datos														■
Generación de conclusiones e informe final														■

8.3 Presupuesto

Tabla 6 Presupuesto

GASTOS DE PERSONAL							\$
							173.600.000
Nombre de los participantes	Formación	Función dentro del proyecto	Compensación por hora	Dedicación x mes (horas)	Meses en el proyecto	Compensación total	
Deicy Angarita	Médico Pediatra Residente de Cuidado Intensivo Pediátrico	Investigador	\$ 100.000	20	14	28.000.000	\$
Jaime Fernández	Pediatra Intensivista	Investigador	\$ 100.000	40	14	56.000.000	\$
Hernando Mullet	Pediatra Intensivista	Investigador	\$ 100.000	40	14	56.000.000	\$
Javier Godoy	Pediatra Intensivista	Investigador	\$ 100.000	20	14	28.000.000	\$
Germán Briceño	Pediatra epidemiólogo	Asesor metodológico	\$ 200.000	2	14	\$ 5.600.000	
MATERIALES, SUMINISTROS Y SERVICIOS							\$ 1.152.500
Tipo de material, suministro o servicio		unidad de costo	Unidades requeridas	Costo por unidad	Costo total		
Calculadoras		calculadora	4	\$ 5.000	\$ 20.000		
Impresión por inyección de tinta		página impresa	500	\$ 800	\$ 400.000		
Utilización de internet		Hora	100	\$ 2.000	\$ 200.000		
Transporte		n/a	n/a	n/a	\$ 360.000		
Comunicación telefónica		Minuto	500	\$ 300	\$ 150.000		
Fotocopias para consentimientos		Fotocopia	450	\$ 50	\$ 22.500		
EQUIPOS TÉCNICOS							\$ 49.315
Tipo de equipo		Valor comercial	vida útil (horas)	Horas de utilización	Costo total		
Computador HP pavilion Entertainment PC		\$ 2.000.000	7300	180	\$ 49.315		
IMPREVISTOS							\$ 1.000.000
PRESUPUESTO TOTAL							\$ 175.801.815

Efectos de La ventilación mecánica Con Heliox en niños y adolescentes con patología bronquial obstructiva.

Dra. Deicy Angarita, Dr. Jaime Fernández Dr. Javier Godoy
Dr. Hernando Mullet, Dr. Germán Briceño

9Resultados

Los resultados que se presenta a continuación son unos resultados parciales que incluyen los nueve pacientes reclutados desde el inicio del estudio hasta la presentación de este trabajo.

De los nueve pacientes seis (66.6%) tenían diagnóstico de Síndrome broncoobstructivo recurrente (SBOR), dos (22,2%) tenían diagnóstico de bronquiolitis y uno (11,2%) tenía diagnóstico de displasia broncopulmonar. La edad de la población tuvo una media de 12,5 meses en un rango de edad entre 2 y 30 meses. El 56% (5/9) eran de género masculino. En todos los pacientes se utilizo el Ventilador Hamilton G5 (Hamilton Medical AG, Suiza 2010), el modo de ventilación mecánica utilizado era el que venía recibiendo el paciente antes de ser incluido dentro del estudio: volumen control (VC), presión control (PC), volumen controlado regulado por presión (APV-CMV), sin modificación de los parámetros de ventilación mecánica (VM) que venía recibiendo antes de inicio de la Ventilación mecánica con Heliox. La duración de la terapia con Heliox tuvo una media de 39,3 horas en un rango entre 2 y 72 horas, la causa de suspensión de la terapia con Heliox fue; retiro de ventilación mecánica por mejoría del cuadro obstructivo en 7 pacientes (77,7%) y aumento en la Fracción inspiratoria de Oxígeno mayor a 0,5 en 2 pacientes (22,3%) que se asociaron a trastorno de oxigenación. (Tabla 7).

Tabla 7 Características de los pacientes incluidos en el estudio

Paciente	Género	Edad (meses)	Peso (kilos)	Diagnóstico	TOT	Días de VM previos a Heliox	Modelo Ventilador	Modalidad Ventilatoria	Tiempo de duración de Heliox en horas	Causa de suspensión
1	M	13	10	SBOR	5 con neumo	0	Hamilton G5	APV-CMV	4	Ext
2	M	12	6,2	Bronquiolitis	4 con neumo	0	Hamilton G5	PC	12	Ext
3	M	24	11	SBOR	5 con nemo	1	Hamilton G5	VC	72	Ext

4	F	2	5,8	SBOR	4 con neumoma	0	Hamilton G5	PC	2	FiO ₂
5	F	2	5,8	SBOR	4 con neumoma	4	Hamilton G5	PC	72	Ext
6	M	30	10	SBOR	4.5 con neumoma	1	Hamilton G5	VC	72	Ext
7	F	11	8	SBOR	5 con neumoma	4	Hamilton G5	APV-CMV	72	Ext
8	M	7	6,3	Displasia Broncopulmonar	4	1	Hamilton G5	PC	24	FiO ₂
9	M	2	4,7	Bronquiolitis (*TOT tubo orotraqueal con neumatopador)	4 con neumoma	0	Hamilton G5	APV-CMV	24	Ext

Dentro de las variables estudiadas se observó un descenso significativo en la resistencia inspiratoria a la hora 2 (p 0.013) siendo mayor a la hora 4 (p 0.004). (Tabla 8 y 9) (Gráfica 3)

Tabla 8 Datos obtenidos antes y después del uso de VM con Heliox sobre la resistencia inspiratoria en los 9 pacientes hasta la suspensión de Heliox

RESISTENCIA INSPIRATORIA (cmH₂O/vs)											
PACIENTE	SIN HELIOX	30 minu	HO RA 2	HOR A 4	HO RA 6	HOR A 12	HOR A 18	HOR A 24	HOR A 48	HO RA 72	
1	44	20	21	16							
2	65	36	32	26	39	37					
3	40	22	28	16	22	20	21	17	14	22	
4	31	56	32								
5	95	98	85	56	195	126	41	37	7	4	
6	41	40	40	41	31	28	28	26	32	19	
7	15	26	15	8	11	21	22	48	5	15	
8	61	47	43	47	50	49	47	44			
9	46	31	34	30	36	37	53	40			
MEDIA	44	36	32	28	36	37	34,5	38,5	10,5	17	

Tabla 9 Datos de la media de la resistencia inspiratoria de los 9 pacientes antes y después del uso de VM con Heliox y comparación de medias pareadas entre la medición sin Heliox y con Heliox a los 30 minutos, 2 horas, 4 horas, 6 horas, 12 horas, 18 horas, 24 horas, 48 horas y 72 horas

RESISTENCIA INSPIRATORIA (cmH₂O/vs)		
MEDI	IC95%	p

A			
Sin Heliox	48.6	31.1 a 66.2	
30 min	41.7	23.2 a 60.3	0.275
Hora 2	36,6	21.2 a 52.1	0.013
Hora 4	30	15,9 a 44	0.004
Hora 6	54.8	(-) 3.4 a 113 .1	0.86
Hora 12	45.6	11.2 a 79.6	0.41
Hora 18	35.3	21.1 a 49.5	0.17
Hora 24	35.3	23 a 47.6	0.28
Hora 48	14.5	(-) 5 a 34	0.17
Hora 72	15	2.4 a 27.5	0.2

Se observó una tendencia al descenso de la resistencia espiratoria siendo significativo a los 30 minutos (p 0.0008) a la hora 2 (p 0.0019) y la hora 4 (p 0.0012). (Tabla 10 y 11), (Gráfica 3)

Tabla 10 Datos obtenidos antes y después del uso de VM con Heliox sobre la resistencia espiratoria en los 9 pacientes hasta la suspensión de Heliox

RESISTENCIA ESPIRATORIA (cmH20/vs)										
PACIEN TE	SIN HELIOX	30 minu	HO RA 2	HOR A 4	HOR A 6	HOR A 12	HOR A 18	HOR A 24	HOR A 48	HOR A 72
1	27	16	19	16						
2	62	32	31	25	36	35				
3	25	20	20	13	21	21	22	19	18	16
4	78	49	40							
5	87	70	75	75	104	85	49	52	10	0
6	45	8	16	24	22	20	18	18	20	4
7	35	19	21	14	12	36	30	39	40	28
8	60	52	50	52	61	45	65	54		
9	42	25	29	27	32	52	56	54		
MEDIA	45	25	29	24,5	32	36	39,5	45,5	19	10

Tabla 11 Datos de la media de la resistencia espiratoria de los 9 pacientes antes y después del uso de VM con Heliox y comparación de medias pareadas entre la medición

sin Heliox y con Heliox a los 30 minutos, 2 horas, 4 horas, 6 horas, 12 horas, 18 horas, 24 horas, 48 horas y 72 horas

RESISTENCIA ESPIRATORIA (cmH2O/vs)			
	MEDI		
	A	IC95%	p
Sin Heliox	51.2	34.3 a 68	
30 min	32.3	16.6 a 48	0.0008
Hora 2	33.4	18.7 a 48.1	0.0019
Hora 4	30.75	12.6 a 48.9	0.0012
Hora 6	41.1	11.7 a 70.5	0.15
Hora 12	42	21.4 a 62.5	0.14
Hora 18	40	19.7 a 60.2	0.31
Hora 24	39.3	21.4 a 57.2	0.24
Hora 48	22	1.7 a 42.2	0.24
Hora 72	12	(-) 8.1 a 32.1	0.14

Se observó una tendencia al descenso de la PetCO₂ en Ventilación mecánica con Heliox sin que tuviera

significancia estadística, posiblemente relacionado con el tamaño de muestra por tratarse de un informe

parcial del estudio. (Tabla 12 y 13). (Gráfica 3)

Tabla 12 Datos obtenidos antes y después del uso de VM con Heliox sobre la PetCO₂ en los 9 pacientes hasta la suspensión de Heliox

PET CO₂ (cmH2O)										
PACIEN TE	SIN HELIOX	30 minu	HOR A 2	HOR A 4	HOR A 6	HOR A 12	HOR A 18	HO RA 24	HOR A 48	HO RA 72
1	62	48	44	45						
2	62	52	51	46	54	46				
3	63	52	57	57	58	15	30	29	32	38
4	39	36	35							
5	42	48	37	29	42	32	30	26	30	33
6	46	36	42	26	50	42	38	36	34	46
7	41	62	39	25	60	29	36	33	35	40
8	42	46	48	58	57	61	53	50		

9	64	52	82	67	91	27	28	32		
MEDIA	46	48	44	45,5	57	32	33	32,5	33	39

Tabla 13 Datos de la media de la PetCO2 de los 9 pacientes antes y después del uso de VM con Heliox y comparación de medias pareadas entre la medición sin Heliox y con Heliox a los 30 minutos, 2 horas, 4 horas, 6 horas, 12 horas, 18 horas, 24 horas, 48 horas y 72 horas

PETCO2 (cmH20)			
	MEDIA	IC95%	p
Sin Heliox	51.2	42.6 a 59.7	
30 min	48	41.7 a 54.2	0.42
Hora 2	48.3	37.2 a 59.4	0.41
Hora 4	44.1	30.6 a 57.5	0.089
Hora 6	58.8	44.6 a 73.1	0.18
Hora 12	36	22.1 a 49.8	0.11
Hora 18	35.8	26.1 a 45.5	0.11
Hora 24	34.3	25,5 a 43.1	0.06
Hora 48	32.7	29.2 a 36.2	0.06
Hora 72	39.2	30.6 a 47.8	0.22

Es llamativo que a la hora 6 de iniciada la VM con Heliox se presenta un pico en el valor de petCO2 y resistencia inspiratoria y espiratoria, para posteriormente continuar la tendencia al descenso en todas estas variables. (Figura 3)

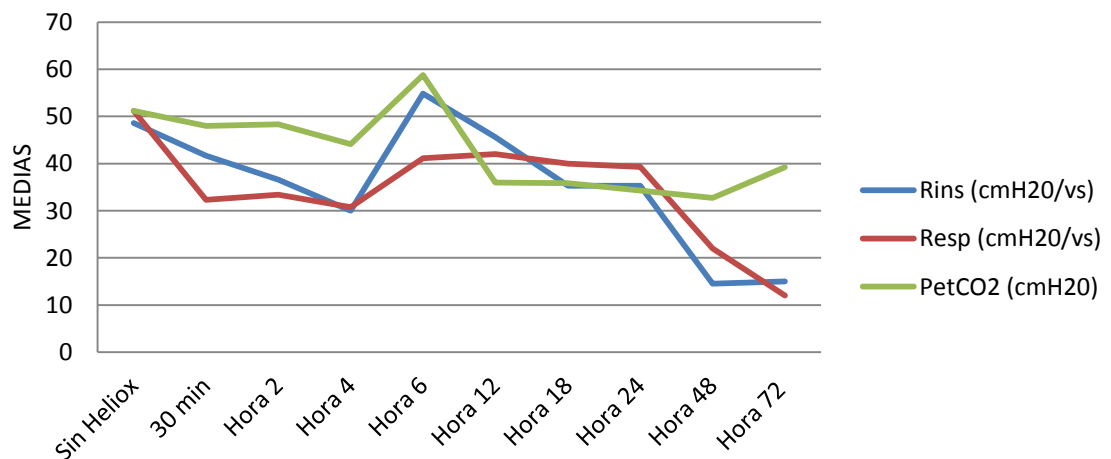


Figura 3 Tendencia de la media de la resistencia inspiratoria, espiratoria y PetCO₂ de los 9 pacientes antes y después del uso de VM con Heliox.

Durante la VM con Heliox no se observaron cambios en las variables medidas de la mecánica pulmonar relacionadas con oxigenación: distensibilidad estática y volumen corriente. Tampoco se observó alteraciones en el valor numérico del AutoPEEP y Vd. (Tabla 14 y 15)

Tabla 14 Datos obtenidos de la media del Vd, autoPEEP y Cest de los 9 pacientes antes y después del uso de VM con Heliox

PARÁMETROS (MEDIA)	SIN HELIOX	30 minu	HO RA 2	HO RA 4	HOR A 6	HO RA 12	HO RA 18	HOR A 24	HO RA 48
Vd (cc/kg)	2	2	2	2	2	2	1	1	3
autoPEEP (mmHg)	1	0,3	0	0	0	0	0	0	0
Cest (cc/cmH ₂ O)	6	3,7	3,8	4,6	5	5,2	4	4,1	6,1

No se observó modificación en los resultados de otras variables como: PIP, PMVA y Presión meseta durante la VM con Heliox, manteniéndose dentro del rango de valores esperados (Tabla 15).

Tabla 15 Datos obtenidos de la media de PIP, Pmeseta, PMVA y Vc de los 9 pacientes antes y después del uso de VM con Heliox

PARÁMETROS (MEDIA)	SIN HELIOX	30 minu	HO RA 2	HO RA 4	HOR A 6	HOR A 12	HOR A 18	HO RA 24	HOR A 48
PIP (mmHg)	18	18	23	18	25	23	23	21	18
Pmeseta (mmHg)	20	17	20	18	22	24	19	20	20
PMVA (mmHg)	11	10	12	10	11	11	11	11	10
Vc (cc/kg)	8,2	9	9	9	9,7	9,4	9,2	8,4	8,3

10. Discusión

El heliox se está utilizando desde hace más de 70 años en la práctica clínica en pacientes con insuficiencia respiratoria secundaria a obstrucción alta o baja de la vía aérea². Aunque el heliox puede administrarse tanto en respiración espontánea como en ventilación mecánica y ventilación de alta frecuencia, la mayoría de los estudios se han realizado con pacientes en respiración espontánea. En niños existen pocos estudios de heliox en ventilación mecánica y no se han realizado investigaciones en nuestro país que midan el efecto de este gas medicinal sobre la mecánica pulmonar de pacientes con enfermedad obstructiva de la vía aérea.

De los estudios que han usado VM con heliox hasta el momento en niños (cinco); dos no han utilizado ventiladores mecánicos que incorporarán un software específico para su administración (servo 900) lo que hace sus resultados poco fiables en términos de medición de la mecánica pulmonar porque este gas al ser más liviano altera la información recogida por el ventilador. Tres han utilizado ventilador mecánico con software específico para heliox (Avea) uno es en recién nacidos prematuros, otro es un reporte de caso y otro es en pacientes con VSR (13 pacientes) con resultados contradictorios.^{4,5,6,7,2}.

En nuestro estudio se logró controlar y homogenizar variables durante la VM con heliox como el hecho de que se utilizó un VM específico con software específico para heliox (Hamilton G5), modos ventilatorios habituales en pacientes intubados con patología obstructiva y análisis de la mecánica pulmonar fiables al utilizar este ventilador.

Los autores encontraron una tendencia al descenso de la Resistencia espiratoria, la cuál a pesar del pequeño tamaño de la muestra (al ser este un informe parcial), fue significativa a los 30 minutos ($p=0,0008$ X: 32,3 IC 95% 16,6 – 48), a las 2 horas ($p=0,0019$ X: 33,4 con IC 95% 18,7-48,1) y a las 4 horas ($p=0,0012$ X: 30,75 con IC 95% 12,6-48,9). En términos de Resistencia Inspiratoria se observó descenso de la misma de manera significativa a la hora 2 ($p = 0,013$ X: 36,6 con IC 95% 21,2-52,1), y a la hora 4 ($p=0,004$ X: 30 con IC 95% 15,9-44). Estos hallazgos son concordantes con lo que se ha descrito tradicionalmente como un efecto positivo del heliox en la vía aérea obstruida severa y es

poder modificar los flujos turbulentos y convertirlos en laminares logrando descensos importantes en la resistencia de la vía aérea^{12,23}.

De la misma manera, se observó una tendencia clínica al descenso de la PetCO₂ sin ser estadísticamente significativa, (Tabla 8), posiblemente explicado por el bajo tamaño de muestra. Sin embargo, desde el punto de vista clínico, el descenso de la PetCO₂ es importante porque tiene repercusión directa sobre el equilibrio ácido/base contribuyendo a mejorar el valor de pH, que es un objetivo en aquellos pacientes en quienes la severa obstrucción bronquial los ha llevado a fenómenos de acidemia que amenaza la vida^{10,15,24}. Los autores esperan ver el efecto definitivo sobre esta variable cuando se complete el tamaño de muestra planteado.

Los autores también encontraron que el 77% de nuestros pacientes logró un resultado favorable en términos de alcanzar metas terapéuticas trazadas por el clínico durante la ventilación mecánica con heliox, permitiendo iniciar protocolo de extubación.

Se logró reducir a una media de 1,9 días la duración de la ventilación mecánica, que es un valor muy por debajo de la media de ventilación en nuestra unidad en niños con este tipo de patología (X: 5,4). Se necesitan estudios prospectivos que corroboren estos hallazgos del heliox de reducir el tiempo de duración de la ventilación mecánica.

No se observó descenso en variables responsables de sostener una adecuada oxigenación en ventilación mecánica (PEEP, volumen corriente) durante el uso del heliox, a pesar de que se buscaba ofrecer una FiO₂ menor a 0,5 para permitir que la mezcla heliox tuviera una densidad menor que la del aire y sostuviera sus propiedades físicas que han sido descritas. Esto permite pensar que la Ventilación Mecánica con Heliox pudiera ser considerada como una estrategia de Ventilación mecánica ‘‘*protectora*’’, al inducir uso de FiO₂ menores a 0,6 con lo que se limita la liberación de radicales libres y por lo tanto la inducción de Biotrauma porque como se demostró en nuestro estudio, se puede sostener una

oxigenación adecuada con el uso de F_{iO_2} menor de 0,6 con una atmósfera de heliox a pesar que muchos de nuestros pacientes tenían de manera concomitante compromiso restrictivo.

Un hallazgo llamativo en el estudio es que se observo un pequeño pico de ascenso de la Resistencia y de la P_{etCO_2} a la hora 6 para luego descender de manera importante durante la ventilación mecánica con Heliox. Este hallazgo no ha sido descrito previamente cuando se utiliza este gas y consideramos que en vista que todos los pacientes recibieron el heliox a través de un ventilador mecánico con software específico, es posible que dado el alto coeficiente de difusión binaria del Heliox, haya modificado el total de la atmósfera respirada por el paciente después de este tiempo, permitiendo por lo tanto mayor eliminación de PCO_2 por unidad de tiempo. Se necesitan más estudios que permitan aclarar este punto.

En el estudio realizado por Martin CJ y cols ⁵ en niños en VM con Heliox que tenían infección por VSR no se encontró disminución del nivel de PCO_2 al igual que en nuestro estudio, pero también tendencia al descenso. Esto puede ser explicado por el pequeño tamaño de muestra de esta investigación porque se realizó sólo en 13 pacientes. Este mismo problema posiblemente lo tuvo Matthew F y cols ⁴ que no encontró diferencias significativas en PCO_2 e índices de oxigenación posiblemente también por el pequeño tamaño de muestra (10 pacientes). Sin embargo los hallazgos de Shamel Abd-Allah y cols ⁶ si encontraron un beneficio del heliox en pacientes asmáticos que recibieron ventilación mecánica en términos de descenso de PCO_2 y adicionalmente encontraron que podían disminuir la PIP y optimizar el valor de PH.

Se considera que este trabajo tiene varias limitantes. En primer lugar es un informe parcial que incluyó pacientes menores de 30 meses, tiene un tamaño de muestra que tan solo es cerca del 30% del tamaño de muestra planteado, lo que puede generar información influenciada por sesgos y llevarnos a un error Tipo II. Igualmente no se encontró con los resultados actuales una significancia estadística en el descenso de la P_{etCO_2} pero si una tendencia clínica por lo que debe evaluarse con el tamaño completo de la muestra. Otra

limitante importante es que es la experiencia de un solo centro por lo que se recomienda la realización de estudios prospectivos y multicéntricos que corroboren que nuestros hallazgos son extrapolables.

Aunque se trata de un informe parcial, se observan hallazgos interesantes en términos de duración de la ventilación mecánica, modificación de la resistencia de la vía aérea y de la PetCO₂ por lo que esperamos culminar el estudio completando en los próximos meses el tamaño de muestra planteado para poder emitir conclusiones definitivas

11. Conclusiones

En niños menores de 30 meses con patología bronquial obstructiva que presentan falla respiratoria, la ventilación mecánica con heliox pareciera ser segura, pareciera ser que reduce de manera significativa la resistencia de la vía aérea. Se encontró una tendencia al descenso de la PetCO₂ y de la duración de la ventilación mecánica, hallazgos que deben ser corroborados en estudios prospectivos al menos observacionales analíticos.

12. Bibliografía

1. Philippe Jolliet, Christine Watremez, Comparative effects of helium-oxygen and external positive end-expiratory pressure on respiratory mechanics, gas exchange, and ventilation-perfusion relationships in mechanically ventilated patients with chronic obstructive pulmonary disease *Intensive Care Med* (2003) 29:1442–1450
2. Claudio Migliori, The Effects of Helium/Oxygen Mixture (Heliox) Before and After Extubation in Long-term Mechanically Ventilated Very Low Birth Weight Infants *Pediatrics* 2009;123: 1524–1528
3. Fernandez Jaime, Estrategias de ventilación mecánica y terapia coadyuvante en enfermedades pulmonares severas, *El niño en estado crítico*, 2 ed, 2011; 82-86
4. Matthew F Gross, Robert M Spear, Helium–oxygen mixture does not improve gas exchange in mechanically ventilated children with bronchiolitis, *Crit Care* 2000, 4:188–192
5. Martin CJ Kneyber, Marc van Heerde, Heliox reduces respiratory system resistance in respiratory syncytial virus induced respiratory failure, *Critical Care* 2009
6. Abd-Allah SA, Rogers MS, Terry M, et al. Helium-oxygen therapy for pediatric acute severe asthma requiring mechanical ventilation. *Pediatr Crit Care Med* 2003;4(3):353-7.
7. Martin C. J. Kneyber Mechanical ventilation with heliox decreases respiratory system resistance and facilitates CO₂ removal in obstructive airway disease *Intensive Care Med* (2006) 32:1676–1677
8. Tobias JD: Heliox in children with airway obstruction. *Pediatr Emerg Care* 1997; 13: 29–32
9. Kass JE, Castriotta RJ: Heliox therapy in acute severe asthma. *Chest* 1995; 107: 757–760
10. Wolfson MR, Bhutani VK, Shaffer TH, et al: Mechanics and energetics of breathing helium in infants with bronchopulmonary dysplasia. *J Pediatr* 1984; 104: 752–757

11. Macklem PT: The physiology of the small airway. *Am J Respir Crit Care Med* 1998; 157: 2181–2183
12. Martinon F. Heliox: Teorías y Prácticas pediátricas. En *Manual de Cuidados Intensivos Pediátricos* 3ra Ed. Ruza. 2001: 532-557
13. Martinon-Torres F. Current treatment for acute viral bronchiolitis in infants. *Expert Opin Pharmacother.* 2003 Aug;4(8):1355-71
14. Barach AL: The use of helium in the treatment of asthma and obstructive lesions in the larynx and trachea. *Ann Intern Med* 1935; 9: 739–765
15. Stein R, Canny GJ, Bohn DJ, et al: Severe acute asthma in a pediatric intensive care unit: Six years' experience. *Pediatrics* 1989; 83: 1023–1028
16. Osundwa VM, Dawod S: Four-year experience with bronchial asthma in a pediatric intensive care unit. *Ann Allergy* 1992; 69: 518–520
17. Shugg AW, Kerr S, Butt WW: Mechanical ventilation of paediatric patients with asthma: Short and long term outcome. *J Paediatr Child Health* 1990; 26: 343–346
18. DeNicola LK, Monem GF, Gayle MO, et al: Treatment of critical status asthmaticus in children. *Pediatr Clin North Am* 1994; 41: 1293–1324
19. Schnitzler, Eduardo MD; Mincez, Pablo MD. Is helium a better vehicle for aerosol therapy?. *Ped Crit Care* 2002;3;86-87
20. Paret G, Kornecki A, Szeinberg A, et al: Severe acute asthma in a community hospital pediatric intensive care unit: A ten years' experience. *Ann Allergy Asthma Immunol* 1998; 80: 339–344
21. Dworkin G, Katton M: Mechanical ventilation for status asthmaticus in children. *J Pediatr* 1989; 114: 545–549
22. Shiue ST, Gluck EH: The use of helium-oxygen mixtures in the support of patients with status asthmaticus and respiratory acidosis. *J Asthma* 1989; 26: 177–180
23. Manthous CA, Morgan S, Pohlman A, et al: Heliox in the treatment of airflow obstruction: A critical review of the literature. *Respir Care* 1997; 42: 1034–1042

24. Gluck EH, Onorato DJ, Castriotta R: Helium-oxygen mixtures in intubated patients with status asthmaticus and respiratory acidosis. *Chest* 1990; 98: 693–698
25. Austan F: Heliox inhalation in status asthmaticus anrespiratory acidemia: A brief report. *Heart Lung* 1996; 25: 155–157
26. Duncan PG: Efficacy of helium-oxygen mixtures in the management of severe viral and postintubation croup. *Can Anaesth Soc J* 1979; 26: 206–212
27. Kemper KJ, Ritz RH, Benson MS, et al: Helium-oxygen mixture in the treatment of postextubation stridor in pediatric trauma patients. *Crit Care Med* 1991; 19: 356
28. Kemper KJ, Izenberg S, Marvin JA, et al: Treatment of postextubation stridor in a pediatric patient with burns: The role of heliox. *J Burn Care Rehabil* 1990; 11: 337–339
29. Weber JE, Chudnofsky CR, Younger JG, et al: A randomized comparison of helium-oxygen mixture (heliox) and racemic epinephrine for the treatment of moderate to severe croup. *Pediatrics* 2001; 107: e96
30. Piva JP, Menna Barreto S, Zelmanovitz F, et al: Heliox versus oxygen for nebulized aerosol therapy in children with lower airway obstruction. *Pediatr Crit Care Med* 2002; 3: 6–10
31. Polaner DM: The use of heliox and the laryngeal mask airway in a child with an anterior mediastinal mass. *Anesth Analg* 1996; 82: 208–210
32. Rodrigo G, Pollack C, Rodrigo C, Rowe B. *Cochrane Database Syst Rev.* 2003;4 Y *Chest.* 2003 Mar;123(3):891-6.
33. Ho Anthony y cols. Heliox vs air-oxygen mixtures for the treatment of patients with acute asthma. Meta-análisis. *Chest* 2003;123;882-890
34. Manthous CA, Hall JB, Melmed A, et al: Heliox improves pulsus paradoxus and peak expiratory flow in nonintubated patients with severe asthma. *Am J Respir Crit Care Med* 1995; 151: 310–314
35. Kass J. Heliox redux. *Chest* 2003;123:673-4

36. Paret G, Dekel B, Vardi A, et al: Heliox in respiratory failure secondary to bronchiolitis: A new therapy. *Pediatr Pulmonol* 1996; 22: 322–323
37. Hollman G, Shen G, Zeng L, et al: Helium-oxygen improves clinical asthma scores in children with acute bronchiolitis. *Crit Care Med* 1998; 26: 1731–1736
38. Martinon F y cols. Heliox therapy in infants with acute bronchiolitis. *Pediatrics* 2002;109:68-73
39. Pizov R, Oppenheim A, Eidelman LA, et al: Helium versus oxygen for tracheal gas insufflation during mechanical ventilation. *Crit Care Med* 1998; 26: 290–295
40. Tsuno K, Prato P, Kolobow T: Acute lung injury from mechanical ventilation at moderately high airway pressures. *J Appl Physiol* 1990; 69: 956–961
41. Sauder RA, Rafferty JF, Bilenki AL, et al: Helium-oxygen and conventional mechanical ventilation in the treatment of large airway obstruction and respiratory failure in an infant. *South Med J* 1991; 84: 646–648
42. Habib DM, Garner SS, Brandeburg S: Effect of helium-oxygen on delivery of albuterol in a pediatric, volume-cycled, ventilated lung model. *Pharmacotherapy* 1999; 19: 143–149
43. Fernandez Jaime, Ventilación mecánica con Heliox, *Acta Colombiana de Cuidado Intensivo* 2009; 9(4): 355-358
44. Tassaux D, Jolliet P, Thouret J, et al: Calibration of seven ICU ventilators for mechanical ventilation with helium-oxygen mixtures. *Am J Respir Crit Care Med* 1999; 160: 22–32
45. Berkenbosch, John W. MD; Grueber, Ryan E. Effect of helium-oxygen (heliox) gas mixtures on the function of four pediatric ventilators. *Crit Care Med* 2003;31:2052-58
46. Anderson M, Svartengren M, Gunnar B, et al: Deposition in asthmatics of particles inhaled in air or in helium-oxygen. *Am Rev Respir Dis* 1993; 147: 524–528

47. Michael JG, Blockage T, Tobias JD: Helium administration during mechanical ventilation in children with respiratory failure. *J Intensive Care Med* 1999; 14: 140–147
48. Svartengren M, Skogward P, Nerbrink O, et al: Regional deposition of inhaled Evans blue dye in mechanically ventilated rabbits with air or helium oxygen mixture. *Exp Lung Res* 1998; 24: 159–172
49. Ruben A, Harris A. Heliox for asthma in the emergency department: a review of the literature. *Emerg Med J* 2004;21;131-135

13. Anexos

Anexo 1. Formato de recolección de datos

EFEECTO DEL HELIOX SOBRE LA RESISTENCIA EN LA VÍA AÉREA EN NIÑOS Y ADOLESCENTES CON PATOLOGIA BRONQUIAL OBSTRUCTIVA QUE REQUIEREN VENTILACIÓN MECÁNICA												
NOMBRE				HC				Hoja No				
FECHA DE INGRESO				EDAD			GENERO					
DIAGNOSTICO				FECHA DE INICIO DE VM				FECHA INICIO HELIOX				
TUBO OT				MODELO VENTILADOR								
PARAMETROS			EL HELIOX									
	SIN HELIOX	30 minu	HORA 2	HORA 4	HORA 6	HORA 12	HORA 18	HORA 24	DIA 2	DIA 3	DIA 4	
MODALIDAD VENTILATORIA												
% HELIOX												
FIO2												
FR												
VOLUMEN TIDAL												
PIP												
PEEP												
AUTOPEEP												
Relación I:E												
PMVA												
PRESION PLATEAU												
PetCO2												
Resistencia Vía Aérea inspiratoria												
Resistencia Vía aérea espiratoria												
Ventilación Espacio Muerto (Vd)												
Distensibilidad estática												
MEDICAMENTOS												
DOSIS												
Beclometasona inhalada												
Salbutamol Inhalado												
Terbutalina EV												
Adrenalina EV												
Ketamina EV												
Metilprednisolona												