

# Heliox y su relación con la fisiología de los flujos respiratorios- Aplicación clínica

## *Heliox and its relation with air way flow physiology. Clinical application*

Oscar Alberto Saenz Morales\*

Cada día, el hombre se enfrenta a nuevos retos, que lo impulsan a crear y a tratar con nuevas herramientas para mejorar la calidad de vida del paciente en una unidad de cuidado intensivo y en los servicios de urgencias; puesto que el paciente en estado crítico presenta alteraciones fisiológicas más comúnmente en el sistema respiratorio y cardiovascular, que llevan al deterioro progresivo en su función y a una inadecuada entrega de oxígeno indispensable para el funcionamiento celular. Los últimos estudios traen nuevos tratamientos para enfermedades obstructivas, como la utilización de un gas inerte: el Helio combinado con el oxígeno inhalado, siendo este punto de donde se desprende el interés por saber cómo está siendo aplicado el oxígeno con otros gases, en este caso el Helio. Las enfermedades obstructivas que se presentan en adultos son una condición relativamente frecuente, en donde la obstrucción del aire es irreversible y lentamente progresiva. Al avanzar la enfermedad, hay un aumento de la alteración obstructiva e hiperinsuflación pulmonar con un incremento de la resistencia de la vía aérea.

En la vía aérea, este tipo de patologías cursan con aumento de la resistencia de las vías aéreas generando flujos turbulentos. Con la inhalación de esta mezcla de gases se genera una disminución de la resistencia, aumento del flujo laminar, mejor entrega y depósito de medicamentos inhalados, llevando a la restauración de la ventilación pulmonar, disminuyendo la estancia hospitalaria prolongada en una unidad de cuidado intensivo y urgencias.

Varios estudios en animales y humanos han investigado los efectos del heliox en la función pulmonar. Aunque los resultados de estos estudios tienen una amplia variación, la mezcla de gas aumentará el flujo a través de las vías aéreas estrechadas mejorando además la mecánica pulmonar.

### **BASES TEÓRICAS**

Según MacIntyre Branson (2002) las mezclas de gas de aire y oxígeno suelen suministrarse para producir la concentración de oxígeno inspirado  $F_{iO_2}$  conveniente. En ciertas circunstancias clínicas es conveniente sustituir el aire con helio. Las propiedades físicas del helio son diferentes a las del aire y del oxígeno. Las densidades de helio, aire y oxígeno son de 0.18, 1.29 y 1.43 Kg/m<sup>3</sup>. Las viscosidades de helio, aire y oxígeno son de 201.8, 188.5 y 211.4 poises. La densidad y la viscosidad del heliox (80% de helio y 20% de oxígeno) son de 0.43 Kg/ m<sup>3</sup> y 203.6 poises, la densidad del helio es más baja que la del aire o del oxígeno, pero su viscosidad es mayor y más baja que el oxígeno.

Al ser un gas inerte, el helio no reacciona con los tejidos del organismo. También es relativamente insoluble en líquidos corporales.

Los gases (aire, oxígeno) poseen espacios moleculares aún más grandes y libertad de movimiento con fuerzas intermoleculares de cohesión insignificantes, por lo que se deforman (y comprimen) fácilmente y ocupan por completo el volumen de cualquier recipiente en que se coloquen.

### **DENSIDAD**

La densidad de un fluido se define como la masa por unidad de volumen. La densidad se usa para caracterizar la masa de un sistema de fluido. En el sistema inglés, las unidades de densidad son kg/m<sup>3</sup> la densidad de un gas es fuertemente afectada por la presión y la temperatura. El volumen específico ( $v$ ), es el volumen por la unidad de volumen por unidad de masa y en consecuencia, es el recíproco de la densidad es decir:  $V = 1/P$ .

\* Medico Internista Neumologo

El peso específico de un fluido, se define como su peso por unidad de volumen, así como la densidad se usa para caracterizar la masa de un sistema de fluido, el peso específico se usa para caracterizar el peso del sistema. **Ley de los gases ideales:** Los gases son bastantes compresibles, en comparación con los líquidos, donde los cambios en la densidad del gas están relacionados directamente con los cambios en la presión y temperatura por medio de la ecuación  $P = \rho RT$ , donde P es la presión absoluta,  $\rho$  es la densidad, T es la temperatura absoluta y R es una constante del gas. La presión en un fluido en reposo se define como la fuerza normal por unidad de área ejercida sobre una superficie plana. **Compresibilidad de fluidos Módulo de elasticidad volumétrico:** Cuando se considera el comportamiento de un fluido particular se ve cuán fácilmente puede cambiar el volumen, y por lo tanto la densidad de una masa dada del fluido cuando hay un cambio de presión. **Comprensión y expansión de gases:** Cuando los gases se comprimen o expanden, la relación entre presión y densidad depende de la naturaleza del proceso.

El uso del Helio-oxígeno puede reducir el trabajo respiratorio y la obstrucción de vía aérea severa en pacientes que cursen con enfermedades obstructivas.

Flujos generados en la vía aérea: La estructura en la capa límite turbulenta es muy compleja, es aleatoria e irregular. En particular, la velocidad en cualquier ubicación dada del flujo es inestable. De manera aleatoria se puede considerar que el flujo es una mezcla de remolinos entrelazados de diferentes tamaños (diámetros y velocidades angulares). Las diversas cantidades de fluidos es decir, masa, cantidad, energía son transportados corriente abajo en la dirección de la corriente libre como una capa límite laminar para flujo turbulento. También son transportadas a través de una capa límite (en dirección perpendicular a la placa) por el transporte aleatorio de particular fluido de tamaño finito asociados con los remolinos turbulentos. Aunque hay mucho movimiento hay muchas partículas de fluido, perpendiculares a la placa; hay muy poco traspaso neto de masa a través de la capa límite, por mucho el caudal mayor es paralelo a la placa. Las partículas de fluido que se mueven hacia la placa en la dirección y negativa pierden el exceso en cantidad de movimiento que proviene de áreas de mayor velocidad en la placa, recíprocamente las partículas que se alejan en la dirección y positivo ganan movimiento del fluido (proviene de áreas de menor velocidad). El resultado neto es que la placa actúa como un peso de cantidad de movimiento extrayendo de manera continua cantidad de movimiento del fluido; para flujo turbulento la aleatoriedad esta asociada con el mezclado de las partículas de fluido por consiguiente la fuerza cortante para flujo en la capa límite

laminar. Se define el flujo laminar como aquel flujo en el cual el fluido se mueve en capas o en láminas, deslizando una fina capa sobre la adyacente, con solo un intercambio molecular de cantidades de movimiento. Cierta tendencia a la inestabilidad y la turbulencia es frenada por las fuerzas de la viscosidad que resisten los movimientos relativos de las capas fluidas adyacentes. El flujo turbulento en cambio, tiene un movimiento de partículas fluidas muy limitado, con un violento intercambio transversal de cantidades de movimiento. La naturaleza del flujo, ya sea laminar o turbulento y su posición relativa en una escala que indica la importancia relativa de la tendencia a que sea laminar o turbulento se expresa por el número de Reynolds.

### Flujos dinámicos

1. Son semejantes geoméricamente, es decir, las relaciones lineales correspondientes están en una relación constante.
2. Las líneas de corriente correspondientes son semejantes geoméricamente, o las presiones en puntos correspondientes están en una relación constante.

Considerando dos flujos semejantes geoméricamente, Reynolds dedujo: que, "son semejantes dinámicamente si las ecuaciones diferenciales generales son idénticas". Cambiando las unidades de masa, longitud y tiempo en un sistema de ecuaciones determinando las condiciones que deben satisfacer para hacerlas idénticas a las ecuaciones originales, Reynolds encontró que el parámetro adimensional  $ul\rho / \mu$  debía ser el mismo en ambos casos. Donde u es la velocidad característica, l es la longitud,  $\rho$  es la densidad y  $\mu$  es la viscosidad. Este parámetro se llama número de Reynolds R.

$$R = \frac{ul\rho}{\mu}$$

El flujo turbulento es afectado por la densidad del gas y no por la viscosidad como ocurre en los flujos laminares. Así también la resistencia que se opone a un flujo turbulento es directamente proporcional a la densidad del gas, a la longitud del tubo e inversamente proporcional al radio del tubo a la quinta potencia.

$$R = d * l / 4 \mu * \rho * r^5$$

De esta manera se puede deducir que el radio del conducto es el factor más importante para determinar la presión de una corriente dada. Esto quiere decir que para las enfermedades obstructivas, es necesaria la presión para mantener el flujo de gas.

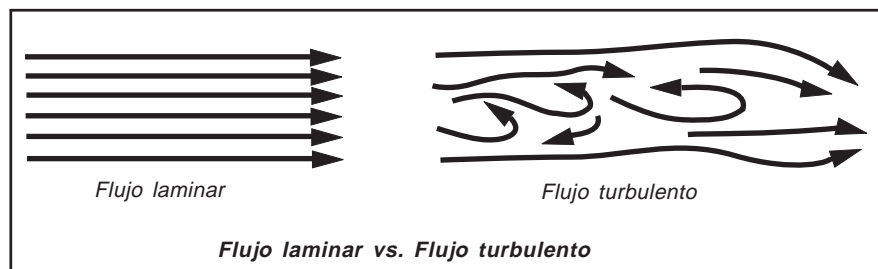
## APARATO DE REYNOLDS

Para encontrar el significado de su parámetro adimensional, Reynolds hizo las experiencias de movimiento de agua a través de tubos de cristal. Un tubo de vidrio se montó horizontalmente con un extremo en un depósito y una válvula en el extremo opuesto. El extremo de aguas arriba se hizo abocinado, disponiéndose de frente a la bocina un fino tubo que permite inyectar en la corriente del tubo de vidrio un fino filete de tintura.

Reynolds eligió para formar su número la velocidad característica como el diámetro del tubo y la longitud característica. El flujo de número de Reynolds muy bajo está regido por un equilibrio entre las fuerzas viscosas y de presión; en esos casos se espera que la resistencia sea función de la viscosidad de la corriente, los flujos con número de Reynolds moderado (laminar) tienden a sumir una estructura de flujo en la capa límite para estos flujos que pasan con cuerpos aerodinámicos; el coeficiente de resistencia tiende a disminuir ligeramente con el número de Reynolds.

Para pequeños caudales, el filete coloreado se mueve siguiendo una línea recta a través del tubo, demostrando que el flujo es laminar. Cuando crece el caudal, el número de Reynolds crece. Al aumentar el caudal se llega a un punto para el cual el filete coloreado se va ondulando y por último se rompe bruscamente difundiendo la tintura a través del tubo.

Comenzando con un flujo turbulento en el tubo de vidrio, Reynolds encontró que se convertía en laminar cuando la velocidad se reducía hasta que  $R$  se hiciera menor que 2000. Este es el número de Reynolds crítico inferior para movimiento de fluidos y es el de verdadera importancia práctica, el flujo cambiará de laminar a turbulento en el intervalo de números entre 2000 y 4000.



La turbulencia se clasifica en:

- 1. Irregular:** los movimientos turbulentos son imposibles de predecir detalladamente, se encuentran altos números de Reynolds se forma un caos en el flujo (caos es una descripción de sistemas, dinámica que obtiene cuando los movimientos son muy complejos).
- 2. Disipante:** la tensión viscosa del flujo aumenta la energía interna a expensas de la energía cinética. A menudo cuando se desea mantener la energía cinética de un flujo fluido, la turbulencia es un impedimento significativo.
- 3. Difusiva:** la turbulencia anima a mezclarse creando difusión entre la especie química o del flujo, acelerando las interacciones que ocurren en turbulencia.

La presión y la resistencia se oponen entre sí para afectar un flujo, la presión tiende a incrementar un flujo, y la resistencia tiende a disminuirlo, lo que indicaría que:

Flujo : Presión / Resistencia  
 Presión : flujo \* resistencia  
 Resistencia : Presión / Flujo

Ley de Poiseuille: Estableció la importancia que tiene el radio de un conducto en la determinación de la resistencia al flujo:

Resistencia :  $8 n l / \pi r^4$   
 r: radio  
 n: coeficiente de viscosidad.  
 l: longitud

La presión de conducción requerida para producir flujo turbulento varía directamente con la resistencia y el flujo; se requiere más presión para mantener flujo turbulento que mantener flujo laminar. El flujo turbulento es dependiente de la densidad, mientras que el flujo laminar es densidad independiente. En el árbol traqueobronquial, el flujo laminar existe normalmente en las vías aéreas que tienen menos de 2 milímetros de diámetro. El flujo turbulento se ha observado en la zona respiratoria superior, la glotis, y las vías aéreas centrales (abajo a la décima generación, en pacientes sanos), cuando el flujo se hace turbulento, la diferencia de presión necesaria para generar un flujo determinado es mucho mayor (debe ser proporcional al cuadrado del flujo) y es dependiente de la densidad e independiente de la viscosidad del gas.

Para el sistema traqueobronquial, la fuerza o presión propulsora está dada por el índice del flujo y su cuadrado. El flujo de tipo intermedio o mixto combina el flujo laminar y turbulento la cuál combina las dos fórmulas:

$$\Delta P: (V * K1) + (v2 * K2)$$

Según MacIntyre Branson (2002) el flujo de gas a través de un orificio (es decir la aceleración axial), solo tiene una débil dependencia de la cifra de Reynolds y es afectado por la densidad:

$$V = \Delta P / \rho$$

El flujo a través de un orificio (Ej, Vía respiratoria constreñida) aumenta si disminuye la densidad del gas (Ej., heliox).

El principio de Bernoulli y la ley de Graham también son importantes en relación con el tratamiento mediante heliox. El principio de Bernoulli afirma que la presión necesaria para producir flujo es afectada por la masa del gas:

$$(P1-P2) = (1/2) (\rho) (V2^2 - V1^2)$$

Donde (P1-P2) es la presión necesaria para producir un flujo; (V2<sup>2</sup>-V1<sup>2</sup>) es la diferencia de velocidad entre P1 y P2, y  $\rho$  es la masa del gas. Entonces se requiere menos presión para producir flujo con heliox que con aire y oxígeno. La ley de Graham afirma que la tasa de difusión está inversamente relacionada con la raíz cuadrada de la densidad del gas. En consecuencia, el heliox se difunde a una velocidad 1.8 veces mayor que el oxígeno. Esto explica por qué el flujo de heliox a través de un flujómetro de oxígeno es 1.8 veces mayor que el flujo indicado.

El valor normal de la resistencia de las vías aéreas medido durante pletismografía es de 0.5 a 1.5 cm. H<sub>2</sub>O/L/s, aunque el diámetro de las vías aéreas periféricas es pequeño, su gran número genera una enorme área y por ende una menor resistencia. La mayor resistencia del flujo aéreo, en condiciones fisiológicas, ocurre en las vías aéreas superiores.

Esta es la porción de la vía aérea que se considera dependiente de la densidad. El uso de las mezclas de baja densidad del gas puede ser ventajoso para los pacientes con las varias formas de enfermedad obstructiva de la vía aérea,

incluyendo obstrucciones agudas de la vía aérea superior (tales como compresión intraluminal croup viral), de asma aguda, y de las exacerbaciones agudas, de la densidad del gas puede reducir perceptiblemente el trabajo necesario para la ventilación y puede también reducir la contención del gas. Por esta razón es preciso investigar las propiedades que tienen cada uno de estos gases.

Según el Dr. John Davies (1999), que realizó una investigación buscando el efecto de heliox durante la ventilación con presión control a través de una resistencia fija, argumentando que, siendo el helio un gas con densidad baja mezclado con el oxígeno (heliox), la densidad del helio reduce el factor de resistencia en la entrega de gas. Gracias a esta propiedad se ha mostrado un incremento del volumen tidal, en pacientes con respiraciones espontáneas en los cuales tienen un aumento de la resistencia de la vía aérea, lo que reduce la presión requerida para la entrega de un volumen tidal dado y una presión inspiratoria fija dada. Para esta investigación se utilizó servo 900c, con un pulmón de prueba, en el que se prefijó una presión control, una presión inspiratoria de 14 cmH<sub>2</sub>O, tiempo inspiratorio 25%, frecuencia respiratoria 10, resistencia del pulmón de prueba de 70 cm H<sub>2</sub>O a 30lpm. Se obtuvo una tabla de resultados en la que muestra un incremento del volumen tidal usando concentraciones crecientes de heliox.

Se concluyó que el aumento del volumen corriente con heliox varía con dosis dependientes cuando se usa ventilación con presión control asistida.

Clínicamente los beneficios que se atribuyen a la utilización de Helio- oxígeno durante la ventilación mecánica son:

- Reduce el barotrauma
- Reduce la presión pico de la vía aérea
- Reduce la presión plateau
- Incrementa el volumen tidal.
- Ayuda a una mejor eliminación del bióxido de carbono.
- Ayuda al movimiento de presiones iguales de las vías aéreas en contracorriente.

Mezcla	50% oxígeno	40% oxígeno	30% oxígeno	21% oxígeno
Pre	265 ml	262 ml	260ml	259ml
Post	327ml	340ml	350 ml	367ml
Incremento en %	23%	30%	35%	42%

En cirugía, se utilizan cabezas de helio ionizado en el tratamiento de tumores de los ojos, para estabilizar o provocar la remisión y para reducir el flujo sanguíneo en pacientes con malformaciones cerebrales.

Otro uso común del helio es como aire artificial, mezclado con oxígeno, para los buzos. En los trabajos subacuáticos la presión es superior a la presión atmosférica normal y en estas condiciones aumenta la solubilidad de los gases en los fluidos corporales. Si se respira aire normal, el oxígeno es consumido por el organismo pero el nitrógeno permanece en disolución en los líquidos corporales. Al ascender y por consiguiente disminuir la presión, también disminuye la solubilidad del nitrógeno y se desprende el exceso en forma de burbujas que pasan al flujo sanguíneo, produciendo intensos dolores, parálisis e incluso la muerte. Este problema se reduce en gran medida si se respira aire artificial, mezcla de oxígeno helio, debido a la escasa solubilidad del helio.

## West Jhon B. (2000) Pruebas de función pulmonar

Para medir la capacidad funcional residual y el volumen residual, se utiliza la técnica de dilución de gas como el Helio. El principio se basa en conectar el sujeto a un espirómetro y respirar en un circuito cerrado en el que se absorbe  $\text{CO}_2$  que además, contiene una concentración conocida de Helio, que es virtualmente insoluble en sangre. Luego de unas ventilaciones, las concentraciones de Helio en el espirómetro y en los pulmones se equilibran. Posteriormente en la práctica se agrega oxígeno al espirómetro durante el equilibrio para compensar el que es consumido por el sujeto. Este equilibrio se consigue habitualmente a los 5-7 minutos en los individuos normales, pero el tiempo puede ser muy superior en los pacientes con alteraciones importantes en la ventilación. La concentración final de Helio disminuye de forma directamente proporcional al aumento de volumen del sistema V2, resultado de añadir la CRF del paciente al V1.

Como la cantidad de Helio permanece constante en circuito cerrado debe cumplirse que:

$$\begin{aligned} V1 * \text{He} &= V2 (\text{He})_2 \\ V2 &= (V1 + \text{CRF}) \text{ Se dice} \\ \text{CRF} &= V1 * (\text{He})_1 - (\text{He})_2 / \text{He}_2 \end{aligned}$$

El V1 es conocido, la concentración inicial de Helio también es conocida y la final se conoce gracias a un analizador de Helio conectado al sistema.

## Medición de la capacidad de difusión

Se basa en una sola inspiración. El paciente realiza una inspiración al máximo de su capacidad vital de CO

al 0.3% y de helio al 10%, y el resto de nitrógeno ( $\text{N}_2$ ). El helio es un gas que no es difusible por lo cual se utiliza para calcular el volumen alveolar y conseguir que la mezcla gaseosa sea homogénea; mantiene la respiración durante 10 segundos y luego exhala aire. Esto se efectúa en general mediante la medición de concentraciones inspiradas y espiradas de monóxido de carbono del gas alveolar con un analizador infrarrojo. Los primeros 750 mL de aire se desechan debido a la contaminación del espacio muerto y el litro siguiente se recoge para analizarlo. El helio da la dilución del gas inspirado con el gas alveolar y por lo tanto la PCO alveolar inicial. El CO se pierde del gas alveolar en proporción a la PCO mientras se retiene la respiración, la capacidad de difusión se calcula como el volumen de CO captado por minuto por mm hg. de PCO alveolar.

El valor de la capacidad de difusión de monóxido de carbono depende del sexo, edad y talla del paciente. Por esta razón se deben comparar con unos valores de referencia o predichos. En nuestro medio se utilizan los propuestos por la European Respiratory Society (ERS)

La propiedad que distingue a los gases nobles como helio se emplean en la soldadura del arco y en procesos metalúrgicos, para evitar la reacción de los materiales con el oxígeno y del nitrógeno del aire.

Una importante aplicación de los gases inertes se refiere a la fabricación tanto de lámparas de incandescencia como de tubos fluorescentes llamados de luz fría. La vaporización del filamento metálico y el calentamiento del vidrio de la lámpara de incandescencia, como de tubos fluorescentes llamados de luz fría de incandescencia al aumentar la masa atómica del gas contenido.

## CONCLUSIONES

- El Helio es un gas que ha sido investigado en los últimos años, porque por sus propiedades físico - químicas, permite mezclarse con el oxígeno para ser administrado en enfermedades obstructivas con el objetivo de mejorar la entrega del oxígeno, disminuir el trabajo respiratorio, la resistencia de la vía aérea y la condición clínica del paciente, siendo suministrado como monoterapia y terapia coadyuvante; demostrado por las revisiones encontradas en los diferentes estudios recopilados.
- El heliox disminuye el flujo turbulento, mejorando la entrega de oxígeno a los tejidos. Los autores concluyen que heliox mejora el gradiente (A-a) en los pacientes, permitiendo una reducción de la con-

centración de  $O_2$  inspirado, esta mezcla mejora la mecánica pulmonar.

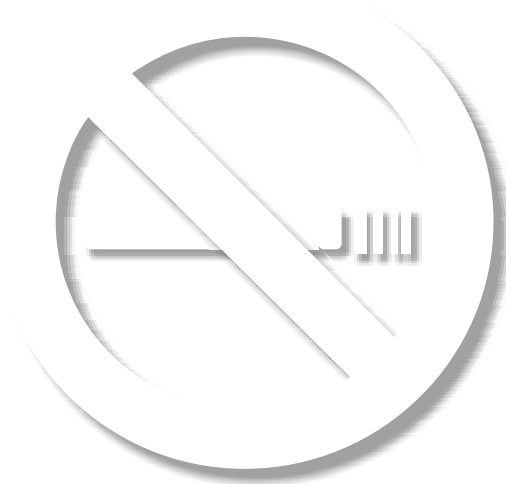
- El heliox puede rápidamente mejorar la gasimetría en pacientes que cursen con acidosis respiratoria y mejora sus síntomas más rápido que con el tratamiento convencional. Se observó además disminución de la presión máxima de la vía aérea, de PEEP intrínseco, de la  $Pa\ CO_2$ , así como de la presión arterial media y se corrigió la acidosis respiratoria.
- Su aplicación en enfermedad pulmonar obstructiva crónica, ha sido estudiada por diferentes autores; se concluyó que el uso de  $He-O_2$  durante la ventilación no invasiva mejora el esfuerzo respiratorio y la adaptabilidad con la ventilación no invasiva. Los autores concluyeron, que el uso de heliox con broncodilatadores nebulizados durante las 2 primeras horas de tratamiento en EPOC exacerbado, no mejoró el VEF1 seg, más rápido que con el uso de aire- $O_2$ . La mejoría más rápida fue con el FEF 25-75 con heliox. Se cuestiona la importancia clínica en el pequeño porcentaje de mejoría en el FEF 25-75. Tassaux y Chevrolet (2000) ven que el heliox disminuye el PEEP intrínseco en pacientes con EPOC sometidos a ventilación mecánica, disminuye la hiperinsuflación dinámica y el PEEP intrínseco durante la ventilación mecánica en pacientes con EPOC exacerbado y documentan que hay cambios en la gasimetría arterial y en la hemodinamia. En los resultados definitivos se observó que el trabajo respiratorio disminuyó significativamente, el PEEP intrínseco, la resistencia de la vía aérea y la constante de tiempo espiratorio disminuyó. Los autores concluyeron que disminuyó el trabajo respiratorio con la administración de heliox en pacientes ventilados mecánicamente con exacerbación aguda de EPOC y adicionalmente podría ser útil en pacientes con PEEP intrínseco.
- En general, la mezcla helio - oxígeno proporciona un vehículo muy amplio para que medicamentos como el albuterol y el bromuro de ipratropium obtengan mayor penetración y depósito en las vías aéreas más distales, mejorando la entrega de los medicamentos.
- Para su aplicación en general, hasta el momento no se han realizado consensos acerca del tema, ni se ha establecido un protocolo mundial para su aplicación, las pruebas que se han realizado con heliox han sido en distintos niveles de atención hospitalaria, con lo que se necesitaría un protocolo para cada uno de los niveles, pero la limitación de este tipo de investigación sería el hecho de que las muestras poblacionales son muy pequeñas y aunque es

muy benéfico para mejorar los niveles de oxigenación y el trabajo respiratorio, se requieren de muchos más estudios para apoyar estos resultados porque otras publicaciones muestran puntos de controversia en cuanto a sus resultados.

## BIBLIOGRAFÍA

1. Austan F, Polise, M. 2002. Management of respiratory failure with noninvasive positive pressure ventilation and heliox adjunct. May-Jun;31(3): 214-8
2. Am. j. Respiratory Critical care medicine Helium- oxygen in the poextubation period decreases inspiratory effort. 2001 vol 164 N. 4 august , pag 633-637
3. Berkenbosch JW, Grueber. 2003. Effect of helium – oxygen (heliox) gas mixtures on the function of four pediatric ventilators. Am J. Respir. Crit. Care. MedJul ;31(7): 2052-8.
4. Carter ER, Webb CR, 1999. Evaluation of heliox in children hospitalized with acute severe asthma. A randomized crossover trial.. chest.109(5): 1256-61.
5. Critical Care Medicine Use in Heliox in patients with severe exacerbation of chronic obstructive pulmonary disease, Volume 29 n 11 November 2001 p. 2322
6. Boussuges P. Gainnier M. 2000. Use in heliox in patients with severe exacerbation of chronic obstructive pulmonary disease, Critical Care Medicine Volume 29 n 11 November 2001 p. 2322.
7. Diehl JL, Mercat A. 2000. Effects of helium-oxygen on intrinsic positive end-expiratory pressure in intubated and mechanically ventilated patients with severe chronic. Am J. Respir. Crit. Care. Med. Aug;28(8):2721-8.
8. De Boisblanc BP, De Bleiux. 2000. Randomized trial of the use of heliox as a driving gas for updraft nebulization of bronchodilators in the emergent treatment of acute exacerbations of chronic obstructive pulmonary disease. Sep; 28(9); 3177-80.
9. Disponible en Internet
10. Esquinas Antonio (2000). El heliox es eficaz en sujetos con obstrucción crónica del flujo aéreo.<http://diariomedicovd.recoletos.es/neumologia/n171100bis.html>
11. Disponible en internet. Jairo Pinilla Baer (2002). Tratamiento con heliox en Lactantes con bronquiolitis aguda. Sociedad Colombiana de Pediatría Regional Bogotá.[www.almacen/virtual.com/pediatria/directivos.htm](http://www.almacen/virtual.com/pediatria/directivos.htm)
12. Disponible en internet: Calvo Masias [http://www.cpnlac.org/tema-bronquiolitis\\_Medicos\\_txo..htm](http://www.cpnlac.org/tema-bronquiolitis_Medicos_txo..htm)
13. Fink James B. MS RRT, Helium- oxygen. The journal for Respiratory care Practitioners April/
14. Garner M y cols. 2003. Helium- oxygen reduces the breathing work in patients subjected in ventilation mechanics with COPD Intensive Care Med 2003 Jul 25.
15. Grosz AH, Jacobs IN. 2001. Use of helium-oxygen mixtures to relieve upper airway obstruction in a pediatric population. Laryngoscope. Sep; 111(9):1512-4

16. Gross Matthew, Robert Mspear and Bradley M Peterson. 2000. Heliox mixture doesn't improve the gas exchange in children with bronchiolitis during the ventilator mechanics. *Am J. Respir. Crit. Care. Med.* 2000; (4) (3) : 188-192
17. Henderson SO, Acharya P 1999. Use of heliox-driven nebulizer therapy in the treatment of acute asthma. *Am. Emerg. Med.* Feb;33(2): 141-6.
18. Ho AMH, Lee A, Karmakar MK et al.2003.Heliox vs Air-Oxygen Mixtures for the Treatment of Patients With Acute Asthma: A Systematic Overview. *Chest*; 123 882-890.
19. Hollman G, Shen G, 1998. Helium-oxygen improves clinical Asthma Scores in children with acute bronchiolitis. *Am J. Respir. Crit. Care. Med.* Oct; 26(10): 1731-6.
20. Jaber S, Fodil R. 2000. Noninvasive ventilation with helium-oxygen in acute exacerbations of chronic obstructive pulmonary disease. *Am J. Respir. Crit. Care. Med.* Apr;161(4 pt 1): 1191-200
21. Kass JE, Terregino CA.1999.. The effect of heliox in acute severe asthma: a randomized controlled trial. *Chest.* Aug; 115(2): 296-300
22. Kemper KJ, Ritz RH, 1991. Helium-oxygen mixture in the treatment of postextubation stridor in pediatric trauma patients. *Am J. Respir. Crit. Care. Med.* Mar; 19(3): 356-9.
23. Kudukis TM, Manthous CA, Schmidt GA, Hall JB, Wylam ME. 1997. Inhaled helium-oxygen revisited: effect of inhaled helium-oxygen during the treatment of status asthmaticus in children. *J Pediatr.*;130:217-224.
24. Lopez J, 2002 Comparación entre heliox y epinefrina racémica en laringotraqueobronquitis aguda infantil. *Revista electrónica de medicina intensiva* Artículo nº 324. vol 2 nº 3, marzo 11-11
25. Lopez J. marzo 2002 Tratamiento con heliox en lactantes con bronquiolitis aguda. *Revista electrónica de medicina intensiva*, Artículo nº 322 , Vol 2 , nº3
26. MacIntyre Branson, ventilación mecánica, Mac Graw Hill Interamericana 2002 Pg. 482-486.
27. Papamoschou, D.1995.Theoretical Validation of Respiratory benefits of helium- oxygen mixtures. *Res.physiol*,99:187-190.
28. Remzi. Bandi 2002. The Effect of Heliox-Driven Bronchodilator Aerosol Therapy on Pulmonary Function Tests in Patients with Asthma. *Journal of Asthma*, Oct2002, Vol. 39 Issue 7, p659, 7p.
29. Rodrigo G, y Rowe (2002), Heliox in exacerbation of COPD *Cochrane Data base syst*;2 CD 003571.
30. Schaeffer EM, Pohlman A, 1999. Oxygenation in status asthmaticus improves during ventilation with helium-oxygen. . *Am J. Respir. Crit. Care. Med.* Dec; 27 (12): 2666-70.
31. Tassaux D, Jolliet P,Chevrolet J,C. 2000. Effects of helium-oxygen on intrinsic positive end-expiratory pressure in intubated and mechanically ventilated patients with severe chronic obstructive pulmonary disease. *Am J. Respir. Crit. Care. Med.* Aug;28(8): 2721-8
32. Tassaux D, Jolliet P, Roeseler 2003. Helium – oxygen versus air –oxygen noninvasive pressure support in descompensated chronic obstructive disease : A prospective, multicenter study. *Am J. Respir. Crit. Care. Med.* Mar; 31 (3): 878-84.
33. Use in heliox in patients with severe exacerbation of chronic obstructive pulmonary disease, *Critical Care Medicine* Volume 29 n 11 p. 2322 November 2001.
34. Weber y cols 1999. Evaluation heliox in children with severe asthma *Chest*, 51, 109 (5): 125 –61.
35. Weber JE; Chudnofsky CR, 2001. A randomized comparison of helium – oxygen mixture (heliox) and racemic epinephrine for treatment of moderate to severe croup. *Pediatrics.* Jun; 107 (6): E96
36. Werbeek PR, Chopra A 1998. Heliox does not improve FEV 1 in acute asthma patients. *J Emerg , Med.* Jul-Aug; 16(4): 545-8
37. Xie L, Liu Y, Ma y . 1998.The experimental and clinical study of heliox in treating bronchial asthma.. *Zhonghua Jie He He Hu Xi Za Zhi.* Mar;21(3):150-3.



¡Se puede lograr!