

“Año de la Universalización de la Salud”



**“OXIGENOTERAPIA Y MANEJO DE
SATURACIÓN DE OXÍGENO”**



EVERLYN JULISSA COSI TITO.

DICIEMBRE 2020.

I.S.T.P “SANTIAGO RAMON Y CAJAL” IDEMA

AREQUIPA

PROCEDIMIENTOS INVASIVOS

Y NO INVASIVOS

Dedicatoria

A el Instituto Superior Tecnológico "Santiago Ramón y Cajal - IDEMA" por ser la institución que permite mi información, como persona y profesional.

A mis padres por el amor, cariño y el apoyo incondicional para seguir realizando uno de mis sueños, ser profesional.

Agradecimiento

A Dios en primer lugar por sobre todas las cosas, por regalarme el don maravilloso de la vida, lo cual hace que vaya haciendo realidad mis sueños.

Al profesor Raúl Herrera Flores, por el apoyo incesante en esta investigación y por ser una persona mucho más que maestro.

Resumen

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. Sin embargo, sigue sin haber consenso en puntos fundamentales y son pocos los aspectos en los que la actuación entre los diferentes centros esté estandarizada.

El Grupo de Trabajo de Técnicas de la Sociedad Española de Neumología Pediátrica acordó elaborar unas recomendaciones avaladas por esta Sociedad sobre el empleo de este tratamiento, e incorporó las diferentes formas de actuación recogidas en revisiones recientes para intentar establecer sus indicaciones, disminuir los efectos colaterales y procurar una correcta adecuación del gasto económico. Se han incluido aspectos generales del tratamiento con oxígeno, como los mecanismos fisiológicos, las indicaciones para su empleo, tanto en situaciones agudas como crónicas, y los medios disponibles para su correcta administración. Se aborda asimismo el tratamiento del paciente con oxigenoterapia en domicilio y las situaciones especiales que pueden producirse.

Prefacio

Se define como oxigenoterapia al uso del oxígeno con fines terapéuticos. El oxígeno para uso medicinal debe prescribirse fundamentado en una razón válida y administrarse en forma correcta y segura. La hipoxemia (hipoxia-hipóxica) se define como la disminución de la presión arterial de oxígeno ($\text{PaO}_2 < 60 \text{ mmHg}$) y de la saturación de la Hemoglobina en sangre arterial ($< 93\%$). La hipoxia se define como la disminución de la disponibilidad de oxígeno en los tejidos. Puede existir hipoxia sin que necesariamente exista hipoxemia. Si bien el suministro de oxígeno suplementario tiene como objetivo prevenir hipoxemia (hipoxia hipóxica : $\text{paO}_2 < 60 \text{ mmHg}$), así como tratar y prevenir los síntomas (incremento del trabajo cardiorespiratorio, irritabilidad y depresión del SNC, cianosis) y las complicaciones de la misma (hipoxia, acidosis metabólica, etc.), es necesario que la oxigenoterapia se complemente con estrategias adicionales, ya que una baja disponibilidad de oxígeno (DO_2) a los tejidos (hipoxia) puede tener distintas etiologías, ya que esta no depende únicamente del suministro suplementario de oxígeno, depende también de la ventilación, de la concentración y saturación de la hemoglobina y del gasto cardiaco. Asumir que el suministro de oxígeno suplementario es suficiente para corregir la hipoxemia sin considerar causas adicionales de hipoxia, frecuentemente implica riesgos para la vida del paciente. Además del oxígeno suplementario, otras intervenciones deben ser consideradas para tratar integralmente cualquiera de los cuatro tipos conocidos de hipoxia: 1) hipoxia hipóxica (baja paO_2 y baja Sat Hb%), 2) hipoxia anémica (baja concentración de hemoglobina). 3) hipoxia por estancamiento (bajo gasto cardiaco), 4) hipoxia disociativa (disminución de la capacidad de saturación de Hb, aumento de la afinidad de la Hb por el oxígeno).

ÍNDICE

Introducción	8
Fundamentos fisiológicos de la oxigenoterapia	9
Fisiopatología de la hipoxemia	9
Efectos de la oxigenoterapia	11
Indicaciones	12
Situaciones de hipoxia aguda.....	12
Situaciones de hipoxia crónica	13
o ₂ : oxígeno	14
Hipertensión pulmonar	15
Fuentes de oxígeno y modos de suministro	17
O ₂ : líquido.....	19
Dispositivos para administración de oxígeno.....	22
Oxigenoterapia domiciliaria criterios para el alta	30
Seguimiento del paciente con oxigenoterapia domiciliaria.....	31
Sistemas de monitorización.....	32
Controles.....	34
Retirada - destete.....	36
Efectos secundarios y riesgos	37
Situaciones especiales	39
Saturación de oxígeno	40
Saturación de oxígeno en sangre.....	50
Saturación de oxígeno y presión parcial de oxígeno	51
Conclusiones.....	52
Bibliografía	53

INTRODUCCIÓN

La oxigenoterapia se define como el aporte artificial de oxígeno (O_2) en el aire inspirado; su objetivo principal es la oxigenación tisular, que se consigue cuando la presión parcial de O_2 (pO_2) en la sangre arterial supera los 60mmHg, lo que se corresponde, aproximadamente, con una saturación de hemoglobina del 90%. Hoy por hoy, la oxigenoterapia es la herramienta terapéutica fundamental en el tratamiento de los pacientes con insuficiencia respiratoria, tanto aguda como crónica.

El empleo de la administración de O_2 en el fallo respiratorio agudo se inició ya en las primeras décadas del siglo xx. En cuanto a su empleo en situaciones de insuficiencia respiratoria crónica, se ha puesto de manifiesto una reducción significativa en la mortalidad secundaria a algunos procesos, como la enfermedad pulmonar obstructiva crónica del adulto. En el paciente pediátrico el empleo de la oxigenoterapia domiciliaria en situaciones crónicas, fundamentalmente la enfermedad pulmonar crónica de la prematuridad (EPCP), antes denominada displasia broncopulmonar (DBP), se ha extendido de forma importante. Sin embargo, sigue sin haber consenso en puntos fundamentales, y son pocos los aspectos en los que la actuación entre los diferentes centros, incluso en un mismo país, están estandarizados.

Se han incluido aspectos generales del tratamiento con O_2 , como los mecanismos fisiológicos, las indicaciones para su empleo, tanto en situaciones agudas como crónicas, y los medios disponibles para su correcta administración. Asimismo, se aborda el tratamiento del paciente subsidiario de recibir oxigenoterapia en el domicilio y se describen los posibles efectos secundarios que pueden derivar de este tratamiento y las situaciones especiales que pueden producirse.

FUNDAMENTOS FISIOLÓGICOS DE LA OXIGENOTERAPIA

Los objetivos de la oxigenoterapia son tratar o prevenir la hipoxemia, tratar la hipertensión pulmonar (HTP) y reducir el trabajo respiratorio y miocárdico. La oxigenoterapia está indicada cuando hay una situación de hipoxemia aguda o crónica con pO_2 inferior a 55–60mmHg, cifra que se corresponde con una saturación de hemoglobina del 90%. Por debajo de estas cifras, la afinidad de la hemoglobina por el O_2 disminuye rápidamente y el contenido total de O_2 y el aporte de éste a los tejidos se ve afectado.

El empleo adecuado de la administración terapéutica de O_2 se basa en el conocimiento de 2 aspectos fundamentales: los mecanismos fisiopatológicos de la hipoxemia y el impacto de la administración de O_2 con sus efectos clínicos beneficiosos.

FISIOPATOLOGÍA DE LA HIPOXEMIA

La hipoxemia consiste en la disminución de la pO_2 por debajo de 60mmHg, lo que se corresponde con saturaciones de O_2 ($SatO_2$) del 90%. La detección de hipoxemia se consigue con la medición de la pO_2 y de la $SatO_2$ de la hemoglobina mediante el pulsioxímetro. La hipoxia consiste en el déficit de O_2 en los tejidos.

Se puede producir hipoxemia por 4 mecanismos distintos. En primer lugar, cuando hay una disminución en la presión de O_2 del aire inspirado por una caída en la presión atmosférica (grandes alturas) o por una disminución de la concentración de O_2 del aire, situación que se da por envenenamiento por gases tóxicos, por ejemplo. En segundo lugar, se puede producir hipoxemia por hipoventilación alveolar, que puede ser secundaria a un defecto o a una mal función de los centros respiratorios (intoxicaciones, hipoventilación primaria, traumatismos craneales o accidentes cerebrovasculares) o en las enfermedades que alteran la mecánica ventilatoria. En tercer lugar, otra causa de hipoxemia son los procesos en los que se produce un defecto de difusión en la membrana alveolocapilar. En estos casos la hipoxemia ocurre por engrosamiento de la membrana alveolocapilar (enfermedades intersticiales), pérdida de superficie

(enfisema) o llenado alveolar (neumonía). Por último, la causa más habitual de hipoxemia serían las situaciones en las que se altera la integración entre el espacio alveolar y el lecho vascular, es decir, las alteraciones de la ventilación/perfusión (V/Q). Cuando hay ocupación del espacio alveolar u obstrucción de la vía aérea, se tiene una disminución de la ventilación con un índice V/Q bajo, mientras que cuando hay descenso de la perfusión en áreas bien ventiladas, el índice V/Q será elevado.

Cuando se produce una situación de hipoxemia, se desarrolla una serie de mecanismos de compensación dirigidos a preservar el aporte de O₂ a los tejidos. Algunos de estos mecanismos serán beneficiosos en cuanto a que mejorarán los aportes de O₂, pero otros serán contraproducentes. Desde el punto de vista ventilatorio, la hipoxemia se acompaña de un incremento de la ventilación alveolar que consigue elevar la pO₂, pero al mismo tiempo aumenta el trabajo respiratorio, lo que puede conducir al agotamiento de la musculatura respiratoria y al fracaso respiratorio secundario. Desde el punto de vista cardiovascular, la hipoxemia lleva a un incremento de la frecuencia cardíaca y del gasto cardíaco, lo que favorecerá el transporte de O₂, pero a su vez aumentará el esfuerzo del miocardio y las necesidades de aporte de O₂. Desde el punto de vista sistémico, la hipoxemia crónica determina vasodilatación e hipotensión. En cuanto a los cambios hematológicos, la hipoxemia a largo plazo producirá un aumento en la síntesis de eritropoyetina y, secundariamente, poliglobulia, un fenómeno que va a potenciar el desarrollo de HTP.

Estos fenómenos se deben a la disminución de la afinidad del O₂ por la hemoglobina cuando la pO₂ disuelta cae por debajo de 55mmHg. Este comportamiento tiene como finalidad facilitar la difusión del O₂ desde la sangre hasta los tejidos, pero al mismo tiempo determina una pérdida en el contenido total de O₂.

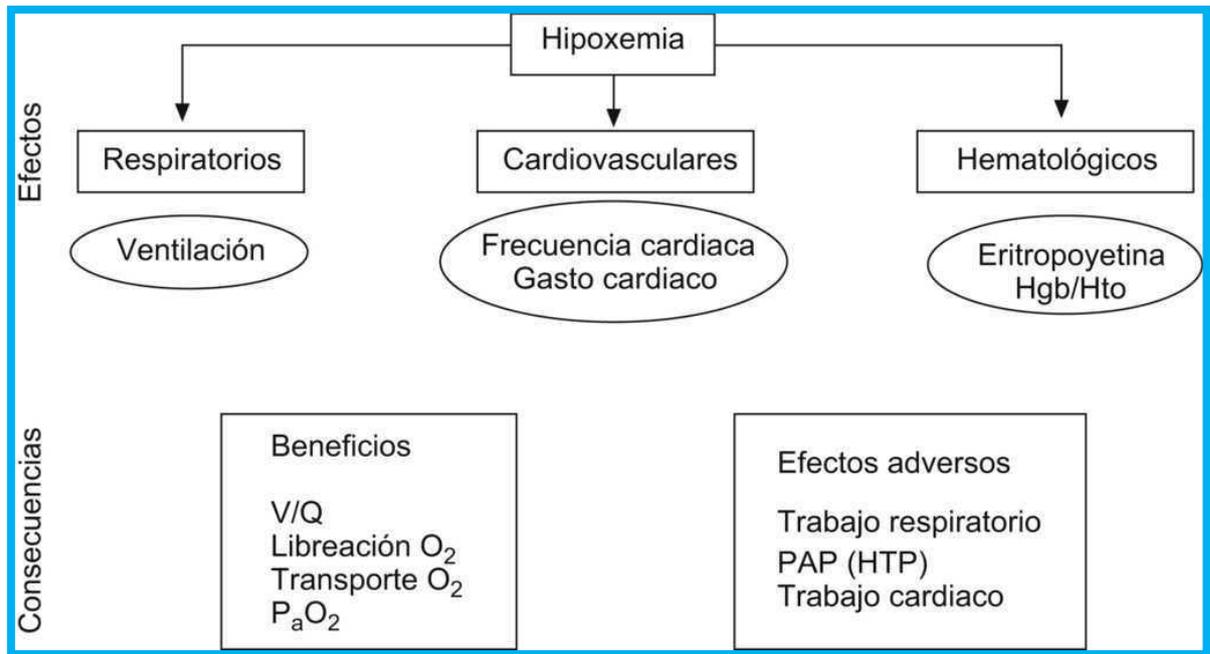


Figura 1. Mecanismos de compensación de la hipoxemia. Consecuencias beneficiosas y adversas. Hgb: hemoglobina; Hto: hematocrito; HTP: hipertensión pulmonar; PAP: presión arterial pulmonar; V/Q: ventilación/perfusión.

EFFECTOS DE LA OXIGENOTERAPIA

Cuando aumenta la pO_2 al incrementar la concentración de O_2 del aire ambiente, los mecanismos de compensación natural dejan de ser necesarios. Cuando se incrementa la pO_2 , revierten la hiperventilación, la taquicardia y la vasodilatación hipóxica. Además, al normalizarse el aporte tisular de O_2 , se corrigen las alteraciones neurológicas, miocárdicas y renales.

Sin embargo, la administración de O_2 puede tener un impacto en los determinantes fisiológicos de la presión arterial de O_2 . Así, para un determinado flujo de O_2 adicional suministrado, la FiO_2 (*fractional inspired oxygen* 'fracción inspiratoria de O_2 ') real que se consigue depende del grado de ventilación alveolar. Además, el incremento de la presión de O_2 en el alvéolo favorece la difusión de éste hacia el capilar. Por otra parte, cuando desaparece la vasoconstricción hipóxica, pueden empeorar las alteraciones de la relación V/Q. También un aumento excesivo de la pO_2 tendrá un efecto perjudicial sobre la ventilación alveolar por depresión de los centros que la controlan.

INDICACIONES

I. SITUACIONES DE HIPOXIA AGUDA

La oxigenoterapia en situaciones agudas merece algunos comentarios por sus características especiales. En primer lugar, puede estar indicada en situaciones en las que, a pesar de que la pO_2 sea superior a 60mmHg, ocurra un deterioro del aporte tisular, como cuando se produce un bajo gasto secundario a *shock* cardiogénico o en la anemia aguda. Otro aspecto diferencial hace referencia a las FiO_2 necesarias y a los sistemas de dispensación. Los sujetos con insuficiencia respiratoria aguda suelen presentar taquipnea intensa con elevados grados de ventilación, lo que hace que requieran concentraciones de O_2 muy elevadas con dispositivos de alto flujo o mascarillas de *rebreathing* parcial, que incorporan bolsas reservorios que permiten suministrar concentraciones de O_2 de hasta el 70% .

Se pueden distinguir 2 grupos de indicaciones agudas, según haya o no hipoxemia:

- ❖ **Hipoxemia arterial.** Es la indicación más frecuente. Responde a varios mecanismos fisiopatológicos:
 - Desequilibrio V/Q: la respuesta a la oxigenoterapia depende de la relación V/Q en las diferentes áreas del pulmón y, por tanto, es impredecible. Las neumonías, las bronquiolitis, el asma o las atelectasias son algunos ejemplos.
 - Hipoventilación alveolar (central o periférica): la oxigenoterapia corrige rápidamente la hipoxemia, si bien el objetivo fundamental en estas enfermedades ha de ser la restauración de la ventilación. En este grupo se incluyen las enfermedades neuromusculares o las depresiones respiratorias por fármacos.
 - *Shunt* derecha-izquierda (intrapulmonar o extrapulmonar): es el caso de las cardiopatías congénitas cianosantes, fístulas arteriovenosas, tromboembolias, etc. Cuando el *shunt* supera el 20%, la hipoxemia persiste pese a la oxigenoterapia.
 - Disminución de la FiO_2 en el aire ambiente: grandes alturas.

❖ **Hipoxia tisular sin hipoxemia.** En este grupo puede estar indicada la oxigenoterapia pese a haber una pO_2 superior a 60mmHg porque hay un deterioro del aporte tisular. Resulta imprescindible la corrección de la causa subyacente a fin de mejorar la oxigenación tisular:

- Situaciones de bajo gasto cardíaco: anemia, insuficiencia cardíaca y *shock* hipovolémico.
- Intoxicación por CO (*carbonyl monoxide* 'monóxido de carbono'): a pesar de una pO_2 normal, la administración de O_2 es beneficiosa debido a su competencia con el CO en su unión a la hemoglobina, que logra reducir la vida media de la carboxihemoglobina (de 320 a 80min).

La oxigenoterapia en situaciones agudas debe finalizar cuando se alcanza una pO_2 de 60mmHg equivalente a una $SatO_2$ del 90%. En pacientes sin hipoxemia, pero con riesgo de hipoxia tisular, el tratamiento debe finalizar cuando el equilibrio ácido básico y la situación clínica del paciente indiquen la desaparición de este riesgo.

II. SITUACIONES DE HIPOXIA CRÓNICA

En Pediatría, el empleo de la oxigenoterapia domiciliaria tuvo sus inicios en los lactantes con enfermedad pulmonar crónica neonatal (EPCN), que representan el grupo más importante de pacientes pediátricos con este tratamiento; Pinney en 1976 publica el alta precoz de estos pacientes gracias a la oxigenoterapia domiciliaria. Posteriormente, esta técnica se aplica también para otros pacientes pediátricos con hipoxemia crónica.

Las recomendaciones para la oxigenoterapia domiciliaria en recién nacidos y niños pequeños son distintas de las de adultos, por esto han ido apareciendo diferentes consensos por parte de las sociedades de Neumología que hacen hincapié en esta diferenciación. La enfermedad respiratoria del niño pequeño que precisa oxigenoterapia domiciliaria es muy distinta a la del adulto o a la del niño ya en edad escolar con una enfermedad progresiva; el tratamiento con O_2 suele ser limitado en el tiempo, pues el niño suele mejorar y dejar de

precisarlo. En la tabla 1 se reflejan algunas de las diferencias principales con el adulto.

Tabla 1. Diferencias principales con la oxigenoterapia crónica en el adulto

✓ La mayoría de las situaciones clínicas en el niño son exclusivas de la edad pediátrica y no se ven en adultos, aunque algunas veces hay un solapamiento entre los niños mayores y los adultos jóvenes.
✓ El pronóstico en la infancia suele ser bueno; muchos niños sólo necesitan O ₂ durante un período limitado de tiempo.
✓ El crecimiento y el desarrollo neurológico son consideraciones importantes.
✓ La valoración es diferente, particularmente por la dificultad en la obtención de muestras de sangre arterial.
✓ Se requieren equipamientos específicos que permitan flujos bajos de O ₂ .
✓ Casi todos los niños con oxigenoterapia crónica también requieren O ₂ ambulatorio (en los traslados).
✓ Muchos niños sólo necesitan aportes de O ₂ por la noche, generalmente menos de 15 h, criterio que forma parte de la definición de oxigenoterapia crónica en el adulto.
✓ Todos los niños requieren supervisión por un adulto o un cuidador.

III. O₂: OXÍGENO

El objetivo fundamental de la oxigenoterapia domiciliaria es tratar la hipoxemia crónica o intermitente derivada de la enfermedad de base que presente el niño. Aunque no hay criterios aceptados universalmente sobre cuándo iniciar la oxigenoterapia a largo plazo en niños, se recomienda en alguna de las siguientes situaciones:

a) Hipoxemia, 3 desviaciones estándares por debajo de lo esperable con el niño en situación estable respirando aire ambiente.

b) Períodos de desaturación durante el sueño con SatO₂ inferior al 90% durante más del 20% del tiempo de registro.

c) Presencia de HTP, hipertrofia ventricular derecha o policitemia secundaria a hipoxemia crónica, aunque es raro encontrar estos signos en niños.

Las enfermedades pediátricas susceptibles de tratamiento con oxigenoterapia crónica se reflejan en la tabla 2. Se dividen fundamentalmente en enfermedades pulmonares y enfermedades cardíacas.

Tabla 2. Indicaciones de oxigenoterapia crónica

Enfermedades pulmonares
Afectación parenquimatosa intrínseca
Enfermedad pulmonar crónica neonatal Hipoplasia pulmonar Hernia diafragmática congénita Enfermedades pulmonares intersticiales Fibrosis pulmonar idiopática Fibrosis quística avanzada Bronquiolitis obliterante Bronquiectasias
Enfermedad pulmonar restrictiva
Enfermedades neuromusculares Enfermedades de la pared torácica
Obstrucción de la vía aérea superior
Hipertensión pulmonar primaria o secundaria a enfermedad pulmonar
Enfermedades cardíacas con HTP
Cuidados paliativos

IV. HTP: HIPERTENSIÓN PULMONAR

Dentro de las enfermedades pulmonares se puede hablar de:

- **Afectación parenquimatosa intrínseca:** entre las que se encontraría la EPCN, la fibrosis quística y otras que se reflejan en la tabla 2. En la enfermedad pulmonar intersticial, el tratamiento de sostén consiste en la oxigenoterapia, administrar O₂ suplementario para aliviar la hipoxemia y prevenir la HTP y el cor pulmonale. En esta enfermedad, el ajuste de la dosis de O₂ debe mantenerse por encima del 90% y titularse alto para reducir la disnea.
- **Enfermedad pulmonar restrictiva:** es el caso de algunas enfermedades neuromusculares y enfermedades de la pared torácica (distrofias torácicas, cifo escoliosis grave, etc.). Es muy importante destacar que la

hipoxia transitoria o persistente en los pacientes con enfermedad restrictiva suele deberse a la formación de atelectasias secundarias a los escasos volúmenes corrientes que movilizan. Estos pacientes requieren, por tanto, ventilación no invasiva y, a medida que avanza la enfermedad, pueden requerir también O₂ añadido al circuito del ventilador, pero la oxigenoterapia sin ventiloterapia puede empeorar su insuficiencia respiratoria.

- **Obstrucción de la vía aérea superior no susceptible de otras formas de tratamiento:** síndrome de apnea e hipopnea del sueño secundario a malformaciones craneofaciales, a trisomía 21 o a obesidad mórbida. Estas enfermedades se benefician más de la ventilación no invasiva, pero si el paciente no la tolera, al menos se puede evitar la hipoxemia, aunque es necesario controlar si hay hipercapnia o si ésta aumenta con la administración de O₂.

HTP primaria o secundaria a enfermedad pulmonar (tromboembolia pulmonar, conectivopatías, etc.). La oxigenoterapia, al evitar los daños endoteliales y de la musculatura vascular producidos por la hipoxia mantenida, puede enlentecer el progreso de la enfermedad. Las enfermedades cardíacas susceptibles de este tratamiento comprenden ciertas cardiopatías congénitas asociadas a HTP capaz de revertir con oxigenoterapia. En las cardiopatías congénitas cianosantes sin HTP, la oxigenoterapia domiciliaria es poco útil porque no resuelve la baja SatO₂ debida al *shunt* intracardíaco. Si el niño está pendiente de cirugía correctora o trasplante cardíaco y presenta HTP que aún revierte con O₂, puede beneficiarse de su administración.

Otra situación en la que se emplea la oxigenoterapia prolongada es el tratamiento paliativo, una indicación en la que hay menos experiencia en niños, pero es muy útil para el tratamiento de la disnea en adultos ya que alivia sus síntomas.

La indicación más frecuente de oxigenoterapia crónica domiciliaria es la EPCN, que se define como la necesidad de oxigenoterapia en un prematuro más allá de las 36 semanas de edad posmenstrual. Su incidencia es inversamente proporcional a la edad gestacional. Un 12% de los menores de 33 semanas de

edad gestacional va a presentar EPCN; de ellos, menos de la mitad precisarán oxigenoterapia domiciliaria hasta alrededor del año de edad. Se ha demostrado una serie de efectos beneficiosos de la oxigenoterapia domiciliaria en estos niños: frecuencia disminuida de desaturaciones de O₂ intermitentes, menor riesgo de muerte súbita, disminución de la HTP, reversión de la enfermedad obstructiva pulmonar, prevención del cor pulmonale, efecto positivo sobre el crecimiento y el desarrollo neuropsicológico.

En un estudio multicéntrico, doble ciego, aleatorizado, realizado en 358 lactantes menores de 30 semanas de edad gestacional que precisaban oxigenoterapia, se demostró que mantener unas SatO₂ de entre el 95 y el 98% no representaba ventaja frente a mantener SatO₂ de entre el 91 y el 94% en términos de crecimiento y desarrollo neurológico comparados al año de edad, y sí representaba un aumento del riesgo de secuelas pulmonares y de necesidad de mantener la oxigenoterapia durante más días. Este estudio alerta sobre los riesgos de tener cifras de SatO₂ por encima de la normalidad en estos prematuros. Los valores de SatO₂ de entre el 89 y el 95% (92±3%) son correctos para conseguir un adecuado desarrollo y un crecimiento del niño. El objetivo, por tanto, en situaciones crónicas sería conseguir una SatO₂ mantenida superior al 92%. Las necesidades de O₂ suplementario pueden variar en función del sueño, el ejercicio, la exacerbación respiratoria, el viaje en avión o el desplazamiento a zonas de elevada altitud, donde la FiO₂ puede descender hasta el 15%. La oxigenoterapia puede ser necesaria de forma continua, durante las 24h o en períodos intermitentes (sueño, tras las comidas, etc.).

V. FUENTES DE OXÍGENO Y MODOS DE SUMINISTRO

Una vez pautada la oxigenoterapia sobre la base de las indicaciones de ésta, hay que definir a partir de qué fuente de O₂ y a través de qué equipo se administra a cada paciente. La elección dependerá del flujo que precise el paciente, de si es en el ámbito hospitalario o domiciliario, del grado de cumplimiento y de la actividad física, de la zona geográfica donde resida y de la forma de reembolso que disponga.

Fuentes de oxígeno

Central de O₂

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 O₂ hasta las diferentes dependencias hospitalarias (toma de O₂ central).

Formas diferentes de almacenaje y administración de O₂ utilizadas fundamentalmente a domicilio, pero también en ámbitos sanitarios:

Bombonas de O₂ gaseoso

Son grandes botellas o cilindros de acero que contienen O₂ comprimido en forma gaseosa a una presión de 2×10^4 kPa. A pesar de sus incomodidades, relacionadas con la necesidad de recambios frecuentes cada 2 a 4 días en función del flujo, sigue siendo uno de los métodos más utilizados. Las bombonas son muy voluminosas e impiden la autonomía del paciente por su elevado peso. Hay bombonas de transporte de 400 y de 1.000 l con una duración entre 2 y 8 h, respectivamente. Su uso debería restringirse a fuente de rescate de seguridad para las situaciones en que pueda quedarse sin suministro eléctrico o en aquellos casos en los que el paciente no disponga de instalación eléctrica para el uso de un concentrador de O₂.

Concentrador de O₂

Se compone de un compresor eléctrico que hace pasar el aire ambiente a través de un filtro, que por absorción y por las diferencias de pesos moleculares entre el nitrógeno y el O₂ retiene el nitrógeno y proporciona una concentración de O₂ superior al 90% (administrado a un flujo de 2 l/min). La ventaja más importante es que permite la movilidad del paciente (conexión de 15 a 20 m) y que no precisa recambios. Es, en la actualidad, la fuente de O₂ más utilizada. Hay modelos portátiles y ha disminuido considerablemente el ruido de los primeros concentradores. Son baratos, aunque muy ruidosos y permiten una movilidad limitada. No

es el método más adecuado para asegurar un aporte determinado de FiO_2 (controles periódicos de su adecuado funcionamiento) y es poco utilizado en niños, aunque es el que se usa con más frecuencia en adultos con oxigenoterapia domiciliaria. No es posible su empleo cuando se requiere un flujo de O_2 superior a 3l/min.



Figura 2. Concentrador de oxígeno (O_2) y mochila de O_2 líquido.

VI. O_2 LÍQUIDO

Se basa en que el O_2 líquido a temperaturas muy bajas ocupa menor volumen, de modo que un litro de O_2 líquido libera 850l de O_2 gaseoso a presión y a temperatura ambiente. Se han desarrollado pequeños tanques para la distribución domiciliaria de unos 40kg de peso y de unos 20 a 40l de O_2 líquido. Tienen que recargarse semanalmente.

El paciente tiene el tanque nodriza y un dispositivo portátil que va recargando 1,3l de O_2 y que pesa unos 3,5kg y le ofrece una autonomía de 7 a 8h a un flujo de 2l/min. Hay unas mochilas más pequeñas y de menor peso (2kg) más adecuadas para los niños. Los tanques y las mochilas se vacían espontáneamente a medida que pasa el tiempo por pérdidas espontáneas (el tanque en 50 días y las mochilas en unas 60h). Deben almacenarse en zonas ventiladas. Deben revisarse periódicamente tanques y mochilas y, probablemente, es el método de elección en niños si son cumplidores y permanecen mucho tiempo fuera

del domicilio. Las características principales y diferenciales de las fuentes se muestran en la tabla 3.

Tabla 3. Características principales de las fuentes de oxígeno

	Bombona de gas comprimido	Bombona de gas portátil	Concentrador	O ₂ líquido
Indicaciones	Paciente sin movilidad	Complemento de fuente fija para asegurar movilidad	Paciente con poca movilidad y bajos flujos	Pacientes con buena movilidad
Ventajas	Ausencia de ruido	Movilidad fuera del domicilio	No necesita red de distribución.	Movilidad fuera del domicilio
Autonomía aceptable				
Recargable desde nodriza				
Inconvenientes	Red de distribución	Peso	Pérdida de eficacia con altos flujos	Red de distribución
Fuente estática	Red de distribución	Ruido		
Autonomía escasa	Sin movilidad fuera del domicilio			
No recargable	Red eléctrica			
Coste	Medio	Medio	Bajo	Alto

O₂: oxígeno.

Otros materiales necesarios:

- ***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 O₂ dentro del cilindro, lo que 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 O₂ 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 l/min (flujo) que sale de la fuente de suministro de O₂. 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.

- ***Humidificador***

El O₂ se guarda comprimido y para esto hay que licuarlo, enfriarlo y secarlo. Antes de administrar el O₂, hay que humidificarlo para que no reseque las vías aéreas. Esto se consigue con un humidificador, que es un recipiente al que se le introduce agua destilada estéril hasta aproximadamente dos tercios de su capacidad. Algunos autores consideran que flujos menores de 3 lpm no precisan humidificación, y evita así el paso de bacterias desde el agua al flujo de O₂. El humidificador-calentador está indicado a partir de un flujo de 4lpm.

VII. DISPOSITIVOS PARA ADMINISTRACIÓN DE OXÍGENO

Son las interfases que llevarán el O₂ al paciente, y éstas deberán escogerse de forma individualizada en función de las necesidades de cada paciente, tanto clínicas, de edad como de grado de tolerabilidad y cumplimiento.

Sistemas de alto flujo

Los sistemas de alto flujo aportan mezclas preestablecidas de gas con FiO₂ altas o bajas a velocidades de flujo que exceden las demandas del paciente, es decir, el flujo total de gas que suministra el equipo es suficiente para proporcionar la totalidad del gas inspirado. Los dispositivos de alto flujo utilizan el sistema Venturi con base en el principio de Bernoulli, en el que el equipo mezcla en forma estandarizada el O₂ con el aire ambiente a través de orificios de diferente diámetro. Proporciona FiO₂ conocidas entre el 24 y el 50%. Las máscaras de traqueostomía, los adaptadores de tubo en T para tubos endotraqueales y las tiendas faciales funcionan como sistemas de O₂ suplementario de alto flujo si se conectan a un sistema Venturi. Requieren humidificadores de aerosol (micronebulizado) o humidificadores de cascada o reservorios.

1. **Mascarilla Venturi**

Suministra una concentración exacta de O₂ independientemente del patrón respiratorio del paciente. Puede producir en el paciente sensación de confinamiento, calor e incluso irritar la piel. Impide al paciente comer y hablar. La concentración de O₂ puede variar si no se ajusta adecuadamente la mascarilla, si se angulan los tubos conectores, si se bloquean los orificios de entrada de la mascarilla o si se aplica un flujo de O₂ inferior al recomendado.



Figura 3. Cánulas nasales y mascarilla Venturi.

2. *Tubo en T*

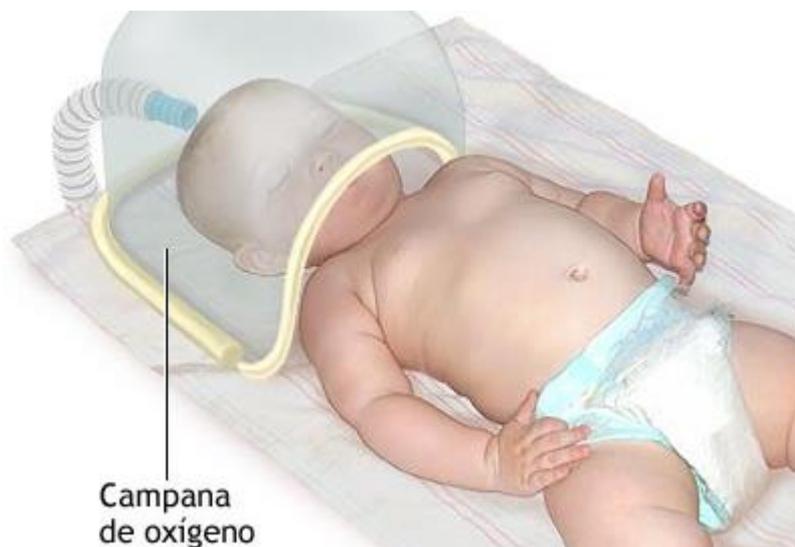
El tubo en T proporciona un alto grado de humedad y se utiliza en pacientes intubados con tubos endotraqueales. La extensión en chimenea funciona como un sistema de recirculación parcial y, por tanto, debe mantenerse colocada, de lo contrario, se disminuye en forma significativa la FiO_2 .



3. *Campana de oxígeno*

Es una campana cerrada y compacta que se utiliza en lactantes. Proporciona un alto grado de humedad y funciona como un sistema de alto flujo si se conecta a un sistema Venturi.

Es indispensable utilizarla con un nebulizador. Tiene como desventajas la dificultad para alimentar al lactante y la dificultad para su aplicación en niños activos. Se recomienda eliminar la condensación acumulada en los tubos por lo menos cada 2 h y si se utiliza calentador, asegurar una temperatura de 34,5 a 35,6°C en el interior de la cámara con controles cada 4h.



4. *Tienda facial*

La tienda facial funciona como un sistema de alto flujo cuando se acopla a un nebulizador Venturi. Es útil en pacientes que no toleran la mascarilla facial o en caso de traumatismo facial.

Es poco práctica para tratamiento a largo plazo debido a que en algunos pacientes produce sensación de calor y de confinamiento.

El riesgo de reinhalación de dióxido de carbono (CO₂) disminuye cuando la máscara se acopla a un sistema Venturi.



5. *Collar o mascarilla de traqueostomía*

Proporciona un alto grado de humedad. Debe eliminarse la condensación acumulada, por lo menos cada 2 h, con el propósito de evitar el drenaje hacia la traqueostomía. La mascarilla debe limpiarse cada 4 h con agua puesto que las secreciones acumuladas producen infección en el estoma.

El orificio frontal de la máscara permite la aspiración de secreciones y no debe ocluirse. Se recomienda evitar el uso de aerosoles calientes en traqueostomías recientes por el riesgo de causar hemorragias.



6. Sistemas de bajo flujo

Estos sistemas suministran O_2 puro (100%) a un flujo menor que el flujo inspiratorio del paciente. El O_2 administrado se mezcla con el aire inspirado y, como resultado, se obtiene una concentración de O_2 inhalado (la FiO_2) variable, alta o baja, dependiendo del dispositivo utilizado y del volumen de aire inspirado por el paciente. Es el sistema de elección si la frecuencia respiratoria es menor de 25 respiraciones por minuto y el patrón respiratorio es estable, de lo contrario, el sistema de elección es un dispositivo de alto flujo. En la figura 4 se pueden ver las diferencias entre los sistemas de alto y bajo flujo.

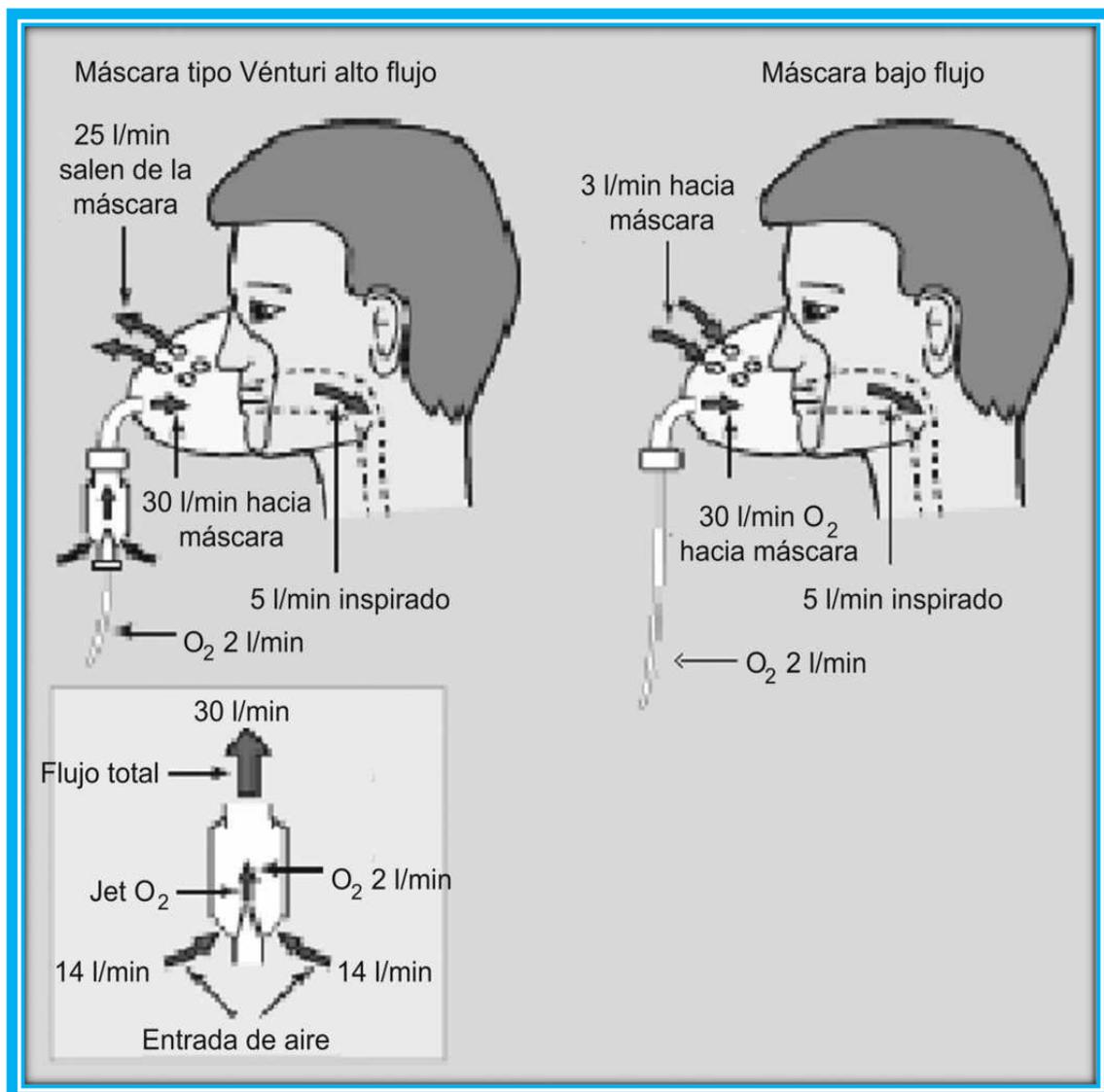


Figura 4. Diferencia entre las máscaras de bajo y alto flujo.

7. Cánula, gafas nasales

Es la interfase más utilizada y mejor aceptada por el paciente. Son ligeras, permiten al paciente comer y hablar y tienen una vida media muy larga. Puede suministrar una FiO_2 de 0,24 a 0,40 (del 24 al 40%) de O_2 a un flujo de hasta 6l/min en adultos (de acuerdo con el patrón ventilatorio). Su eficacia disminuye en respiradores bucales o durante el sueño. En recién nacidos el flujo se debe limitar a máximo 2l/min.

Los consensos sobre oxigenoterapia establecen que el O_2 suministrado a los adultos por cánula nasal con cantidades de flujo menor o igual a 4l/min no necesita humidificarse; sin embargo, es común observar en servicios de urgencias y hospitalización la utilización de humidificación. Si la institución establece por protocolo la humidificación de todos los gases inhalados, asimismo, debe establecer los mecanismos de seguimiento, tratamiento y cambio de las soluciones de humidificación utilizadas con el fin de evitar contaminación.

No se aconseja la utilización de cánula cuando son necesarios flujos superiores a 6l/min debido a que el flujo rápido de O_2 ocasiona resequead e irritación de las fosas nasales y no aumenta la concentración del O_2 inspirado. Las cánulas reservorio aumentan la FiO_2 al inicio de la inspiración (figura 3-figura 7).



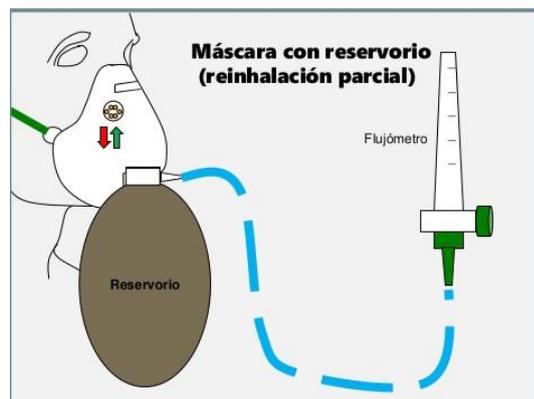
8. *Máscara de oxígeno simple*

Puede suministrar una FiO_2 de 0,35 a 0,50 (del 35 al 50%) de O_2 con flujos de 5 a 10l/min. Es necesario mantener un flujo mínimo de 5l/min con el fin de evitar la reinhalación de CO_2 secundario a la acumulación de aire espirado en la máscara. Se deben tomar precauciones cuando se utiliza una máscara simple (figura 5), pues su empleo a largo plazo puede ocasionar irritación en la piel y úlceras de presión. Durante el período de alimentación, el paciente debe utilizar cánula de O_2 para evitar hipoxemia.



9. *Máscara de reinhalación parcial (máscara con reservorio)*

Es una máscara simple con una bolsa o un reservorio en su extremo inferior; el flujo de O_2 debe ser siempre suficiente para mantener la bolsa inflada. A un flujo de 6 a 10 l/min puede aportar una FiO_2 de 0,4 a 0,7 (del 40 al 70%). Las máscaras sin reinhalación de O_2 son similares a las máscaras de reinhalación parcial, excepto por la presencia de una válvula unidireccional entre la bolsa y la máscara que evita que el aire espirado retorne a la bolsa. Las máscaras de sin reinhalación deben tener un flujo mínimo de 10 l/min y aportan una FiO_2 de 0,6 a 0,8 (del 60 al 80%).



10. *Cánula transtraqueal*

Supone la implantación subcutánea, en la cara anterior del tórax, de un catéter que, al seguir un trayecto subcutáneo, acaba penetrando en la tráquea supraesternal del paciente. La cánula o el catéter transtraqueal aumentan la FiO_2 al proporcionar O_2 directamente en la tráquea, lo que evita el espacio muerto de la cavidad orofaríngea y favorece que la vía aérea superior actúe como reservorio. Los pacientes que reciben O_2 por cánula transtraqueal (pequeñas cánulas transtraqueales diseñadas para oxigenoterapia domiciliaria) pueden continuar recibiendo O_2 por este método al llegar a urgencias si no hay problemas adicionales. Si se presentan dificultades relacionadas con la ruta de administración transtraqueal, la oxigenación debe asegurarse por otros medios.



Las complicaciones secundarias precoces son el aumento de la tos, la hemorragia, los tapones mucosos y, más ocasionalmente, el broncoespasmo y la inversión de la punta del catéter por un golpe de tos. A largo plazo se describen lesiones cutáneas alrededor del foramen externo, el enfisema subcutáneo o la rotura del catéter.

En la tabla 4 se muestran las diferentes FiO_2 que se obtienen según los dispositivos.

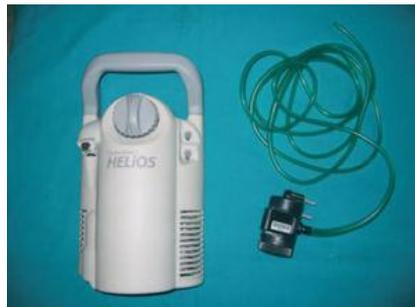
Tabla 4. Fracción inspiratoria de oxígeno según flujo y diferentes dispositivos de administración

Dispositivo de administración	Flujo de O ₂ (l/min)	FiO ₂
Catéter nasofaríngeo	0,25–4–6	0,24–0,40
Cánulas o gafas nasales	0,25–4–6	0,24–0,40
Mascarilla simple	5–8	0,30–0,60
Mascarilla tipo Venturi	4–6–8–12–15	0,24–0,28–0,35–0,40–0,60
Mascarilla con recirculación parcial con reservorio	5–12	0,40–0,60
Mascarilla sin recirculación parcial con reservorio	5–15	0,55–0,90

Otros sistemas

Unidades de liberación de oxígeno a demanda

Son dispositivos especiales con sensor de presión que liberan O₂ al inicio de la inspiración con una frecuencia establecida. Se pueden conectar a cualquier fuente de O₂ y administrarse por medio de gafas nasales especiales de doble circuito. Sistema a demanda: válvula integrada en la bombona de oxígeno líquido y válvula independiente.



Debido a sus diferentes características, cada sistema presenta ventajas e inconvenientes. Para su correcta prescripción debe ajustarse individualmente el flujo de O₂, tanto en reposo como durante el ejercicio o el sueño, con las pruebas pertinentes. En su caso redundarían en una mejor calidad de vida del paciente y, además, en un ahorro económico nada despreciable. (Cánulas nasales con reservorio).



VIII. OXIGENOTERAPIA DOMICILIARIA CRITERIOS PARA EL ALTA

La oxigenoterapia domiciliaria, aunque es cara, proporciona una serie de ventajas, tales como facilitar el alta precoz y mejorar la calidad de vida del niño y de sus padres. También puede evitar que en las reagudizaciones respiratorias haya que ingresar al niño por causa de la hipoxia. Todo esto conlleva asimismo una reducción importante en los costes de hospitalización.

Antes de plantear el alta desde el centro hospitalario, se debe comprobar que el paciente y su familiar cumplen los siguientes criterios y que se han proporcionado las instrucciones necesarias para el empleo de este tratamiento:

- Desde el punto de vista de la oxigenoterapia, las necesidades de O₂ deben ser estables con saturación media igual o superior al 93%, sin desaturaciones. La SatO₂ no debería situarse por debajo del 90% más de un 5% del registro;
- los lactantes deberían ser capaces de tolerar períodos cortos de tiempo sin O₂, sin que se produjera un deterioro rápido en caso de que se les salgan las gafas nasales;
- ausencia de otras enfermedades que no estén estabilizadas, curva de crecimiento aceptable. No hay episodios de apneas al menos en las 2 semanas previas;
- calendario vacunal al día;
- aceptación por parte de los padres del alta del niño al domicilio con O₂;
- condiciones adecuadas en el domicilio;
- adiestramiento de los padres e información por escrito con instrucciones sobre el tratamiento del O₂ en el domicilio y medidas de reanimación cardiopulmonar;
- advertencia sobre no fumar y no exponer a llamas;
- adiestramiento a los niños más mayores sobre el empleo de los equipos de O₂;
- antes del alta, contactar con los servicios sanitarios y trabajadores sociales del área donde reside el paciente para conocer el grado de apoyo del que se va a disponer, y

- los padres deben elaborar una lista con los números de teléfono importantes para poder consultar y para conseguir asistencia urgente desde el punto de vista sanitario, así como repuestos para el equipo o asistencia técnica.

IX. SEGUIMIENTO DEL PACIENTE CON OXIGENOTERAPIA DOMICILIARIA.

Monitorización. Destete

El control de la oxigenoterapia domiciliaria debería estar a cargo de un especialista con experiencia en patología respiratoria, como el neumólogo infantil, pero también los neonatólogos, los cardiólogos infantiles o los especialistas en cuidados paliativos. La familia también debe evaluarse para su capacidad del tratamiento del O₂ en el domicilio, reconocer la aparición de los signos de hipoxia y ser capaces de enfrentarse a todos los aspectos del cuidado del niño. Una primera visita o un contacto telefónico en las primeras 24h es importante para aliviar la ansiedad familiar.



X. SISTEMAS DE MONITORIZACIÓN

El O₂, 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 importantes 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.

La oxigenoterapia debe garantizar una pO₂ igual o mayor de 60mmHg o una SatO₂ 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 O₂ 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 se realiza ésta, lo que da como resultado una onda pletismográfica cuya amplitud se emplea para el cálculo de la SatO₂ 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 O₂ complementario para mantener la SatO₂ 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 HTP. El proporcionar un pulsioxímetro a los padres es tema controvertido. No hay pruebas de que el proporcionar el pulsioxímetro mejore el resultado de la oxigenoterapia domiciliaria. Por otra parte, si el niño requiere una monitorización continua, puede que no esté indicado darle alta domiciliaria.

La forma mejor de diagnosticar la hipoxia en el niño es la SatO₂, a diferencia de los adultos, en quienes se mide la pO₂. Si se obtiene la muestra arterial del niño

mientras llora, ésta va a ser muy distinta a la de condiciones reales. La $P_{\text{capilar O}_2}$ tampoco se correlaciona con la presión parcial de oxígeno ($p\text{O}_2$) adecuadamente. En la tabla 5 se ve la correlación entre la SatO_2 y la $p\text{O}_2$.



Tabla 5. Relación aproximada entre la saturación de oxígeno de la hemoglobina arterial y la presión parcial de oxígeno en mmHg a pH normal

$p\text{O}_2$, mmHg	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100	105	110
SatO_2, %	85	188	390	792	493	894	995	796	697	097	597	998	298

$p\text{O}_2$: presión parcial de oxígeno; SatO_2 : saturación de oxígeno.

La polisomnografía nocturna se puede utilizar en caso de que se disponga de ésta para titular también el flujo de O_2 , porque además de la oxigenación también evalúa índices de ventilación.

Los capnógrafos, tanto el transcutáneo como los de aire exhalado, rara vez se emplean para monitorización en pacientes con O_2 domiciliario, salvo en circunstancias muy especiales de ventilación mecánica domiciliaria (hipoventilación central alveolar, Arnold-Chiari, etc.). Se supone que los niños con O_2 domiciliario no deben experimentar cambios amplios en la presión arterial de dióxido de carbono (PaCO_2), por lo que no necesitan comprobar la presión trascutánea de dióxido de carbono (PetCO_2) con frecuencia.

XI. CONTROLES

Una vez planteada la indicación de la oxigenoterapia domiciliaria, deben programarse controles cuya periodicidad va a depender de la enfermedad, la edad del paciente y la situación familiar. Durante los primeros 3 meses los controles deberían ser mensuales. La finalidad de tales controles es observar el efecto de la oxigenoterapia, la cumplimentación y la adaptación del niño a la técnica, reevaluar la adecuación de la indicación y facilitar ayuda técnica y apoyo psíquico a la familia.

Las visitas domiciliarias resultan altamente recomendables, pero son difíciles de llevar a cabo por la infraestructura de los servicios sanitarios. Estas visitas sí deben ser obligatorias para la compañía suministradora de O₂, con una periodicidad de uno a 2 meses, a cargo de un técnico y un auxiliar sanitario.

Los requerimientos de O₂ suelen cambiar en el tiempo y, en el caso de los niños con EPCP, se reduce gradualmente. Se debería hacer una primera visita en las primeras 24h y hacer una monitorización de la SatO₂ a la semana de estar en el domicilio, bien a través de un pulsioxímetro proporcionado en la consulta o bien con el que se le facilita a la familia. Si no se aprecia mejoría en los lactantes afectados de DBP mediante la administración de O₂ complementario en el domicilio, se debe reevaluar su situación para descartar que el cumplimiento sea insuficiente o incorrecto o que haya otra enfermedad orgánica, como reflujo gastroesofágico con aspiración crónica u otras no detectadas anteriormente. Siempre que el niño necesite un aumento en el aporte de O₂, los padres pueden incrementarlo, pero comunicándolo siempre al especialista que lo controla.

Otras enfermedades pulmonares neonatales que pueden precisar oxigenoterapia domiciliaria son la hipoplasia pulmonar, la neumonía connatal y el síndrome de aspiración meconial. Comparados con la DBP son menos habituales y no es frecuente que necesiten O₂ domiciliario más allá de los 2 años.

En las situaciones con HTP, el O₂ suplementario como vasodilatador pulmonar puede prevenir su desarrollo o enlentecer la progresión. Tanto en la HTP primaria como la secundaria a enfermedad respiratoria o cardíaca, el O₂ suplementario domiciliario se puede utilizar como parte del cuidado médico para reducir los

efectos secundarios de la hipoxia crónica en caso de enfermedad respiratoria o como puente al trasplante. Cuando hay HTP, un electrocardiograma o un ecocardiograma se realiza cada 2 meses para seguimiento de los cambios secundarios a la HTP a medida que se normaliza. En algunas cardiopatías congénitas debe ser el cardiólogo infantil el que tome la decisión de la oxigenoterapia domiciliaria mientras el niño está en espera de cirugía o de trasplante. La medición de las presiones pulmonares debe formar parte del seguimiento debido a la comorbilidad de la HTP en relación con la hipoxemia crónica y la necesidad de considerar el tratamiento farmacológico para la HTP.

En la bronquiolitis obliterante no hay ningún tratamiento específico, muchos de estos niños requieren oxigenoterapia domiciliaria. En los pacientes con fibrosis quística, la oxigenoterapia domiciliaria suele ser necesaria para casos con enfermedad grave. Hay pocas pruebas respecto al uso de O₂ domiciliario en cuanto al índice de mortalidad, la frecuencia de hospitalización o la progresión de la enfermedad. El control en cada visita del crecimiento y del peso del paciente debe ser habitual debido al potencial efecto de la hipoxemia sobre éstos. Las consultas frecuentes permiten vigilar mejor los cambios en el crecimiento y los cambios en las necesidades de O₂.

Los lactantes con oxigenoterapia domiciliaria tienen más ingresos hospitalarios que los que no precisan O₂ en casa. Es recomendable la vacunación antigripal a los cuidadores y al resto de los familiares, así como a estos mismos pacientes si tienen más de 6 meses de edad. En todo momento se debe intentar conseguir las mejores condiciones sociales posibles para estos pacientes y sus familias; para esto hay que facilitar la disponibilidad del contacto telefónico, colaborar para el reintegro al menos de parte del consumo de electricidad (a través de las ayudas disponibles en cada comunidad), proporcionar ayuda doméstica y favorecer la integración del niño en el ámbito social y escolar.

XII. RETIRADA - DESTETE

El aspecto del «destete», o la retirada del O₂, se aplica principalmente a los niños con EPCP y algunas otras enfermedades neonatales. Los niños más mayores con enfermedades pulmonares progresivas, como la fibrosis quística o las enfermedades neuromusculares, suelen precisar la oxigenoterapia de por vida.

El tiempo que los niños con EPCP precisan O₂ varía, pero generalmente se sitúa entre 6 meses y un año, aunque alguno lo requiera durante más tiempo.



En general, no hay normas fijas para el destete de O₂, aunque se recomienda disminuir progresivamente el flujo de 0,1 a 0,2lpm o 0,02l/kg/min para alcanzar el objetivo, que consiste en mantener saturaciones del 92 al 94%; se realiza en el domicilio del paciente. Después del destete, las saturaciones más bajas se alcanzan dentro de los siguientes 40min. Los pacientes con cifras de PaCO₂ más altas suelen requerir más tiempo para el destete. En algunas unidades mantienen el O₂ continuo y en otras lo mantienen durante las siestas o durante el sueño, pero no hay ninguna prueba de cuál es la mejor forma para el destete en estos casos.

La persistencia de síntomas o el fracaso en la retirada de la oxigenoterapia deben hacer pensar en otras enfermedades, como traqueobroncomalacia, granuloma subglótico, aspiración crónica por reflujo gastroesofágico o cardiopatía congénita.

XIII. EFECTOS SECUNDARIOS Y RIESGOS

Cuando se pauta tratamiento con oxigenoterapia domiciliaria, se deben sopesar los posibles riesgos frente a sus beneficios. Estos riesgos incluyen los efectos derivados directamente del O₂ y los que pueden ocasionar la manipulación y el almacenamiento inapropiado de éste.

El empleo de O₂ se ha implicado en la patogénesis de la EPCP, ya que resulta en la formación de radicales libres con el consecuente daño tisular. Esta toxicidad celular puede traducirse en síndromes respiratorios agudos (traqueobronquitis y síndrome de distrés respiratorio del adulto) o crónicos (además de la DBP o EPCP, trastornos inflamatorios similares en los adultos con enfisema y fibrosis) y también en retinopatía (fibroplasia retrolental) en pacientes prematuros.

Se desconoce cuál es la concentración o la duración de la exposición al O₂ necesaria para inducir daño pulmonar. Los trabajos iniciales de Northway et al indicaban que una FiO₂ de entre 0,8 y 1,0 durante 24h se asociaba al desarrollo de DBP. Las cantidades de O₂ que se suministran en el domicilio a través de las cánulas nasales son probablemente menores de los umbrales que se suponen potencialmente dañinos. Sin embargo, 2 ensayos aleatorizados con SatO₂ variables en niños con EPCP indican que concentraciones de O₂ mayores se asocian a una peor evolución desde el punto de vista respiratorio, lo que lleva a suponer que el riesgo de la toxicidad por O₂ persiste con el empleo en domicilio.

Se conoce también que la administración de aire enriquecido con O₂ altera ciertos aspectos de la función respiratoria. Se ha demostrado que los prematuros con EPCP tienen una respuesta disminuida a la hiperoxia, de forma que la disminución de la ventilación que ocurre como respuesta a la inhalación de O₂ puro es menor de lo esperable. Se ha indicado que la exposición a suplementos de O₂ podría alterar la sensibilidad de los quimiorreceptores arteriales y prolongar la latencia de la respuesta ventilatoria a los cambios en la presión arterial de O₂.

Otros posibles efectos secundarios son los relacionados con el almacenamiento y el tratamiento del O₂. Los flujos altos de O₂ administrados con gafas nasales

pueden dar lugar a sequedad y a irritación de la mucosa nasal; esto ocurre con más frecuencia con flujos superiores a 3l/min.

El O₂ no es un gas inflamable, pero favorece a que ardan otras materias. Es importante informar a la familia para que tenga en cuenta los siguientes puntos:

a) En todo momento deben mantener lejos del fuego o del calor el cilindro de O₂, el tubo de conducción y el propio paciente.

b) Deben evitar los golpes en la llave de paso del cilindro.

c) En caso de incendio, tienen que cerrar inmediatamente la fuente de O₂. En adultos se han descrito accidentes causados al fumar cigarrillos mientras recibían aportes de O₂ en gafas nasales. En niños se pueden encontrar referencias en la literatura médica a incidentes más propios de la edad pediátrica, como quemaduras inducidas al inflamarse las gafas nasales cuando el niño se ha acercado a la vela de una tarta de cumpleaños que iba a soplar. También puede producirse condensación del agua en los tubos del sistema.



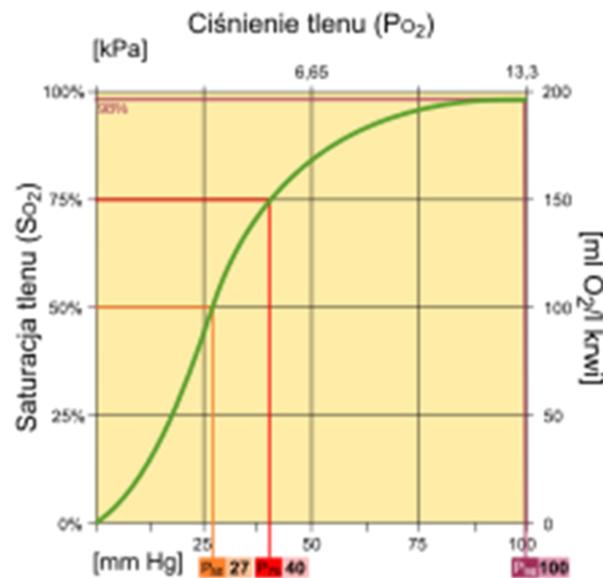
XIV. SITUACIONES ESPECIALES

En el niño se pueden encontrar algunas situaciones especiales que no se van a dar en el paciente adulto. Así, en ocasiones la edad y la situación social del niño aconsejan su escolarización. En estos casos es fundamental una adecuada coordinación entre el equipo de especialistas en Neumología infantil y los servicios de salud del centro educativo; la actuación conjunta de ambos equipos se puede beneficiar además de un eslabón intermedio, como el pediatra de área. En los casos en los que el niño con O₂ precise éste también durante las horas que asiste al colegio se debe tener en cuenta una serie de consideraciones:

- El centro educativo debería disponer de una fuente de O₂ para suplir las necesidades del niño en el caso de que su equipo falle. Las medidas de seguridad de estas fuentes y de otros equipos deben estar expuestas en sitio visible.
- Este material debe disponer de soporte técnico adecuado;
- El personal sanitario del colegio debe recibir adiestramiento en el tratamiento de oxigenoterapia
- Se debe prever la cantidad de O₂ necesaria para el traslado desde casa hasta el colegio y de vuelta al domicilio.

Si la situación clínica del niño no lo impide por otros motivos fuera de la necesidad de oxigenoterapia, muchas familias de estos niños emprenden viajes que incluyen transporte en avión. Los viajes en avión o a zonas de gran altura deben tenerse en consideración porque algunos lactantes y niños con SatO₂ normales pueden experimentar hipoxemia significativa cuando se los expone a ambientes hipóxicos. La disponibilidad de O₂ en un avión comercial presurizado corresponde aproximadamente a un 15% del O₂ ambiental o a una desaturación de un 2 a un 3%. Si es preciso el traslado en avión, la familia debe contactarse con antelación con la línea aérea para comunicar la situación del paciente y asegurar que en el avión puedan llevar la mochila de O₂ habitual del paciente y una de repuesto por si se produce una situación de emergencia, así como un pulsioxímetro por si necesitan ajustar los aportes de O₂ durante el vuelo.

SATURACIÓN DE OXÍGENO



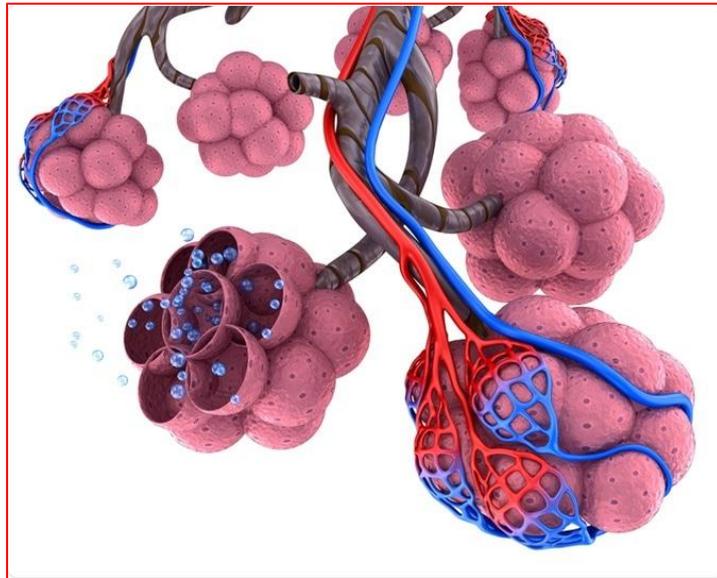
La saturación de oxígeno es la cantidad de oxígeno disponible en sangre. Cuando el corazón bombea sangre, el oxígeno se une a los glóbulos rojos y se reparte por todo el cuerpo. Los niveles de saturación óptimos garantizan que las células del cuerpo reciban la cantidad adecuada de oxígeno.

Cada molécula de la hemoglobina contiene cuatro grupos del heme que puedan atar fácilmente el oxígeno molecular presente en la sangre. Esto significa que una molécula de la hemoglobina puede atar a cuatro moléculas del oxígeno durante el transporte en la sangre.

Para los adultos, el alcance normal del s_{aO_2} es 95 - 100%. Un valor más inferior al de 90% se considera la saturación con poco oxígeno, que requiere la suplementación externa del oxígeno.

Durante el metabolismo aeróbico, la célula utiliza el oxígeno para convertir la glucosa en piruvato y para generar dos moléculas de ATP. El contenido de oxígeno en la sangre depende de la curva de la disociación de la oxígeno-hemoglobina, que es un gráfico que define el porcentaje de la hemoglobina saturada a la presión parcial del oxígeno (P_{O_2}). Una molécula de la hemoglobina se convierte en el 100% saturada con el oxígeno (1,34 L de oxígeno) en un P_{O_2} de 100 mmHg.

Después de atar cada molécula del oxígeno, la hemoglobina experimenta un cambio conformacional que aumente su afinidad para la molécula siguiente del oxígeno. Debido a la alta afinidad del oxígeno, cada molécula de la hemoglobina se satura rápidamente con oxígeno; así, la cantidad de oxígeno libre disuelta en la sangre es solamente una fracción muy pequeña (el 2%) del oxígeno total presente en la sangre. Debido a esto, el nivel de oxihemoglobina se considera igual al contenido en oxígeno de la sangre.



PULSIOXÍMETRO O SATURACIÓN DE OXÍGENO

La monitorización de la oxigenación se realiza mediante el método de la oximetría, es decir, la oximetría de pulso o pulsioximetría es la medición, no invasiva, del oxígeno transportado por la hemoglobina en el interior de los vasos sanguíneos. El color de la sangre varía dependiendo de lo saturada de oxígeno que se encuentre, debido a las propiedades ópticas del grupo hemo de la molécula de hemoglobina. Cuando la molécula de hemoglobina libera oxígeno pierde su color rosado, adquiriendo un tono más azulado y deja pasar menos la luz roja. Así pues el pulsioxímetro determina la saturación de oxígeno midiendo espectrofotométricamente el "grado" de azules de la sangre arterial y expresa esta "azules" en términos de saturación. Dado que la absorción de luz de los tejidos y de la sangre venosa son constantes, cualquier cambio en la absorción de la luz entre un tiempo dado y uno posterior se deben exclusivamente a la sangre arterial

LIMITACIONES DE LA PULSIOXIMETRIA

- Alteraciones de la hemoglobina (MetHb o COHb).
- Colorantes y pigmentos en la zona de lectura (uñas pintadas).
- Fuentes de luz externa.
- Hipoperfusión periférica.
- Anemia.
- Aumento del pulso venoso.
- No detecta hiperóxía.
- No detecta hipoventilación.

La saturación de Oxígeno debe de ser mayor del 95%.

¿QUÉ ES LA PULSIOXÍMETRÍA?

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. Conocer el estado de la oxigenación es un método enormemente eficaz en nuestro trabajo diario. Todos nuestros pacientes en la UCI, tienen colocado un traductor de Pulsioximetría.

Este aparato mide la Saturación de oxígeno arterial a través de un curioso sistema que mide la longitud de onda entre dos puntos.

Aunque la Pulsioximetría se utiliza para determinar el grado de oxigenación de la sangre, no puede determinar el metabolismo del oxígeno o la cantidad de oxígeno que está utilizando un paciente

Habitualmente para la medición de la oxigenación utilizamos una muestra de sangre arterial. Esta es una técnica invasiva. Se precisa de colocar un catéter en el interior de una arteria (habitualmente la radial), no exenta de riesgos (hematomas, infección por gérmenes que invaden el catéter, etc.).

¿COMO FUNCIONA UN PULSIOXÍMETRO?

El dispositivo emite luz con dos longitudes de onda de 660 nm (roja) y 940 nm (infrarroja) que son características respectivamente de la oxihemoglobina y la hemoglobina reducida. La mayor parte de la luz es absorbida por el tejido conectivo, piel, hueso y sangre venosa en una cantidad constante, produciéndose un pequeño incremento de esta absorción en la sangre arterial con cada latido, lo que significa que es necesaria la presencia de pulso arterial para que el aparato reconozca alguna señal. Mediante la comparación de la luz que absorbe durante la onda pulsátil con respecto a la absorción basal, se calcula el porcentaje de oxihemoglobina. Sólo se mide la absorción neta durante una onda de pulso, lo que minimiza la influencia de tejidos, venas y capilares en el resultado.

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.

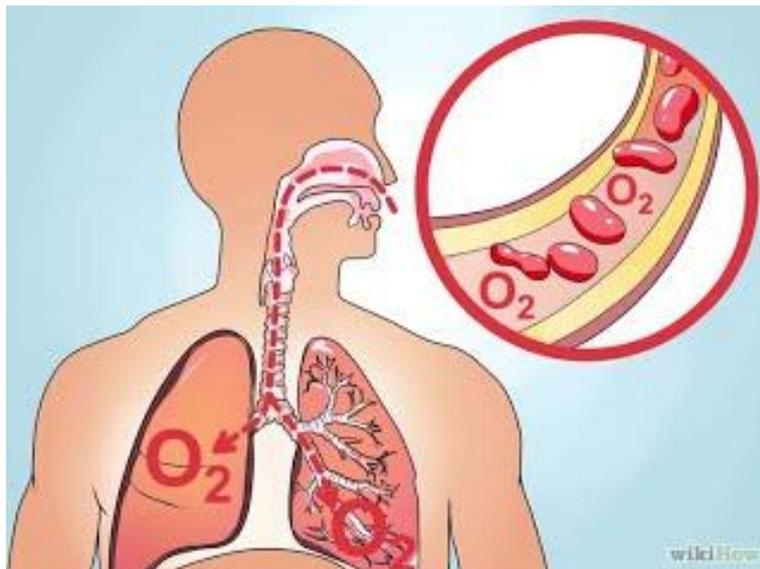
La correlación entre la saturación de oxígeno y la PaO₂ viene determinada por la curva de disociación de la oxihemoglobina.

LIMITACIONES

La Pulsioximetría mide únicamente la oxigenación, no la ventilación, y no sustituye a la gasometría realizada por un laboratorio, debido a que no da indicaciones sobre el déficit de bases, niveles de dióxido de carbono, pH de la sangre o concentración de bicarbonato HCO₃ que sí hace la gasometría arterial. El metabolismo del oxígeno puede ser medido mediante la determinación de CO₂ en el aire expirado (Capnografía). Las cifras de saturación tampoco dan ninguna información sobre el contenido total de oxígeno en la sangre (simplemente cuanta cantidad de Hemoglobina está saturada). La mayoría del oxígeno de la sangre es transportado por la hemoglobina, pero en la anemia severa, la sangre transporta menos oxígeno en total, a pesar de que la hemoglobina este saturada al 100%.

OTRAS LIMITACIONES DE LA PULSIOXIMETRÍA

- Alteraciones de la hemoglobina (MetHb o COHb).
- Colocamiento incorrecto del sensor.
- Colorantes y pigmentos en la zona de lectura (uñas pintadas).
- Piel callosa
- Fuentes de luz externa.
- Hipoperfusión periférica, por ejemplo, ¡cuando el paciente está en shock!
- Anemia.
- Aumento del pulso venoso.
- No detecta hiperóxía (intoxicación por O₂), dado que el Pulsioxímetro satura al 100% como límite. El aire que respiramos es una mezcla de varios gases entre los cuales el nitrógeno (79 %) y el oxígeno (20,97 %) constituyen casi el 100 % de la misma. Por mucha más cantidad de O₂ que apliquemos, no se satura más la Hb.
- No detecta hipoventilación. Para esto es mejor utilizar el capnógrafo.



QUÉ PORCENTAJE DE OXIGENO ES NORMAL

El oxígeno es esencial para la vida. Para que los humanos funcionen apropiadamente, el oxígeno debe estar presente en cantidades adecuadas a lo largo del organismo. El nivel de saturación de oxígeno de una persona mide la cantidad de oxígeno que es transportada por la sangre. Una cantidad muy baja

puede indicar desastrosas consecuencias. Esta es la razón de porqué en los hospitales se monitorea la saturación de oxígeno junto con las pulsaciones y la presión sanguínea cuando se quiere determinar el estado de salud del paciente.

DATOS

La sangre transporta oxígeno a lo largo de todo el cuerpo gracias a la hemoglobina, una proteína que contiene el hierro en las células rojas. Las moléculas de hemoglobina pueden transportar hasta cuatro moléculas de oxígeno. El porcentaje de oxígeno transportado en la sangre es la que da el nivel de saturación. Por ejemplo, si una molécula de hemoglobina está transportando tres moléculas de oxígeno, la hemoglobina está transportando sólo un 75 por ciento de su capacidad total. En una muestra mayor de sangre, mil moléculas de hemoglobina podrían transportar 4 mil moléculas de oxígeno. Si se transportan sólo 3.920 moléculas de oxígeno, eso es igual al 98 por ciento de la capacidad total. Eso significa que el nivel de saturación de oxígeno en la sangre es de 98 por ciento.

IMPORTANCIA

Si el nivel de saturación de oxígeno de una persona es muy bajo, eso significa que están llegando inadecuadas cantidades de oxígeno los órganos vitales y las células del cuerpo. Esto puede llevar a una falla respiratoria y posiblemente a la muerte. Mientras los niveles ideales pueden variar dependiendo de cada persona, el nivel de saturación de oxígeno para un adulto joven y saludable tiene a caer entre un 95 y un 100 por ciento. De hecho, las fallas respiratorias pueden producirse cuando el nivel de saturación de oxígeno baja a un 90 por ciento. Eso no deja mucha desviación entre normal y posiblemente mortal, así que por eso es vital que los doctores y las enfermeras monitoreen todo el tiempo el nivel de saturación de oxígeno de sus pacientes.

EXAMINANDO

Un modo adecuado y fácil de medir los niveles de saturación de oxígeno es a través del oxímetro de pulso. Un oxímetro de pulso es un pequeño clip que se

adhiera al dedo del paciente. El oxímetro proyecta dos luces brillantes, una roja y otra infrarroja, a través del dedo para medir los niveles de oxígeno en la sangre. Esto lo hace analizando el color de la sangre arterial. La sangre con buena cantidad de oxígeno brilla con color rojo. En función de distinguir la sangre arterial del resto, el oxímetro mide el cambio en la totalidad del color en coordinación con las pulsaciones.

CONSIDERACIONES

Los oxímetros de pulso requieren un pulso regular y fuerte para poder registrar una adecuada lectura de los niveles de saturación de oxígeno. La gente de manos y pies fríos puede a veces tener un pulso débil en sus extremidades, provocando lecturas inadecuadas.

CONCEPTOS ERRÓNEOS

A pesar de algunos informes equivocados, la efectividad de los oxímetros no se ve afectada cuando los pacientes tienen anemia, la enfermedad de la célula falciforme o bilirrubina en la sangre.

SATURACIÓN

Los rangos normales de saturación en un paciente sin problemas respiratorios fluctúan entre los 95% y 99%. Esta puede variar dependiendo de las condiciones ambientales y la actividad que puedas ejecutar. En pacientes con enfermedades respiratorias crónicas este rango puede variar y puede considerarse normal entre los 90% a 95%. Menos de esa concentración requiere de aporte ventilatorio, es decir, apoyo de oxígeno. Ninguna persona satura 100%, solo puede ocurrir esto cuando se encuentra conectado a oxigenoterapia.



¿CÓMO SE COLOCA EN UN DEDO?

Interpretación clínica

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.

Existe un valor crítico: PaO₂ 59 mm de Hg que se corresponde con una saturación del 90%, por debajo de la cual, pequeñas disminuciones de la PaO₂ ocasionan desaturaciones importantes. Por el contrario, por encima del 95%, grandes aumentos de la PaO₂ no suponen incrementos significativos de la saturación de oxígeno. A todo esto, hay que tener en cuenta factores como la edad, la temperatura corporal, en las que las necesidades de oxigenación no son más altas que la población general.

En otras condiciones clínicas, hay que tener en cuenta, que pacientes con EPOC (Enfermedad pulmonar crónica obstructiva) como la bronquitis crónica severa, hay pacientes que elevar la SatO₂ más del 90% puede llevarlos hacia un empeoramiento de la ventilación pulmonar, al disminuir el único estímulo que tienen estos pacientes que es la hipoxemia.

La interpretación de oxigenación mediante la pulsioximetría no descarta conocer el resto de los gases arteriales, por lo que es un método fiable de seguimiento del paciente, pero no controla en la totalidad la situación de la oxigenación y la ventilación de los pacientes (esto si se hace con la gasometría arterial)

OXÍGENO EN SANGRE ARTERIAL

Si bien un oxímetro de pulso es el dispositivo más común usado para determinar tu nivel de oxígeno en sangre, algunas veces, es necesario analizar la sangre tomada directamente de una arteria para evaluar tu nivel de oxígeno. Esta medida se llama oxígeno en sangre arterial. Un nivel normal de oxígeno en sangre arterial suele caer entre 75 a 100 mmHg. Tu nivel de dióxido de carbono en sangre y pH (una medida de acidez o alcalinidad) suele medirse junto con el nivel de oxígeno en sangre arterial.

INDICACIONES

El uso de la pulsioximetría es recomendable en situaciones donde la oxigenación del paciente puede ser inestable, como en las áreas de cuidados intensivos, o en el departamento de urgencias de un hospital. También se emplea la técnica para la evaluación de pacientes crónicos en atención primaria y en los pilotos que dirigen aeronaves despresurizadas.

Su uso se ha extendido en los últimos años en pruebas de esfuerzo en clínica, y en menor medida en el ámbito de la medicina deportiva. La combinación de la oximetría con la ergometría complementa la prueba de esfuerzo, gracias al control continuo de la saturación de oxígeno en el torrente sanguíneo. Esto es de suma importancia para el diagnóstico y valoración funcional del sistema respiratorio y circulatorio.

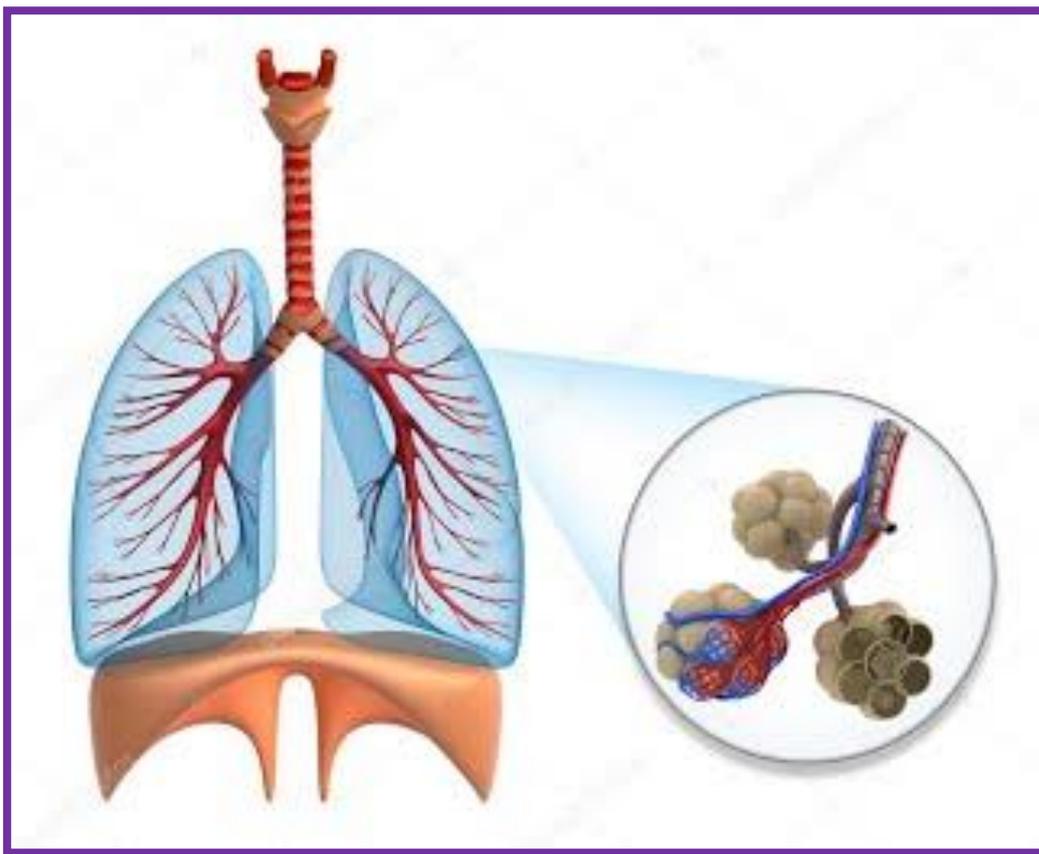
En casos de EPOC (enfermedad obstructiva crónica), la pulsioximetría es útil en pacientes estables con enfermedad grave; en caso de empeoramiento de síntomas u otros signos de reagudización, es una herramienta que los pacientes pueden usar en casa para ayudarles en el manejo de su enfermedad bajo supervisión de sus médicos. Debe hacerse énfasis en que la pulsioximetría complementa (en vez de competir con) la espirometría en la evaluación de pacientes con EPOC.

La espirometría continúa siendo el criterio de referencia para el diagnóstico y clasificación del estadio de la EPOC, mientras que la pulsioximetría ofrece un método de rápida evaluación especialmente del compromiso respiratorio de corto plazo. La pulsioximetría resulta útil como auxiliar en la toma de decisiones, pero no sustituye a la evaluación clínica ni es suficiente para un diagnóstico en solitario.

En casos de asma, la pulsioximetría complementa los medidores de flujo máximo en la evaluación de la gravedad de las crisis/empeoramientos asmáticos y la respuesta a un tratamiento. En casos de infección respiratoria aguda (p. ej., neumonía extrahospitalaria, influenza, infecciones pulmonares relacionadas con el sida), la pulsioximetría es útil para evaluar la gravedad de la enfermedad y,

junto con otros criterios, determinar si y cuándo remitir a pacientes para tratamiento ulterior.

En casos de dificultad para respirar en niños se utiliza en parte de la valoración clínica en niños con sospecha de infección significativa de las vías respiratorias y en parte de la valoración clínica en niños con asma agudo.



SATURACIÓN DE OXÍGENO EN SANGRE

El uso más corriente de la saturación en medicina es la medida de la saturación de oxígeno en sangre (saturación de oxígeno en sangre arterial) mediante el método de la pulsioximetría para poder detectar la insuficiencia respiratoria. Es importante, en particular, el seguimiento del paciente durante la anestesia general en los procedimientos médicos, o durante la oxigenoterapia en el caso de un estado grave del paciente. De hecho se mide el porcentaje de oxígeno vinculado con la hemoglobina de la sangre (el contenido de oxihemoglobina).

Los valores de saturación se expresan con la abreviatura "S", añadiendo el símbolo químico del oxígeno "O₂".

A bajas presiones parciales de oxígeno, la mayoría de la hemoglobina está desoxigenada. Alrededor del 90% (el valor varía según el contexto clínico), la saturación de oxígeno aumenta de acuerdo con una curva de disociación de oxihemoglobina y se aproxima al 100% a presiones parciales de oxígeno superiores a los 10 kPa.



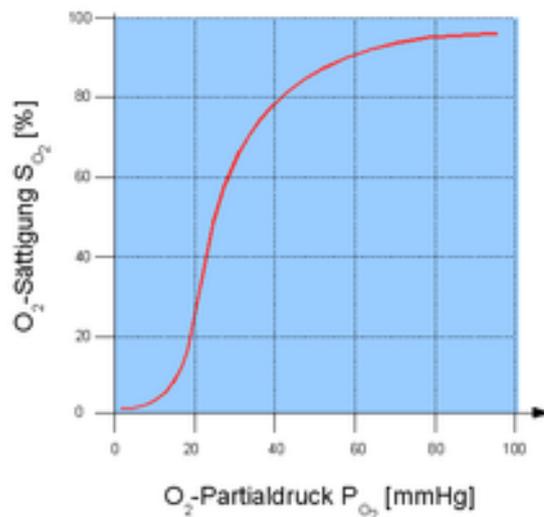
SATURACIÓN DE OXÍGENO Y PRESIÓN PARCIAL DE OXÍGENO

La curva muestra que el porcentaje de hemoglobina saturada de oxígeno está directamente relacionada con la presión arterial parcial de oxígeno. Cuanto más alta es la presión parcial del oxígeno (pO_2) más alta es la saturación de oxígeno en sangre. Debido a la dependencia de la afinidad del oxígeno con la hemoglobina, que depende del número de moléculas de O_2 ya vinculadas (cooperatividad), esta relación no es lineal. La curva del oxígeno vinculado muestra una pendiente en forma de "S".²

Valores estándar:³

pO_2 (sangre arterial): 71 - 100 mm Hg; sO_2 : 94 - 97 %

pO_2 venosa mixta: pO_2 : 36 - 44 mm Hg; sO_2 : 65 - 82 %



Medida y alcance de la saturación

La medida de la saturación se realiza con el pulsioxímetro y se basa en el principio de absorción de una luz característica por la oxihemoglobina. El valor de la saturación de oxígeno en sangre para los humanos sanos está en el rango de 95-99%. Para las personas fumadoras, estos valores son algo más bajos. Una saturación de oxígeno en sangre inferior al 90% implica una hipoxia que puede ser originada, entre otras causas, por una anemia. Uno de los síntomas de una baja saturación de oxígeno en sangre es la cianosis.

CONCLUSIÓN

- La oxigenoterapia claramente se ha convertido en un elemento fundamental para el tratamiento de la insuficiencia respiratoria, tanto aguda como crónica, en el paciente pediátrico.

El empleo de oxigenoterapia en el domicilio es un tratamiento caro 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 del niño.

La falta de consenso en muchos aspectos y la escasez de estudios amplios requieren ensayos multicéntricos diseñados apropiadamente para que se puedan obtener pruebas para optimizar el tratamiento con O₂ en Pediatría.

- El término saturación de oxígeno es un caso particular de saturación (del lat. saturatio) que se utiliza para indicar la cantidad (en %) de un gas en un líquido. En medicina, se mide la saturación de oxígeno en fluidos corporales, generalmente en la sangre. 1
- En medicina, el término saturación de oxígeno se emplea habitualmente para referirse al nivel de oxigenación de la sangre. La oxigenación se produce cuando las moléculas de oxígeno (O₂) entran en los tejidos del cuerpo. Por ejemplo, la sangre se oxigena en los pulmones, donde las moléculas de oxígeno viajan desde el aire hacia la sangre y se combinan con la hemoglobina formando la oxihemoglobina, y con ella se reparten por todo el cuerpo.
- La saturación de oxígeno en sangre, concretamente la saturación arterial de oxígeno (SaO₂), es un importante parámetro para evaluar la función respiratoria. En muchos casos, según el cuadro clínico, la edad y la situación del paciente, permite sacar conclusiones sobre la función y la actividad del pulmón.

BIBLIOGRAFÍA

- https://distribuna.com/wpcontent/uploads/2020/05/Cap2_Oxigenoterapia-en-pacientes_13-V-2020.pdf
- https://fapap.es/files/639-738-RUTA/FAPAP3_2011_09.pdf
- <https://empendium.com/manualmibe/chapter/B34.IV.24.20>
- https://www.neumosur.net/files/publicaciones/ebook/28-OXIGENOTERAPIA-Neumologia-3_ed.pdf
- <file:///C:/Users/Administrator/Downloads/Actualizacion%20en%20Oxigenoterapia%20para%20Enfermeria%202007.pdf>
- <https://www.analesdepediatria.org/es-fundamentos-oxigenoterapia-situaciones-agudas-cronicas-articulo-S1695403309003294>
- <http://himfg.com.mx/descargas/documentos/planeacion/guiasclinicasHIM/oxigenotrepia.pdf>
- https://es.wikipedia.org/wiki/Saturaci%C3%B3n_de_ox%C3%ADgeno
- [https://www.news-medical.net/health/What-is-Oxygen-Saturation-\(Spanish\).aspx](https://www.news-medical.net/health/What-is-Oxygen-Saturation-(Spanish).aspx)
- <https://medlineplus.gov/spanish/pruebas-de-laboratorio/nivel-de-oxigeno-en-la-sangre/>
- <https://www.healthline.com/health/es/saturacion-de-oxigeno-normal>
- https://www.sabervivirtv.com/actualidad/coronavirus-baja-saturacion-oxigeno-sangre-covid19_5199
- <https://grupolasmimosas.com/mimoonline/saturacion-de-oxigeno-niveles/>
- <https://grupolasmimosas.com/mimoonline/saturacion-oxigeno-en-gran-altitud/>
- <https://es.scribd.com/document/439372759/Que-es-la-saturacion-de-oxigeno-docx>
- <https://sites.google.com/site/monitorizacionenpacientes/4-contenidos/e-saturacion-de-oxigeno>