



# Capítulo II

Marco de referencia

## Capítulo II

### Marco de referencia

La oxigenoterapia es una herramienta fundamental para el tratamiento de la insuficiencia respiratoria, tanto aguda como crónica. Los objetivos principales que llevan a su empleo son: tratar o prevenir la hipoxemia, tratar la hipertensión pulmonar y reducir el trabajo respiratorio y miocárdico. En situaciones agudas, su utilidad está ampliamente aceptada y en situaciones crónicas se ha extendido de forma importante hasta el manejo domiciliario (8).

La oxigenoterapia es parte fundamental de la terapia respiratoria; se define como la administración de oxígeno de manera terapéutica a concentraciones mayores que las del aire ambiente con el fin de suplir las demandas metabólicas del organismo, prevenir los síntomas y las manifestaciones clínicas de la hipoxemia y tratar la hipoxia aumentando el contenido de oxígeno en sangre arterial (10,11).

El oxígeno es uno de los principales componentes del aire –se encuentra en un 20.93 %–, es un gas diatómico, incoloro, insípido, inocuo (no dañino) más pesado que el aire, soluble en agua, no quema pero mantiene la combustión; las plantas son las principales productoras de oxígeno, las cuales mantienen unos niveles de concentración en la tierra cercana a un 21% de oxígeno. Cuando administramos oxígeno supera el 21 %.

Los efectos benéficos de la oxigenoterapia han sido debatidos en la bibliografía médica durante más de 100 años, pese al hecho de que el oxígeno continuó siendo el tratamiento más cómodo e indicado para los pacientes con dificultad respiratoria. Debe administrarse con el mismo grado de conocimiento y comprensión que acompaña la aplicación clínica de cualquier fármaco, teniendo en cuenta su dosificación y efectos adversos. Debe prescribirse teniendo una razón válida, un juicio clínico y ojalá basado en la medición de gases arteriales y/o pulsioxímetro. Debe administrarse de forma correcta y segura como cualquier otra droga, con un seguimiento clínico de su eficacia (12).

La oxigenoterapia se dirige a incrementar la oferta de oxígeno a los alveolos aportando una  $f_{iO_2}$  (fracción inspirada de oxígeno) mayor que la del aire.

La oxigenoterapia estará documentada siempre que existan alteraciones de la oxigenación manifestándose con hipoxia, hipoxemia o disminución de la saturación en el paciente respirando aire ambiente (7). Estas alteraciones suceden cuando existe hipoxemia, aumento del trabajo respiratorio o aumento del trabajo del miocardio. La hipoxemia es la disminución de la presión parcial de oxígeno en la sangre arterial; consiste en la disminución de la PaO<sub>2</sub> por debajo de 60 mm Hg o del rango normal, que se corresponde con saturaciones de O<sub>2</sub> de 90 %, en adultos.

En neonatos, con PaO<sub>2</sub> menor de 50 mm Hg y/o SaO<sub>2</sub> menor de 88 %. A nivel del mar, el valor normal de la PaO<sub>2</sub> es de 90 mmHg +/- 10 mmHg y, a 2640 metros sobre el nivel del mar, el valor de la PaO<sub>2</sub> es de 63 +/- 3 mmHg. Los valores cercanos a estos parámetros deben ser considerados de riesgo, ya que pequeños cambios en la PaO<sub>2</sub> corresponden a descensos importantes en la saturación de la hemoglobina, con el consecuente riesgo de hipoxia tisular.

El diagnóstico clínico de hipoxemia es difícil si ésta no es muy importante y aparecen cianosis y signos de dificultad respiratoria. El aumento del trabajo respiratorio se da cuando hay presencia de uno o más signos de dificultad respiratoria, como aleteo nasal, quejido, retracciones supraclaviculares, tirajes supra-esternales, tirajes intercostales, retracciones subcostales, tiraje subxifoideo y desbalance toracoabdominal.

No existen contraindicaciones específicas para la administración de oxígeno. Sin embargo, independiente del método que se use para brindar oxígeno al paciente, debe administrarse de forma cuidadosa, con precaución, dado que el oxígeno es un fármaco. Si el oxígeno no es debidamente utilizado, el paciente puede sufrir efectos negativos tales como, hipoventilación inducida por oxígeno, toxicidad por oxígeno, atelectasia por absorción de nitrógeno y retinopatía del prematuro, los cuales se describen a continuación.

## **2.1 Hipoventilación inducida por oxígeno**

La hipoventilación inducida por oxígeno es la depresión ventilatoria en el neumópata crónico; los pacientes con Enfermedad Pulmonar Obstructiva Crónica [EPOC] son retenedores de CO<sub>2</sub> y al presentar hipoxemia (PaCO<sub>2</sub> mayor o igual a 44 mmHg a nivel del mar y mayor o igual a 35

## CRITERIOS CLÍNICOS PARA EL SEGUIMIENTO Y OPTIMIZACIÓN DE LOS SUMINISTROS DE OXÍGENO SUBUTILIZADOS EN EL DOMICILIO

mmHg a nivel de Bogotá) existe un estímulo en los quimiorreceptores periféricos, lo que genera un aumento en la ventilación; si se elimina este estímulo hipóxico con las administraciones de oxígeno a elevadas  $FiO_2 > 40\%$ , se logra aumentar la  $PaO_2$  por encima de lo que él maneja, con aumento de la  $PaCO_2 > 50$ mmHg, lo que ocasiona un paciente mal ventilado, con depresión del Sistema Nervioso Central [SNC], y efectos en el sistema cardiovascular y sobre la misma función pulmonar, pudiendo llegar al paro respiratorio por efecto de la hipercapnia.

En enfermos con EPOC hipercápnicos e hipoxémicos crónicos, el objetivo es corregir parcialmente la hipoxemia y alcanzar unas  $PaO_2 > 60$  mmHg y  $SaO_2$  de  $90\%$ , para lo que se debe administrar concentraciones de oxígeno no mayores a  $30\%$ . Como resultado del proceso del metabolismo del oxígeno se producen radicales libres con gran capacidad para reaccionar químicamente con el tejido pulmonar y radicales tóxicos para las células del árbol traqueobronquial y para el alveolo.

Las altas concentraciones de oxígeno en el pulmón generan la producción de radicales libres con gran capacidad para reaccionar químicamente, como son: el superóxido ( $O_2^-$ ), el peróxido de hidrógeno ( $H_2O_2$ ) y el hidrófilo (OH), radicales tóxicos para las células del epitelio bronquial y los alvéolos pulmonares. Esta toxicidad se expresa en las fases exudativa y proliferativa.

La fase exudativa aparece en la etapa temprana de la toxicidad por oxígeno. Un aumento de la permeabilidad de las células endoteliales, da lugar a congestión alveolar, hemorragia intra-alveolar y exudado fibrinoso (membranas hialinas).

La toxicidad se puede manifestar de manera aguda, con una irritación traqueobronquial, con alteración en los cilios y disminución de la capacidad vital y pérdida de surfactante. La fase proliferativa está caracterizada por hiperplasia y disfunción de neumocitos alveolares o tipo II, aumento del grosor de la membrana alveolo-capilar y fibrosis, como manifestación de manera crónica; el resultado final puede ser: disminución en la distensibilidad pulmonar, reducción en la capacidad de difusión, aumento del trabajo respiratorio, disminución de la Capacidad Residual Fun-

cional [CRF], hipoxemia refractaria, Síndrome de Dificultad Respiratoria Aguda [SDRA], fibrosis pulmonar y, eventualmente, la muerte.

Otras alteraciones se producen sobre la función de los leucocitos, necrosis de las células tipo I y destrucción endotelial, eventos que conducen a la atelectasia, la que se observa en individuos que reciben oxígeno en altas concentraciones –mayores al 50 %– por más de 24 horas. Las manifestaciones clínicas suelen ser ardor subesternal, malestar, tos, parestesia, náuseas, vómito.

## **2.2 Atelectasia por absorción de nitrógeno**

El nitrógeno es metabólicamente inactivo; es aproximadamente un 80 % del volumen del gas alveolar, por lo que ayuda a mantener la estabilidad alveolar. El nitrógeno es un gas inerte que se distribuye con libertad por todo el organismo; los niveles de nitrógeno son casi iguales en los alvéolos, la sangre y el agua celular.

Sí el paciente recibe oxígeno en altas concentraciones, reemplaza al nitrógeno a nivel alveolar (encargado de mantener la apertura alveolar aportando suficiente volumen gaseoso) y genera colapso y atelectasia. Para su prevención es indispensable la intervención del terapeuta respiratorio. Cuando se administra oxígeno al 100 %, la mayor parte del nitrógeno es eliminada del organismo durante los primeros quince minutos.

Este proceso de desnitrógenización lleva a un desequilibrio entre la presión del nitrógeno entre el alveolo y la sangre provocando el colapso de los alvéolos. Con FIO<sub>2</sub> mayores al 50%, se pueden presentar atelectasias por absorción, es decir, si el paciente recibe oxígeno suplementario, con fracciones inspiradas de oxígeno del 100 %, el nivel de nitrógeno alveolar, uno de los factores involucrados en el mantenimiento de la apertura alveolar, es progresivamente reemplazado por el oxígeno.

## **2.3 Evaluación de la necesidad de oxígeno**

La necesidad de oxígeno suplementario está determinada por la presencia de la desaturación o inadecuada presión parcial de oxígeno en la sangre arterial, demostrada por métodos invasivos o no invasivos

## CRITERIOS CLÍNICOS PARA EL SEGUIMIENTO Y OPTIMIZACIÓN DE LOS SUMINISTROS DE OXIGENO SUBUTILIZADOS EN EL DOMICILIO

y por la presencia de indicaciones clínicas específicas que indiquen hipoxemia.

Para determinar la presencia de hipoxemia se debe realizar una gasometría arterial. Esta permite no solo la medición de la PaO<sub>2</sub>, sino también de la PaCO<sub>2</sub> y el cálculo de la D (A-a) O<sub>2</sub>, datos que ayudan a determinar la causa de la hipoxemia (10,13).

La pulxiosimetría puede ser útil en algunas circunstancias; sin embargo, si se sospecha hipercapnia es mejor realizar gasometría arterial para evitar una mayor retención de CO<sub>2</sub> con la oxigenoterapia guiada por este método no invasor, es decir, en los pacientes sin enfermedad crónica en los que se suponga que no va a existir retención de CO<sub>2</sub> es suficiente el control de la oxigenación mediante pulsioximetría. Los criterios a tener en cuenta para la necesidad del oxígeno:

- En pacientes crónicos con función pulmonar muy deteriorada es necesario realizar gasimetría arterial con control de niveles de CO<sub>2</sub>; las medidas del pH y bicarbonato serán de gran valor en casos más graves.
- Siempre deben ser evaluadas las constantes vitales y niveles de hemoglobina por su participación en la producción de hipoxia tisular.
- Es imprescindible la revisión periódica de los equipos de administración de O<sub>2</sub> para asegurar su correcto funcionamiento y evitar las fugas.
- En el caso de oxigenoterapia crónica domiciliaria es fundamental la educación de padres, pacientes y cuidadores primarios mediante folletos informativos en el tema.

**Tabla 1. Indicaciones de oxigenoterapia domiciliaria**

1. - Presión arterial de oxígeno basal  $\leq$  55 mmHg (7,3Kpa) o Sat O<sub>2</sub> menor a 88 % con el paciente estable y tratado.
2. - Presión arterial de oxígeno basal entre 55-60 mmHg (7,4-7,9Kpa) o Sat O<sub>2</sub> menor a 89 % si presenta además alguno de los siguientes:
  - o Hematocrito > 55 %.
  - o Evidencia clínica o ECG de Cor Pulmonale.
  - o Trastornos del ritmo cardíaco.
3. -Si tienen criterios de Oxígeno Domiciliario en reposo el flujo de O<sub>2</sub> debe ajustarse durante el sueño y el ejercicio.

**Fuente: Ortega Ruiz F, Díaz Lobato S, Galdiz Iturri JB, García Río F, Güell Rous R, Morante Vélez F, et al. Continuous Home Oxygen Therapy. Arch Bronconeumol. 2014; 50:185–200**

**Tabla 2. Indicaciones de oxigenoterapia domiciliaria, según valores gasimétricos**

- a) Pao<sub>2</sub> <60mmHg con sato<sub>2</sub> 88 %, y arritmias.
- b) Pao<sub>2</sub> <55mmHg o Pao<sub>2</sub> 55-60mmHg si además existe: -HTP, Cor pulmonar, poliglobulia, arritmias, alteraciones cognitivas.
- c) Pao<sub>2</sub> <55mmHg, si además existe HTA, HTP.
- d) Pao<sub>2</sub> de 55mmHg con satO<sub>2</sub> 88 %.

**Fuente: Ortega Ruiz F, Díaz Lobato S, Galdiz Iturri JB, García Río F, Güell Rous R, Morante Vélez F, et al. Continuous Home Oxygen Therapy. Arch Bronconeumol. 2014;50:185–200**

## **2.4 Suministro de oxígeno para uso en el hogar**

El oxígeno utilizado en el hogar debe ser entregado o producido. Este gas es envasado y creado por un productor de gas industrial bajo pautas estrictas para la pureza y el embalaje. El oxígeno es monitoreado y rastreado cada vez que se vuelve a empaquetar, con sistemas de rastreo en el lugar para garantizar la calidad del gas. Hay muchas opciones disponibles para los sistemas de gas de paquetes fijos y portátiles para la utilización del oxígeno en el hogar (11).

Hay poca regulación sobre la pureza de producción de gas para los productos de absorción por cambio de presión, sin requisitos de supervisión que no sean las recomendaciones del fabricante. Los niveles de pureza del oxígeno de concentradores generalmente pueden ser entre el 85% y la fracción de 95% de oxígeno suministrado. Algunos sistemas (todavía no todos) tienen capacidades de monitoreo de oxígeno.

El monitoreo de oxígeno de concentradores de oxígeno en casa no es requerido por las agencias reguladoras o, más importante, la prescripción de los médicos. El reenvasado de gas concentrador en el hogar de un sistema de cilindro o LOX no está regulado, y cada fabricante puede determinar el tipo de seguimiento que se va a dar. Los dispositivos de un concentrador de oxígeno que se llenan en el hogar tienen un sistema de acoplamiento patentado para asegurarse de que otros sistemas de oxígeno portátiles no se pueden rellenar desde el sistema estacionario designado (10).

Los sistemas de gas comprimido tienen una capacidad finita, dependiendo del tamaño y la presurización del cilindro. Estos sistemas requieren de un proceso de recarga con un servicio asociado y el costo que un factor en la entrega y aplicación portátil. Sistemas de LOX son tanto fijos como portátiles y requieren un proceso de recarga; sin embargo, el portátil puede ser llenado lo que permite el control de la frecuencia de recarga de la portátil.

Sistemas estacionarios LOX son rellenados a una frecuencia conjunta, dependiendo del tamaño de la configuración de la unidad y el flujo, de

nuevo hay un coste de los servicios. Los concentradores de oxígeno crean oxígeno en el hogar, por lo que no requieren la recarga, sin embargo, la fuente de alimentación (corriente alterna o la batería) se convierte en el factor determinante para la disponibilidad de oxígeno terapéutico y los tiempos de operación. Los concentradores estacionarios pueden producir hasta 10 L / min de 90 % de oxígeno, y los concentradores portátiles varían desde 0,4 L / min a 3 L de producción / min. La capacidad de producción determina la capacidad de flujo y de dosis para los concentradores de oxígeno utilizados en el hogar (9).

#### **2.4.1 Concentrador de oxígeno:**

Un concentrador es un equipo médico que a partir del aire ambiente (el cual contiene 21 % de oxígeno) pasa el aire a través de un especial tamiz molecular, para producir un aire enriquecido en oxígeno (95 % de oxígeno) para entregar al paciente. El concentrador de oxígeno usa un proceso de absorción para remover el nitrógeno del aire. El absorbente de elección es una de varias zeolitas sintéticas. La concentración de oxígeno entregado por un concentrador varía entre 90 a 95 %, dependiendo del flujo usado (5 lts/min: 90 %, 1 lts/min: 95 %).

El flujómetro puede ser ajustado entre 0 y 5 litros / minuto, dependiendo de la prescripción médica. La unidad puede ser también equipada con un flujómetro pediátrico para usar en niños con flujo prescripto bajo, entre 0.5–2 litros por minuto. El concentrador funciona con electricidad, y el consumo de energía eléctrica es de aprox. 350 Watts (14).

El concentrador pesa aproximadamente 25 kg y posee ruedas que permiten movilizarlo fácilmente en el hogar. La máquina debe estar localizada en áreas con buena circulación de aire, lejos de paredes y muebles. Existe un compresor dentro del equipo que emite un nivel sonoro regular que debe ser inferior a 40 dBA (medido a un metro del concentrador).

Si bien el equipo no pretende ser portátil, recientemente ha sido desarrollado un nuevo tipo de concentrador que permite llenar cilindros portátiles desde el equipo. Además, también existe un concentrador que pesa menos de 5 kg y funciona con una batería, con una duración de 50

## CRITERIOS CLÍNICOS PARA EL SEGUIMIENTO Y OPTIMIZACIÓN DE LOS SUMINISTROS DE OXÍGENO SUBUTILIZADOS EN EL DOMICILIO

minutos nominal de oxígeno, una vez que la batería esté totalmente cargada (los anteriormente descritos son equipos de alto costo).

El concentrador tiene algunas alarmas, como la de detección de falta de energía eléctrica, alta o baja presión, alta temperatura, test de batería, y baja concentración de oxígeno. Finalmente, algunos modelos permiten que la unidad funcione como nebulizador de manera simultánea mientras provee oxígeno suplementario.

Con relación al mantenimiento técnico de los concentradores debemos considerar que tienen un filtro en la entrada de aire. Siempre debe asegurarse que la entrada de aire no esté cubierta y que ingrese aire fresco en el concentrador. Este filtro debe ser lavado una vez a la semana con un detergente de cocina y luego debe ser secado antes de reinsertarlo. La empresa abastecedora debe proveer un manual de uso aclarando cuántos filtros y con qué periodicidad deben ser cambiados. El concentrador debe ir a servicio de mantenimiento a la empresa cada 10 000 horas de uso aproximadamente o anualmente. En este momento se prueba para saber si produce la cantidad correcta de oxígeno. Si no se realiza el mantenimiento recomendado se incrementa el riesgo de que el equipo entregue una baja concentración de oxígeno (15).

### **2.4.2 Cilindros gaseosos**

Este es el método más antiguo para entregar oxígeno. El oxígeno se comprime en un cilindro de acero bajo alta presión, normalmente a 200 atmósferas aproximadamente. Es almacenado en cilindros grandes o pequeños. Los primeros son muy pesados y deben cambiarse frecuentemente porque la autonomía es limitada, pequeños adicionalmente son vaciados más rápidamente, pero son portátiles. Existen cilindros de aluminio que son preferidos por su portabilidad. Si estos cilindros se combinan con sistemas ahorradores de oxígeno, estos pequeños cilindros pueden durar más de cinco horas. Los pequeños cilindros son usados como fuente portátil, en especial cuando el concentrador de oxígeno es la fuente principal de oxígeno en el domicilio (15,16).

A pesar de que los cilindros gaseosos son grandes y pesados, ellos constituyen el método primario en todo el mundo para proveer oxígeno-

rapia de largo plazo. En países llamados altamente desarrollados, como EEUU, Europa occidental y Japón, el uso de cilindros en el domicilio es bajo, estimado en menos del 10 % del total de pacientes bajo la atención domiciliaria. En países menos desarrollados, donde el costo laboral es bajo pero el costo de la tecnología es elevado, los cilindros representan el método primario para proveer oxigenoterapia domiciliaria.

Tamaños disponibles de cilindros. Existen diversos tamaños disponibles para uso domiciliario, desde los muy grandes cilindros H a los pequeños cilindros A. Además, varios proveedores han desarrollado cilindros portátiles. Específicamente para uso domiciliario, se han desarrollado cilindros con aluminio que tienen una reducción del peso de aproximadamente 50 % en comparación con los cilindros de acero (17).

El principal problema de ellos está asociado al limitado volumen de gas; aún el gran cilindro H puede proveer un flujo de oxígeno continuo de 2 lt/min sólo durante 2 días. Por ello, los pacientes con estos cilindros deben adecuar un espacio de almacenamiento en el domicilio para varios cilindros, a fin de limitar el traslado de los mismos a una vez a la semana.

Un problema adicional es el de tener que cambiar el regulador de un cilindro cuando se vacía a otro lleno. Esto puede ser riesgoso para pacientes y familiares. Del mismo modo que en un hospital, el riesgo está asociado a la sobre-oxigenación de ambientes y riesgo de incendio. Es necesario evitar el uso de lubricantes y aceites, y tener cuidado al manipularlos por el riesgo de caídas y traumatismos asociados del paciente o familiares (8).

## **2.5 Equipos de oxígeno ambulatorio**

El reconocimiento de las necesidades reales de movilidad del paciente ha impulsado el desarrollo de sistemas compactos y livianos, movilizándolo al mercado desde el uso de cilindros tradicionales de acero a varias alternativas más livianas. El grado y magnitud de este desarrollo varía de país en país, sobre todo determinado por la estructura de reembolso de cada sistema individual de salud.

## CRITERIOS CLÍNICOS PARA EL SEGUIMIENTO Y OPTIMIZACIÓN DE LOS SUMINISTROS DE OXÍGENO SUBUTILIZADOS EN EL DOMICILIO

Las indicaciones clínicas de oxigenoterapia ambulatoria parecen haber sido universalmente adoptadas, y la prescripción debe ser confirmada mediante un test de marcha de seis minutos, para definir el flujo a prescribir (1).

Aunque todas las fuentes de oxígeno domiciliario pueden ser clasificadas como "móviles o portátiles", un sistema realmente portátil requiere cumplir varios requisitos. Estos sistemas deben ser livianos y compactos, y capaces de proveer oxígeno por períodos prolongados. Al menos en teoría, todos los sistemas de oxígeno domiciliario (cilindros, oxígeno líquido y concentrador) pueden ser portátiles.

### **2.5.1 Oxígeno líquido**

Para uso domiciliario, se comenzó a usar en los 1980, en un enfoque para proveer a pacientes que desarrollan actividades fuera de su casa, mediante un sistema más liviano y de autonomía considerable en comparación con los cilindros de gases comprimidos (12).

### **2.5.2 Oxígeno seco**

El oxígeno proveniente de las fuentes mencionadas tiene mínima humedad, lo que hace que al suministrarse directamente pueda reseca o irritar la mucosa respiratoria. Sin embargo, se afirma que cuando se suministran flujos bajos, el mismo sistema respiratorio es capaz de humidificar, por sí mismo, el oxígeno aportado (4).

### **2.5.3 Oxígeno humidificado**

El oxígeno pasa a través de una cánula que disgrega el oxígeno en agua; con ello se logra humidificar, al aumentar el contenido de humedad del mismo; el humidificador es el aparato indicado para tal propósito, es la forma ideal de suministrar oxigenoterapia, puesto que brinda confort al paciente y aumenta la humedad relativa en la vía aérea superior (4).

### **2.5.4 Oxígeno nebulizado**

La nebulización se realiza mediante un mecanismo de presión negativa utilizado generalmente como fuente; el oxígeno que atrae agua a gran velocidad desde un recipiente, la estrella contra una esfera, partiéndola en moléculas muy pequeñas (hasta 0,3 micras), lo que facilita el depósito y la penetración del oxígeno en las vías aéreas inferiores (4). El nebulizador de depósito realiza tal propósito; al suministrar oxígeno nebulizado de manera permanente se corre con el riesgo de enfriar de manera importante las vías respiratorias, lo que puede desencadenar en un broncoespasmo en pacientes hiperreactivos

### **2.6 Humidificación**

La humedad puede definirse como vapor de agua en un gas o agua en estado gaseoso; son moléculas de agua moviéndose de forma independiente y aleatoria, de un lado a otro, suspendidas en un gas, las cuales, por cambios en la presión barométrica y en la temperatura pueden sostener o modificar la capacidad de saturación de agua en el gas circulante.

La cantidad de vapor de agua que un volumen de gas puede contener potencialmente depende de su temperatura: cuanto más alta es la temperatura, mayor la cantidad de vapor de agua que dicho volumen de gas podrá contener. Asimismo, cuanto más grande es el área superficial del agua, mayor será el grado de vaporización, entendiéndose por vaporización el paso del estado líquido al gaseoso. En la medición de los niveles de humedad hay términos importantes, como: humedad absoluta, humedad relativa y déficit de humedad. La humedad absoluta es el contenido actual de agua en un volumen de gas.

El contenido de humedad se puede medir en términos de peso por volumen (gramos/m<sup>3</sup>) o miligramos de H<sub>2</sub>O/litro; puede expresarse, en su presión parcial en mmHg (5). La humedad absoluta de un metro cúbico de aire en los pulmones, a la temperatura y presión del cuerpo, es aproximadamente de 44 gramos o 44 mm H<sub>2</sub>O por litro de gas. La humedad relativa es la relación entre la humedad actual (contenido) y la cantidad de vapor de agua que puede contener un volumen de gas

## CRITERIOS CLÍNICOS PARA EL SEGUIMIENTO Y OPTIMIZACIÓN DE LOS SUMINISTROS DE OXÍGENO SUBUTILIZADOS EN EL DOMICILIO

a una temperatura fija (capacidad). ).  $\text{humedad relativa} = \frac{\text{Contenido}}{\text{capacidad}} \times 100$

La humedad actual es constante frente a las variaciones de temperatura; en cambio, la humedad potencial (capacidad) disminuye a medida que la temperatura baja. Como consecuencia, a mayor temperatura, menor humedad relativa y a menor temperatura, mayor humedad relativa. El déficit de humedad, por su parte, refleja la falta de vapor de agua suficiente para la saturación. Si la humedad absoluta es constante, la humedad relativa cambia porque la capacidad ha aumentado y la humedad relativa debe disminuir. Esta reducción de la humedad relativa representa un déficit de humedad que debe ser compensado por el cuerpo. Los humidificadores son dispositivos que adicionan moléculas de agua a un gas. El aire que se inhala de manera cotidiana contiene algo de humedad, pero casi todos los gases que se utilizan en terapia respiratoria –que vienen en cilindros o reservorios– están 100 % secos y se les debe añadir vapor de agua antes de ser administrados al paciente, exceptuando en aquellos pacientes que necesitan el oxígeno suplementario por corto tiempo.

Existen tres factores que afectan la eficiencia de los humidificadores: el tiempo de contacto entre el gas y el agua, la superficie involucrada en el contacto de gas y agua, y la temperatura. Cuanto más tiempo de contacto existe entre el gas y el agua, más alta es la posibilidad de las moléculas de agua de cambiar de su estado líquido a vapor o gas y con relación a la temperatura; a medida que la temperatura aumenta, también aumenta la presión parcial del agua, permitiendo que las moléculas de agua reemplacen las moléculas de gas, aumentando así el contenido de humedad. La vía aérea cuenta con un humidificador fisiológico, la vía aérea superior, que se encarga de humidificar el aire procedente del medio ambiente ofreciéndole vapor de agua; este mecanismo es extremadamente efectivo gracias a la gran área de superficie de los cornetes.

En condiciones normales, cuando se respira por la nariz, el aire inspirado alcanza, en las primeras generaciones bronquiales, una humedad relativa de 100% a una temperatura de 37°C; esta humedad relativa disminuye cuando se respira por la boca o más aún cuando se respira a través de una vía aérea artificial. Los humidificadores son aparatos que están

diseñados para añadir humedad suficiente, de manera que el gas que se administra al paciente sea cómodo. Pero si las vías aéreas superiores no son utilizadas, sea por una traqueostomía o por un tubo endotraqueal, el contenido de humedad de gas inspirado, debe ser aumentado casi al 100 % de humedad relativa de la temperatura corporal.

Existen varios tipos de humidificadores (5). El humidificador simple o de contacto, es el de mayor sencillez en su diseño; el gas simplemente pasa por la superficie del agua; la eficiencia de la humedad es poca porque el tiempo de exposición y contacto entre el gas y agua es limitado. En el humidificador de inmersión o de burbujas, el gas se conduce por debajo de la superficie del agua, permitiendo burbujear hacia la superficie del mismo, lo que lo hace más eficiente que el anterior; este humidificador puede acoplarse a todas las mascarillas o cánulas nasales, pero es inapropiado para pacientes que no respiran a través de las vías aéreas superiores.

Para su uso, se recomienda agregarle agua estéril hasta el nivel adecuado y, si no se trata de un equipo desechable, esterilizarlo antes de su uso con otro paciente. El humidificador jet, por su parte, produce aerosol; sin embargo, utiliza un sistema deflector donde las partículas son eliminadas antes de que el gas salga del aparato o la unidad; este tipo de humidificador aumenta el tiempo y el contacto del gas con el agua, por consiguiente es mejor que el anterior. Los efectos de una inadecuada humidificación (5) son:

- Alteraciones de la mucosa traqueobronquial
- Destrucción ciliar
- Ulceración de la mucosa
- Hiperemia
- Inflamación bronquial
- Incremento de la viscosidad del moco
- Retención de secreciones
- Aumento de la resistencia de las vías aéreas
- Disminución de la compliance pulmonar
- Atelectasias
- Infecciones

## CRITERIOS CLÍNICOS PARA EL SEGUIMIENTO Y OPTIMIZACIÓN DE LOS SUMINISTROS DE OXIGENO SUBUTILIZADOS EN EL DOMICILIO

- Hipoxemia.

Para su uso, se recomienda tener en cuenta las siguientes pautas:

- La humidificación con la administración de oxígeno suplementario es un tratamiento recomendado para la mayoría de los pacientes con oxigenoterapia.
- No es preciso utilizar la humidificación en pacientes con  $FiO_2 < 28\%$  o cuando se usan flujos inferiores a 4 L/min, sin embargo, si la administración de oxígeno es prolongada (mayor a seis horas), se recomienda el uso de humidificadores, para evitar resequedad de las mucosas y epistaxis, entre otras complicaciones.
- Siempre se debe usar en enfermos sometidos a ventilación mecánica, en pacientes recién extubados y en pacientes traqueostomizados.
- Se debe hacer un balance hídrico, sobre todo en niños pequeños, no es recomendable la administración de oxígeno seco, especialmente en los asmáticos.
- Se recomienda utilizar equipos desechables, herméticos y, en lo posible, en un mismo paciente.
- El líquido de llenado debe ser agua estéril.
- Se deben tomar medidas encaminadas a evitar la infección o contaminación bacteriana, cambiando el equipo cada 24 horas. Además, cada seis u ocho horas se debe cambiar el agua del recipiente.

**Tabla 3. Ventajas e inconvenientes de las fuentes de suministro de oxígeno domiciliario**

<b>FUENTE</b>	<b>VENTAJA</b>	<b>INCONVENIENTES</b>	<b>INDICACION</b>
Bombona de O <sub>2</sub>	Bajo costo Ausencia de ruido	Fuente estática Necesita recargas frecuentes	Paciente sin movilidad Flujo elevado de O <sub>2</sub>
Concentrador de O <sub>2</sub>	Bajo costo. No necesita red de distribución Volumen de gas ilimitado	No es portátil. Dependiente de la red eléctrica, por ello, necesita cilindro extra para fallos de energía eléctrica. Ruido. Necesita mantenimiento. Fuente estática	Poca movilidad o no aceptación de fuente portátil
Concentrador Portátil	Permite movilidad Funcionan con baterías externas (Autonomía de 90-120 minutos)	Flujos bajos de O <sub>2</sub> (1-3l/min) Sistemas a demanda (funcionan durante la inspiración). Recarga de baterías	Movilidad limitada Pacientes que requieren bajo flujo de O <sub>2</sub>
Oxígeno líquido	Permite buena movilidad fuera del domicilio Fácil manipulación Recarga directa de la "nodriza" Buena autonomía (3-7 horas)	Costo elevado. Dependiente de una red de distribución	Paciente con buena movilidad

**Fuente: Revista de Enfermería. CyL Vol 6 - N° 2 (2014)**

## **2.7 Sistemas de administración de oxígeno**

Independiente del mecanismo de provisión del gas (cilindro, O<sub>2</sub> líquido, concentrador), el oxígeno debe administrarse con una adecuada humidificación y a través de dos sistemas –de alto y bajo flujo–, referidos a consideraciones clínicas. Para administrar convenientemente el oxígeno es necesario conocer la concentración del gas y utilizar un sistema adecuado de aplicación. La FiO<sub>2</sub> es la concentración calculable de oxígeno en el aire inspirado.

Por ejemplo, si el volumen corriente de un paciente es de 500 ml y está compuesto por 250 ml de oxígeno, la FiO<sub>2</sub> es del 50 como se indicó, existen dos sistemas para la administración de O<sub>2</sub>, de alto y bajo flujo. La diferenciación en los métodos de administración no se refiere a la concentración de oxígeno que el sistema brinda, sino a la cantidad de gas que el sistema proporciona, expresado como porcentaje del volumen entregado.

### **2.7.1 Sistemas de bajo flujo**

Suministran oxígeno a un flujo menor que el flujo inspiratorio del paciente, permitiendo que el oxígeno entregado se mezcle con el aire ambiente, por ello la concentración de oxígeno inhalado será mayor o menor dependiendo del flujo de oxígeno y del flujo inspiratorio del paciente.

Estos sistemas son populares debido a su sencillez, economía y disponibilidad y no por su exactitud o confiabilidad, porque cualquier cambio en el patrón del paciente, cambia el porcentaje de oxígeno inspirado (4, 5, 7). Con un sistema de bajo flujo, cuanto más alto es el volumen corriente, más baja es la FiO<sub>2</sub> y, al contrario, cuanto más bajo es el volumen corriente, mayor será la FiO<sub>2</sub>. El sistema de bajo flujo no proporciona la totalidad del gas inspirado y parte del volumen inspirado debe ser tomado del medio ambiente (4). Este método se utiliza cuando el volumen corriente del paciente está por encima de las  $\frac{3}{4}$  partes del valor normal (300-700 ml), si la frecuencia respiratoria es menor de 25 por minuto y si el patrón ventilatorio es estable. En los pacientes en los que no se

cumplan estas especificaciones, se deben utilizar sistemas de alto flujo. La  $FiO_2$  hace referencia a la concentración medible y calculable de oxígeno en la mezcla inspirada, la cual es, al aire ambiente, de 0.21, que corresponde a una concentración de 21 %; la presión que ejerce varía de acuerdo con la presión barométrica, a nivel del mar es de 760mmHg x  $FiO_2$ : 21 % da una  $PIO_2=159,6$  mmHg. Por lo tanto, la Presión Inspiratoria del Oxígeno [ $PIO_2$ ] varía en estos sistemas, porque depende de (5):

- El flujo de oxígeno suministrado. La  $FiO_2$  aumenta cuando el flujo de oxígeno aumenta y desciende cuando el flujo de oxígeno desciende, lo que significa que la  $FiO_2$  es flujo dependiente.
- El tamaño del reservorio anatómico, que depende del volumen en la vía aérea superior, si es adulto o pediátrico este varía; el depósito anatómico se encuentra permanentemente ocupado por oxígeno, por lo tanto, durante la inspiración, el volumen de gas que llegará a los alvéolos será la suma del volumen contenido en el reservorio anatómico, más el volumen inspirado del ambiente. Es así como en recién nacidos una cánula nasal puede suministrar hasta un 100 % de  $FIO_2$ , mientras que en el adulto este mismo equipo no le proporciona más de 36 %.
- El tamaño del reservorio del equipo, es decir, del tamaño del dispositivo utilizado para la oxigenoterapia y de si este tiene bolsa de reservorio o no.
- El patrón respiratorio del paciente; teniendo en cuenta que estos sistemas proporcionan una parte de la atmósfera inspirada por el paciente, la  $FiO_2$  tendrá variaciones, es decir, si el volumen corriente es alto, la  $FiO_2$  disminuye y viceversa. Si la frecuencia respiratoria es elevada acompañada o no de patrón respiratorio inestable, la  $FiO_2$  disminuye.

Estos sistemas son más económicos, son de frecuente utilización en comparación con los de alto flujo, dado que no proporcionan una  $FIO_2$  constante y no se puede controlar la temperatura y la humedad; además pueden proporcionar altas y bajas concentraciones de oxígeno. Sí

## CRITERIOS CLÍNICOS PARA EL SEGUIMIENTO Y OPTIMIZACIÓN DE LOS SUMINISTROS DE OXIGENO SUBUTILIZADOS EN EL DOMICILIO

se quisiera medir con exactitud el valor de la  $FIO_2$ , debería utilizarse un oxianalizador translaringeo. Los equipos de bajo flujo son: la cánula nasal, la máscara simple, la máscara de reinhalación parcial, la máscara de no-reinhalación y la bolsa auto-inflable o de presión positiva.

### **2.7.2 Sistemas de alto flujo**

El sistema de alto flujo es aquel en el cual, el flujo total de gas que suministra el equipo es suficiente para proporcionar la totalidad del gas inspirado y brinda concentraciones más precisas de oxígeno (4). La mayoría de los sistemas de alto flujo utilizan el mecanismo Venturi, con base en el principio de Bernoulli, para succionar aire del medio ambiente y mezclarlo con el flujo de oxígeno a través de orificios de diferentes diámetros (4,5,8).

Al pasar un flujo de oxígeno a través de una constricción, la velocidad de flujo aumenta y crea una presión subatmosférica en la salida del orificio. Esta presión succiona aire del medio ambiente a través de unos orificios. Cambiando el flujo de oxígeno, el tamaño de la constricción o el tamaño de los orificios, variará la  $FiO_2$ .

Este mecanismo ofrece altos flujos de gas con una  $FiO_2$  fijo. Existen dos grandes ventajas con la utilización de este sistema, se puede proporcionar, tanto una  $FiO_2$  constante y definida, como altas o bajas concentraciones de oxígeno. Además, al suplir todo el gas inspirado se pueden controlar la temperatura, la humedad y la concentración de oxígeno. Estos sistemas producen aerosoles, contienen un adaptador Ventury, permiten adicionar sistemas de calentamiento para los gases inspirados; y son de manejo sencillo. Aunque, son costosos; generan mayor incomodidad que los de bajo flujo y debe proveerse el flujo marcado para cada  $FIO_2$ . Estos sistemas deben administrarse cuando el paciente tiene marcado trabajo respiratorio, con patrón respiratorio inestable y/o frecuencia respiratoria  $> 25$  por minuto.

## **2.8 Sistema de oxígeno más usado en el domicilio**

### **2.8.1 Cánula nasal (bajo flujo)**

Las cánulas nasales consisten son unos tubos plásticos flexibles de poco peso, que tienen dos puntas o prongs de aproximadamente 1 cm que siguen las curvaturas de las fosas nasales. Se adaptan a un humidificador simple y luego a un flujómetro, aunque sí se va administrar por menos de seis horas se puede administrar oxígeno seco. En los adultos la cánula nasal puede dar FIO<sub>2</sub> del 0,24 (24 %) a 0,4 (40 %); sin embargo, lo más recomendable es utilizar hasta un 32 % de FIO<sub>2</sub> con flujo entre 1 a 3 Lpm, dependiendo del volumen minuto del paciente (volumen corriente por frecuencia respiratoria), debido a que fracciones más elevadas pueden producir irritación nasal y epistaxis (4,5).

La FIO<sub>2</sub> que administra la cánula nasal no es la misma en adultos y niños; estos últimos pueden albergar en su vía aérea mayor concentración de oxígeno, por lo que, administrar una FIO<sub>2</sub> mayor de 60 % puede producir efectos secundarios indeseables en el niño, especialmente si es un recién nacido prematuro. Por lo anterior, cuando se requiere administrar mayor cantidad de FIO<sub>2</sub> se recomienda utilizar otro equipo (4). En recién nacidos y en pediatría se recomienda utilizar flujos que van de 0,25 hasta 2 litros por minuto (Lt/min); se aconseja utilizar un blender para controlar la FIO<sub>2</sub> suministrada a los niños, especialmente a los neonatos y no utilizar más de 2Lt (5).

Los consensos sobre oxigenoterapia establecen que el oxígeno suministrado a los adultos por cánula nasal, con cantidades de flujo menor o igual a cuatro litros por minuto no necesita ser humidificado, especialmente sí se va administrar por menos de seis horas; sin embargo, es común observar, en servicios de urgencias y hospitalización, la utilización de la humidificación; por lo tanto, sí la institución establece por protocolo la humidificación de todos los gases inhalados, así mismo, debe establecer los mecanismos de seguimiento, manejo y cambio de las soluciones de humidificación utilizadas, con el fin de evitar contaminación. La cánula nasal tiene la ventaja de ser el equipo más cómodo para el paciente, puesto que no impide la alimentación, la comunicación y la movilidad; es además el equipo más común en la terapia domiciliaria, es el sistema más sencillo y es desechable, barato, liviano, y de fácil aplicación para la administración de oxígeno a baja concentración en pacientes que no revisten mucha gravedad o que tienen una hipoxemia de poca magnitud.

## CRITERIOS CLÍNICOS PARA EL SEGUIMIENTO Y OPTIMIZACIÓN DE LOS SUMINISTROS DE OXIGENO SUBUTILIZADOS EN EL DOMICILIO

Además, se puede utilizar tanto en niños como en adultos (4, 7).

La cánula nasal tiene también algunas desventajas: no aporta FIO<sub>2</sub> elevadas; da una FIO<sub>2</sub> variable; no es útil cuando son necesarios flujos superiores a seis litros por minuto, debido a que el flujo rápido de oxígeno, genera sequedad e irritación de la fosa nasal –por lo que puede requerir humidificar el O<sub>2</sub>–; puede taparse fácilmente con las secreciones; y puede producir irritación y dermatitis del ala de la nariz y del pabellón de la oreja (7). El beneficio es mínimo en víctimas que respiran por la boca o tienen obstrucción nasal o epistaxis. Mayores incrementos del flujo no permiten aumentar la FiO<sub>2</sub> y generan desperdicio de oxígeno. Es un equipo que fácilmente puede colapsar y también salirse de su sitio con facilidad. Para su colocación, se debe seguir este procedimiento:

- Aliste el material: cánula nasal del tamaño adecuado, fuente de oxígeno, pañuelos de papel
- Lávese las manos
- Informe al paciente acerca de la técnica que va a realizar y solicite su colaboración, pídale que se suene
- Conecte el extremo distal de la cánula a la fuente de oxígeno
- Introduzca los dientes de la cánula en las fosas nasales
- Pase los tubos de la cánula por encima de las orejas del paciente y ajuste la cánula con el pasador, de manera que éste quede por debajo de la barbilla (los tubos deben adaptarse a la cara y el cuello del paciente sin presiones ni molestias)
- Seleccione el flujo de oxígeno prescrito en el flujómetro
- Controle regularmente la posición y el ajuste de la cánula nasal, ya que puede soltarse fácilmente
- Compruebe que las fosas nasales del paciente están libres de secreciones, si no es solicítele que se suene
- Vigile las zonas superiores de los pabellones auriculares y la mucosa nasal, si es necesario, lubrique los orificios nasales. Las complicaciones de estos sistemas son usualmente locales, desde desecamiento e irritación de las fosas nasales, hasta hemorragia de la mucosa nasal.

## 2.9 Sistemas de monitorización

La aplicación de oxígeno, como cualquier otro tratamiento, debe administrarse en la dosis y durante el tiempo necesario; por esto es conveniente la reevaluación continua del paciente. La oxigenoterapia puede monitorizarse a través de gasometrías arteriales, más importante es cuanto más crónico sea el paciente, o ante la sospecha de hipoventilación asociada. También es posible monitorizar el estado de oxigenación a través de la pulsioximetría (14).

La oxigenoterapia debe garantizar una Presión arterial de Oxígeno igual o mayor de 60mmHg o una SatO<sub>2</sub> superior al 92 %, tanto en reposo como durante el sueño. El método disponible en el domicilio para monitorizar al paciente es la pulsioximetría, un sistema de medición seguro y preciso de la oxigenación que muestra mediante espectrofotometría el porcentaje de moléculas de hemoglobina en los vasos sanguíneos que se han combinado con el O<sub>2</sub> para formar la oxihemoglobina. La oxihemoglobina capta más cantidad de luz infrarroja y la hemoglobina reducida capta más cantidad de luz roja.

Los pulsioxímetros son espectrómetros de doble longitud de onda que tienen capacidad pletismográfica e indican la frecuencia del pulso y la diferencia entre la absorción de luz antes de que se inicie la pulsación sistólica hasta que ésta se realiza, lo que da como resultado una onda pletismográfica cuya amplitud se emplea para el cálculo de la SatO<sub>2</sub> de la hemoglobina y cuyo intervalo sirve para calcular la frecuencia cardíaca. La pulsioximetría en distintas situaciones, como en activo, durante el sueño o mientras el paciente come, ayuda al ajuste de la dosis del flujo, al igual que la pulsioximetría con registro de 24h.

La finalidad es ajustar la concentración de O<sub>2</sub> complementario para mantener la SatO<sub>2</sub> en entre el 92 y el 96 % en función de la presencia o la ausencia de enfermedad en esos momentos, como pueden ser crecimiento deficiente, bradicardia recidivante o hipertensión pulmonar. El proporcionar un pulsioxímetro a los pacientes y cuidadores primarios es tema controvertido. No hay pruebas de que al proporcionar el pulsioxímetro mejore el resultado de la oxigenoterapia domiciliaria. Por otra parte, si el paciente requiere una monitorización continua, puede que no

## CRITERIOS CLÍNICOS PARA EL SEGUIMIENTO Y OPTIMIZACIÓN DE LOS SUMINISTROS DE OXÍGENO SUBUTILIZADOS EN EL DOMICILIO

esté indicado darle alta domiciliaria (14). La mejor forma de diagnosticar la hipoxia en el niño es la SatO<sub>2</sub>, a diferencia de los adultos, en quienes se mide la PaO<sub>2</sub>.

### 2.9.1 Monitorización del paciente

Se debe hacer una evaluación clínica periódica del paciente y cambios en su estado clínico incluyendo estado neurológico, cardíaco y pulmonar.

Evaluación de parámetros fisiológicos. La medición de la presión arterial de oxígeno o de la saturación de oxígeno debe hacerse con la siguiente periodicidad:

- Al inicio de la terapia
- Dentro de las 12 horas de inicio con una FiO<sub>2</sub> menor del 40 %
- Dentro de las 8 horas de iniciación con una FIO<sub>2</sub> mayor o igual al 40 %, incluyendo la recuperación post-anestésica
- Dentro de las siguientes 72 horas en IAM
- Dentro de las siguientes 2 horas en el paciente cuyo diagnóstico principal es la EPOC

Se debe considerar la necesidad de realizar ajustes en la FiO<sub>2</sub> en los pacientes que incrementan el nivel de actividad (baño, desplazamientos) (16).

### 2.9.2 Monitorización del equipo

Todos los sistemas de administración de oxígeno tienen que ser evaluados por lo menos una vez al día.

Es necesario realizar evaluaciones más frecuentes con analizadores calibrados a algunos sistemas de administración de oxígeno:

- Sistemas susceptibles de variación en la concentración de oxígeno (sistemas mezcladores de alto flujo)
- Sistemas de oxigenoterapia aplicados a pacientes con vía aérea artificial

- Sistemas que suministran mezclas de gas precalentado.
- En pacientes que están clínicamente inestables o que requieren FiO<sub>2</sub> mayor del 50 %
- Evitar la interrupción de la oxigenoterapia en situaciones como la deambulación o el transporte para procedimientos (16).

**Tabla 4. Utilización correcta de la oxigenoterapia domiciliaria, guía para el paciente**

- Usted debe mantener el O<sub>2</sub> el mayor tiempo posible, nunca menos de 15 horas.
- Siga las indicaciones de su especialista y ante cualquier duda contacte con su médico y/o enfermera, ellos le ayudaran.
- No retire la administración de O<sub>2</sub> durante el sueño, la ejecución de algún tipo de esfuerzo o realización de las actividades de la vida diaria.
- No debe fumar, puesto que esto empeorara su patología y además fumar cerca de una fuente de O<sub>2</sub> tiene riesgo de explosión.
- Debe ponerse en contacto con la empresa suministradora para realizar las revisiones oportunas.
- Los sistemas portátiles de suministro de O<sub>2</sub>, que han sido prescritos por su especialista, son para facilitarle el desarrollo de una actividad física adaptada a su patrón de movilidad.

**FUENTE Ortega Ruiz F, Díaz Lobato S, Galdiz Iturri JB, García Río F, Güell Rous R, Morante Vélez F, et al. Continuous Home Oxygen Therapy. Arch Bronconeumol. 2014;50:185–200**

## **2.10 Evaluación de resultados**

Los resultados se evalúan mediante una valoración clínica y fisiológica que establezca una adecuada respuesta del paciente a la terapia. Después de iniciada la oxigenoterapia se debe evaluar periódicamente los beneficios clínicos y corrección de la hipoxemia (14,15).

En los pacientes con EPOC agudizados se requieren 20 a 30 minutos para llegar a una situación de estabilidad luego de cualquier cambio en la FiO<sub>2</sub>. Por esta razón, las pulxiosimetrías realizadas antes de este lapso de tiempo pueden dar información errónea que conduce a decisiones inadecuadas.

Se recomienda vigilar el posible empeoramiento de la PaCO<sub>2</sub> durante la oxigenoterapia en los siguientes pacientes:

- Pacientes con antecedente de retención de CO<sub>2</sub> en hospitalizaciones anteriores
- Pacientes con EPOC que presentan empeoramiento súbito de la hipoxemia.
- Pacientes que correspondan a los fenotipos del "abotagado azul" y soplador rosado con hipoxemia y cor pulmonare pero con disnea leve
- Pacientes sin diagnóstico previo en quienes la hipoxemia aguda se acompañe de hipersomnolencia (17).

### **2.10.1 Seguimiento de los pacientes con oxigenoterapia domiciliaria**

Las primeras visitas una vez iniciada la oxigenoterapia domiciliaria se efectuarán de uno a tres meses, siendo los aspectos educativos y el entrenamiento donde se enfatizará para minimizar riesgos y complicaciones. Posteriormente, el seguimiento ha de establecerse en función de la situación clínica del paciente, con una frecuencia establecida por el médico y el terapeuta respiratorio tratante, donde debe revisarse el flujo de oxígeno necesario para corregir la hipoxemia, como también la saturación de oxígeno en sangre. Como ya se mencionó anteriormente la pulxiosimetría es la herramienta fundamental para llevar a cabo este

procedimiento, no obstante, es necesario tener conceptos claros sobre anatomía, fisiología respiratoria y estar en capacidad de interpretar la curva de disociación de la hemoglobina (18).

En principio, el registro de los datos aportados por el oxímetro de pulso corresponde al reconocimiento de valores lumínicos transmitidos del volumen adicional de sangre arterial que atraviesa los tejidos con cada pulsación arterial, significando esto, que la luz absorbida cambia al variar la cantidad de sangre en el lecho tisular y al modificarse las cantidades relativas de HbO<sub>2</sub> y Hb.

Con relación al reporte de saturaciones, se debe tener en cuenta aspectos relacionados con la altitud y su relación con la presión barométrica. Con la altitud la saturación de oxígeno disminuye y luego aumenta por efectos de aclimatación, en pacientes que provienen de altitudes más bajas (18,19).

### **2.10.2 Pasos a seguir para tomar una oximetría correcta**

Los pasos a seguir son:

- Encienda el monitor y realice calibraciones, si es necesario, de acuerdo al equipo disponible
- Fijar límites de alarma teniendo en cuenta (tipo de paciente, patología previa, altitud barométrica y condición clínica del paciente)
- Elija el sensor adecuado (adulto, pediátrico y neonatal)
- Asegure el sensor en contacto con la piel de manera que no produzca lesiones y su lugar de colocación sea diferente a la de medición de la presión arterial.
- Verifique que la fuente de luz y el detector estén alineados
- Espere algunos segundos para que el pulso oxímetro detecte el pulso y calcule la saturación de O<sub>2</sub> y la frecuencia de pulso

## CRITERIOS CLÍNICOS PARA EL SEGUIMIENTO Y OPTIMIZACIÓN DE LOS SUMINISTROS DE OXIGENO SUBUTILIZADOS EN EL DOMICILIO

- Evaluar la relación entre la señal de pulso y la frecuencia cardíaca
- Una vez obtenido el reporte de la oximetría correlacione con la clínica del paciente y determine confiabilidad de la lectura, tome la conducta pertinente de acuerdo al resultado
- Cambie la posición del sensor cada cuatro a seis horas para evitar lesiones de la piel del paciente
- Mantenga conectado el equipo a la red eléctrica si el dispositivo es estático, o cargadas las baterías si se trata de un dispositivo portátil(18) (estas indicaciones son propias de paciente hospitalizado)

### **2.10.3 Precauciones al momento de interpretar la saturación de oxígeno**

Se debe considerar que existen situaciones y/o condiciones donde la oximetría de pulso puede dar información errónea y no se recomienda su uso; éstas son las siguientes:

A. Valores de SpO<sub>2</sub> < 80 % no tienen buena correlación con mediciones por co-oximetría, por lo que se recomienda corroborar estos valores con mediciones de SaO<sub>2</sub> a través de gasometría arterial. También hay que considerar que de acuerdo a la curva de disociación de la hemoglobina valores de SaO<sub>2</sub> de 100 % no cuantifican el grado de hiperoxemia en pacientes con oxigenoterapia suplementaria.

B. Alteraciones de la hemoglobina:

a. La inhalación de monóxido de carbono (CO) conduce a altos niveles de carboxihemoglobina la cual tiene un coeficiente de absorción de luz similar a la oxihemoglobina; en esta condición el oxímetro de pulso sobreestima el valor de SpO<sub>2</sub>.

b. En pacientes con sospecha de altos niveles de metahemoglobinemia, que también tiene un coeficiente de absorción de luz similar a la oxihemoglobina, el oxímetro de pulso sobreestima el valor de SpO<sub>2</sub> (enfer-

medades congénitas del metabolismo, intoxicación por nitritos, metoclopramida, sulfas, lidocaína, etc.). En estos casos no se recomienda utilizar oxímetro de pulso (20).

#### **2.10.4 Seguimiento del paciente con oxigenoterapia domiciliaria. Monitorización y destete**

El control de la oxigenoterapia domiciliaria debe estar a cargo tanto del terapeuta respiratorio, como del neumólogo. La familia también debe entrenarse en el tratamiento con O<sub>2</sub> en el domicilio, reconocer la aparición de los signos de hipoxia y ser capaces de enfrentar todos los aspectos del cuidado del paciente.

Una primera visita o un contacto telefónico en las primeras 24 horas es importante para aliviar la ansiedad familiar.

Sistemas de monitorización. El O<sub>2</sub>, como cualquier otro tratamiento, debe administrarse en la dosis y durante el tiempo necesario, por esto es conveniente la evaluación continua del paciente. La oxigenoterapia puede monitorizarse a través de gasometrías arteriales, o ante la sospecha de hipoventilación asociada. También es posible monitorizar el estado de oxigenación a través de la pulsioximetría, como se ha mencionado anteriormente. La oxigenoterapia debe garantizar una pO<sub>2</sub> igual o mayor de 60 mmHg o una SatO<sub>2</sub> superior al 92 %, tanto en reposo como durante el sueño.

El método disponible en el domicilio para monitorizar al paciente es la pulsioximetría, un sistema de medición seguro y preciso de la oxigenación que muestra, mediante espectrofotometría, el porcentaje de moléculas de hemoglobina en los vasos sanguíneos que se han combinado con el O<sub>2</sub> para formar la oxihemoglobina. La oxihemoglobina capta más cantidad de luz infrarroja y la hemoglobina reducida capta más cantidad de luz roja.

Los pulsioxímetros son espectrómetros de doble longitud de onda que tienen capacidad pletismográfica, e indican la frecuencia del pulso y la diferencia entre la absorción de luz antes de que se inicie la pulsación hasta que se realiza ésta, lo que da como resultado una onda pletismográfica cuya amplitud se emplea para el cálculo de la SatO<sub>2</sub> de la hemog-

## CRITERIOS CLÍNICOS PARA EL SEGUIMIENTO Y OPTIMIZACIÓN DE LOS SUMINISTROS DE OXIGENO SUBUTILIZADOS EN EL DOMICILIO

lobina y cuyo intervalo sirve para calcular la frecuencia cardíaca. La pulsioximetría en distintas situaciones, como en activo, durante el sueño o mientras el paciente come, ayuda al ajuste de la dosis del flujo, al igual que la pulsioximetría con registro de 24 horas (21).

La finalidad es ajustar la concentración de O<sub>2</sub> complementario para mantener la SatO<sub>2</sub> en entre el 92 y el 96 % en función de la presencia o la ausencia de enfermedad en esos momentos, como puede ser crecimiento deficiente o bradicardia. Se supone que los niños con O<sub>2</sub> domiciliario no deben experimentar cambios amplios en la presión arterial de dióxido de carbono (PaCO<sub>2</sub>), por lo que no necesitan comprobar la presión trascutánea de dióxido de carbono (PetCO<sub>2</sub>) con frecuencia (21).

La oxigenoterapia claramente se ha convertido en un elemento fundamental para el tratamiento de la insuficiencia respiratoria, tanto aguda como crónica. El empleo de oxigenoterapia en el domicilio es un tratamiento que puede llegar a ser de alto costo y con riesgos potenciales, por lo que es importante que el cuidado de estos pacientes se lleve a cabo por parte de especialistas con experiencia en su tratamiento. Frente a esto están los beneficios que aporta, como la posibilidad del alta precoz, la disminución de la morbilidad en algunas enfermedades y una integración más rápida en el ambiente familiar y social. La falta de consenso en muchos aspectos y la escasez de estudios amplios requieren de más estudios para que se puedan obtener pruebas y optimizar el tratamiento con O<sub>2</sub> (21).

### **2.10.5 Destete de oxígeno**

En general, no hay normas fijas para el destete de O<sub>2</sub>, aunque se recomienda disminuir progresivamente el flujo de oxígeno. En los adultos el oxígeno se puede suspender cuando la oxigenación del paciente es adecuada con PaO<sub>2</sub> > 60mmHg a nivel del mar y saturación > 90 %; en los pacientes sin hipoxemia y en riesgo de hipoxia tisular, el oxígeno se debe suspender cuando el estado ácido-básico y la función clínica de los órganos vitales indiquen resolución de la hipoxia tisular.

Los pacientes con cifras de PaO<sub>2</sub> más altas suelen requerir más tiempo para el destete. Igualmente ocurre en el domicilio para el destete de

oxígeno; este debería estar a cargo de un profesional en cuidado respiratorio. Sin embargo, la capacidad de la familia en este aspecto también debe evaluarse; deben reconocer la aparición de los signos de hipoxia y ser capaces de enfrentar todos los aspectos del cuidado del paciente. Una primera visita o un contacto telefónico en las primeras 24 horas es importante para aliviar la ansiedad familiar.

Aquellos pacientes con oxigenoterapia en el domicilio requieren monitoreo constante durante la retirada del oxígeno, ya que este debe hacerse de forma paulatina, primero en los periodos de vigilia, después durante la alimentación, luego en el sueño. Antes de retirar el oxígeno y 24 horas después se deben hacer registros de saturación durante 24 horas (22).

### **2.11 Evaluación de la necesidad de oxígeno**

La necesidad de oxígeno suplementario está determinada por la presencia de desaturación o inadecuada presión parcial de oxígeno en la sangre arterial, demostrada por métodos invasivos o no invasivos y por la presencia de indicaciones clínicas específicas que indiquen hipoxemia, como: incoordinación, confusión, taquicardia o bradicardia, hipo o hipertensión y cianosis. Para determinar la presencia de hipoxemia se debe realizar una gasometría arterial, la cual permite, no solo la medición de la PaO<sub>2</sub>, sino también de PaCO<sub>2</sub>, y evaluar la oxigenación y la ventilación del paciente.

La pulxiosimetría puede ser útil en algunas circunstancias, sin embargo, si se sospecha hipercapnia es mejor realizar gasometría arterial para evitar una mayor retención de CO<sub>2</sub> con la oxigenoterapia, como puede ocurrir con los pacientes con EPOC.

La hipercapnia se puede manifestar clínicamente con somnolencia, desorientación, diaforesis, taquicardia e hipertensión, entre otras. Es importante evaluar, además de los signos vitales, la hemoglobina por su participación en la producción de hipoxia tisular (22).

### **2.11.1 Factores que interfieren en la lectura del pulxiosímetro en el ambiente domiciliario**

El pulxiosímetro es una de las herramientas más idóneas para acompañar el proceso de monitoreo y destete de la oxigenoterapia domiciliaria; es por esto que es de gran importancia identificar aquellos factores que pueden interferir para lograr una buena lectura de la saturación de oxígeno en sangre.

- La luz del sol aplicada directamente al sensor puede afectar la lectura
- Los temblores o movimientos bruscos, pueden dificultar al sensor la lectura
- Volumen de pulso bajo
- Vasoconstricción (23).

### **2.11.2 Criterios de selección de los suministros de oxígeno domiciliario**

Las fuentes de oxígeno domiciliario más utilizadas son: el oxígeno como gas comprimido, los concentradores de oxígeno y el oxígeno líquido.

El oxígeno como gas comprimido tiene la ventaja de estar disponible en cualquier región del país y de poder ser almacenado durante mucho tiempo sin pérdida. Este es utilizado con un flujo a 2 l/min; los cilindros de tamaño habitual tienen una duración de dos días y medio, requiriendo rellenado frecuente. Los cilindros más pequeños permiten la provisión de O<sub>2</sub> portátil por aproximadamente 3-4 hrs.

Actualmente existen cilindros de aluminio más livianos que los tradicionales, permitiendo su uso portátil. Las desventajas del O<sub>2</sub> gaseoso incluyen la necesidad de contar con varias unidades en el domicilio, el requerimiento de reemplazo frecuente, su gran tamaño y además el peligro asociado al almacenamiento de O<sub>2</sub> a alta presión, si la válvula se disloca posteriormente a una caída. El costo aproximado dependerá del flujo indicado (24).

Los concentradores de O<sub>2</sub> suministran oxígeno al 95-98 % con flujos de hasta 5 l/min. Tienen la ventaja de ser fáciles de manejar, ocupar relativamente poco espacio y tener autonomía de la empresa abastecedora excepto para cuidado periódico y fundamentalmente para el recambio de los filtros y chequeo del equipo. No son portátiles, son ruidosos y dependientes de la energía eléctrica, cuyo costo no es reconocido por ningún sistema de seguridad social.

Los reservorios de O<sub>2</sub> líquido duran aproximadamente 5-10 días a un flujo de 2 l/min, lo cual implica la necesidad de recargarlos tres a seis veces por mes. Su principal ventaja es que permiten el rellenado domiciliario de las unidades portátiles, las cuales son muy livianas (tres a cinco kilogramos) y tienen una duración de cuatro a ocho horas. Tienen además la ventaja de no consumir energía eléctrica. Sus desventajas son: el mayor costo, la menor accesibilidad en determinadas zonas geográficas y la presencia de fugas que impiden un almacenamiento prolongado. Sus sistemas de control de flujo son menos precisos.

La elección del sistema dependerá de las características del paciente. Si el mismo no es ambulatorio y su autonomía de movimiento no supera los 15 metros (que pueden ser cubiertos por una manguera lisa larga), el sistema ideal es el concentrador de O<sub>2</sub>.

Durante la etapa inicial de evaluación antes de la indicación definitiva, el O<sub>2</sub> como gas comprimido puede ser una opción útil. Es además un adecuado suplemento ante eventuales cortes de energía cuando éstos son frecuentes y los pacientes tienen hipoxemia muy severa. Si el paciente puede deambular, la opción más adecuada es el O<sub>2</sub> líquido con reservorios portátiles. Los cilindros pequeños de aluminio para O<sub>2</sub> como gas comprimido pueden cubrir las necesidades de los pacientes que salen de su domicilio en forma muy ocasional (24).

### **2.11.3 Seguimiento, cumplimiento y adherencia al oxígeno domiciliario**

Es común que muchos pacientes tengan prescrito oxígeno cuando en realidad no lo precisan y, en cambio, otros que sí lo necesitan no disponen de él. Los especialistas tienen un papel esencial para identificar bien a los pacientes que requieren O<sub>2</sub> (gasometría arterial) y realizar un seguimiento óptimo (se ha demostrado que la visita del terapeuta respiratorio en el domicilio al inicio del tratamiento mejora la adecuación y el cumplimiento). Aunque la complejidad de estos pacientes requiere equipos especializados para su seguimiento y la realización de las pruebas necesarias, todos los profesionales de la salud deben conocer los aspectos básicos de la oxigenoterapia. Por tanto, ante un paciente en tratamiento con oxígeno es importante: a) asegurar como mínimo una utilización de quince horas al día; b) no aumentar incontroladamente los flujos prescritos; c) asegurarse de que los equipos están en óptimas condiciones de funcionamiento; d) medir la saturación de oxígeno con pulsioxímetro para regular la oxigenoterapia; y e) avisar a los profesionales responsables si se detectan problemas (25).

En el seguimiento de estos pacientes se deben comprometer desde el propio paciente y sus cuidadores hasta las empresas que proveen el servicio, pasando por los distintos profesionales de la salud que atienden al paciente. Un paciente formado, conocedor de su enfermedad y con una determinada capacidad para auto-cuidarse es esencial, máxime si vive solo. La educación en la enfermedad, las normas básicas sobre la oxigenoterapia y el establecimiento de un plan de prevención de exacerbaciones son algunos de los aspectos fundamentales que todo paciente debería dominar. Los cuidadores informales (familia directa o indirecta, vecinos, amigos, voluntarios...) desempeñan también una labor imprescindible, y en ocasiones son los verdaderos responsables del programa de autocuidados del paciente (25).

### **2.11.4 Responsabilidad en la educación integral del paciente con oxigenoterapia**

Los pacientes que realizan tratamiento con oxígeno en casa presentan una importante falta de adherencia a las recomendaciones establecidas

por las guías clínicas. Habitualmente el oxígeno no se utiliza el mínimo número de horas prescrito para que sea eficaz y además se utiliza mal, con flujos por encima o por debajo de los recomendados y muchas veces como alivio sintomático de la disnea. Este cumplimiento inadecuado ha ido aumentando de forma paralela al desarrollo tecnológico.

La incorporación del oxígeno líquido trajo de la mano problemas técnicos, problemas clínicos relacionados con la selección de pacientes candidatos a beneficiarse de equipos portátiles y problemas económicos al aumentar el costo de la terapia. La aparición de los concentradores portátiles ha complicado aún más la oxigenoterapia domiciliaria poniendo a nuestra disposición, a la gran velocidad de la innovación tecnológica, equipos de oxígeno con rendimientos y prestaciones muy variables, y no contrastados clínicamente en la mayoría de las ocasiones. Diferentes estudios han demostrado que los pacientes no utilizan los equipos portátiles como es debido, aduciendo problemas de inseguridad, dudas sobre su eficacia, desconocimiento de la terapia, vergüenza de llevarlos por la calle o su excesivo peso, entre otros (25).

En el momento actual la realidad nos muestra que existe una alta demanda de equipos portátiles de oxígeno y, en paralelo, un alto grado de incumplimiento de la oxigenoterapia. Todos estos aspectos enfatizan el papel de la educación integral de estos pacientes, crucial para obtener los beneficios esperados de esta terapia. Los pacientes deben conocer los principios básicos de esta alternativa terapéutica, la única, junto con dejar de fumar, que ha demostrado mejorar su supervivencia cuando se indica bien y se realiza correctamente. Individualizar la administración de oxígeno según el patrón de movilidad del paciente, saber cuándo y en qué situaciones puede aumentarse el flujo de oxígeno, personalizar la fuente de oxigenoterapia dependiendo del número y el tipo de salidas del domicilio y conocer las soluciones a los posibles problemas que puedan surgir con una fuente de oxígeno estacionaria o portátil, son algunos de los aspectos que deben ser conocidos por el paciente tratado con oxigenoterapia domiciliaria (25).

Muchos pacientes utilizan el oxígeno de forma intermitente para el alivio sintomático de la disnea, indicación no apoyada plenamente por

la evidencia. De ahí la importancia de educarles en relación con el uso apropiado de esta terapia. En aquellas situaciones en las que sabemos que se produce un empeoramiento de la hipoxemia, como sucede con la comida, el aseo, los paseos por el domicilio o la realización de ejercicio físico, el paciente tiene que saber cómo recibir el oxígeno, qué flujos emplear y hasta dónde puede llegar. Cada vez un mayor número de pacientes disponen de un pulsioxímetro en casa, por lo que, saber cómo interpretar los valores obtenidos es un tema que tenemos que abordar de forma obligatoria con nuestros pacientes (25).

#### **2.11.4.1 Relación con los factores de riesgo**

- Evite el tabaquismo. Es la medida más efectiva para detener el avance de la patología
- Evite ambientes contaminados
- Evite el contacto con personas que posean procesos infecciosos respiratorios
- Vacúnese anualmente contra la gripe y la neumonía
- Resaltar la importancia del lavado de manos y limpieza del equipo domiciliario (24,25)

#### **2.11.4.2 Conocer los signos de alerta**

Es fundamental conocer los signos de alarma para recibir una atención inmediata y evitar la progresión de la alteración. Estos son los siguientes:

- Aumento de la tos, disnea y/o frecuencia respiratoria
- Limitación de las actividades básicas de la vida diaria
- Presencia de sudoración, escalofríos y/o fiebre. Ruidos respiratorios anormales. Escucha de sibilancias
- Necesidad de aumentar el empleo de broncodilatadores de rescate

- Cambios en el nivel de consciencia (somnolencia, irritabilidad, confusión...)
- Entumecimiento o cambio de coloración de las extremidades
- Cianosis (o piel morada) alrededor de la boca o en las uñas
- Uso de músculos accesorios durante la respiración
- Hundimiento de los músculos intercostales o del abdomen (se evidencia que la piel del dorso se hunde y pega hacia las costillas)
- Respiración más rápida de lo habitual (25)

#### **2.11.4.3 En caso de presentarse esta señales de alarma**

1. Mantenga la calma
2. Revise que el sistema de oxigenoterapia esté funcionando correctamente, que la cánula este dentro de la nariz, bien puesta. Que la cánula no este ocluida (por secreción/moco) o pisada por algo o alguien. Que la cánula este bien conectada al humidificador. Que la bala de oxígeno tenga oxígeno (no se haya acabado).
3. Evalúe en el paciente la presencia de secreciones por nariz o silbido en el pecho al respirar. En este caso realice higiene nasal, coloque broncodilatadores si los tiene indicados por su médico y realice higiene bronquial.
4. Si los síntomas persisten aumente el flujo de oxígeno a 1 litro/min y comuníquese con su médico tratante o dirjase inmediatamente al servicio de urgencias más cercano.

#### **2.11.4.4 Nutrición y oxigenoterapia**

- Respetar el horario de comidas

## CRITERIOS CLÍNICOS PARA EL SEGUIMIENTO Y OPTIMIZACIÓN DE LOS SUMINISTROS DE OXIGENO SUBUTILIZADOS EN EL DOMICILIO

- Organizar las actividades de forma que no se produzca fatiga 30 minutos antes de las comidas. Un reposo de 30 minutos antes de comer reducirá la disnea
- Controlar el peso mensualmente. La obesidad dificulta los procesos respiratorios, es recomendable seguir una dieta equilibrada
- No hablar mucho mientras se come
- Evitar las bebidas con gas y las alcohólicas. Evitar los alimentos flatulentos ya que puede hacer que su estómago se hinche y comprima el diafragma. Masticar con la boca cerrada para que no se degluta mayor cantidad de aire
- Fraccionar las comidas en cuatro o cinco posturas diarias
- Prevenir el estreñimiento consumiendo alimentos ricos en fibra (25).

### **2.11.4.5 Ejercicio físico moderado**

- Una actividad física suave y regular les ayudará a respirar mejor, sentirse bien y a dormir. Puede realizar actividades como caminar una hora diaria
- Los deportes más adecuados son, bicicleta, natación, baile y otros ejercicios suaves. Fortalecer el tronco, como por ejemplo haciendo pesas, etc.
- El ejercicio físico le ayudará a fortalecer las piernas, brazos, tronco y corazón, reduciendo la fatiga a la hora de realizar actividades (25)

### **2.11.4.6 Recomendaciones durante el sueño**

- Mantenga la cama incorporada
- Evite el decúbito supino, ya que favorece a la caída de la lengua hacia atrás colapsando la vía aérea, utilice el decúbito lateral

- Pierda peso: Adelgazar ayuda a mejorar la hipoventilación asociada a la obesidad
- Si usted se despierta sin aliento, siéntese e inclínese hacia adelante, por ejemplo, en el borde de la cama, y apoyando sus brazos en la mesita de noche (25)

#### **2.11.4.7 Ansiedad**

- Planifique de forma racional sus tareas, priorizando las que destaque de mayor necesidad
- Es recomendable dejar tiempo libre para realizar actividades que le resulten placenteras como leer, escuchar música, etc.
- Aprenda a relajarse cuando empiece a sentirse tenso para evitar que se llegue a un punto mayor de ansiedad, por ejemplo, con ejercicios de respiración (24,25)

#### **2.11.4.8 Ocio y viajes**

No renuncie a disfrutar de sus vacaciones, relaciónese con personas con patologías similares, realice con otras personas actividades de clases de relajación, baile, etc. Solo es necesario tomar una serie de precauciones:

- Prepare su maleta con antelación para evitar olvidos
- No viaje a zonas con altitud por encima de 1500 metros para evitar la falta de oxígeno que hay en esas zonas
- Evite cargar con equipaje pesado
- Si se desplaza en automóvil, barco o tren tiene que llevar el equipo de oxígeno en vertical para que no se pueda volcar. Si va a viajar en avión y necesita oxígeno durante el vuelo deberá avisar previamente a la compañía

## CRITERIOS CLÍNICOS PARA EL SEGUIMIENTO Y OPTIMIZACIÓN DE LOS SUMINISTROS DE OXÍGENO SUBUTILIZADOS EN EL DOMICILIO

- Lleve su medicación en el equipaje de mano, para asegurarse en el caso de que haya problemas de retrasos o pérdida de equipaje
- Lleve un informe médico que incluya sus necesidades y tratamiento. (25)

### **2.12 Cumplimiento en oxigenoterapia domiciliaria**

La oxigenoterapia domiciliaria es un tratamiento que ha demostrado beneficios en pacientes con enfermedad respiratoria crónica avanzada con hipoxemia, pero que, al igual que cualquier otro tratamiento crónico, precisa de un seguimiento que asegure un correcto cumplimiento y una buena adherencia por parte del paciente, la reevaluación de su indicación y la vigilancia de probables efectos secundarios. La administración de oxígeno corrige la hipoxemia sólo durante su aplicación, sin efecto residual, de manera que cuando se suprime el aporte suplementario de oxígeno reaparece la hipoxemia y con ella desaparecen los efectos beneficiosos. Este hecho hace que para obtener un efecto sostenido sea necesario prolongar el tiempo de administración y asegurar su cumplimiento (25).

La monitorización del cumplimiento del oxígeno en casa estará enfocado a lo siguiente: asegurar el mantenimiento de la indicación de la terapia por la existencia de insuficiencia respiratoria crónica con los oportunos controles gasométricos y pulsioximétricos. Un control adecuado obliga a revisar a los pacientes en situación de insuficiencia respiratoria crónica con indicación de oxígeno como mínimo una vez al año por parte del neumólogo, realizando una gasometría arterial con el flujo de oxígeno recomendado para asegurar que se mantiene una PaO<sub>2</sub> por encima del objetivo terapéutico, sin elevación de la PaCO<sub>2</sub> (25).

### **2.13 Suspensión o modificación del oxígeno domiciliario**

A pesar de su eficacia demostrada, desde hace tiempo, un número elevado de pacientes no cumple el mínimo de horas de empleo del oxígeno en casa para asegurar su efecto terapéutico —en cifras cercanas al 50 %—, teniendo en cuenta el tipo de enfermedad respiratoria, de las características demográficas y del entorno del paciente. Además, el empleo sub-óptimo de la oxigeno-

terapia se asocia de forma independiente a una mayor probabilidad de ingreso hospitalario (25).

Por tanto, los criterios que deberían llevar a la suspensión de la oxigenoterapia son:

- PaO<sub>2</sub> en situación basal mayor de 60 mm Hg.
- Ausencia del correcto cumplimiento y adherencia por parte del paciente, menor de 15 h/día para oxigenoterapia estacionaria y/o menor de 1,5 h/día para oxigenoterapia para la ambulación, de forma mantenida, al menos en dos registros consecutivos, y a pesar de la implementación de medidas enfocadas a mejorar el cumplimiento por parte del paciente.
- Inasistencia reiterada a las consultas programadas.
- Tabaquismo activo y rechazo manifiesto por parte del paciente a abandonar el consumo de tabaco tras el ofrecimiento de tratamientos para la deshabituación tabáquica.
- Aparición de efectos indeseables secundarios al empleo de oxígeno.
- Rechazo del paciente (alta voluntaria) a la terapia o comprobación de su ineficacia.
- Imposibilidad de manejo correcto por parte del paciente o sus cuidadores tras educación acerca del objetivo del tratamiento. –Cambio de residencia a otra comunidad autónoma por tiempo superior a un año. –Fallecimiento del paciente (25).

En estos casos, pero sobre todo cuando se evidencia un incumplimiento del tratamiento y la inasistencia no justificada a las revisiones programadas, la unidad prescriptora podrá proceder a la suspensión del tratamiento y al retiro del equipo por la empresa prestadora del servicio. Igualmente, será responsabilidad de los servicios de neumología y de sus órganos gestores garantizar la renovación de las prescripciones transitorias en los plazos establecidos (máximo tres meses) o de lo contrario se entenderá que la prescripción está caducada. Las empresas prestadoras del servicio deberán informar con una antelación de al menos quince días naturales de aquellas prescripciones transitorias que deben ser reevaluadas por los especialistas en neumología (25).

Independientemente del método usado para brindar oxígeno al paciente, este debe administrarse de forma cuidadosa y con precaución, dado que el oxígeno es un fármaco. Si no es debidamente utilizado, el paciente puede sufrir efectos negativos, tales como los que se mencionan a continuación.

### 2.13.1 Hipoventilación inducida por oxígeno

Es la depresión ventilatoria en el neumópata crónico; los pacientes con EPOC son retenedores de CO<sub>2</sub> y al presentar hipoxemia (PaCO<sub>2</sub> mayor o igual a 44 mmHg a nivel del mar y mayor o igual a 35 mmHg a nivel de Bogotá) sabemos que existe un estímulo en los quimiorreceptores periféricos generando un aumento en la ventilación; si se elimina este estímulo hipóxico con las administraciones de oxígeno a elevadas FiO<sub>2</sub> > 40 % logramos aumentar la PaO<sub>2</sub> por encima de lo que él maneja, con aumento de la PaCO<sub>2</sub> > 50mmHg; esto ocasiona un paciente mal ventilado con depresión del SNC, efectos en el sistema cardiovascular y sobre la misma función pulmonar pudiendo llegar al paro respiratorio, por efecto de la hipercapnia (24,25).

En enfermos con EPOC hipercápnicos e hipoxémicos crónicos, el objetivo es corregir parcialmente la hipoxemia y alcanzar una PaO<sub>2</sub> > 60 mmHg y SaO<sub>2</sub> de 90 %; para ello debemos administrar concentraciones de oxígeno no mayores a 30%.

### 2.13.2 Toxicidad por oxígeno

Como resultado del proceso del metabolismo del oxígeno se producen radicales libres con gran capacidad para reaccionar químicamente con el tejido pulmonar; estos radicales son tóxicos para las células del árbol traqueobronquial, así como también para el alveolo.

Las altas concentraciones de oxígeno en el pulmón generan la producción de radicales libres con gran capacidad para reaccionar químicamente, como son: el superóxido (O<sub>2</sub><sup>-</sup>), el peróxido de hidrógeno (H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>) y el Hidrófilo (OH); estos radicales son tóxicos para las células del epitelio bronquial, así como también para los alvéolos pulmonares (23, 24).

**Fase exudativa:** aparece en la etapa temprana de la toxicidad por oxígeno donde existe un aumento de la permeabilidad de las células endoteliales, lo que da lugar a congestión alveolar, hemorragia intraalveolar, exudado fibrinoso (membranas hialinas).

La toxicidad se puede manifestar de manera aguda con una irritación traqueo-

bronquial, con alteración en los cilios, disminución de la capacidad vital y pérdida de surfactante

**Fase proliferativa:** está caracterizada por hiperplasia y disfunción de neumocitos alveolares o tipo II, aumento del grosor de la membrana alveolo-capilar y fibrosis como manifestación de manera crónica; el resultado final puede ser una disminución en la distensibilidad pulmonar, reducción en la capacidad de difusión, aumento del trabajo respiratorio, disminución de la CRF, la hipoxemia refractaria está presente, la aparición de SDRA, fibrosis pulmonar y eventualmente la muerte (25).

Otras alteraciones se presentan sobre la función de los leucocitos, necrosis de las células tipo I, destrucción endotelial, eventos que conducen a la atelectasia. Ésta se observa en individuos que reciben oxígeno en altas concentraciones – mayores del 50%– por más de 24 horas

**Tabla 5. Respuestas fisiológicas a la exposición de oxígeno inspirado al 100 %**

Tiempo de exposición (horas)	Respuestas fisiológicas
0-12	<ul style="list-style-type: none"><li>•Función pulmonar normal</li><li>•Disminución de la velocidad del moco</li><li>•Traqueobronquitis</li></ul>
12-24	<ul style="list-style-type: none"><li>•Disminución de la capacidad vital</li></ul>
24-30	<ul style="list-style-type: none"><li>•Disminución de la distensibilidad pulmonar</li><li>•Aumento de la diferencia alveolo-arterial de oxígeno</li></ul>
30-72	<ul style="list-style-type: none"><li>•Disminución de la capacidad de difusión</li><li>•Edema pulmonar</li></ul>
>96	<ul style="list-style-type: none"><li>•Fibrosis</li></ul>

**FUENTE** Ortega Ruiz F, Díaz Lobato S, Galdiz Iturri JB, García Río F, Güell Rous R, Morante Vélez F, et al. *Continuous Home Oxygen Therapy. Arch Bronconeumol. 2014; 50:185–200*

## **2.14 Riesgo de la oxigenoterapia**

Un riesgo es la depresión del centro respiratorio cuando se administra a concentraciones elevadas. La supresión del estímulo hipóxico es una causa frecuente de coma hipercápnico. En pacientes con retención de CO<sub>2</sub> nos debemos fijar el objetivo de mantener una SatO<sub>2</sub> que no supere el 92 % para evitar este problema.

Con una FiO<sub>2</sub> > 0.5, pueden aparecer atelectasias de absorción, fenómenos de toxicidad por el oxígeno y depresión de la motilidad ciliar y de los mecanismos de defensa pulmonar. Las atelectasias de absorción se producen porque las concentraciones elevadas de O<sub>2</sub> pueden reemplazar al nitrógeno en los alveolos, favoreciendo el colapso alveolar en zonas pobremente aireadas (zonas de baja V/Q) donde la reabsorción del gas supera al aporte de O<sub>2</sub>.

El riesgo de quemaduras se incrementa notablemente en presencia de una concentración de O<sub>2</sub> elevada. La utilización de nebulizadores y humidificadores, aumenta el riesgo de contaminación bacteriana (23, 24).