

OXIGENOTERAPIA

El oxígeno es un gas incoloro, inodoro, insípido y poco soluble en agua. No es un gas inflamable, pero sí es comburente (puede acelerar rápidamente la combustión). Constituye aproximadamente el 21% del aire y se obtiene por destilación fraccionada del mismo.

La oxigenoterapia es la administración de oxígeno (O_2) con fines terapéuticos, en concentraciones más elevadas que la existente en la mezcla de gases del ambiente. El oxígeno debe ser considerado un fármaco porque:

- Posee indicaciones precisas.
- Debe ser utilizado en dosis y tiempo adecuados.
- Posee efectos adversos.
- Requiere criterios clínicos y de laboratorio para su evaluación.

Algunas definiciones necesarias:

- **FiO_2 :** fracción inspirada de oxígeno, expresada en concentración y se mide en porcentaje. En el caso del aire ambiental la FiO_2 es del 21%.
- **Hipoxia:** déficit de O_2 en los tejidos, existiendo cuatro posibilidades diferentes:
 - La hipoxia hipoxémica, generada por una deficiente oxigenación de la sangre arterial secundaria a disminución de O_2 en el aire inspirado (mal de altura), hipoventilación alveolar, desequilibrio V/Q, alteración de la difusión o efecto Shunt; en estos casos, el O_2 corrige la disfunción.
 - La hipoxia circulatoria, debida a una insuficiente perfusión tisular (shock, insuficiencia cardíaca, hipotensión), con defecto en el aporte de oxígeno para el metabolismo anaerobio.
 - La hipoxia anémica, que consiste en un trastorno de la capacidad de la sangre para transportar O_2 , por disminución de la hemoglobina o alteración de la misma (metahemoglobinemias, intoxicación por CO); en estas situaciones el O_2 no logra saturar más la Hb, pero sí se incrementa el O_2 disuelto en plasma.
 - La hipoxia histotóxica (envenenamiento por cianuro), donde el O_2 no puede ser captado por los tejidos.
- **Hipoxemia:** disminución de la PaO_2 por debajo de 60 mmHG, que se corresponde con saturaciones de O_2 del 90%; los valores cercanos a estos parámetros deben ser considerados de riesgo, ya que pequeños cambios en la PaO_2 se corresponden con 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 signos de cianosis y dificultad respiratoria.
- **PaO_2 :** presión arterial de oxígeno.
- **$PaCO_2$:** presión arterial de dióxido de carbono.
- **Relación ventilación/perfusión (V/Q):** relación entre la ventilación del alvéolo y el transporte de sangre por las arteriolas que lo irrigan. Cuando existe ocupación del espacio alveolar (neumonía, edema agudo de pulmón, distres respiratorio) u obstrucción de la vía aérea (asma, EPOC), tendremos una disminución de la ventilación con un bajo índice de V/Q; en cambio cuando hay un descenso de la perfusión en áreas bien ventiladas (enfisema, TEP) el índice V/Q será elevado.

- **Insuficiencia respiratoria:** incapacidad de mantener niveles adecuados de oxígeno y dióxido de carbono. Es el estado final de muchas enfermedades. El patrón de gases arteriales en la insuficiencia respiratoria es: PaO₂ menor de 60 mm de Hg y/o PaCO₂ mayor de 50mm de Hg (hipoxemia + hipercapnia).
- **Flujo:** cantidad de gas administrado, medido en litros por minuto (lpm)

MATERIAL NECESARIO

Para poder administrar el oxígeno adecuadamente debemos disponer de los siguientes elementos:

- Fuente de suministro de oxígeno.
- Manómetro y manorreductor.
- Flujómetro o caudalímetro.
- Humidificador.

Fuente de suministro de oxígeno

Es el lugar en el que se almacena el oxígeno y a partir del cual se distribuye. El O₂ se almacena comprimido con el fin de que quepa la mayor cantidad posible en los recipientes. Esta gran presión a la que está sometido el gas ha de ser disminuida antes de administrarlo, ya que si no dañaría el aparato respiratorio. Las fuentes de O₂ pueden ser:

- **Central de oxígeno:** se emplea en los hospitales, donde el gas se encuentra en un depósito central (tanque) que está localizado fuera de la edificación hospitalaria. Desde el tanque parte un sistema de tuberías que distribuye el oxígeno hasta las diferentes dependencias hospitalarias (toma de O₂ central).
- **Cilindro de presión:** es la fuente empleada en atención primaria, aunque también está presente en los hospitales (en las zonas donde no haya toma de O₂ central o por si ésta fallara). Son recipientes metálicos alargados de mayor o menor capacidad (balas y bombonas respectivamente).

Manómetro y manorreductor

Al cilindro de presión se le acopla siempre un manómetro y un manorreductor. Con el manómetro se puede medir la presión a la que se encuentra el oxígeno dentro del cilindro, lo cual se indica mediante una aguja sobre una escala graduada. Con el manorreductor se regula la presión a la que sale el O₂ del cilindro.

En los hospitales, el oxígeno que procede del tanque ya llega a la toma de O₂ con la presión reducida, por lo que no son necesarios ni el manómetro ni el manorreductor.

Flujómetro o caudalímetro

Es un dispositivo que normalmente se acopla al manorreductor y que permite controlar la cantidad de litros por minuto (flujo) que salen de la fuente de suministro de oxígeno. El flujo puede venir indicado mediante una aguja sobre una escala graduada o mediante una “bolita”, que sube o baja por un cilindro que también posee una escala graduada.



Fig. 1. Diversos modelos de caudalímetros.

Humidificador

El oxígeno se guarda comprimido y para ello hay que licuarlo, enfriarlo y secarlo. Antes de administrar el O₂ hay que humidificarlo para que no reseque las vías aéreas. Ello se consigue con un humidificador, que es un recipiente al cual se le introduce agua destilada estéril hasta aproximadamente 2/3 de su capacidad.

Resumen final

Una vez conocidos los elementos que se emplean para administrar el oxígeno, podemos hacer una **descripción del recorrido que sigue el gas**: el oxígeno está en la fuente (cilindro de presión) a gran presión. Al salir de la fuente medimos esta presión (manómetro) y regulamos la presión que deseamos (manorreductor). A continuación, el oxígeno pasa por el caudalímetro y en él regulamos la cantidad de litros por minuto que se van a suministrar. Finalmente, el gas pasa por el humidificador, con lo que ya está listo para que lo inhale el paciente.

SISTEMAS DE ADMINISTRACIÓN DE OXÍGENO

Es imperativo conocer el mecanismo fisiopatológico de una determinada situación de hipoxia antes de iniciar el tratamiento, así como ser conscientes de que existe una respuesta individualizada de cada sujeto. Además, se debe insistir en el empleo racional y protocolizado de este tipo de terapia en pacientes crónicos.

Mediante los sistemas de administración de oxígeno se consigue introducir el gas en la vía aérea. En el mercado existen varios de ellos, distinguiéndose según su complejidad, coste y precisión en el aporte de O₂. En general se dividen en dos grandes grupos:

- *Sistemas de bajo flujo* (cánulas o gafas nasales y mascararas simples y con reservorio).
- *Sistemas de alto flujo* (tipo Venturi).

La diferencia estriba en la posibilidad de garantizar una fracción de oxígeno inspirada constante en cada una de las respiraciones del paciente.

1. *Sistemas de bajo flujo*

Características:

- No proporcionan el requerimiento inspiratorio total del paciente.
- La FiO₂ que se alcanza en las vías aéreas es variable y depende del patrón ventilatorio del paciente y del flujo de oxígeno.

A. Gafas nasales

Dispositivo confortable para el paciente que le permite comer, beber y hablar sin necesidad de ser retirado. No nos permite conocer con exactitud la concentración de oxígeno en el aire inspirado, ya que depende de la demanda inspiratoria máxima del paciente (cada L/m aumenta un 2-4% la FiO₂). Se debe limitar el flujo a través del sistema a menos de 5 L/min., ya que flujos mayores secan la mucosa nasal, provocan irritaciones y no consiguen aumentar la FiO₂.



B. Mascarilla facial simple

Este dispositivo carece de válvulas y de reservorio, sólo dispone de unos agujeros laterales para permitir la salida del aire espirado al ambiente. Permiten liberar concentraciones de O₂ de hasta el 40% con flujos bajos (5-6 l/m). Interfieren para expectorar y comer. Con este sistema resulta difícil el aporte de bajas concentraciones de oxígeno inspirado, y, por tanto, la prevención de la retención de carbónico.



C. Mascarilla con reservorio

La colocación de una bolsa reservorio en el circuito de entrada de la mezcla gaseosa, permite el aporte de FiO_2 mayores del 60%. La bolsa reservorio se debe mantener inflada para impedir su colapso (generalmente con flujos de 8 a 15 L/m). Presenta tres válvulas que impiden la recirculación del gas espirado: una ubicada entre el reservorio y la mascarilla, que permite que pase O_2 desde el reservorio durante la inspiración, pero impide que el gas espirado se mezcle con el O_2 del reservorio en la espiración; las otras dos, localizadas a cada lado de la mascarilla, permiten la salida del gas exhalado al ambiente durante la espiración, a la vez que impiden que entre aire ambiental en la inspiración que podría reducir la FiO_2 .

Estas mascarillas se emplean en la insuficiencia respiratoria hipoxémica porque permiten el aporte de altas concentraciones de O_2 , pero son claramente inapropiadas en pacientes hipercápnicos que se agravan con la administración excesiva de O_2 .



2. Sistemas de alto flujo

Características:

- Proporcionan el requerimiento inspiratorio total del paciente.
- La FiO_2 es independiente del patrón ventilatorio del paciente y se mantiene constante.

A. Mascarilla tipo Venturi

Sistema que permite la administración de una concentración exacta de oxígeno, proporcionando niveles de FiO_2 entre 24-60%, con independencia del patrón ventilatorio del paciente. Estas máscaras contienen válvulas de Venturi que utilizan el principio de Venturi: cuando el oxígeno pasa por un orificio estrecho se produce una corriente de alta velocidad que arrastra una proporción prefijada de aire ambiente. La entrada de aire depende de la velocidad del chorro del aire (flujo) y el tamaño de apertura de la válvula. La respiración de aire espirado no constituye un problema porque las altas tasas de flujo permiten la renovación del aire en la máscara.



EN TODOS LOS CASOS EN QUE SE SUMINISTRA OXIGENOTERAPIA SE DEBE CONTROLAR, PERIÓDICAMENTE, AL PACIENTE Y AL EQUIPO, Y MANTENER LA HIGIENE DE LOS DISPOSITIVOS EMPLEADOS

3. Otros sistemas

A. Oxigenación hiperbárica

El oxígeno hiperbárico es oxígeno al 100% a dos o tres veces la presión atmosférica a nivel del mar, indicado en la intoxicación por monóxido de carbono, siendo el método más rápido para revertir los efectos de dicha intoxicación.



B. Presión continua positiva en la vía aérea. CPAP y BIPAP

En situaciones de hipoxemia, es utilizado para pacientes conscientes y colaboradores y hemodinámicamente estables. La CPAP se aplica a través de una mascarilla ajustada herméticamente y equipada con válvulas limitadoras de la presión.



PELIGROS DEL OXÍGENO

La oxigenoterapia es, por lo general, bien tolerada, pero hay ciertos peligros asociados con la misma:

- **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 el alvéolo pulmonar.
- **Retención de CO₂.** Esto puede suceder en pacientes que tienen un mecanismo defectuoso de la respuesta del ritmo respiratorio a los niveles de CO₂ en términos de ventilación. Tratar a estos pacientes con oxígeno puede deprimir su respuesta a la hipoxia; esto a su vez puede empeorar la hipercapnia y llevar a una acidosis respiratoria con narcosis por retención de CO₂. Esta situación no ocurre cuando se usa oxigenoterapia con flujo limitado. En este caso, se mantiene el oxígeno a bajos niveles de manera que la presión parcial de oxígeno esté entre 60-65 mm de mercurio.
- **Accidentes.** Pueden ocurrir accidentes cuando se maneja o se guarda el oxígeno. Afortunadamente, esto sucede rara vez y puede prevenirse con un poco de sentido común. Los pacientes, sus familiares u otras personas que cuiden del paciente deben ser advertidas que no pueden fumar, porque este es el mayor peligro para provocar fuego o una explosión.
- **Sequedad de mucosas e irritación.** Se evita mediante la humidificación adecuada del oxígeno antes de su llegada a las vías respiratorias.

MONITORIZACIÓN DE LA OXIGENOTERAPIA

La pulsioximetría es la medición no invasiva del oxígeno transportado por la hemoglobina en el interior de los vasos sanguíneos. Se realiza con un aparato llamado **pulsioxímetro** o **saturómetro**. El pulsioxímetro mide la saturación de oxígeno en los tejidos, tiene un transductor con dos piezas, un emisor de luz y un fotodetector, generalmente en forma de pinza y que se suele colocar en el dedo, después se espera recibir la información en la pantalla: la saturación de oxígeno, frecuencia cardíaca y curva de pulso (en caso de monitorización: pletismografía).

El pulsioxímetro emite un foco de luz y capta la que pasa a través del lecho ungueal o el lóbulo de la oreja, de manera que, según sean las longitudes de onda absorbidas, es posible conocer el porcentaje de oxígeno que contiene la hemoglobina.



Este tipo de aparatos no reemplazan a los análisis de la gasometría arterial, pero constituyen una alternativa muy extendida, pues además de no ser invasivos, los pulsioxímetros son menos costosos y más convenientes que los análisis de gasometría arterial, y bastante más exactos que la valoración visual. Los aparatos disponibles en la actualidad son muy fiables para valores entre el 80 y el 100%, pero su fiabilidad disminuye por debajo de estas cifras.

Relación entre la Saturación de O ₂ y PaO ₂	
Saturación de O ₂	PaO ₂ (mmHg)
98,4 %	100
95 %	80
90 %	59
80 %	48
73 %	40
60 %	30
50 %	26
40 %	23
35 %	21
30 %	18

Las situaciones que pueden dar lugar a lecturas erróneas son:

1. Anemia severa: la hemoglobina debe ser inferior a 5 mg/dl para causar lecturas falsas.
2. Interferencias con otros aparatos eléctricos.
3. El movimiento: los movimientos del transductor, que se suele colocar en un dedo de la mano, afecta a la fiabilidad (por ejemplo, el temblor o vibración de las ambulancias), se soluciona colocándolo en el lóbulo de la oreja o en el dedo del pie o fijándolo con esparadrapo.
4. Contrastes intravenosos, pueden interferir si absorben luz de una longitud de onda similar a la de la hemoglobina.
5. Luz ambiental intensa: xenón, infrarrojos, fluorescentes... Se puede colocar un objeto opaco (una sábana) entre la fuente de luz y el aparato.
6. Mala perfusión periférica por frío ambiental, disminución de temperatura corporal, hipotensión, vasoconstricción... Es la causa más frecuente de error ya; el pulsioxímetro requiere un flujo pulsátil para su lectura, por tanto, si el pulso es muy débil, puede que no se detecte. Puede ser mejorada con calor, masajes, terapia local vasodilatadora, quitando la ropa ajustada, no colocar el manguito de la tensión en el mismo lado que el transductor.
7. Ictericia. Aunque se ha considerado uno de los factores de confusión, valores de hasta 20mg/ml de bilirrubina en sangre no interfieren con la lectura.
8. El pulso venoso: fallo cardíaco derecho o insuficiencia tricuspídea. El aumento del pulso venoso puede artefactar la lectura, se debe colocar el dispositivo por encima del corazón.
9. Fístula arteriovenosa: no hay diferencia salvo que la fístula produzca isquemia distal.
10. La hemoglobina fetal no interfiere.
11. Obstáculos a la absorción de la luz: laca de uñas (retirar con acetona), pigmentación de la piel (utilizar el 5º dedo o el lóbulo de la oreja).
12. Dishemoglobinemias: la carboxihemoglobina (intoxicación por monóxido de carbono) y la metahemoglobina absorben longitudes de onda similares a la oxihemoglobina. Para estas situaciones son necesarios otros dispositivos como CO-oxímetros+