A. C. N. P.

Asociación Colombiana
de Neumología Pediátrica

Guía No. 2

Oxigenoterapia

Guías de práctica
clínica 2010

Oxigenoterapia
Guía número 2
Guías de práctica clínica 2010
Autor: Asociación Colombiana de Neumología Pediátrica
Primera edición

Editores:
Álvaro Posada Díaz
Wílliam Parra Cardeño

Prohibida la reproducción total o parcial de esta obra por cualquier medio sin la autorización escrita del autor

ISBN 978-958-44-6326-5
www.neumopediatriacolombia.com

Impreso en Medellín, Colombia
Febrero de 2010
1000 ejemplares
Artes & Rayados Litografía

Introducción

Para la Asociación Colombiana de Neumología Pediátrica (ACNP) es un orgullo contribuir a la educación médica continuada de los médicos colombianos y de otros países que tendrán acceso a esta información a través de la *web*. Con esta segunda edición de nuestras guías buscamos mejorar el tratamiento de los niños afectados por enfermedades respiratorias.

En la primera edición de las guías editadas en 2003 se revisaron los siguientes temas: asma, bronquiolitis, fibrosis quística, laringotraqueítis, neumonía y tuberculosis. Para esta segunda edición actualizaremos los temas referidos y, además, cubriremos los siguientes temas: hipertensión pulmonar, oxigenoterapia, trastornos del sueño, guías dirigidas a padres de familia y comunidad sobre asma, fibrosis quística e infección respiratoria aguda.

Hemos desarrollado estas guías, según la técnica GRADE (Grading of Recomendation, Assesment, Development and Evaluation, por sus siglas en inglés), la cual ha sido recomendada por la Organización Mundial de la Salud como un sistema para evaluar y calificar la *evidencia* existente y de esta forma hacer recomendaciones en el cuidado de la salud.

Durante 2010 se hará la socialización y difusión de estas guías en las principales ciudades del país y en el marco del VIII Congreso de la Sociedad Latinoamericana de Neumología Pediátrica, en Cartagena, del 18 al 21 de agosto.

En nombre de la Junta Directiva que presido quiero resaltar el esfuerzo de todos los pediatras neumólogos del país reflejado en la publicación de estas guías, por lo cual expreso mi reconocimiento y gratitud para cada uno de ellos, pues detrás de estas guías hay todo un trabajo arduo y muchas horas de sacrificio.

También damos el agradecimiento a la industria farmacéutica que ha financiado la impresión y publicación de este material, respetando sin ninguna interferencia y en forma ética nuestras opiniones.

Iván Guillermo Stand Niño
Presidente ACNP

Junta Directiva
2009 - 2011

Presidente
Iván Stand Niño

Vicepresidente
Jairo Guerrero Vásquez

Secretario
José Miguel Escamilla Arrieta

Tesorero
Juan Gabriel Arciniegas Jiménez

Vocales
Marina Manotas Villegas
Bertha Inés Agudelo Vega
Carlos Rodríguez Martínez

Fiscal
Wílliam Parra Cardeño

Oxigenoterapia

***Coordinador**: Ricardo Aristizábal Duque*
Samuel Alberto Maury Rodríguez
Tania Lalleman Abramuck

Esta guía pretende informar respecto al uso adecuado de la administración de oxígeno suplementario y hace parte de un compendio de guías de la Asociación Colombiana de Neumología Pediátrica.

Construir una aproximación basada en *evidencia* del uso de oxígeno en forma aguda y crónica en lactantes y niños es dispendioso porque mucha de la literatura existente falla en tratar algunas de los aspectos claves con respecto a resultados a largo plazo, tales como crecimiento, función pulmonar y desarrollo neurocognoscitivo.

A pesar de 75 años de oxigenoterapia en el lactante, no hay estudios controlados sobre el valor por debajo del cual debería ser administrado oxígeno o el rango de SaO_2 (saturación arterial de oxígeno) alcanzado en este grupo de edad.

Existe una falta de consenso sobre las indicaciones apropiadas de prescripción de oxígeno, niveles de O_2 (oxígeno) deseado y resultados medibles de significación clínica inmediata y a largo tiempo.

De los escasos estudios disponibles, la mayoría son pequeños estudios que reportan el tratamiento de recién nacidos con enfermedad pulmonar crónica neonatal con resultados medibles

inconsistentes. Estos datos no son fácilmente extrapolable a los niños mayores, que también están mal definidos por los datos existentes en los estudios de adultos. Sin embargo, se requiere delineamiento de las indicaciones de oxígeno domiciliario con un apropiado diseño de un ensayo multicéntrico, financiado, para proveer soporte para una oxigenoterapia óptima.

Recientemente el Grupo de Trabajo de la Sociedad Torácica Británica de los servicios de oxígeno a domicilio llevó a cabo una revisión independiente de los servicios infantiles, ya que hay muchas diferencias entre los requisitos en los adultos y en los niños. De nuevo se hizo evidente que hay falta de consenso sobre las cuestiones fundamentales en la niñez, tales como saturación ideal de oxígeno alcanzada, elemento crítico y fundamental, ya que determina quién necesita oxígeno domiciliario, cuánto debe darse y en quién no necesita prolongarse.

Mientras no se disponga de información, una aproximación racional usando el conocimiento existente es todo lo que puede ser sugerido.

Metodología

Se conformó un equipo de trabajo para la revisión de la literatura correspondiente a la aplicación de oxígeno suplementario en niños como parte del tratamiento de enfermedades de origen respiratorio, publicada en los últimos cinco años nacional e internacionalmente, en español, inglés y francés. Una vez seleccionados los documentos se tuvo en cuenta que fuera literatura médica desarrollada por grupos de profesionales, asociaciones de especialidades médicas, sociedades científicas o agencias gubernamentales de reconocida trayectoria nacional o internacional.

Según las pautas de la Asociación Colombiana de Neumología Pediátrica se recomendó el uso del sistema GRADE para la

evaluación de la calidad de la *evidencia* científica y de la fuerza de la recomendación, como se expone a continuación.

Representación de la calidad de la *evidencia* científica y de la fuerza de las recomendaciones

Calidad de la evidencia científica	
Alta	A
Moderada	B
Baja	C
Muy baja	D
Fuerza de la recomendación	
Recomendación fuerte a favor de utilizar una recomendación	1
Recomendación débil a favor de utilizar una recomendación	2
Recomendación débil en contra de utilizar una recomendación	2
Recomendación fuerte en contra de utilizar una recomendación	1

Sin embargo, los grados de recomendación de acuerdo con el nivel de información y *evidencia* no son fácilmente aplicables, pues aunque no existe *evidencia* científica de calidad alta, la sana lógica, la plausibilidad biológica y la *evidencia* general contundente de perjuicio al no aplicar esta terapia cuando se requiere implicarían un grado de fuerza de recomendación fuerte a pesar de que la calidad de la *evidencia* no sea alta.

Por lo anterior, el nivel de *evidencia* y fuerza de recomendación con respecto a la oxigenoterapia se aplicará en esta guía solo en algunas intervenciones en que pueda ser adaptable.

Objetivos

La población de interés incluye médicos generales, pediatras, neumólogos pediatras, así como médicos especialistas en Medicina Familiar y Medicina de Urgencias, entre otros profesionales.

Los objetivos de la oxigenoterapia son:

- Tratamiento del paciente hipoxémico
- Reducción del trabajo respiratorio
- Disminución del trabajo cardíaco

La oxigenoterapia se dirige a incrementar la oferta de oxígeno a los alvéolos aportando una FIO_2 (fracción inspirada de oxígeno) mayor que la del aire.

La enfermedad pulmonar crónica secuelar posinfecciosa, que habitualmente se desarrolla a partir de un trastorno pulmonar agudo intenso, usualmente producido por adenovirus, y la enfermedad pulmonar crónica derivada del período perinatal, con volutrauma y barotrauma y lesión por oxígeno constituyen un problema clínico significativo asociado a las UCI neonatales y pediátricas.

La oxigenoterapia es hoy el único tratamiento no controvertido de los lactantes y niños pequeños con enfermedad pulmonar crónica y puede ser necesaria durante períodos prolongados (meses y aun años) con internaciones muy prolongadas.

Estas circunstancias han generado nuevos problemas, como el riesgo de infecciones intrahospitalarias, la probabilidad de desorganización del grupo familiar y las dificultades para el cuidado de los otros hermanos, que adquiere mayor relevancia en las familias de escasos recursos. El suministro de oxígeno suplementario para lactantes y niños con hipoxemia es costoso pero ventajoso, ya que facilita la salida temprana del hospital y mejora la calidad de vida en el hogar.

Conceptos fisiológicos

Se discutirán los siguientes conceptos: fracción de oxígeno en el aire inspirado, fracción de oxígeno en el gas alveolar, diferencia

alveoloarterial de oxígeno: $D(A\text{-}a)O_2$, transporte y aporte de oxígeno a los tejidos y valores normales de los gases arteriales.

Fracción de oxígeno en el aire inspirado

La atmósfera ejerce una PB (presión barométrica) de 760 mm Hg a nivel del mar. El oxígeno constituye el 21% (20,93%) del aire atmosférico, por lo que la PIO_2 (presión parcial de oxígeno inspirado) equivaldrá a 21% de la presión barométrica total:

PIO_2 = PB x FIO_2 = 760 x 0,21= 159 mm Hg
PIO_2 = Presión parcial de oxígeno inspirado
FIO_2= Fracción de oxígeno inspirado
En Bogotá, a 2640 metros sobre el nivel del mar: PIO_2 = 560 x 0,21 = 117 mm Hg

La PB del aire ambiente (aire inspirado) está compuesta por la suma de las presiones parciales de los gases del aire que constituyen la atmósfera. Puede ser calculada aplicando la fórmula anterior. La presión barométrica a nivel del mar está compuesta así:

Oxígeno (PO_2): 159 mm Hg (20,93%)
Nitrógeno (PN_2): 600 mm Hg (79,03%)
Bióxido de carbono (PCO_2) 0,3 mm Hg (0,03%)

Además de estos gases, hay vapor de agua en cantidades variables. A la altura de Bogotá (2640 metros) la presión barométrica es de 560 mm Hg, compuesta así:

PO_2 (oxígeno): 117,2 mm Hg (20,93%)
PN_2 (nitrógeno): 442,6 mm Hg (79,03%)
CO_2 (bióxido de carbono): 0,2 mm Hg (0,03%)

Fracción de oxígeno en el gas alveolar

El gas alveolar tiene características que resultan de la mezcla del gas inspirado con otros gases en su tránsito desde la atmósfera

exterior hasta el interior del alvéolo. Tiene, naturalmente, la misma presión atmosférica que el aire ambiente. Sin embargo, el gas atmosférico sufre cambios que resultan de:

- La mezcla de CO_2 del espacio muerto, es decir, el gas que ya ocupa las vías respiratorias, proveniente desde la sangre y que tiene en el alvéolo la misma presión que en la arteria ($PACO_2 = PaCO_2$)
- La mezcla con el vapor de agua en el espacio alveolar. Este, como todos los gases, tiene también una presión parcial que en el alvéolo es de 47 mm Hg a 37 °C

Se puede calcular la PAO_2 (presión parcial de oxígeno en el gas alveolar) con la siguiente fórmula:

$PAO_2 = (PB-PH_2O) \times FIO_2-PaCO_2$
A nivel del mar será:
$PAO_2 = (760-47) \times 0,21-35 = 114,73$
A nivel de Bogotá:
$PAO_2 = (560-47) \times 0,21-31 = 72,3$ mm Hg
PAO_2 = presión alveolar de oxígeno
PB = presión barométrica
FIO_2 = fracción inspirada de oxígeno
$PaCO_2$ = presión arterial de CO_2

Si el aire inspirado es modificado, por ejemplo, por aumento de la concentración o fracción de oxígeno, los valores cambian.

Diferencia alveoloarterial de oxígeno: $D(A-a)O_2$

Existe un gradiente normal de 5 a 15 mm Hg entre la PaO_2 (presión parcial del oxígeno arterial) y la presión parcial alveolar.

$D(A-a)O_2 = PAO_2-PaO_2 = 5$ a 15 mm Hg

Este gradiente es debido a la poca solubilidad de oxígeno, que hace lenta la difusión a través de la membrana alveolar, y al *shunt* o cortocircuito anatómico y fisiológico que normalmente

existe. No sucede igual con el CO_2. La diferencia alveoloarterial, D(A-a)CO_2, gracias a la gran solubilidad del CO_2 y rápida difusión a través de la membrana hace que sea prácticamente igual a 0.

Transporte y aporte de oxígeno a los tejidos

Una vez que la molécula de oxígeno ha pasado del alvéolo al capilar pulmonar, es transportada en la corriente sanguínea en dos formas: disuelta y unida a la hemoglobina.

La porción de oxígeno disuelto en la sangre es muy pequeña. En 100 ml de sangre total hay 0,3 ml de oxígeno disuelto, equilibrado con una PO_2 de 100 mm Hg.

Respecto al oxígeno unido a la hemoglobina, se puede decir lo siguiente: 1 g de hemoglobina puede combinarse con 1,34 ml de oxígeno, siendo 40 a 70 veces mayor el transporte de oxígeno de esta última forma. Con un gasto cardíaco de 5,5 l/min puede liberar 250 ml/min de oxígeno a los tejidos.

Es necesario recordar que la curva de disociación de la hemoglobina está regulada por la presión de CO_2, el pH, el DPG (2,3 difosfoglicerato) y la temperatura.

Se produce desviación de la curva de disociación de la hemoglobina hacia la izquierda, es decir, la hemoglobina capta más fácilmente el oxígeno, pero lo suelta o cede a los tejidos con más dificultad, cuando hay disminución de CO_2, 2,3 DPG y temperatura o aumento del pH.

De manera contraria, la curva se desvía hacia la derecha, es decir, la hemoglobina capta menos fácilmente el oxígeno, pero lo cede a los tejidos con más facilidad, cuando hay aumento de CO_2, 2,3 DPG y temperatura o cuando hay disminución del pH.

La llegada efectiva de oxígeno a los tejidos está determinada por dos factores, el oxígeno transportado y el oxígeno extraído.

El oxígeno transportado depende del gasto cardíaco y del contenido arterial de oxígeno, que a su vez está determinado por la capacidad de la hemoglobina de transportarlo y por el que se encuentra disuelto.

O_2 transportado = QT x CaO_2 x 10
QT = gasto cardíaco
CaO_2 = contenido arterial de O_2
CaO_2 = (1,34 x Hb x saturación de O_2) + PaO_2 x 0,003

El oxígeno extraído, extractado o consumido (VO_2), depende de la diferencia de los contenidos de oxígeno arterial y venoso y del gasto cardíaco.

VO_2 = (CaO_2-CvO_2) x QT x 10
CvO_2 = contenido venoso de O_2

La hipoxemia se refiere a niveles bajos de PaO_2, medida por gasometría arterial o por oximetría de pulso. La hipoxia es la real y específica situación de un tejido al que no le está llegando oxígeno suficiente para cumplir con sus funciones. Hay cuatro diferentes tipos de hipoxia:

- **Hipoxia hipoxémica** (PO_2 baja y contenido bajo de oxígeno): ocurre en atmósfera baja en oxígeno, hipoventilación, alteración en la relación ventilación perfusión, afectación de difusión del oxígeno y cortocircuito arteriovenoso
- **Hipoxia por deficiencia de hemoglobina** (PO_2 normal y contenido bajo de oxígeno): ocurre en anemia e intoxicación por monóxido de carbono
- **Hipoxia por isquemia** (PO_2 normal con alteración en entrega o utilización de oxígeno): ocurre en insuficiencia circulatoria generalizada o localizada, edema tisular y demandas tisulares anormales
- **Hipoxia por anoxia histotóxica** (PO_2 y contenido de oxígeno normales): ocurre en intoxicación por cianuro

Valores normales de los gases arteriales

Los valores normales a nivel del mar (respirando aire, o sea con FIO_2 de 0,21) son los siguientes:

pH = 7,35–7,45
PaO_2 = 85–100 mm Hg
$PaCO_2$ = 35–45 mm Hg
Saturación de oxígeno = 94–98%

Los valores normales en Bogotá (2640 metros sobre el nivel del mar) son:

pH = 7,38–7,48 (7,35–7,45 en otros estudios)
PaO_2 = 60–70 mm Hg
$PaCO_2$ = 28–34 (31 ± 3) mm Hg
HCO_3 = 18–23 (20,5 ± 2,5) mEq/l
$D(A\text{-}a)O_2$ = 5–15 mm Hg

Sistemas de suministro de oxígeno

Una pregunta frecuente al respecto es: ¿Cuál de los sistemas para el suministro de oxígeno es mejor usar? El mejor y más práctico sistema para el suministro de oxígeno es el de flujo bajo y, de ellos, el mejor es la cánula nasal.

Calidad de la *evidencia*:
moderada (B). Recomendación: fuerte (1)

Los sistemas de suministro de oxígeno se clasifican en sistemas de débito o flujo alto y sistemas de débito o flujo bajo.

Sistemas de oxígeno de flujo o débito alto

En este tipo de sistema la tasa de flujo y la capacidad de reserva son tales que bastan para suministrar la totalidad de la mezcla gaseosa inspirada. En otras palabras, el paciente respira solamente gases provenientes del sistema. El flujo total debe

ser 2-3 veces el volumen minuto del paciente para poder lograr el objetivo.

La mayor parte de los sistemas de suministro de oxígeno de débito alto utilizan el dispositivo Venturi (véase figura 1), que es un dispositivo basado en el principio de Bernoulli.

Según este principio, la presión lateral de un gas disminuye conforme aumenta su velocidad de flujo. Por lo tanto, cuando el oxígeno fluye por un conducto que repentinamente disminuye su diámetro crea un gran aumento en su velocidad produciendo una presión subatmosférica inmediatamente después de la salida del orificio, la cual arrastra aire ambiente. Haciendo variar el tamaño del orificio y el flujo de oxígeno, se puede modificar la proporción de los mismos obteniendo, según tal proporción, la FIO_2 deseada.

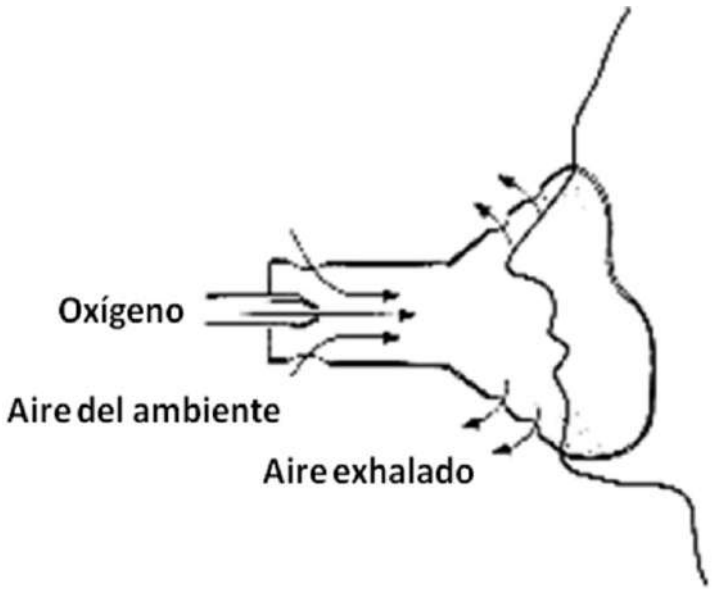

Figura 1. Dispositivo Venturi

De lo anterior se puede inferir que a pesar de estar suministrando un flujo dado de oxígeno relativamente bajo el resultado final

de lo suministrado es mucho mayor, pues además del oxígeno se está suministrando aire en proporción fija dando como resultado un flujo total alto (más de quince litros por minuto).

Los sistemas de débito alto pueden utilizarse para aplicar concentraciones de oxígeno altas o bajas, es decir, que no por ser de débito alto da concentraciones altas.

En la práctica se suministra oxígeno con sistema de flujo alto de la siguiente manera:

- Adaptando un dispositivo Venturi a una mascarilla con orificio amplio a cada lado, la cual es diferente de la mascarilla para oxigenoterapia de flujo bajo, que tiene varios orificios pequeños a cada lado
- Adaptando un dispositivo Venturi a una cámara cefálica. Esta última debe estar muy bien adaptada a la base del colchón en la cual el niño está recostado, dejando permeables solamente los orificios superiores a través de los cuales busca eliminar el gas carbónico que el paciente está exhalando en su respiración normal y el exceso de mezcla gaseosa que no utilizó

Los sistemas de débito alto tienen dos ventajas especiales:

- El patrón ventilatorio del paciente no modifica la FIO_2
- Suministran la totalidad de la muestra gaseosa inspirada y permiten regular la temperatura y humedad de dicha mezcla

La desventaja de este sistema radica en que el costo es mayor dado que requiere flujos de oxígeno relativamente mayores comparados con el sistema de flujo bajo más usado, cánula nasal, que se describirá más adelante.

Sistemas de oxígeno de flujo o débito bajo

Estos sistemas no suministran una cantidad suficiente de gases para cubrir la totalidad de la mezcla inspirada, por lo tanto parte del volumen corriente debe estar formado por aire ambiente.

Sin embargo, pueden suministrar concentraciones de oxígeno de 21-90% o más. Con lo anterior se indica que no por ser de flujos bajos dan concentraciones bajas.

Las ventajas de este sistema, de manera especial la cánula nasal que es el sistema de flujo bajo más usado, son su alta difusión, la comodidad del paciente y el bajo costo.

Los siguientes son los diferentes elementos en orden de tamaño para suministrar oxigenoterapia de flujo bajo:

- Catéter nasofaríngeo
- Cánula nasal
- Mascarilla
- Mascarilla con reservorio adicional de bolsa
- Cámara cefálica o Hood
- Tienda de oxígeno o *croupette*

Las variables que permiten regular la FIO_2 son la capacidad o tamaño del reservorio de oxígeno (véase figura 2), el patrón ventilatorio del paciente y el débito de oxígeno.

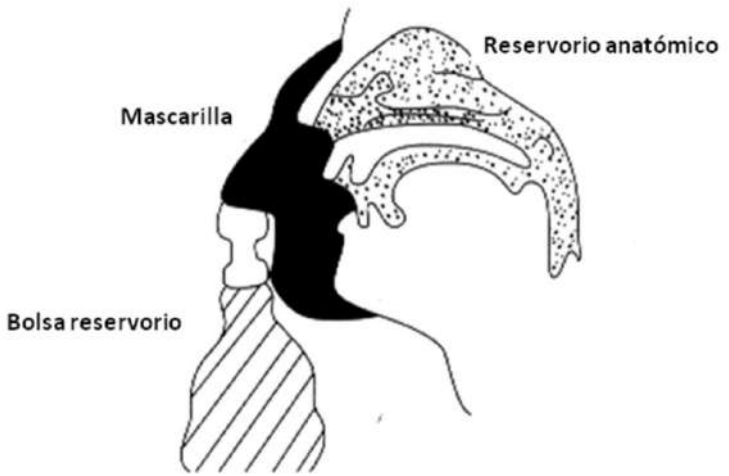

Figura 2. Reservorio de oxígeno

El **tamaño del reservorio de oxígeno** modifica la FIO_2 de la siguiente manera: la inspiración dura aproximadamente un tercio del ciclo respiratorio, la espiración dura aproximadamente dos tercios del ciclo respiratorio, y la mayor parte del volumen espirado se expulsa durante las primeras tres cuartas partes de la espiración. Los momentos finales de la espiración corresponden a una salida de gas que no es significativa (muy lenta), lo que permite que el reservorio se llene parcial o completamente de oxígeno puro durante esta última fase de la espiración.

El reservorio de oxígeno anatómico y artificial de los niños es por supuesto más pequeño que el de los adultos, lo que implica una mayor facilidad para llenarse con el gas suministrado. Al comienzo de la siguiente inspiración, el reservorio ya tiene una concentración mayor de oxígeno, facilitando así un mayor aporte de oxígeno.

El **patrón ventilatorio** del paciente modifica la FIO_2 de la siguiente manera: dado que el volumen minuto del niño es mucho menor que el del adulto, un flujo determinado de oxígeno representará proporcionalmente una mayor parte de la atmósfera inspirada implicando así una mayor FIO_2, lo cual es más significativo en niños pequeños, especialmente menores de dos meses, en los que al administrar por ejemplo un flujo de 1 litro por minuto con cánula nasal, dependiendo del patrón ventilatorio que tenga el niño, puede en un momento dado recibir FIO_2 de 0,3 a 0,7.

A continuación se referirán algunos aspectos particulares de cada uno de los elementos que se utilizan para oxigenoterapia de flujo bajo.

Cánula nasofaríngea

Es un sistema sencillo que da concentraciones de oxígeno más altas que la cánula nasal. Para usar la cánula nasofaríngea se

necesita una sonda de alimentación número 5 u 8: se mide la distancia entre la nariz y la oreja y se introduce por la nariz la distancia medida. Se fija bien con *microporo* y se conecta a un circuito que aporte oxígeno húmedo (no nebulizado). Con este sistema excepcionalmente se requiere administrar oxígeno a más de dos litros por minuto en niños.

Cánula nasal

Se trata de una cánula con dos conductos pequeños para ser adaptados en cada orificio nasal. Con este dispositivo se dan concentraciones de oxígeno relativamente altas con flujos mínimos.

Al respecto de lo anterior, algunos autores han demostrado que en recién nacidos con buen peso al nacer con flujos de oxígeno por catéter nasofaríngeo de apenas 0,125 a 0,5 l/min se suministran fracciones inspiradas de oxígeno de 0,28 a 0,38 y con cánula nasal con flujos de oxígeno de 0,5 a 2 l/min se suministran fracciones de oxígeno de 0,28 a 0,36. Por lo anterior, es necesario enfatizar:

- En general, en niños no se debe utilizar cánula nasal o catéter nasofaríngeo para suministrar oxígeno a más de 2 l/min
- Lo usualmente referido en la literatura respecto a la oxigenoterapia con cánula nasal en adultos: a 1 l/min se da el 24% de oxígeno, a 2 l/min 28%, a 3 l/min 32% **es absolutamente falso en los niños**, mucho más, mientras más pequeños sean estos

Una de las grandes ventajas de administrar oxigenoterapia con cánula nasal o catéter nasofaríngeo es que el paciente está mucho menos limitado en comparación con cualquier otro sistema de oxigenoterapia, permitiéndole estar en contacto directo con el medio ambiente y desarrollar sus actividades básicas sin mayor problema. Sin embargo, es necesario anotar que la cánula nasal es mucho más cómoda y mejor tolerada.

Otro aspecto para resaltar es que con estos dos sistemas se requieren flujos muy pequeños, lo que haría ideal contar con flujómetros de alta precisión, que indican, en todo su rango, flujos de 0 a 2 l/min.

Mascarilla para oxigenoterapia de flujo bajo

Para conseguir una FIO_2 más alta con un sistema de débito bajo es necesario aumentar el tamaño del reservorio y el débito de oxígeno, lo cual se consigue con una mascarilla sobre boca y nariz (mascarilla con pequeños orificios diferente a la utilizada para nebulización o con sistema Venturi que posee un solo orificio lateral amplio), con la que se consigue aumentar el reservorio en 30 a 50 ml.

En general, no es aconsejable utilizarlas con un débito inferior a 5 l/min, pues puede acumularse CO_2 espirado, el cual se reinhala en la próxima inspiración. Tampoco se debe administrar flujos superiores a 8 l/min pues se aumentará muy poco la concentración de oxígeno en el aire inspirado, dado que el reservorio ya está lleno.

Con este sistema se logran concentraciones de oxígeno de 30-60%, pero no es práctico pues molesta mucho al paciente impidiéndole comer libremente, entre otras cosas, lo que hace que con frecuencia se rechace su uso.

Mascarilla con reservorio

Otra forma de administrar oxígeno con sistemas de débito bajo es la misma mascarilla pero con una bolsa como reservorio adicional, con la cual se obtienen concentraciones de oxígeno mayores. Para lograr este objetivo se requieren flujos altos (de 8 a 12 l/min), que producen concentraciones de oxígeno de 70-80%. Por lo anterior, sirve solo en momentos en que el paciente requiera temporalmente aportes de oxígeno muy altos, como

es el caso de un traslado urgente desde el servicio de urgencias a la unidad de cuidados intensivos.

Cámara cefálica o Hood

Es otro de los métodos que administra oxígeno con un sistema de débito bajo, con llegada de la fuente de oxígeno directamente a la cámara sin usar un sistema Venturi. Debe aplicarse con flujos superiores a 5 l/min por la misma razón de las mascarillas de oxígeno. Se requiere que la cámara esté muy bien aplicada a la base del colchón y que sea adecuada al tamaño de la cabeza del niño (no del cuerpo), de tal modo que se dejen permeables solamente los orificios superiores, a través de los cuales se busca eliminar el CO_2 que el paciente está exhalando en su respiración normal.

Es necesario insistir en el tamaño de la cámara cefálica, pues en muchos sitios se utilizan cámaras plásticas grandes, que más o menos cubren la mitad del cuerpo del niño y que en general se comportan de manera muy parecida a las tiendas de oxigenoterapia. Con las cámaras cefálicas y flujos de oxígeno alto (8-12 l/min) se logran concentraciones de oxígeno de 70-90%, pues de esta forma la cámara funciona como una bolsa reservorio.

Tiendas de oxígeno o croupettes

Las tiendas de oxígeno o *croupettes* hacen parte de los sistemas de débito bajo, pero con el gran inconveniente de requerir al menos veinte minutos y flujos de oxígeno muy altos (10-15 l/min) para dar FIO_2 superiores a 40%, por lo cual no se utilizan en la actualidad.

Equipos y fuentes de oxígeno

Hay tres sistemas para la administración de oxígeno domiciliario, cada uno de los cuales tienen ventajas y desventajas (véase tabla

y figura 3). La elección de la fuente dependerá de la enfermedad del paciente, de las posibilidades de deambulación y de otros requerimientos físicos, así como del agente financiador.

Tabla. Fuentes de oxígeno

Sistema	Caracte-rísticas	Portabilidad	Flujo máximo	Costo
Cilindros	Grandes, pesados, con peligro de caídas	Regular	No	Moderado
Concentrador	Estorba menos, ideal para aplicar oxígeno nocturno	No: requiere electricidad	5 l/min	Bajo
Líquido	Rellenado fácil, facilita la deambulación	Ideal	No	Alto

Figura 3. Oxígeno en cilindro concentrador de oxígeno liquido

Gas comprimido

El oxígeno gaseoso viene en cilindros de distintas capacidades, siempre pintados de blanco con una cruz verde en la parte superior. Es la forma de administración más antigua y más extendida en Colombia. Se almacena en forma gaseosa y comprimida a una presión de 200 bares. Gracias a esta presión, el volumen de oxígeno gaseoso que pueden liberar los cilindros es significativo:

- 6000 litros o 6 metros cúbicos para los cilindros grandes
- 3000 litros o 3 metros cúbicos para los cilindros medianos
- 1000 litros o 1 metro cúbico para los cilindros pequeños
- 444 litros o 0,5 metros cúbicos para los cilindros transportadores de aluminio

Como la presión del gas a la salida del cilindro es muy alta, para poder utilizarlo con seguridad se añade un regulador que disminuye esta presión a tres libras aproximadamente.

Un manómetro permite verificar cuál es la presión de salida. Cuando el cilindro está lleno y abierto, la aguja del manómetro marca de 1500 a 2000 libras. A medida que este se vacía, la presión va descendiendo lentamente. Un indicador de flujo de oxígeno fijado en el regulador permite la verificación y el ajuste del mismo (flujómetro).

Su costo es moderado, pero si los requerimientos son grandes el costo puede ser mayor que el de otros sistemas. No es conveniente para pacientes que deambulan.

Las ventajas de este sistema son:

- Su independencia de la energía eléctrica, por lo que el sistema no se ve afectado por la suspensión temporal de esta
- Su disponibilidad en cualquier parte del país

Las desventajas de este sistema son:

- Su poca autonomía si los requerimientos de oxígeno son elevados
- El gran espacio que ocupan
- La exigencia de recambio permanente (cada 48-72 horas)
- La incomodidad para su transporte por su gran tamaño y peso
- Existe la posibilidad de que generen accidentes por la alta presión a la que el gas está comprimido. Por esta razón, cuando se usan se recomienda atarlos a la pared para que no se caigan, así como ponerlos lejos del fuego por la posibilidad de que exploten y tener cuidado cuando se cambia el regulador

Concentrador de oxígeno

Es un pequeño artefacto sobre ruedas que pesa 20-30 kg y se conecta a la red eléctrica normal.

Funciona a partir del aire ambiente el oxígeno, el cual se separa del nitrógeno por medio de diferentes filtros y luego se concentra hasta 95%. Debido a que funciona con la corriente eléctrica se debe solicitar, además, un cilindro de oxígeno auxiliar de seis metros cúbicos por si se suspende el fluido eléctrico y otro de transporte de aluminio de un metro cúbico. Es un sistema ideal para los pacientes que requieren oxigenoterapia nocturna exclusiva.

Las ventajas de este sistema son:

- Su característica de ser fuente permanente de oxígeno a domicilio
- Su fácil utilización, ya que solo hay que regular el flujo
- El hecho de que el volumen es menor que con los cilindros de oxígeno
- El desplazamiento con facilidad dentro de la vivienda gracias a sus ruedas, por lo que no está indicado para viviendas precarias

- Su menor costo que el sistema de cilindros de oxígeno y el no requerir recambios pero sí mantenimiento del equipo

Las desventajas de este sistema son:

- Su dependencia de la corriente eléctrica, gasto que debe afrontar la familia, a lo que se le agrega la necesidad de garantías de estabilidad de esta corriente
- Su entrega de flujos limitados (< 5 l/min), lo cual es problemático si se tiene en cuenta que la FIO_2 es menor cuanto mayor es el flujo
- Su requerimiento de mantenimiento técnico y cambio de filtros

Oxígeno líquido

Se compone de un depósito fijo que se instala en el domicilio del paciente, donde se almacena oxígeno en forma líquida y uno pequeño portátil, cuyo peso varía de 2-3 kg (mochila) que se llena en el domicilio. En este sistema 1 litro de oxígeno líquido es equivalente a 880 litros de oxígeno gaseoso.
Las ventajas de este sistema son:

- El hecho de no requerir recambios frecuentes ni equipos de auxilio o de transporte
- Su gran utilidad para los pacientes que usan flujos grandes de oxígeno
- Su facilidad de uso en los pacientes que pueden deambular

Las desventajas de este sistema son:

- Su necesidad de llenado de la fuente fija por un distribuidor acreditado, según el consumo del paciente
- El hecho de que el oxígeno se evapora cuando su fuente no está funcionando correctamente
- Su costo elevado
- Su disponibilidad limitada en la actualidad

Criterios de elección del sistema

La elección del sistema depende de las características del paciente: la edad, la posibilidad de deambulación, la cantidad de litros de oxígeno que consume por día y sus condiciones socioeconómicas.

Gran parte de la información sobre los equipos para OLP (oxigenoterapia a largo plazo) de los adultos se aplica a los niños, pero hay algunas cuestiones específicas:

- Los concentradores de oxígeno con cilindros portátiles de seguridad de fácil recarga son los dispositivos preferidos
- Los concentradores de oxígeno necesitan dos puntos de salida: uno en el dormitorio infantil y otro en la sala principal de estar
- Los cilindros de oxígeno pueden ser más apropiados si la frecuencia de flujo es inferior a 0,3 l/min y la duración prevista de la oxigenoterapia es menor de tres meses. Un cilindro de seguridad adicional debe estar disponible para los pacientes con oxígeno continuo. Se debe prestar especial atención a la seguridad cuando se usan en niños pequeños.
- En los lactantes y los niños muy pequeños deben ser utilizados medidores de flujos bajos (0,1-1 l/min)
- El sistema de humidificación es a menudo necesario para los flujos superiores a 1 l/min, para lo cual se pueden utilizar los humidificadores por burbuja fría, pero con ellos solo se alcanzará 40% de humedad relativa, por lo que son insuficientes para la humidificación de la vía aérea directa (por ejemplo, a través de una traqueotomía)
- El centro hospitalario debe proporcionar las cánulas nasales de medidas apropiadas, blandas, de doble saliente, así como la máscara y tubos de tamaños adecuados, sin acodamientos. Los adhesivos y protectores (o su equivalente) también deben facilitarse para proteger la piel cuando se utilizan cánulas nasales

- Los equipos portátiles deben estar disponibles como parte de los sistemas de suministro de oxígeno a menos que solo se requiera oxígeno en la noche. Estos deben ser ligeros para que los niños de más edad puedan manejarlos ellos mismos, y para los lactantes se deben ajustar al coche o silla de ruedas.

Elementos del sistema de administración de oxígeno

Independientemente de la instalación con que se cuente, cada fuente de oxígeno debe contar con manómetro y válvula reguladora; flujómetro; humidificador (en ciertos casos); mangueras y conectores.

Manómetro y válvula reguladora

La gran presión a la que está comprimido el oxígeno dentro del cilindro debe ser disminuida antes de administrarlo, ya que de otro modo dañaría el aparato respiratorio. Al cilindro se le acopla siempre un manómetro, con el cual se puede medir la presión a la que se encuentra el oxígeno, mediante un sistema de reloj, con el cual se puede notar la disminución del contenido del tubo a medida que se va usando. Otro reloj muestra la presión a la que sale el oxígeno del tubo, que se regula abriendo la válvula en el sentido de las agujas del reloj.

Flujómetro

Es un dispositivo que se acopla a fuente de oxígeno y permite controlar la cantidad de litros por minuto (flujo) que salen de la fuente de suministro de oxígeno. El flujo puede estar indicado mediante una aguja sobre una escala graduada o por una bolita que sube y baja a lo largo de un cilindro que también posee una escala graduada. Hay distintos tipos de flujómetro, de acuerdo con la cantidad de flujo que permite utilizar el sistema.

Humidificador

El oxígeno sale frío y seco. La indicación de humidificar y calentar el flujo de oxígeno depende de lo prolongado del tratamiento y de la velocidad del flujo que se deba administrar. Los flujos bajos no requieren humidificación, dado que a esta velocidad la vía aérea hace esta función.

Consideraciones sobre la administración de oxígeno

La eficacia y la seguridad tanto del tratamiento a corto (agudo) como a largo plazo (crónico) con oxígeno ha mejorado significativamente por la comprensión de que el oxígeno, como cualquier fármaco, debe administrarse en la dosis prescrita y controlarse objetivamente, tanto en sus efectos terapéuticos como en su posible toxicidad.

La toxicidad de oxígeno, sobre todo en recién nacidos prematuros, puede inhibir la cicatrización de pulmón y contribuir a la lesión pulmonar en curso, por lo que parece que el tratamiento debe tender a mantener la SaO_2 en 92-94% en los lactantes, en particular en los recién nacidos prematuros, con no más de 5% de variabilidad de la saturación por debajo de 90%.

La adecuación de la oxigenoterapia domiciliaria debe ser efectuada por un especialista con experiencia, que suele ser o bien un neumólogo pediatra o un neonatólogo, pero puede ser un cardiólogo pediatra, pediatra general o pediatra especialista en cuidados paliativos. La familia también debe ser evaluada en la competencia para el tratamiento de oxigenoterapia domiciliaria, así como en su capacidad para hacer frente a todos los aspectos de la atención del niño.

Una pregunta frecuente sobre la administración de oxígeno es la siguiente: **¿es necesario siempre humidificar?** La respuesta es: no es necesario que siempre se administre el oxígeno humidificado.

Calidad de la *evidencia*:
moderada (B). Recomendación: fuerte (1)

Otra pregunta frecuente se refiere a si **¿es necesario monitorizar la administración de oxígeno?** La respuesta es sí, es indispensable.

Calidad de la *evidencia*:
alta (A). Recomendación: fuerte (1)

Es necesario hacer la pregunta **¿entre los gases arteriales y la oximetría de pulso, cuál de los dos es mejor para monitorizar la oxigenación?** La respuesta es que la oximetría de pulso es mejor para monitorizar la oxigenación que la medición de los gases arteriales.

Calidad de la *evidencia*:
moderada (B). Recomendación: fuerte (1)

También es necesario precisar acerca de **¿cuáles son los niveles de la oximetría de pulso que indican que es necesario administrar oxígeno suplementario?** A alturas mayores sobre el nivel del mar como la ciudad de Bogotá es necesario administrar oxígeno suplementario cuando la oximetría de pulso sea inferior a 88–90%. A alturas inferiores, cuando la oximetría de pulso sea inferior a 92–94%.

Calidad de la *evidencia*:
moderada (B). Recomendación: fuerte (1)

Monitorización de la administración de oxígeno

Como métodos de monitorización de la OLP se analizarán los gases arteriales y la pulsooximetría.

Gases arteriales

La medición de los gases arteriales se ha utilizado como punto de referencia para establecer si la oxigenoterapia es adecuada, pero es necesario tener claro que esta técnica indica la cantidad de oxígeno que llega a la arteria y no necesariamente el grado real de oxigenación que están recibiendo los tejidos.

La técnica ideal para la toma de gases arteriales debería permitir la obtención de la muestra en condiciones completamente basales, cosa que no es cierta ni siquiera en adultos, dado el dolor que implica su toma y la angustia previa, con lo que se modifica el patrón respiratorio sin permitir evaluar realmente el estado basal.

En niños este factor es aun más distorsionador, pues el llanto, condición usual durante la toma de los mismos, representa una condición fisiológica completamente diferente: la variación usual es la disminución de la PaO_2 en promedio 15 mm Hg, pudiendo disminuir incluso hasta 25 mm Hg, con aumento de la D(A-a) O_2 hasta 30.

La SaO_2 variará de manera proporcional a la PaO_2. La razón de tal variación es que el tórax del niño es muy deformable (colapsable) y al aumentar la presión intrapleural por el esfuerzo muscular del llanto durante la espiración colapsa las vías aéreas periféricas aumentando el disbalance V/Q fisiológico.

Sin embargo, dependiendo del tipo de llanto pueden ocurrir momentos de hiperventilación o de apneas aumentando o disminuyendo la PaO_2 y de manera contraria la D(A-a) O_2, lo

que dificulta aún más su interpretación. Las muestras de sangre capilar arterializada obtenidas en lactantes (calentamiento y punción del área) se comportan de manera similar.

Por lo anterior, no resulta práctico evaluar la oxigenoterapia por medio de gases arteriales.

Oximetría de pulso

La oximetría de pulso es un procedimiento actual muy económico que permite medir la saturación de la hemoglobina a través de la piel, la cual se correlaciona con la PaO_2, pues su fundamento técnico es que la transmisión de la luz a través de la hemoglobina es directamente proporcional a la saturación de oxígeno.

Este tipo de monitorización permite evaluar de manera indolora y en tiempos más prolongados el grado de oxigenación arterial que requiere el paciente, facilitando la medición en verdaderas condiciones basales.

Es un procedimiento sencillo y mucho menos costoso comparado con la medición de gases arteriales. Para hacer la pulsooximetría es necesario seleccionar el sensor adecuado al tamaño del niño y ponerlo en una zona limpia con buena irrigación y temperatura. Los sitios adecuados para la colocación del sensor son los pulgares o dedos gordos de los pies y los lóbulos de las orejas. La forma correcta es poner el sensor que corresponda a la edad del paciente, esperar el registro de la SaO_2 hasta que no fluctúen los valores, idealmente corroborando con la auscultación la frecuencia cardíaca y que esta se correlacione con la sensada por el oxímetro.

En el caso de las niñas es necesario evitar las uñas pintadas porque los esmaltes contienen acrílico que altera la lectura. También es necesario evaluar fallas derivadas de la postura inadecuada del sensor, de la exposición a la luz ambiente

(lámparas, luz fluorescente, fibr

Lo que se busca con la pulsooximetría es que al aplicar cualquier sistema de oxigenoterapia la saturación se encuentre en el rango deseado. Si está por debajo del límite inferior se debe aumentar el aporte de oxígeno y si es mayor se debe disminuir o incluso suspender el mismo.

Esta evaluación es fundamental para caracterizar la suficiencia o insuficiencia respiratoria del paciente y es necesario hacerla al indicar la oxigenoterapia.

Las siguientes son las ventajas de la pulsooximetría:

- Es fácil de usar y no duele
- Detecta la hipoxemia antes de que se aprecie cianosis debido a que esta se observa habitualmente cuando la PaO_2 cae por debajo de 55 mm Hg, lo que corresponde aproximadamente a una SaO_2 de 85-86%

Las siguientes son las limitaciones de la pulsooximetría:

- La señal se pierde cuando existe hipoperfusión
- Puede haber interferencia con otros equipos
- No diferencia entre oxihemoglobina, carboxihemoglobina y metahemoglobina y puede haber errores cuando la hemoglobina tiene alguna de estas formas
- No detecta cambios de SaO_2 hasta que la PaO_2 cae a 70-80 mm Hg
- No reemplaza la determinación de gases arteriales respecto a pH y PCO_2

En la práctica pediátrica la saturación de oxígeno medida por oximetría de pulso sigue siendo la principal forma de evaluación y monitorización. El control inicial se hace con el mismo aporte de oxígeno suplementario administrado a través de la cánula nasal con que el niño se sostiene en su casa.

Las mediciones aisladas son insuficientes y antes del alta hospitalaria deben hacerse mediciones de saturaciones en forma continua durante un mínimo de cuatro horas que incluyan los períodos de sueño, la vigilia y la alimentación. Es necesario incluir estos períodos porque los lactantes tienen una mayor necesidad de oxígeno durante esas actividades y los lactantes con DBP (displasia broncopulmonar) pueden desarrollar hipoxemia relacionada con la alimentación. Además, algunos niños pueden tener hipoxemia nocturna sin hipoxemia diurna.

Indicaciones de oxigenoterapia a largo plazo

Las principales condiciones asociadas a los requerimientos de OLP en los niños son mostrados en la lista siguiente, que no es exhaustiva:

- Enfermedad pulmonar crónica neonatal o displasia broncopulmonar
- Secuelas graves de bronquiolitis, como bronquiolitis obliterante–constrictiva
- Cardiopatías congénitas con hipertensión pulmonar
- Hipertensión pulmonar secundaria a enfermedad pulmonar
- Enfermedad pulmonar intersticial
- Fibrosis quística en estado avanzado y otras causas de bronquiectasias extensas
- Síndrome de apnea obstructiva del sueño y otros trastornos relacionados con el sueño
- Condiciones neuromusculares que incluso pueden requerir ventilación no invasiva
- Trastornos de la pared torácica (ejemplo: distrofia torácica, cifoescoliosis intensa)

Si no hay consenso en el límite inferior permitido de la SaO_2 en niños que viven a bajas alturas, mucho menos lo hay en los que viven en alturas mayores como la de Bogotá (2640 m sobre el nivel del mar). Sin embargo, la mayoría de los estudios disponibles en Bogotá indican que la SaO_2 en sujetos normales está alrededor de 90-94%, lo que permite sugerir que

se recomiende oxigenoterapia para lograr una SaO_2 de 90% o más.

Con base en los estudios en adultos y ante la escasa o nula información en los niños mayores, la aproximación más cercana para indicar oxígeno suplementario para OLP diurna sería:

- $PaO_2 \leq 55$ mm Hg y/o $SaO_2 \leq 88\%$ en aire ambiental en reposo y $\leq 86\%$ durante el ejercicio
- $PaO_2 \leq 60$ mm Hg y/o saturación $\leq 90\%$ en aire ambiente más una de las siguientes situaciones: poliglobulia, signos de hipertensión pulmonar o cor pulmonale

Con base en los estudios en adultos y ante la escasa o nula información en los niños mayores, la aproximación más cercana para indicar oxígeno suplementario para OLP nocturna sería:

- $PaO_2 \leq 55$ mm Hg y/o $SaO_2 \leq 88\%$ por más de 10% del tiempo total del sueño

Una evaluación debe asegurar que al egreso de un paciente hospitalizado se planifique correctamente la oxigenoterapia ambulatoria. Se requiere amplia colaboración entre los padres y el equipo interdisciplinario, y en algunos casos puede ser conveniente incluir un representante del contratista de servicios en la planificación del alta para garantizar que los cuidadores se sientan cómodos con los arreglos.

La suspensión del oxígeno en estos niños puede provocar episodios de hipoxemia grave. Cuando se encuentran en plan de suspensión de la oxigenoterapia es necesario registrar en horas el tiempo del retiro de oxígeno con la respectiva saturación de este. Si está por debajo del valor esperado es necesario administrarlo nuevamente.

Las principales características de esta forma de tratamiento en los niños en comparación con el de los adultos pueden resumirse en los siguientes puntos:

1. Muchas de las condiciones clínicas en la niñez son exclusivas de esta edad, aunque algunas veces hay sobreposición entre los niños mayores y adultos jóvenes.
2. El pronóstico en la niñez es usualmente bueno: muchos niños únicamente necesitan oxígeno por un período limitado, aunque este puede ser, a veces, de algunos años.
3. El crecimiento y el neurodesarrollo son consideraciones que hay que tener en cuenta.
4. La evaluación es diferente, en particular con respecto a la dificultad de toma de muestras de sangre arterial.
5. Se necesita equipo específico para permitir flujos de oxígeno bajos.
6. Casi todos los niños que reciben OLP también requieren oxigenoterapia ambulatoria.
7. Muchos niños requieren OLP solo por las noches, especialmente durante las etapas de suspensión, lo que es inferior a las quince horas que hacen parte de la definición de adultos con OLP.
8. Todos los niños requieren la supervisión de un cuidador adulto.
9. El suministro de oxígeno puede ser necesario en la escuela para los niños en edad escolar.

Actualmente los niños con enfermedad pulmonar crónica con indicación de OLP se dividen en dos grupos:

- **Grupo 1**: niños críticamente enfermos que sobreviven a la etapa aguda de la enfermedad y que persisten con enfermedad grave pero con posibilidades de mejoría: niños con DBP y secuelas de infecciones respiratorias agudas bajas
- **Grupo 2**: niños con enfermedad pulmonar crónica progresiva y, en última instancia, irreversible, como fibrosis quística y neumonía intersticial crónica, en los cuales el objetivo de la OLP es mejorar la calidad de vida y aumentar la tolerancia a la actividad física

En los pacientes con retención crónica de CO_2 la oxigenoterapia permanente debe iniciarse con precaución, ya que la hipoxemia es el estímulo para que el centro respiratorio continúe en actividad. Si en estos pacientes se usan concentraciones altas de oxígeno (FIO_2 > 40%) se puede producir su disminución con la consiguiente mayor retención de CO_2.

Oxigenoterapia domiciliaria

El OLPD (suministro de oxígeno suplementario domiciliario) se refiere a la provisión de tratamiento con oxígeno continuo en el hogar para los pacientes con hipoxemia crónica de cualquier causa, a fin de mantener la saturación de oxígeno por encima de la indicada.

La OLPD para lactantes y niños con hipoxemia es costosa, pero ventajosa, ya que facilita la salida temprana del hospital y mejora la calidad de vida en el hogar. Sin embargo, la prescripción de oxígeno suplementario varía mucho según la hagan pediatras, neonatólogos, neumólogos pediatras o cardiólogos pediatras.

Puede ser necesaria las veinticuatro horas del día o durante los períodos de sueño. Cualquier niño que requiera terapia de oxígeno continuo o intermitente por más de dos a tres semanas debe ser un candidato considerado para OLPD.

El objetivo de la OLPD es seleccionar a los niños y las familias con más probabilidades de afrontar la terapia en el hogar con las siguientes recomendaciones:

1. El requerimiento de oxígeno debe estar estable, con saturación de oxígeno media según lo esperado, sin frecuentes episodios de desaturación La saturación de oxígeno no debe estar por debajo de 90% por más de 5% del período de registro libre de artefacto.
2. Los lactantes deberán ser capaces de afrontar períodos cortos en el aire ambiente, sin correr riesgo de deterioro rápido en caso de que sus cánulas nasales se desplacen. En general, este principio se aplicará a todos aquellos que requieran flujo < 0,5 l/min, lo cual no significa que algunos pacientes con mayor necesidad de oxígeno no puedan estar en casa con este.
3. Es necesario que no haya otras condiciones clínicas que impidan la salida, y el niño esté clínicamente estable.
4. Es necesario que la inmunización esté al día. El uso de palivizumab debe considerarse en el momento adecuado del año para los niños con DBP con requerimiento de oxígeno en domicilio.
5. Los padres y/o cuidadores estarán dispuestos y deben ser capaces de permanecer en la casa mientras el niño esté con oxígeno.

6. Las condiciones en el domicilio deberán ser satisfactorias y preferiblemente debe haber opción de consultar telefónicamente de ser necesario.
7. Los padres deben estar capacitados y tener información escrita sobre el uso del oxígeno en casa y también en la resucitación cardiopulmonar en el caso de los lactantes.
8. Es imperioso que los cuidadores tengan claridad cuando el suministro de oxígeno se esté agotando, por lo cual un programa estructurado de educación es necesario.
9. Debe darse también asesoramiento personalizado.
10. Los niños mayores de siete años necesitan tener información sobre cómo usar su equipo de oxígeno.
11. Los padres deben ser informados acerca de los riesgos de viajar con cilindros.
12. Debe existir un adecuado soporte de apoyo en el lugar, por ejemplo, de la enfermera comunitaria, enfermeras especialistas, visitadores de salud y trabajadores sociales.
13. Los padres deben tener una lista de números de teléfono para el asesoramiento y la ayuda de emergencia, incluidos los relacionados con averías del equipo.
14. Debe haber disponibilidad de acceso fácil a los sitios de unidades pediátricas.

Seguimiento de pacientes con OLPD

El seguimiento después del alta debe ser coordinado por el especialista del hospital que ha iniciado el oxígeno a domicilio. Las intercomunicaciones deben darse entre los especialistas, médico general, enfermeras profesionales y visitadores de salud. La necesidad de oxígeno es probable que cambie con el tiempo y, en el caso de los lactantes con OLPD debe disminuir gradualmente.

Los niños deben ser vistos periódicamente por el especialista con el fin de vigilar la condición subyacente, así como el crecimiento y el neurodesarrollo.

La monitorización regular en casa utilizando oximetría de pulso es necesaria. La primera monitorización de saturación oficial en el lugar debe hacerse dentro de la primera semana; los registros posteriores deberán darse como esté indicado clínicamente, pero rara vez con frecuencias menores a cada 3-4 semanas. El tiempo que los lactantes requieran OLPD varía de semanas a meses, aunque algunos pueden requerirlo varios años.

Los lactantes con OLPD necesitan hospitalizaciones más frecuentes y más prolongadas y más asistencia clínica que los enviados sin oxígeno domiciliario. Este es el caso particular de pacientes hospitalizados en los primeros dos años de vida con infección por virus respiratorio sincitial.

Debe haber acceso directo para los niños para ser ingresados en el hospital en caso de cualquier emergencia o de deterioro agudo de la condición, y los padres deben tener, en lo posible, el número de teléfono del equipo, pues incluso una simple gripa en un niño pequeño con OLPD puede implicar que requiera hospitalización. Si los cuidadores creen que el niño requiere aumento de oxígeno, pueden hacer el aumento del flujo, pero deben buscar el asesoramiento del equipo de atención domiciliaria.

Cuando al niño se le suspende la OLPD, el apoyo debe continuar ya que puede haber recaídas y se puede requerir períodos de terapia con oxígeno suplementario después de una recuperación aparentemente completa.

Oxigenoterapia ambulatoria

Todos los niños con OLP requieren instalaciones portátiles para oxigenoterapia ambulatoria a menos que solo usen oxígeno nocturno. Esto es particularmente aplicable al grupo de edad menor de dos años (que pasan períodos en el día durmiendo) como al de los padres que son capaces de tener al niño en esta

terapia fuera de casa, a fin de llevar una vida tan normal como sea posible. Es esencial que se disponga de equipo apropiado, por ejemplo, los cilindros de oxígeno que caben en un cochecito.

Oxígeno en las escuelas

Hay una mínima pero significativa demanda de oxigenoterapia que se ofrece en las escuelas, para lo cual se requiere la coordinación entre el equipo médico y el equipo de servicios de salud en el lugar de educación. Al respecto, las siguientes consideraciones son necesarias:

1. El equipo de administración de oxígeno debe ser liviano y fácil de manejar y de ajustar manualmente.
2. La provisión debe hacerse para la oxigenoterapia ambulatoria tanto para el viaje hacia y desde la escuela como para la estadía en ella.
3. Es necesario que haya dispositivos de seguridad en el lugar para la estabilización de cilindros de oxígeno o de otros equipos.
4. El personal de la escuela debe estar capacitado en el uso de la terapia con oxígeno.
5. Los procedimientos de seguridad adecuados deben estar siempre disponibles y ser conocidos por todos los que tienen que ver en el proceso.
6. El personal de la escuela debe tener plenamente identificados los cuidadores de la salud relacionados con el paciente.
7. El personal y los locales deben estar asegurados.

Oxigenoterapia a corto plazo

Para esta oxigenoterapia no hay indicaciones específicas en la niñez. En cualquier caso, debe haber supervisión del hospital si se requiere uso de oxígeno a corto plazo, por ejemplo, durante episodios agudos e intensos de asma o en pacientes con bronquiolitis aguda que aún requieran oxígeno suplementario pero que estén en condiciones de seguir el tratamiento en casa.

Efectos colaterales (toxicidad del oxígeno)

El uso terapéutico de oxígeno conlleva el riesgo de ocasionar reacciones adversas y su uso debe ser basado en el análisis del potencial de toxicidad contra el efecto terapéutico. Aunque a ningún paciente se le puede negar el uso adecuado de oxígeno por temor a la toxicidad, como cualquier otra medicación esta debe ser administrada en dosis y por duración no mayor a la necesaria.

Tres tipos de riesgo han sido asociados con el uso terapéutico del oxígeno. El primero consiste en los riesgos físicos, como fuego, explosión del tanque, trauma con los catéteres o máscaras y resequedad de las mucosas por humidificación inadecuada.

El segundo tipo de riesgo consiste en efectos funcionales, como retención de CO_2 y atelectasias. La tercera categoría consiste en las manifestaciones citotóxicas del oxígeno.

En reanimación neonatal: ¿oxígeno al 100% o al 21%?

La asfixia perinatal se estima que es la causa de cerca de un millón de muertes perinatales en el mundo cada año. Además, es la causa de otro millón de niños con graves secuelas neurológicas, de lo que se desprende que de la reanimación adecuada en los primeros minutos de vida dependa la sobrevida y la menor tasa de secuelas neurológicas.

Múltiples estudios en animales han demostrado de manera sorprendente que no hay superioridad de la reanimación con oxígeno al 100% comparada con la reanimación con oxígeno al 21%.

En los últimos años se ha cuestionado la reanimación con oxígeno a altas concentraciones en neonatos, sobre todo si son prematuros extremos, en quienes la hiperoxia producida por

estas altas concentraciones de oxígeno lleva a toxicidad grave, manifestada, por ejemplo, como enfermedad pulmonar crónica del recién nacido, retinopatía de la prematurez, etcétera.

En reanimación neonatal: ¿aire u oxígeno?

Existen múltiples estudios clínicos a favor y en contra de usar altas concentraciones de oxígeno en la reanimación. Sin embargo, son tres estudios clínicos los principales en la literatura que comparan los efectos a corto plazo de la reanimación con aire y la efectuada con oxígeno al 100%. Los estudios clínicos parecen estar definitivamente a favor de la reanimación neonatal inmediata con aire ambiente.

Evitar la administración de oxígeno a altas concentraciones es una necesidad para evitar daños con graves consecuencias a largo plazo, por lo que la práctica de la reanimación con oxígeno al 100% ha sido cambiada en la medida que los modelos moleculares son mejor entendidos.

Con base en las anteriores consideraciones, las guías americanas y europeas (2005) recomiendan el uso del aire ambiente en la reanimación inicial y solo el suplemento de oxígeno 90 segundos después de iniciada reanimación, si no hay respuesta.

Lecturas recomendadas

Acevedo, LE y Solarte, I. Gasimetría Arterial en Adultos Jóvenes a Nivel de Bogotá. Acta Médica Colombiana 1984; 9: 7-13.

Bages, C y Cols. Medición de los Valores de Oximetría de Pulso Durante Sueño, Vigilia y Succión en Neonatos Sanos en Bogotá (2640 metros de altura sobre el nivel del mar). Avances Pediátricos 2007; 8: 46-55.

Balfour-Lynn, IM, Primhak RA and Shaw BNJ. Home oxygen for children: who, how and when? Thorax 2005; 60: 76-81.

Bass, JL and Gozal, D. Oxygen Therapy for Bronchiolitis. Pediatrics 2007; 119: 611.

Bello, S y Cols. Oxigenoterapia domiciliaria a largo plazo, necesidad apremiante en enfermos con insuficiencia respiratoria crónica. Rev Chil Enf Respir; 2002(18): 175-181.

Borke BW et al. Resuscitation with 100% O_2 does not protect the Myocardium in hypoxic Newborn piglets. Arch Dis Fetal and Neonatal Ed 2004: 89: 156-160.

Cole, CH et all. Resolving Our Incertainty About Oxygen Therapy. Pediatrics 2003; 112: 1415-1419.

Corff K. Room air resuscitation vs Oxygen resuscitation in the Delivery room. J Perinat Neonat Nurs 2005: 19: 379-390.

Fawke Joseph. Recent advances in Neonatology. Current Opinion in Obstetric and Gynecology 2005: 14: 153-158.

Frey, B and Shann, F. Oxygen administration in infants. Arch Dis Child Fetal Neonatal Ed 2003; 88: F84-F88.

Harrison, G and Shaw, B. Prescribing home oxygen. Arch Dis Child Fetal Neonatal Ed. 2007; 92: 241-243.

Kotecha K and Allen J. Oxygen therapy for infants with chronic lung disease. Arch Dis Child 2002; 87: 11-14.

Lozano, JM y cols. Pulse oximetry reference values at high altitude. Arch Dis Child 1992; 67: 299-301.

Maclean, J and Fitzgerald, D. A rational approach to home oxygen use in infants and children. Paediatr Res Rev 2006; 7: 215-222.

McGregor, ML et all. Retinopathy of Prematurity Outcome in Infants With Prethreshold Retinopathy of Prematurity and Oxygen Saturation > 94% in Room Air: The High Oxygen Percentage in Retinopathy of Prematurity Study. Pediatrics 2002; 110: 540-544.

Pérez , JR y Vázquez , JC. Estimación de los valores gasométricos en diferentes alturas sobre el nivel del mar en México. Rev Inves Clin 2000; 52: 148-155.

Poets, Christian F. When Do Infants Need Additional Inspired Oxygen? A Review of the Current Literature. Pediatr Pulmonol 1998; 26: 424-428.

Ramji S et al. Resuscitation of asphyxiated newborns with room air vs 100% oxygen. Ped Res 1993: 34: 809-813.

Restrepo, J. y Cols. Gasimetría Arterial y Alveolar en Adultos Sanos a Nivel de Bogotá. Acta Médica Colombiana 1982; 7: 461-466.

Satyan L, et al. Pulmonary Hemodinamics in Neonatal Lambs resuscitated with 21%, 50% and 100% Oxygen. Pediatric Research 2007: 62: 313-318

Saugstad OD et al. Oxygen toxicity at birth: The pieces are put together. Pediatr Res 2003: 789.

Saugstad OD et al. Resuscitation of asphyxiated Newborn Infant with air room or oxygen: An International Controlled Trial. Pediatrics 1998: 102 (1).

Saugstad OD et al. Rom air Resuscitation-two decades of neonatal research. Early Human Development 2005: 81: 111-116.

Shann BF. Oxygen administration in infants. Arch Dis Child Fetal Neonatal Ed 2003; 88:F84-F88.

The STOP-ROP Multicenter Study Group. Supplemental Therapeutic Oxygen for Prethreshold Retinopathy of Prematurity (STOP-ROP), A Randomized, Controlled Trial. I: Primary Outcomes. Pediatrics 2000; 105: 295-310.

Tin, W. Oxygen Therapy: 50 Years of Uncertainty. Pediatrics 2002; 110: 615-616.
Tollofsrud P et al. Newborn Piglets with Meconium Aspiration resuscitated with Room Air 10% Oxygen. Pediatric Res 2001: 50: 423-429.
Vásquez , JC y Pérez , R. Valores gasométricos estimados para las principales poblaciones y sitios a mayor altitud en México. Rev Inst Nal Enf Resp Mex 2000; 13: 6-13.
Vento M, Garcia SF, Vina J et al. The use of room air ventilation enhances the establishment of a sustained spontaneous respiratory pattern after perinatal asphyxia. Pediatr Res 2000: 47: 438.
Vento M. Resuscitation with room Air Instead of 100% Oxygen Prevents Oxidative Stress in moderately asphyxiated Term Neonates. Pediatrics 2001: 107 (4).