

## ACTUALIZACIÓN

### OXIGENOTERAPIA EN PEDIATRIA

Jorge Rodríguez B, Manuel Reyes N y Rodrigo Jorquera C.

Departamento de Kinesiología. Hospital de Niños Roberto del Río. Facultad de Medicina,  
Universidad de Chile, Santiago, Chile

#### Resumen

Cada año, cerca de 6 millones de niños mueren por enfermedades prevenibles o fácilmente tratadas. El 95% se produce en países subdesarrollados, siendo la neumonía la causa más prevalente muertes en menores de 5 años (18%). La hipoxemia es la causa de los desesos en estos individuos. La aplicación de O<sub>2</sub> como medida terapéutica para tratar o prevenirla es una de las indicaciones más frecuente que debe realizar un clínico. Este escrito trata de integrar en forma muy resumida los conceptos básicos que involucran a la oxigenoterapia, cuándo aplicar O<sub>2</sub>, con que equipos y aditamentos más apropiados.

**Palabras claves:** oxigenoterapia, niños, hipoxemia, sistemas de administración de oxígeno.

#### Abstract

*Around 6 million children died of preventable or easily treatable diseases each year. Ninety five per cent are produced in undeveloped countries, being pneumonia the leading cause of death of children of 5 years or less (18%) and hypoxemia is the cause of dead. Oxygen therapy to treat or prevent this, as a therapeutic measure, is one of the most commons indications that must be performed by a clinician. The review summarized the basic concepts of oxygen administration, when and how, with which equipment, oxygen delivery devices, dangers and its precautions.*

**Keywords:** oxygen therapy, children, hypoxemia, oxygen systems, assesment and follow-up

#### Introducción

La oxigenoterapia se define como el aporte artificial de oxígeno (O<sub>2</sub>) en el aire inspirado (1). Es considerado la terapia más común en cuidados respiratorios. El O<sub>2</sub> se debe considerar como fármaco, por lo tanto,

requiere una indicación documentada, dosis precisa y un control adecuado considerando las condiciones del paciente. Los principales objetivos de la oxigenoterapia que llevan a su utilización son: tratar o prevenir la hipoxemia, tratar la hipertensión pulmonar y reducir el trabajo respiratorio y cardíaco.

En este contexto, el clínico debe poseer conocimientos idóneos de la oxigenoterapia para elaborar los objetivos deseados, seleccionar el modo de administración, supervisar la respuesta del paciente y recomendar e implementar cambios apropiados.

#### Definiciones

##### Hipoxemia

Corresponde a la disminución de la presión parcial de O<sub>2</sub> arterial (PaO<sub>2</sub>) por debajo de 60 mmHg, lo que corresponde a una saturación de O<sub>2</sub> arterial (SatO<sub>2</sub>) del 90%. (2). La detección de hipoxemia se consigue con la medición de la PaO<sub>2</sub> a través de gases arteriales y/o la SatO<sub>2</sub> de la hemoglobina mediante pulsímetro.

##### Hipoxia

Es el déficit de O<sub>2</sub> en los tejidos. (3).

##### Medición de O<sub>2</sub>

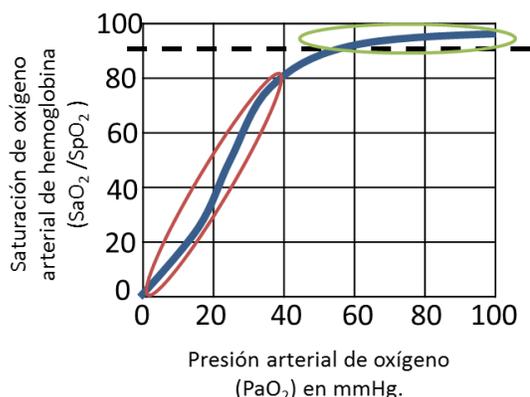
La medición de gas en sangre arterial es denominado PaO<sub>2</sub> en cambio, cuando se realiza oximetría se utiliza SatO<sub>2</sub>. Rangos normales de SatO<sub>2</sub> a nivel del mar fluctúan entre 97-99%, con un límite mínimo de 94% (4).

La cantidad de O<sub>2</sub> utilizado dependerá de los niveles de hipoxemia verificados y no de la clínica. En un estudio realizado a 77 niños con infecciones agudas de las vías respiratorias bajas evidenciaron signos clínicos hipoxémicos (cianosis, cabeceo y somnolencia) a distintas SatO<sub>2</sub>: 13% de los

niños con  $\text{SatO}_2 < 85\%$ , 26% con  $\text{SatO}_2 < 90\%$  y 44% con  $\text{SatO}_2 < 93\%$ . (5-6).

En la práctica, el umbral mínimo para administrar  $\text{O}_2$  es con  $\text{SatO}_2 < 90\%$ , ya que pequeñas reducciones bajo este porcentaje

podría representar una caída peligrosa en la  $\text{PaO}_2$ , como se puede verificar en la curva de disociación hemoglobina (Figura 1). Sin embargo, en Chile es indicado el uso de oxigenoterapia si la saturación es  $\leq 93\%$  (7).



Cuadro 1. Curva de saturación de la Hemoglobina.

A una presión de oxígeno alta, los cambios relativamente grandes en la presión sólo conducen a pequeños cambios en la saturación de oxígeno (parte plana de la curva)

Con reducción pequeña en  $\text{SpO}_2$ , por debajo del 90%, puede dar lugar a caídas peligrosas en  $\text{PaO}_2$  (parte empinada de la curva)

### Oxigenoterapia

Es la aplicación suplementaria de  $\text{O}_2$  al aire inspirado de una persona, con fines terapéuticos (6).

Existe consenso entre los clínicos en cuanto al uso adecuado de la oxigenoterapia, basado en objetivos que dirigirán el uso terapéutico en la práctica clínica (6).

### Objetivos de la oxigenoterapia

Los objetivos generales de la oxigenoterapia es mantener una adecuada oxigenación a los tejidos minimizando el trabajo cardiopulmonar. Los objetivos específicos son: (7) (8)

- Corregir hipoxia documentada o por sospecha
- Disminuir los síntomas asociados a hipoxemia crónica
- Disminuir la carga de trabajo que aporta la hipoxemia al sistema cardiopulmonar
- Aumentar tolerancia al ejercicio

- Favorecer el crecimiento somático
- En hipoxemia crónica controlar la hipertensión pulmonar

La corrección de la hipoxemia se produce elevando los niveles de oxígeno en alvéolos y sangre, siendo el objetivo más tangible, fácil de medir y registrar mediante la oximetría de pulso. Junto con disminuir la hipoxemia también se puede aliviar síntomas asociados: trastornos pulmonares como EPOC, enfermedades pulmonares intersticiales y síntomas mentales producto del aporte adicional de  $\text{O}_2$ . Otro cambio importante es disminuir la carga del sistema de compensación manifestado por aumento de ventilación y gasto, ya que en casos de hipoxemia aguda el corazón debe bombear mucha sangre por minuto para satisfacer las demandas de los tejidos. Esta reducción de la carga de trabajo es particularmente importante cuando el corazón ya está

estresado por enfermedades como el infarto al miocardio. (7)

desarrollado y publicado una guía clínica práctica para entregar de manera segura y efectiva O<sub>2</sub> a pacientes adultos y pediátricos. (Ver tabla 1)

### Guía clínica

Para dar sustento técnico al uso de oxigenoterapia, la Asociación Americana de Cuidados Respiratorios (*American*

*Association for Respiratory Care, AARC*) ha

Indicaciones	
<input type="checkbox"/> <ul style="list-style-type: none"> <li>○ que respiran aire ambiente</li> <li>○ situación clínica específica</li> </ul>	<p><b>La hipoxemia documentada evidenciada por PaO<sub>2</sub> inferior a 60 mm Hg o SaO<sub>2</sub> menor al 90% en sujetos</b></p> <p><b>Situaciones de atención aguda en las que se sospecha</b></p>
<input type="checkbox"/> hipoxemia	<p><b>Trauma severo</b></p> <p><b>Infarto agudo al miocardio</b></p> <p><b>La terapia a corto plazo o en intervención quirúrgica (por ejemplo, la recuperación postanestesia)</b></p>
Contraindicaciones	
<input type="checkbox"/>	<p><b>Con pocas excepciones, no existen contraindicaciones específicas para la terapia con O<sub>2</sub> cuando existe una indicación previa.</b></p>
<input type="checkbox"/>	<p><b>Ciertos dispositivos de administración están contraindicados, tales como cánulas nasales y catéteres nasofaríngeos en pacientes pediátricos y neonatales con obstrucción nasal.</b></p>
Precauciones y/o posibles complicaciones	
<input type="checkbox"/>	<p><b>PaO<sub>2</sub> mayor o igual a 60 mm Hg; La depresión de la ventilación puede ocurrir raramente en pacientes con respiración espontánea con PaCO<sub>2</sub> elevada</b></p>
<input type="checkbox"/>	<p><b>Con FiO<sub>2</sub> mayor de 0,5, pueden producirse atelectasias de absorción, toxicidad de O<sub>2</sub> o depresión de la función ciliar o leucocitaria</b></p>
<input type="checkbox"/>	<p><b>En los prematuros, la PaO<sub>2</sub> mayor de 80 mm Hg puede contribuir a la retinopatía de la prematuridad</b></p>
<input type="checkbox"/>	<p><b>En los lactantes con ciertas lesiones cardiacas congénitas como el síndrome del corazón izquierdo hipoplásico, la alta PaO<sub>2</sub> puede comprometer el equilibrio entre el flujo sanguíneo pulmonar y sistémico</b></p>
<input type="checkbox"/>	<p><b>En los lactantes, el flujo de O<sub>2</sub> dirigido a la cara puede estimular una alteración en el patrón respiratorio</b></p>
<input type="checkbox"/>	<p><b>El aumento de FiO<sub>2</sub> puede empeorar la lesión pulmonar en pacientes con envenenamiento por paraquat o en pacientes que reciben bleomicina</b></p>
<input type="checkbox"/>	<p><b>Durante la broncoscopia con láser o la traqueotomía, se debe usar FiO<sub>2</sub> mínima para evitar la inflamación intratraqueal</b></p>
<input type="checkbox"/>	<p><b>Aumento del riesgo de incendio en presencia de FiO<sub>2</sub> alta</b></p>

<input type="checkbox"/> <b>La contaminación bacteriana puede ocurrir cuando se usan nebulizadores o humidificadores</b>
<b>Evaluación de la necesidad</b>
La necesidad se determina mediante la medición de PaO <sub>2</sub> o SaO <sub>2</sub> inadecuada, o ambas, mediante métodos invasivos o no invasivos y la presencia de indicadores clínicos.
<b>Evaluación del resultado</b>
El resultado se determina mediante la evaluación clínica y fisiológica para establecer la adaptación de la respuesta del paciente a la terapia.
<b>Monitorización</b>
<b>Paciente</b> <ul style="list-style-type: none"> <li><input type="checkbox"/> Evaluación clínica incluyendo pero no limitado el estado cardíaco, pulmonar y neurológico</li> <li><input type="checkbox"/> Evaluación de parámetros fisiológicos (PaO<sub>2</sub>, SaO<sub>2</sub>, SpO<sub>2</sub>) en cualquier paciente tratado con O<sub>2</sub> (considerar la necesidad o la indicación de ajustar FiO<sub>2</sub> para aumentar los niveles de actividad y ejercicio) junto con el inicio de la terapia o                     <ul style="list-style-type: none"> <li><input type="checkbox"/> Dentro de las 12 horas de iniciación con FiO<sub>2</sub> inferior a 0,40</li> <li><input type="checkbox"/> Dentro de las 8 horas con FiO<sub>2</sub> de 0,40 o mayor (incluyendo recuperación postanestesia)</li> <li><input type="checkbox"/> Dentro de 72 horas en el infarto agudo de miocardio</li> <li><input type="checkbox"/> Dentro de 2 horas para cualquier paciente con diagnóstico principal de EPOC</li> <li><input type="checkbox"/> Dentro de 1 hora para el recién nacido</li> </ul> </li> <li><input type="checkbox"/> Se sugiere un protocolo de uso apropiado de la terapia con O<sub>2</sub> como un método para reducir el desperdicio y para lograr mayores reducciones de costo</li> </ul>
<b>Equipamiento</b> <ul style="list-style-type: none"> <li><input type="checkbox"/> Todos los sistemas de suministro de O<sub>2</sub> deben comprobarse al menos una vez al día</li> <li><input type="checkbox"/> Los controles más frecuentes por analizador calibrado son necesarios en sistemas                     <ul style="list-style-type: none"> <li><input type="checkbox"/> Susceptible a variación en FiO<sub>2</sub> (por ejemplo, capucha, sistemas de alto flujo)</li> <li><input type="checkbox"/> Aplicada a pacientes con vías respiratorias artificiales</li> <li><input type="checkbox"/> Entrega de una mezcla de gas calentada</li> <li><input type="checkbox"/> Aplicado a pacientes que son clínicamente inestables o que requieren FiO<sub>2</sub> mayor de 0,50</li> <li><input type="checkbox"/> Equipo que suministra oxígeno suplementario a recién nacidos o prematuros</li> </ul> </li> </ul>

**Evaluar la necesidad para la oxigenoterapia**

aparición general de angustia.

Existen 3 maneras de identificar la necesidad de O<sub>2</sub>.

- Uso de medidas de laboratorio para documentar la hipoxemia.
- Problema o condición clínica específica.
- Manifestación de hipoxemia mediante taquipnea, taquicardia, cianosis y

Como se aprecia en la guía clínica propuesta por AARC existen ciertas manifestaciones que difieren entre grupos etarios. Al respecto la Organización Mundial de la Salud da a conocer una serie de signos de manera jerarquizada que son indicativos de oxigenoterapia en paciente pediátrico (Ver tabla 2)

Tabla 2

Signos de hipoxemia
<p><b>Debe administrarse oxígeno a los niños con cualquiera de los siguientes signos:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• SatO<sub>2</sub> &lt;90%</li> <li>• Cianosis central</li> <li>• aleteo nasal</li> <li>• incapacidad para beber o alimentarse (cuando se debe a problemas respiratorios)</li> <li>• quejido en cada respiración</li> <li>• estado mental deprimido (es decir, somnoliento, letárgico)</li> </ul> <p>En algunas situaciones, y dependiendo de la condición clínica general, los niños con los siguientes signos menos específicos también pueden requerir oxígeno:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• retracción severa de la pared torácica inferior</li> <li>• frecuencia respiratoria ≥ 70 / min</li> <li>• movimiento de cabeceo sincrónico a respiración e indica dificultad respiratoria severa</li> </ul>

**Precauciones y peligros en el suplemento de oxígeno**

Existen peligros y precauciones al momento de administrar O<sub>2</sub>, al respecto la guía clínica AARC menciona cuales son los de mayor prevalencia. Entre ellos están: (8)

*Toxicidad del Oxígeno*, determinada por alta PaO<sub>2</sub> y largo tiempo de exposición al gas (ver efectos fisiológicos durante el tiempo al suministrar O<sub>2</sub> al 100% (Ver tabla 3).

*Hipoventilación*, por supresión de los quimiorreceptores periféricos por exposición a altos niveles de O<sub>2</sub> en sangre.

*Retinopatía de la prematuridad*. Necrosis de vasos sanguíneos de la retina ante la exposición a altos niveles de oxígeno.

*Atelectasias por absorción*, alteración en la presión total de los gases por disminución de Nitrógeno.

*Peligro de incendio*, al existir entornos ricos en O<sub>2</sub>.

Tabla 3

Respuestas fisiológicas de individuos sanos a la exposición al oxígeno 100% inspirado	
Tiempo de exposición	Respuesta fisiológica
0-12	Función pulmonar normal
	Traqueobronquitis
	Dolor subesternal
12-24	Disminución de la capacidad vital
25-30	Disminución del compliance pulmonar
	Incremento P(A-a)PO <sub>2</sub>
	Disminución de PO <sub>2</sub> en ejercicio
30-72	Disminución de la capacidad de difusión

### Dispositivos de oxigenoterapia

Los dispositivos de oxigenoterapia se clasifican típicamente en dos grupos: **Equipos de bajo flujo o de rendimiento variable y Equipos de alto flujo o de rendimiento fijo.**

Los equipos de bajo flujo suministran un flujo de O<sub>2</sub> fijo que solo una porción del gas inspirado. El comportamiento variable se relaciona con el hecho que a medida que cambia el patrón ventilatorio del paciente; el O<sub>2</sub> suministrado se diluye con el aire ambiental, dando como resultado una fracción de aire variable y fluctuante de la concentración inspirada de oxígeno (FIO<sub>2</sub>). A diferencia, los equipos de alto flujo proporcionan a los pacientes una FIO<sub>2</sub>

controlada con precisión, aplicada apropiadamente a esta constante, independiente del patrón ventilatorio (4).

#### 1. Equipos de bajo flujo

##### 1.1 Cánula Nasal

Corresponde al dispositivo de administración de O<sub>2</sub> más comúnmente utilizado. Consiste en un tubo de extremo ciego con dos “puntas nasales” que descansan en las narinas. Las cánulas se conectan a un flujómetro de O<sub>2</sub> a través de un tubo, se puede usar un medio de humidificación de burbujas para mejorar la conducción nasal. Éste sistema es de fácil aplicación, independiente del estilo (imagen 1). Su uso durante un tiempo prolongado puede causar lesiones en la piel por presión en las zonas de contacto (8).



Imagen 1. Cánula Nasal

Existen niveles de  $O_2$  recomendados para su administración dependiendo de la edad del paciente. Siendo de 0.5 -1 l/min en neonatos, 0.25 – 2.5 l/min para niños.

El aporte de  $O_2$  que entrega este sistema es

variable, por tanto, surge la necesidad de saber cuál es la fracción de oxígeno inspirado ( $FiO_2$ ) suministrada. Al respecto se han estudiado diversos métodos, sin embargo existen reglas sencillas para estimarla (ver Tabla 4).

Tabla 4

<b>Estimación de <math>FiO_2</math> proporcionada por sistemas de bajo flujo (5)</b>
Para los pacientes adulto con una frecuencia respiratoria y patrón ventilatorio normal, cada 1 L/min de $O_2$ nasal, la $FiO_2$ aumenta aproximadamente 4%. Por ejemplo, un paciente que usa una cánula nasal a 4 L/min tiene una $FiO_2$ estimada de aproximadamente 37% (21 + 16).

En la población pediátrica la estimación de la  $FiO_2$  en equipos de bajo flujo se puede determinar mediante la fórmula documentada por Finer N y Cols, para efectos de calculo

consideraron un volumen corriente ( $V_t$ ) de 5-7 ml  $O_2$ /kg, volumen minuto equivale al Volumen corriente por frecuencia respiratoria, ver tabla 5. (10)

Tabla 6

<b>Estimación de FiO<sub>2</sub> proporcionada por sistemas de bajo flujo en población pediátrica (7)</b>
$FIO_2 \text{ estimada: } \text{Flujo de oxígeno (ml/min} \times 0.79) + (0.21 \times \text{Volumen minuto}) \times 100$ <p style="text-align: center;">Volumen minuto</p>

**1.2 Mascaras**

**1.2.1 Mascarilla Simple**

La mascarilla es de peso ligero y desechable que aumenta la FIO<sub>2</sub> dado por el reservorio disponible que cubre la nariz y boca. El O<sub>2</sub> se entrega de igual forma que con la cánula nasal, con flujos de 5 a 12 l/min. (12)

Los pacientes que usan la máscara podrían sentir claustrofobia, dolor o irritación en sitio de aplicación cuando es por un largo plazo. (4)

Al ser un equipo de rendimiento variable la FIO<sub>2</sub> varía con el ajuste de la máscara, el flujo y patrón ventilatorio del paciente, alcanzando aportes entre 0,3 a 0,6. La mascarilla simple se recomienda para ser utilizadas por períodos cortos cuando una cánula nasal es insuficiente (11).



Imagen 2. Mascarilla simple

**1.2.2 Mascarilla de reservorio con reinhalación parcial**

Este equipo es una simple mascarilla con la adición de una bolsa de depósito de 600 a 800 ml ubicado bajo el mentón del paciente. El flujo de O<sub>2</sub> (normalmente de 8 a 15 l/min) se administra junto a un humidificador de burbujas el cual mantiene el deposito o bolsa a la mitad de su capacidad, mezclando O<sub>2</sub> de la máscara y del depósito del reservorio. El término de reinspiración parcial se refiere a que el primer tercio del gas espirado entra en la bolsa de depósito. Este es gas del reservorio anatómico, con alto contenido de O<sub>2</sub> y bajo CO<sub>2</sub>. A medida que se rellena el depósito con el flujo de O<sub>2</sub> en el primer tercio de la espiración, el restante gas es exhalado por los puertos de la mascarilla. (11)

El principal problema de este tipo de mascarilla es la imposibilidad de conocer la FiO<sub>2</sub> entregada. Se debe usar en pacientes que requieran FiO<sub>2</sub> media-altas, que presenten enfermedad pulmonar crónica agudizada y durante un periodo no superior a 48h. (11)



Imagen 3. Mascarilla de reservorio no reinhalación

Algunos autores podrían considerar la máscara de reservorio con reinhalación como un dispositivo de rendimiento fijo, pero por la capacidad de arrastrar aire ambiente a través de sus puertos laterales lo convierte en equipo de flujo variable. A flujos de 6 a 10 L/min aporta una FIO<sub>2</sub> de 0.4 a 0.7, se espera que el aporte de O<sub>2</sub> varíe dependiendo del patrón ventilatorio y flujo de O<sub>2</sub>.

### 1.2.3 Mascarilla de reservorio sin reinhalación.

Corresponde a una modificación del diseño de la mascarilla de reservorio con

reinhalación, las diferencias a simple vista son imperceptibles. Este tipo de mascarilla incorpora válvulas unidireccionales sobre los puertos laterales y sobre la bolsa de depósito (imagen 3). Las válvulas ubicadas sobre los puertos laterales limitan el arrastre del aire ambiente, los dispositivos actualmente sólo usan una válvula, para permitir que el aire entre más fácilmente en el caso que el flujo de gas sea desconectado de manera inadvertida. (8)

Los principales problemas de este tipo de mascarilla se asocian con las válvulas unidireccionales, el factor tiempo y humedad pueden hacer que estas se cierren en una posición abierta o cerrada que sea inadecuada para su funcionamiento. (8)

El flujo de O<sub>2</sub> debe establecerse de manera que la bolsa del depósito no colapse durante la inspiración. Se requiere un flujo entre 10 a 15 L/min. La FIO<sub>2</sub> aportada se acepta que va desde 0.60 a 0.80. El uso de este tipo de mascarilla se debe reservar para un corto plazo cuando se desea aportar una FIO<sub>2</sub> lo más alta posible en un paciente sin daño pulmonar crónico. (4)

## 2. Equipos de alto flujo

### 2.1 Mascarilla de arrastre de aire.

Comúnmente conocida como “mascarillas Venturi”, su nombre verdadero es *máscaras de arrastre de aire*.

Diseñadas desde 1960 por Campbell, este tipo de equipos consiste en la máscara, una tobera de chorro y los orificios de arrastre (imagen 5). El O<sub>2</sub> bajo presión se suministra a través de la boquilla de chorro justo debajo de la máscara. A medida que el gas se desplaza por la boquilla, aumenta su velocidad. Al salir de la boquilla, el gas arrastra a alta velocidad el aire ambiente dentro de la máscara; esto se debe a las fuerzas viscosas de cizallamiento entre el gas que se desplaza a través de la boquilla y el aire ambiente. La FIO<sub>2</sub> aportada depende

del tamaño de la boquilla (jet), de los puertos de arrastre (ventana) y del flujo de  $O_2$ , típicamente existen dos tipos de boquilla ajustables entre 3 a 15 L/min de caudal de  $O_2$ . (12)

El principal problema en estos equipos es la obstrucción de los puertos de arrastre por la ropa de la cama u otros elementos, así como la obstrucción del jet con basurillas, impidiendo el paso del flujo de  $O_2$ . (12)

Con  $FIO_2$  inferiores a 0.35, la máscara de arrastre puede funcionar como un sistema de rendimiento fijo, sin embargo, por valores sobre 0.35, el flujo cae de 40 L/min, actuando como un equipo de rendimiento variable. (4, 12)

Este tipo de equipo de oxigenoterapia es Imagen 2. Mascarilla simple

### 1.2.2 Mascarilla de reservorio con reinhalacion parcial

Este equipo es una simple mascarilla con la adición de una bolsa de depósito de 600 a 800 ml ubicado bajo el mentón del paciente. El flujo de  $O_2$  (normalmente de 8 a 15 l/min) se administra junto a un humidificador de burbujas el cual mantiene el deposito o bolsa a la mitad de su capacidad, mezclando  $O_2$  de la máscara y del depósito del reservorio. El término de reinspiracion parcial se refiere a que el primer tercio del gas espirado entra en la bolsa de depósito. Este es gas del reservorio anatómico, con alto contenido de  $O_2$  y bajo  $CO_2$ . A medida que se rellena el deposito con el flujo de  $O_2$  en el primer tercio de la espiración, el restante gas es exhalado por los puertos de la mascarilla. (11)

El principal problema de este tipo de mascarilla es la imposibilidad de conocer la  $FiO_2$  entregada. Se debe usar en pacientes que requieran  $FiO_2$  media-altas, que presenten enfermedad pulmonar crónica agudizada y durante un periodo no superior a 48h. (11)

ideal para suministrar una  $FIO_2$  precisa a pacientes que requieren aportes menores de 0.35 de  $O_2$ ; pacientes con enfermedad pulmonar crónica que hipoventilan cuando se exponen a altos valores de  $FIO_2$  también son candidatos, pacientes con altas y cambiantes demandas ventilatorias. (9)



Imagen 4 Jets Venturi



Imagen 5. Armado Sistema Venturi



Imagen 6, Sistema Venturi completo

## 2.2 Sistemas de gran volumen de aerosol y humidificación

Los sistemas de aerosol de gran volumen o nebulizadores neumáticos de arrastre de aire utilizan nebulizadores de arrastre de aire para proporcionar gas a las máscaras faciales, carpas de cara, collares de traqueotomía, estos dispositivos son también conocidos como nebulizadores de chorro o gran volumen.

Debido a la humidificación y al control de calor, los nebulizadores de arrastre de aire han sido el dispositivo tradicional para suministrar  $O_2$  a pacientes traqueostomizados,

Los equipos reutilizables ofrecen valores de  $FIO_2$  de 0.4, 0.6 y 1.0, mientras que los desechables ofrecen 8 ajustes de  $FIO_2$  calibrados entre 0.28 y 0.98. Utilizan un tamaño jet constante con una ventana variable para cambiar la  $FIO_2$ .

Dentro de los equipos de los sistemas de nebulizadores neumáticos se destaca la *Mascarilla de tienda facial*, la que se trata de una máscara que funciona acoplada a un sistema Venturi para posibilitar su alto flujo, útil en pacientes que no toleran la máscara facial, acoplado al sistema venturi disminuye el riesgo de reinhalación de  $CO_2$ . ( ver imagen 7)

El problema principal y común en este sistema es el flujo inadecuado con  $FIO_2$  sobre 0.6 (entre 11 y 40 l/min), el clínico debe observar al paciente y asegurarse que el flujo sea suficiente, cerciorarse que la niebla del aerosol salga del dispositivo durante la inspiración, entonces el flujo se considera apto.

Otro problema es la acumulación de agua en la tubería de administración, aumentando la contrapresión y evita el paso del gas. Por último, estos nebulizadores de alto volumen son rellenos con agua destilada, que es nebulizada junto al flujo de aire enriquecido

con  $O_2$ . El agua destilada nebulizada produciría, edema de la mucosa dado su carácter hipotónico. Por otro lado, el agua destilada se vuelve ácida a nivel ambiente por absorción de  $CO_2$  (pH 5,5), por lo que irritaría la VA, predisponiendo a broncoespasmo. (8,12)



Imagen 7. Mascarilla de tienda Facial.

## 2.3 Halo o tiendas de campana

El halo es un dispositivo cilíndrico, plástico, transparente y abierto en sus extremos (imagen 7). La entrada del  $O_2$  se realiza a través de un tubo corrugado que finaliza en un tubo en "T" que ingresa por un pequeño orificio cerca de la base del cilindro. Otra apertura mayor servirá para que el paciente mantenga su cabeza dentro del Halo, quedando ésta a nivel del cuello. Este dispositivo es bien tolerado, pero tiene algunas limitaciones: el niño no puede sedestarse, presentan reducida interacción con el medio, la alimentación se dificulta. Se emplea principalmente para administrar  $O_2$  a lactantes menores de 18 m, quienes pudiesen tener problemas para mantener una mascarilla facial.

Estos equipos reciben oxígeno desde un sistema de humidificación de alto flujo o bien de un sistema venturi, consiguiendo una

FiO2 precisa, en el rango que se requiera. El Halo no retiene CO2 dado el alto flujo generado por los sistemas de entrega de O2 el caudal se fija a 3 a 15 l/min para proporcionar un flujo fijo a través de la campana, manteniendo una FIO2 constante entre 0.24 a 0.5. Las carpas o tiendas son de material plástico que encierran al paciente pediátrico. El control de la FIO2 es difícil debido al gran volumen y la apertura del equipo. El uso de este equipo continúa disminuyendo debido a que otros métodos son más precisos, menos costosos. (11, 12)



Imagen 8. Halo

### 3. Mezclas de aire y oxígeno

#### 3.1 Flujómetros de aire y oxígeno

Se pueden utilizar dos medidores de flujo, uno de aire y otro de oxígeno para proporcionar concentraciones precisas de O2. El gas debe ser humidificado antes de ser entregado al paciente. El cálculo de la FIO2 al conocer las tasas de flujo de aire y O2 es fácil, recordando que la composición del aire el 0.21 corresponde al oxígeno. (12)

#### Ecuación para determinar FIO2 en técnica de mezcla de aire y oxígeno

$FIO_2 (\text{FLUJO TOTAL}) = \text{FLUJO O}_2 + \text{FLUJO AIRE} (0.21)$

Ejemplo: Con un flujo de O2 de 20 l/min y 40 l/min de aire, ¿Cuál es el flujo total y FIO2 entregada?

$FIO_2 (\text{FLUJO TOTAL}) = 20 \text{ l/min} + 40 \text{ l/min} (0.21)$

$FIO_2 (20 \text{ L/min} + 40 \text{ l/min}) = 20 \text{ l/min} + 8.4 \text{ l/min}$

$FIO_2 (60 \text{ l/min}) = 28.4 \text{ l/min}$

$FIO_2 = 28.4 \text{ l/min} \quad FIO_2 = 0.47$

60 l/min

#### 3.2 Mezcladores de aire y oxígeno

Los mezcladores de aire y oxígeno son fuentes de 50 psi que proporcionan valores de FIO2 precisos. (Ver Imagen 9). A su vez son cómodos y compactos en comparación con el uso de dos flujómetros.

Los mezcladores tienen tres secciones donde se realizan funciones distintas. Estas son el módulo de alarma, el módulo de equilibrio de presión y módulo de dosificación. El aire entra al módulo de alarma a 50 psi de los cilindros de alimentación o de la red, las dos presiones deben tener una diferencia de 10 psi, si esta es mayor, la precisión de la FIO2 se verá alterada.

Desde el módulo o estación de alarma, el gas se desplaza al módulo equilibrio de presión, utiliza uno o dos diafragmas para equilibrar las presiones de aire y O2. Si la presión de aire es mayor, el diafragma se mueve hacia la presión de O2 más baja.

Posteriormente el gas pasa al módulo de dosificación, el O2 y aire a presiones equivalentes se dosifican para entregar la FIO2 deseada. (8) Imagen



9. Mezclador de aire-oxígeno

### Referencias

- Luna Paredes M, Asencio de la Cruz O, et al. Fundamentos de la oxigenoterapia en situaciones agudas y crónicas; indicaciones, métodos, controles y seguimientos. *An Pediatr* (Barc). 2009; 71:161-174.
- Hlastala M, Berger A. In *Physiology of Respiration*, 2nd Ed. Ed Oxford University Press. 2001
- Patiño JF. En *Gases Sanguíneos. Fisiología de la respiración e insuficiencia respiratoria aguda*. 6ta Ed. Editorial médica Panamericana. 1998.
- Subhi R, Smith K, Duke T. When should oxygen be given to children at high altitude? A systematic review to define altitude-specific hypoxaemia. *Arch Dis Child* 2009; 94:6–10.
- Laman M, Ripa P, Vince J, Tefuarani N. Can clinical signs predict hypoxaemia in Papua New Guinean children with moderate and severe pneumonia? *Ann Trop Paediatr* 2005;25:23–27.
- World Health Organization 2016 “Oxygen therapy for children: a manual for health workers”. Capítulo 2, p 4-9.
- Guía clínica AUGE: Infección respiratoria baja de manejo ambulatorio en menores de 5 años. MINSAL , 2013
- Egan's fundamentals of respiratory care. 10th ed. / [edited by] Robert M. Kacmarek, James K. Stoller, Albert J. Heuer. Editorial Elsevier.
- Enfermedades respiratorias del niño en atención primaria 7° versión, 2014. módulo 3, p 9.
- Finer, NN, Bates, R., y Tomat, P. Entrega bajo flujo de oxígeno mediante una cánula nasal a los recién nacidos. *Pediatric Pulmonology*. 1996; 21 (1): 48-51.
- Rodríguez B. Jorge, Duffau T. Gastón. Cambio de halo a cánula nasal, un método eficiente y eficaz de oxigenoterapia en lactantes con infección respiratoria aguda baja. *Rev. chil. Pediatr* 2005 ; 76( 4 ): 369-374.
- *Respiratory care equipment* 2 ed. R, Branson, Robert Ch.