

Capítulo 8

Oxigenoterapia

Oxygen therapy

Nicolás Estephen Erazo Velasco

Universidad Santiago de Cali. Cali, Colombia

© <https://orcid.org/0000-0002-5137-2141>

✉ nicolas.erazo00@usc.edu.co

Nathali Carvajal Tello

Universidad Santiago de Cali. Cali, Colombia

© <http://orcid.org/0000-0002-5930-7934>

✉ nathali.carvajal00@usc.edu.co

Juan Sebastián Valladales Gutiérrez

Escuela Nacional del Deporte. Cali, Colombia

© <https://orcid.org/0000-0003-0189-706X>

✉ juan.valladales@gmail.com

Resumen

Introducción: El presente capítulo comprende una revisión detallada sobre la aplicación de la oxigenoterapia, definida como la aplicación de oxígeno con un fin terapéutico como objetivo en la corrección de la hipoxemia. Esto lo hace mediante la suministración de una concentración suplementaria en la fracción de oxígeno inspirado con el fin de tratar la hipoxemia y reducir el trabajo respiratorio; se tratan las definiciones de hipoxia e hipoxemia, se explican las diferentes indicaciones y criterios que se deben tener en cuenta al momento de administrar oxígeno, así como también, las complicaciones que se pueden generar, las diferentes monitorias que se debe llevar a cabo, además los diferentes sistemas y elementos que son necesarios para

Cita este capítulo / Cite this chapter

Erazo Velasco NE, Valladales Gutiérrez JS, Carvajal Tello N. Oxigenoterapia. En: Carvajal Tello N, editora científica. Técnicas de fisioterapia respiratoria: Perspectivas de práctica basada en la evidencia. Cali, Colombia: Universidad Santiago de Cali; 2021. p. 271-307.

administrar oxígeno. **Materiales y métodos:** Se realizó una revisión bibliográfica de artículos tipo descriptivos, analíticos, experimentales y cuasi experimentales, estudios de casos y controles aleatorizados, revisiones bibliográficas, sistemáticas y metaanálisis, en las bases de datos: ScienceDirect, PubMed, Scielo y Google académico entre los años 2006-2020, en relación con la aplicación de la oxigenoterapia.

Resultados: Se describen aspectos relacionados con el concepto de oxigenoterapia, como las indicaciones, métodos para evaluar oxígeno, elementos para administrar oxígeno, sistemas de bajo flujo y alto flujo, complicaciones de la administración. **Conclusiones:** La oxigenoterapia es la primera opción de tratamiento ante la presencia de hipoxemia de origen pulmonar, que ayuda a mejorar la afinidad de la hemoglobina y puede ser administrado a través de diferentes mecanismos no invasivos según la necesidad de cada paciente. Se espera que tanto los profesionales de la salud como los pacientes, tengan más claridad acerca del manejo de la administración de oxígeno.

Palabras clave: terapia por inhalación de oxígeno, hipoxia, oxigenación.

Abstract

Introduction: This book chapter includes a detailed review on the application of oxygen therapy defined as the application of oxygen for a therapeutic purpose as an objective in the correction of hypoxemia, this is done by supplying a supplementary concentration in the oxygen fraction. Inspired in order to treat hypoxemia and reduce work of breathing, the definitions of hypoxia and hypoxemia will be discussed, the different indications will be explained, criteria that must be taken into account when administering oxygen, the complications that are generated, as well as the different monitoring that must be carried out in addition, to the different systems and elements that are necessary to administer oxygen. **Materials and methods:** A bibliographic review of descriptive, analytical, experimental and quasi-experimental articles, case studies and randomized controls, bibliographic, systematic reviews and meta-analysis was carried out

in the databases: ScienceDirect, PubMed, Scielo, Google academic between the years 2006-2020, in relation to the application of oxygen therapy. **Results:** Aspects related to the concept of oxygen therapy are described, such as indications, methods to evaluate oxygen, elements to administer oxygen, low-flow and high-flow systems, administration complications. **Conclusions:** Oxygen therapy is the first treatment option in the presence of hypoxemia of pulmonary origin, which helps to improve the affinity of hemoglobin and can be administered through different non-invasive mechanisms according to the needs of each patient. It is expected that both healthcare professionals and patients will have more clarity about the management of oxygen administration.

Keywords: oxygen inhalation therapy, hypoxia, oxygenation.

Introducción

En el presente capítulo se dará a conocer el uso de la oxigenoterapia. La oxigenoterapia es la aplicación de oxígeno con un fin terapéutico como objetivo en la corrección de la hipoxemia; esto lo hace mediante la suministración de una concentración suplementaria en la fracción de oxígeno inspirado con el fin de tratar la hipoxemia y reducir el trabajo respiratorio. Se utiliza en personas que presenta fallo respiratorio o una PO_2 por debajo de 60 mmHg; si se presenta una ausencia de oxígeno ocasiona un bloqueo del mecanismo respiratorio provocando un cambio del sistema aeróbico a anaeróbico. El empleo adecuado de la administración oxígeno se basa en los diferentes mecanismos de la hipoxemia y el impacto de la administración de oxígeno en estos pacientes.

Al momento de aplicar oxígeno a un paciente requiere previo estudio sobre el tema, cantidad adecuada de O_2 que requiera la persona y un control, considerando las condiciones en la que se encuentra, o la patología del paciente. El encargado de suministrar oxígeno debe poseer conocimientos suficientes referentes a la oxigenoterapia para lograr los objetivos que se desean, seleccionar los diferentes modos

de administración, observar la respuesta del paciente para así sugerir y establecer cambios apropiados que lo beneficien.

Este capítulo se realiza buscando una revisión de literatura en páginas indexadas con el fin de dar conocimiento sobre el uso de la oxigenoterapia; se tratarán los diferentes temas, entre ellos se encuentran las indicaciones de la oxigenoterapia, tanto en estadio agudo como crónico, concepto de hipoxemia e hipoxia además de los diferentes tipos, los métodos para evaluar el oxígeno tanto invasivos como no invasivos, los elementos necesarios para la administrar oxígeno, también describir los sistemas de bajo flujo así como los sistemas alto flujo, sus ventajas y desventajas, las complicaciones de la administración de oxígeno y por último, la evidencia científica en torno al empleo de oxigenoterapia.

Indicaciones de la oxigenoterapia

Al momento de aplicar oxígeno al paciente, se divide en dos estadios agudo y crónico. Cuando se menciona del estadio agudo tendrá un efecto de prevenir el daño tisular en el cuerpo, es necesario tener en cuenta lo siguiente:

- Modificación o cambio de la hemoglobina (Hb) como puede ser la anemia, insuficiencia cardíaca; en estas dos situaciones no hay presencia de hipoxemia.
- Enfermedades que afectan la presión parcial de oxígeno como es el trombo embolismo pulmonar, asma bronquial grave, sepsis.
- El síndrome de dificultad respiratoria aguda (SDRA) si hay una PaO_2 menor 60 mmHg (1).

Estadio Agudo

En la fase aguda, al aplicar oxigenoterapia el enfoque estará dirigido a manejar la hipoxemia y disminuir el trabajo cardíaco y respiratorio; pero esto también afecta a otros órganos en el cuerpo.

Entre los efectos adversos se encuentra el que se produce sistema respiratorio causando falla respiratoria hipercápnica, que puede relacionarse con enfermedades neuromusculares y enfermedad pulmonar obstructiva crónica (EPOC), ocasionando alteraciones en la relación ventilación perfusión (V/Q), ya que durante el mecanismo de la ventilación es probable que se presente hipoxia y vasoconstricción pulmonar.

Estadio Crónico

En la fase crónica, al emplear oxígeno el objetivo es tratar la caída de la presión de oxígeno en la sangre crónicamente, derivada de la enfermedad de base que presente el paciente como en patologías pulmonares crónicas como la bronquitis, el EPOC, la fibrosis pulmonar, enfermedades restrictivas que afectan al pulmón como las distrofias torácicas, cor pulmonares, hipertensión arterial, enfermedades neuromusculares, pulmonar e insuficiencia cardíaca congestiva, entre otras (2).

Conceptos de hipoxemia e hipoxia

A continuación, se presentan los conceptos de hipoxemia e hipoxia:

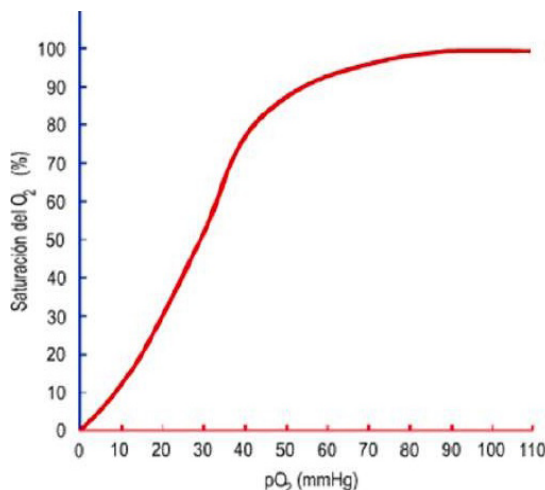
Hipoxemia

Es la disminución de oxígeno en sangre arterial; es interpretada como la insuficiencia respiratoria producida por una disminución del valor en sangre arterial de la presión arterial de oxígeno (PaO_2) a menos de 60 mmHg, con una saturación de oxígeno (SatO_2) menor a 90%. Si la PaO_2 en estos pacientes se encuentran entre los valores 40 y 60 mmHg se considera una hipoxemia importante.

Si ésta cae valores menores a 40 mmHg la alteración es grave y debe temerse que pueda generar daño cerebral y miocárdico. Si la PaO_2 se encuentra en valores menores de 20 mmHg el riesgo de muerte es muy alto. En la figura 92 se presenta la curva de disociación de la he-

hemoglobina por el oxígeno, en donde se observa que a mayor PaO_2 mayor SatO_2 , siendo directamente proporcional.

Figura 92. Curva de disociación de la Hemoglobina por el Oxígeno.



Fuente: Elaboración propia.

Las causas que inducen a la manifestación de la hipoxemia se enumeran a continuación:

- Las grandes alturas provocan una caída de la presión atmosférica que inducen a la disminución en la concentración de oxígeno.
- La hipoventilación alveolar puede originarse por una disfunción del centro respiratorio.
- Por intoxicaciones, traumatismos o malformaciones en los procesos cerebrovasculares.
- El engrosamiento de la membrana alveolar o la ocupación del espacio alveolar dificulta el proceso de la difusión.
- La obstrucción de las vías respiratorias afecta el proceso de conducción de aire hacia el alvéolo y por ende el intercambio gaseoso.
- Anemia.
- SDRA (3).

Hipoxia

Se define como la carencia de oxígeno en las células y tejidos del cuerpo, esto genera la disminución de uno de los elementos imprescindibles en los procesos de producción de energía, cambia su sistema de aeróbico a anaeróbico recurriendo a la producción de adenosín trifosfato (4).

Tipos de hipoxia

Existen diferentes tipos de hipoxia entre las que se encuentran: hipoxémica, anémica, histotóxica e isquémica o circulatoria, por alteración en la de la hemoglobina por el oxígeno y por inadecuada perfusión periférica; a continuación, se describe cada una de ellas:

- **Hipoxia hipoxémica:** Ocasionada por hipoventilación alveolar. PAO_2 baja, difusión alterada, desequilibrio ventilación/perfusión, cortocircuitos (Shunts), exposición a altitud.
- **Hipoxia anémica:** Se origina en la reducción de los niveles de hemoglobina generada por la anemia que conlleva a una hipoxia por reducción del CaO_2 y por tanto del transporte de oxígeno (DO_2) que se encuentra disponible en el cuerpo.
- **Hipoxia histotóxica:** Generado por la incapacidad de la célula para utilizar el oxígeno, disminuye la captación de O_2 por los tejidos debido a envenenamiento, por ejemplo, por intoxicación por cianuro o alcohol.
- **Hipoxia isquémica o circulatoria:** Ocasionado por la reducción del gasto cardiaco que conlleva a que se comprometa el CO_2 , por ejemplo: infarto de miocardio, choque cardiogénico, estasis venoso, síndrome de bajo gasto, parámetros ventilatorios altos o excesivos de ventilación mecánica con presión positiva, cortocircuitos o shunts en donde hay mezcla de sangre arterial con sangre venosa.
- **Hipoxia por trastornos en la afinidad de la hemoglobina por el oxígeno:** Generada por hemoglobinopatías, desviación intensa

de la curva de disociación de la hemoglobina por el oxígeno a la derecha, e intoxicación por monóxido de carbono (CO).

- Hipoxia por inadecuada perfusión periférica: Generada en alteraciones tisulares periféricas en las que el oxígeno no puede ser usado debido a impedimento en la perfusión, por ejemplo, por presencia de placas ateroscleróticas o trombo embolismo pulmonar (5).

Métodos de evaluación de la oxigenación

En la oxigenación existen dos métodos para evaluar la oxigenación entre los que se encuentran no invasivos e invasivos. Los métodos no invasivos no involucran instrumentos que alteren el tejido tegumentario o que penetren físicamente en el cuerpo, en este método no invasivo se incluye la pulsioximetría; dentro de los métodos invasivos se encuentran los gases arteriales.

Métodos no invasivos

El pulsioxímetro tiene dos luces de distintas longitudes de onda, que incurren en el dedo insertado en el dispositivo, llega hasta un fotodetector que cuantifica la absorción de cada longitud de onda ocasionada por la sangre arterial y con esto mide la saturación de oxígeno.

A continuación, en la tabla 17 se describen los aspectos que alteran la medición de la pulsioximetría y en la figura 93 la imagen del pulsioxímetro.

Tabla 17. Factores que alteran la medición de la pulsioximetría.

Movimiento	Cualquier movimiento son causa frecuente de lecturas inadecuadas de la monitoria de la pulsioximetría.
Esmalte de uñas	Los colores oscuros como el negro pueden generar inexactitud en la lectura de la SatO2, a causa de una afectación en la captación lumínica y esto interfiere con las distintas longitudes de onda.
Arritmia cardíaca	Si se presentan trastornos de las señales eléctricas del corazón pueden ser observadas en la oximetría de pulso.
Anestesia	La anestesia residual profunda provoca en la vía respiratoria obstrucción parcial, respiración lenta, descenso del volumen respiratorio, no hay presencia de la tos, todo esto altera la V/Q.
Pigmentación de la piel	En pacientes de raza negra al momento de tomar la prueba varios estudios reportan que se genera un margen de error de +3 a +5%

Fuente: Elaboración propia

Figura 93. Pulsioxímetro.



Fuente: Elaboración propia.

En la tabla 18, se mencionan las ventajas y desventajas del pulsioxímetro.

Tabla 18. Ventajas y desventajas del Pulsioxímetro.

VENTAJAS	DESVENTAJAS
Monitorización rápida y continua de la SatO2 y de la frecuencia cardíaca.	No aporta el pH que mide la acidez o alcalinidad de la persona o el dióxido de carbono (CO2) del paciente como si lo hicieran los gases arteriales.
Es un método no invasivo.	Algunas enfermedades pueden afectar el resultado como la intoxicación por monóxido de carbono (CO).
No hay presencia de dolor.	Aunque da una lectura rápida puede que el resultado no sea 100% fiable, hay varios factores que pueden alterar el resultado cuando se compara con los gases arteriales.
Portátil, manejable y de bajo costo.	Puede presentarse interferencias con equipos eléctricos o al movimiento del paciente

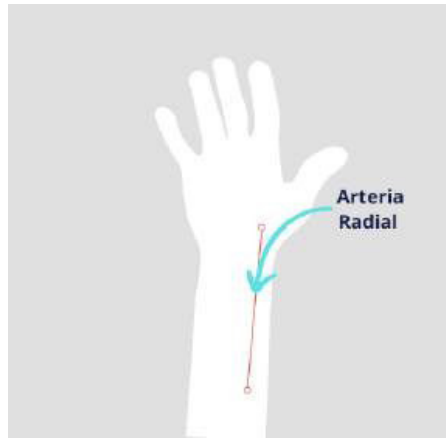
Fuente: Elaboración propia.

Métodos invasivos

La de los gases arteriales es una prueba que permite distinguir el estado ventilatorio, la oxigenación y el estado ácido – base; es la prueba estándar de oro para determinar irregularidades en el intercambio de gases y del equilibrio ácido-base. Se realiza a través de una muestra de sangre arterial. Está indicada en pacientes que presentan una enfermedad crónica o pacientes con enfermedades respiratorias crónicas. Es útil para prescribir el oxígeno que demanda el cuerpo del paciente. Para realizar este tipo de gasometría debe ser tomada una muestra de la arteria radial generalmente lo realiza el personal de enfermería.

La figura 94 muestra el sitio de punción en la arteria radial para la toma de gases arteriales (7).

Figura 94. Sitio de punción toma de gases arteriales.



Fuente: Elaboración propia.

Elementos necesarios para administrar oxígeno medicinal

La administración de oxígeno es una de las soluciones más comúnmente utilizadas para la corrección de una insuficiencia respiratoria, sea esta hipoxémica, hipercápnica o mixta, independientemente de que su revelación sea aguda o crónica agudizada dentro de la misma. En el caso de la insuficiencia respiratoria crónica (IRC) por EPOC, se ha demostrado ampliamente el aumento de la longevidad de las personas que son tratadas con oxígeno (8), y en la insuficiencia respiratoria aguda (IRA), su empleo es ampliamente aceptado desde las primeras décadas del siglo XX (9).

Dentro de algunas guías clínicas (10)(11), se hacen específicos algunos materiales indispensables que, junto con los dispositivos de oxigenoterapia, permiten la correcta administración del oxígeno con un fin terapéutico. No obstante, cabe resaltar que, para el caso del oxígeno domiciliario, solamente el personal médico será el encargado de prescribir el tipo de suministro o fuente de oxígeno, teniendo en cuenta tanto algunos determinantes propios como el tipo de enfermedad, el pronóstico de esta, el nivel de actividad física, como otros

determinantes sociales, entre ellos condiciones del lugar de residencia, cuidador principal y movilidad (12).

A continuación, se realiza la descripción de algunos objetos imprescindibles para la administración de oxígeno terapéutico:

Manómetro y válvula reguladora (manorreductor)

A diferentes formas de fuentes de oxígeno, principalmente al cilindro, se incorpora un manorreductor o válvula reguladora y un manómetro. El segundo cumple la función de ilustrar mediante un sistema de reloj, la presión que hay por dentro de la bala de oxígeno. Por lo general, cuentan con una zona verde, la cual indica que está lleno, y una zona roja que indica que está casi vacía. El primero, tiene como función regular la presión de salida del gas. Es de vital importancia recordar que, en los hospitales, el oxígeno ya llega a las dependencias con la presión reducida, por lo cual no es necesario que el oxígeno de pared cuente con alguno de estos dos instrumentos (10,11,13,14). En la figura 95 se observa, junto al flujómetro del cilindro de oxígeno, el manómetro.

Figura 95. Manómetro y flujómetro.



Fuente: Elaboración propia.

Flujómetro

El flujómetro es un aditamento que se usa en la fuente de oxígeno, directamente en el mando regulador o válvula reguladora, en el caso de la bala de oxígeno y al oxígeno de pared. Es el encargado de regular la velocidad a la que el gas es administrado (flujo), el cual es expresado en litros por minuto (L/min).

Hay varios tipos de flujómetro, entre los cuales van están los que expresan la velocidad con una aguja o con una bolita de acero. (10, 11, 13,14). En la figura 96, se puede observar el flujómetro de pared utilizado en ambiente intrahospitalario. En la figura 97 se puede identificar el flujómetro que tiene las balas de oxígeno.

Figura 96. Flujómetro.



Fuente: Elaboración propia.

Figura 97. Manómetro y flujómetro de la bala de oxígeno.



Fuente: Elaboración propia.

Nipléx

Dispositivo que permite la conexión de tuberías a una fuente de oxígeno, de una manera sencilla. Está hecho con base en PVC medicinal. En la figura 98, se aprecia el nipléx, en donde su parte más ancha es ajustada al flujómetro y su parte más angosta, al sistema de administración de oxígeno.

Figura 98. Niplex.



Fuente: Elaboración propia.

Descritos los elementos necesarios para la administración de oxígeno, se procederá a describir las fuentes de oxígeno que incluyen: balas de oxígeno, concentradores y oxígeno de pared.

Fuente de oxígeno

Así es denominado el lugar desde el cual se distribuye y en el cual se almacena el oxígeno. Hay varias formas de almacenar el oxígeno, desde sistemas centralizados en los hospitales, hasta en diferentes equipos domiciliarios. Su acaparamiento se realiza de manera comprimida con el fin de mantener la mayor cantidad posible de oxígeno dentro del dispositivo fuente. Además, cuentan con un flujómetro que regula la velocidad con la que sale el gas y evitar daños en el aparato respiratorio (10).

Balas de oxígeno

Conocidas como balas de oxígeno y cilindros de oxígeno, son cilindros de acero, considerados sistemas estáticos (8), indispensables para pacientes que solicitan flujos de oxígeno bajos y que hagan salidas esporádicas sin el uso de él. Son usualmente utilizados en aten-

ción primaria en caso de no haber toma central o por si el concentrador falla (10). Es la forma de administración más común y de mayor antigüedad en Colombia (11). Al ser almacenados en 200 bares, pueden liberar volúmenes de oxígeno significativos. La tabla 19 muestra la relación del almacenamiento de oxígeno.

Tabla 19. Relación de la capacidad de almacenamiento de oxígeno con el tamaño del cilindro.

TAMAÑO	VOLUMEN
Cilindros grandes	6000 L
Cilindros medianos	3000 L
Cilindros pequeños	1000 L
Cilindros transportadores de aluminio	444 L

Fuente: Elaboración propia.

Cuando este dispositivo se encuentra lleno, el manómetro permite verificar la presión de salida que marca de 1500 a 2000 libras. A medida que se va utilizando el oxígeno dentro de él, esta presión va disminuyendo lentamente.

Esta fuente de oxígeno cuenta con ventajas como la independencia en cuanto al fluido eléctrico, la no contaminación auditiva y la disponibilidad de éste en cualquier parte. En contraste, pueden elevarse si los requerimientos de oxígeno son elevados, ocupan un gran espacio, requieren recambio permanente entre cada 48 a 72 horas, no facilitan el desplazamiento y hay una alta probabilidad de accidentalidad por ser un gas en compresión, por lo que debe manejarse con todas las medidas de precaución, como ajuste adecuado del manómetro a la bala de oxígeno y usar carros con ruedas que faciliten su movilización, como se logra apreciar en la figura 99.

Figura 99. Bala de oxígeno.



Fuente: Elaboración propia.

Concentradores de oxígeno

Es considerado un sistema estático. Es un equipo pequeño, pesa alrededor de 15- 30 kg (10,11). Funciona a partir del aire ambiente, en donde toma el oxígeno y lo separa del nitrógeno, aumentando su concentración hasta un 95%. En la figura 100 se observa un equipo de estos, donde se puede identificar su respectivo flujómetro en la parte frontal.

Este equipo funciona con corriente eléctrica y puede dar un flujo de 5-10L/min, se afirma que al utilizarlos a un flujo por encima de los 3L/min disminuye de manera importante la concentración de oxígeno. Al funcionar con fluido eléctrico, son necesarias solamente las visitas por mantenimiento y no por recambio.

Es considerado un sistema ideal para pacientes que requieren oxigenoterapia nocturna exclusiva. Es efectivo para pacientes oxígeno dependientes si se usa al menos 15 horas al día (incluyendo la noche) y a bajos flujos (1-2 L/min). Sin embargo, la falta de adherencia al mismo

se ve influenciada por los bajos niveles de educación a los usuarios por parte de los profesionales sobre su importancia.

Figura 100. Concentrador de oxígeno Everflo Respironics.



Fuente: www.ortopedicosfuturo.com.

Teniendo en cuenta su dependencia al fluido eléctrico (250-500 w/h), el gasto que incurre su funcionamiento debe ser sufragado por la familia. Además de esto, su flujo está limitado por ser inversamente proporcional a la FiO_2 .

Oxígeno de pared

También conocido como central de oxígeno; es aquel que se usa en los hospitales. En este caso, el gas se almacena en una instalación extra hospitalaria y es suministrado en donde se le solicite a través de tuberías que conectan el tanque central a las diferentes dependencias (13).

Es necesario que, para su uso, sea adaptado un flujómetro como se evidencia en la figura 101.

Figura 101. Flujómetro conectado a oxígeno de pared.



Fuente: Elaboración propia

En la tabla 20, se precisará de forma resumida las características, indicaciones, ventajas, desventajas y costos de cada sistema fuente de oxígeno terapéutico.

Tabla 20. Características sistemas de fuentes de oxígeno.

SISTEMA	CARACTERÍSTICAS	INDICACIONES	VENTAJAS	DESVENTAJAS	COSTO
Cilindro	Estático intra/extra hospitalario grandes, pesados y con riesgo de caída	Complemento de fuente fija para asegurar movilidad.	Ausencia de ruido y fluido eléctrico, permite desplazamiento	Renovación constante.	Modera- do
Concen- trador	Estático extra hospi- talar. Ocupa menos espacio, ideal para oxígeno nocturno.	Paciente con mo- vilidad reducida y necesidad de flujos bajos.	No es neces- aria constante renovación (solo manteni- miento).	FiO2 y flujos inversos, ruido- so, no permite desplazamiento	Bajo
Oxígeno de pared	Estático intra hospi- talar	Pacientes institu- cionalizados	Baja presión, altos flujos	Fuente estática	Alto

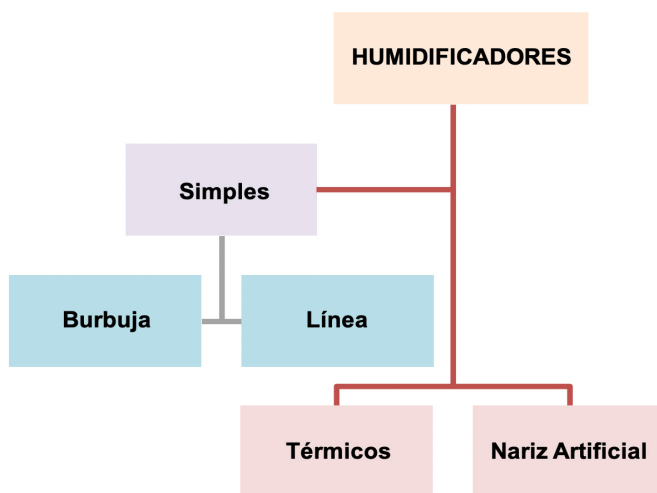
Fuente: Elaboración propia.

Sistemas de humidificación

Dentro de condiciones fisiológicas, la zona de saturación isotérmica ubicada 5 cm más allá de la carina, es el sitio dentro del cual el aire es acondicionado para su intercambio, añadiéndose vapor de agua por evaporación y temperatura por convección; el aire es preparado con una humedad absoluta de 48 mg/ml y alcanza una temperatura alveolar de 37°C una humedad relativa del 100%. Es importante recordar que, si un gas es inspirado a menos de 37°C y es calentado en la vía aérea, contribuirá a que las secreciones se deshidraten y se espesen. Es aquí donde está la importancia de acondicionar el aire antes de entrar en la vía aérea.

El humidificador es entonces un elemento que se encarga de brindar la humedad solicitada a los gases que el paciente respira. Se identifica como un recipiente, lleno un poco más de la mitad de su capacidad por agua estéril y que se ubica interpuesto en el sistema de oxígeno o de ventilación del paciente. En la figura 102, se puede observar su clasificación.

Figura 102. Clasificación de los humidificadores.



Fuente: Elaboración propia.

Humidificadores simples

Se consigue cuando el gas pasa a través del agua dentro del recipiente. A su vez podemos diferenciar dos tipos, de burbuja y de línea. En el primero, humidificador de burbuja, más utilizado por cierto, el gas pasa por debajo del agua y esto permite que las burbujas lleguen a la superficie, lo que aumenta el área de la superficie y el tiempo de contacto, incrementando directamente su eficacia.

En el segundo, humidificador de línea, el aire pasa por la superficie del agua y se dirige al paciente, teniendo una baja eficacia por la disminución de tiempo y superficie de contacto. En la figura 103 se observa el humidificador de burbuja.

Figura 103. Humidificador de burbuja.



Fuente: Elaboración propia.

Térmicos

Funcionan de tal manera que al elevar la temperatura del agua aumentan su evaporación, siendo directamente proporcional el au-

mento de la capacidad del gas de llevar vapor de agua al pasar por el humidificador. Son los humidificadores de elección cuando se utilizan flujos altos, en especial durante el uso de los ventiladores mecánicos. El más empleado es la cascada tipo Bennett.

Nariz Artificial

Distinguida como intercambiador de calor y humedad (HCH), simboliza la solución con menor riesgo beneficio en cuanto a contaminación bacteriana y más accesible. Siendo ideal para periodos cortos, se utiliza durante la ventilación mecánica invasiva, pues se asocia la aparición de secreciones espesas a largo plazo. En la figura 104 se logra evidenciar el humidificador tipo nariz artificial.

Figura 104. Nariz artificial



Fuente: Elaboración propia

Por último, es relevante concluir que cuando los pacientes necesiten de dispositivos que proporcionen flujos por debajo de 4L/min, no se precisará agregar humidificación a sus sistemas de oxigenoterapia, ya que, además de añadir un costo de más, presentan fugas de oxígeno y aumenta el riesgo de la contaminación bacteriana.

Las posibles situaciones que ameritan la humidificación son: paciente con traqueostomía o intubación traqueal y pacientes que mantienen la vía aérea natural que requieren flujos altos. La British Thoracic Society (BTS) dice que no es necesario el uso de humidificador con oxígeno en casa; en caso tal de presentar molestia en vía aérea superior, es preferible adecuar el aire ambiente y aplicar suero fisiológico nebulizado (evidencia C) (15).

Dispositivos de oxigenoterapia

Definidos los elementos y aditamentos necesarios para la administración de oxígeno terapéutico, es necesario describir los sistemas mediante los cuales él mismo llegará directamente a la vía aérea del paciente. En esta ocasión se mencionan los sistemas no invasivos. Grosso modo, estos pueden ser clasificados como sistemas de bajo flujo y sistemas de alto flujo descritos en la tabla 21. Dentro de los sistemas de bajo flujo se puede identificar la cánula nasal, la máscara simple y la máscara de no reinhalación, mientras en los sistemas de alto flujo se reconoce la máscara Ventury.

Tabla 21. Sistemas de administración de oxígeno terapéutico.

ALTO FLUJO	BAJO FLUJO
Máscara Ventury	Cánula nasal
	Máscara simple
	Máscara de no reinhalación

Fuente: Elaboración propia

La principal diferencia entre ambos sistemas radica en el principio que utiliza para su función y la fracción inspirada de oxígeno (FiO_2) que aporta cada uno.

Para el caso de los sistemas de alto flujo, se pueden definir como aquellos en los cuales el flujo de oxígeno y la capacidad del reservorio son

suficientes para suplir el volumen minuto que requiere el paciente ($\text{Volumen corriente} \times \text{Frecuencia respiratoria}$).

Los sistemas Ventury que son los más utilizados, funcionan a través del principio de Bernoulli (figura 105) el cual indica que un flujo gaseoso de alta velocidad por un conducto estrecho produce una presión subatmosférica lateral a la salida del conducto (tal como ocurre en el proceso de inspiración o entrada de aire a los pulmones) lo que facilita la entrada de aire atmosférico a dicho conducto. En este orden de ideas, se puede concluir que, al variar el tamaño del orificio, se podrá cambiar la FiO_2 administrada al paciente.

Figura 105. Efecto Bernoulli.



Fuente: Asociación Colombiana de Neumología Pediátrica. Oxigenoterapia. 2010.

Los sistemas de bajo flujo son aquellos en los cuales el sistema no es capaz de suministrar la totalidad del volumen-minuto que pueda requerir un paciente, solo parte del volumen corriente inspirado por el paciente. Pueden administrar una concentración de oxígeno que va desde el 21% hasta el 100%; esta variará según el flujo inspiratorio, la ventilación por minuto y los cambios en el flujo del oxígeno.

A continuación, en la tabla 22 se presentan las características de los sistemas.

Tabla 22. Características de los sistemas de alto y de bajo flujo.

ALTO FLUJO	BAJO FLUJO
Proporcionan un FiO_2 estable.	El FiO_2 proporcionado no es exacto y varía por el patrón y esfuerzo respiratorio del paciente.
La concentración de oxígeno, suministrada puede ser alta o baja.	Proporcionan concentraciones de 24% a 100%.
A flujos bajos, no es necesario humidificador (hasta 30%)	Parte del volumen corriente proviene del aire atmosférico.
Funcionan bajo el principio de Bernoulli.	Suministra un % de oxígeno variable.

Fuente: Elaboración propia.

Sistemas de alto flujo

Máscara ventury

Dentro de los sistemas de alto flujo no invasivos, el dispositivo más utilizado es la máscara ventury (figura 106). Sobre su funcionamiento solo queda especificar que para facilitar el control sobre la FiO_2 suministrada por el mismo, el fabricante identifica con colores diferentes el tamaño de su orificio.

En resumen, en la tabla 23 se puede asociar la FiO_2 suministrada, con el color y con el respectivo flujo necesario.

Figura 106. Máscara ventury.



Fuente: Elaboración propia.

Tabla 23. Relación entre Flujo de oxígeno en Litros por Minuto, FIO₂ y color.

FLUJO L/MIN	F _i O ₂ %	COLOR
4	24%	Azul
4	28%	Amarillo
6	31%	Blanco
8	35%	Verde
10	40%	Rosado
12	50%	Naranja
15	60%	Rojo

Fuente: Elaboración propia

Sistemas de bajo flujo

Dentro de los sistemas de bajo flujo, en orden de flujo necesario para la administración del oxígeno se puede encontrar:

Cánula nasal

Es el sistema de bajo flujo más utilizado. Consiste en una cánula con dos conductos adaptados a cada orificio nasal (se observa en la figura 107). Tiene la gran ventaja de permitir la alimentación mientras se está administrando el oxígeno terapéutico. Está indicada en pacientes con enfermedad aguda o crónica con hipoxemia leve o recuperación posanestésica. Siendo un dispositivo de bajo flujo no es recomendable usar flujos superiores a 5L/min debido a que pueden ocasionar resequedad e irritación. La FiO_2 máxima suministrada es de 40% distribuyéndose como se muestra en la tabla 24.

Figura 107. Cánula nasal.



Fuente: Elaboración propia.

Tabla 24. Relación de flujo y FiO_2 estimado por cánula nasal.

FLUJO EN LITROS POR MINUTO	FiO_2 ESTIMADO
1	24%
2	28%
3	32%

FLUJO EN LITROS POR MINUTO	FiO2 ESTIMADO
4	36%
5	40%

Fuente: Elaboración propia

En pediatría, en patologías como la bronquiolitis, es la primera opción para la corrección de la hipoxia a pesar de tener a la mano herramientas como el oxígeno humidificado de alto flujo, puesto que este último no muestra evidencia sobre el proceso de la enfermedad subyacente de la bronquiolitis moderadamente grave. Sin embargo, se puede hacer escalonamiento a una cánula nasal de alto flujo previo al uso de presión positiva continua en vía aérea nasal (nCPAP) en caso tal de que no haya un soporte adecuado por parte de la cánula nasal de bajo flujo.

Máscara Simple

La máscara simple es un dispositivo que consta de una mascarilla que cubre nariz y boca, se ajusta a través de la cinta trasera y el pasador metálico delantero (figura 108). Posee orificios laterales que permiten la salida de aire durante la espiración y que dificultan la entrada de aire durante la inspiración. Al funcionar con flujos de 5-8 L/min, proporciona una FiO₂ aproximada de 40%-60%, dependiendo del patrón respiratorio del paciente. En la tabla 25, se puede apreciar la FiO₂ aproximada con su respectivo flujo.

Figura 108. Máscara Simple.



Fuente: Elaboración propia

Tabla 25. Relación del flujo y FiO₂ estimado por máscara simple.

FLUJO EN LITROS POR MINUTO	FiO2 ESTIMADO
5-7	40%
7-8	50%
8-10	60%

Fuente: Elaboración propia.

Máscara de no reinhalación

Es el principal dispositivo de uso extrahospitalario para pacientes poli traumatizados, con edema de pulmón, intoxicados por monóxido de carbono, entre otras. Consta de una bolsa entre la fuente de oxígeno y la máscara que se pone el paciente, con el fin de mantener una reserva constante de oxígeno (figura 109).

Figura 109. Máscara de no - reinhalación.



Fuente: Elaboración propia.

Posee dos válvulas unidireccionales, la primera se encuentra en el codo de unión de la bolsa con la máscara, la cual se abre ante la disminución de la presión intrapulmonar (inspiración). Del mismo modo, al aumentar la presión intrapulmonar ésta se cierra y abre las válvulas espiratorias de la mascarilla. De este modo, se bloquea la mezcla de aire ambiente con el oxígeno en la bolsa de reservorio. Al funcionar con flujos de 10 a 15 L/min, permite suministrar una FiO₂ de 60-100%.

En la tabla 26, se presenta un breve resumen correspondiente a características, flujos, ventajas y desventajas de cada sistema de bajo flujo.

Tabla 26. Características ventajas y desventajas de los sistemas de bajo flujo.

DISPOSITIVO	CARACTERÍSTICAS	VENTAJAS	DESVENTAJAS	FIO2	FLUJO (L/min)
Cánula nasal	Interface de administración más sencilla. Consta de dos puntas que se adaptan a cada fosa.	Permite hablar, comer, dormir, expectorar sin interrumpir administración de O2. Bajo costo	FiO2 impredecible, eficacia disminuye en respiraciones bucales. Altos flujos producen resequedad	24-40%	1 a 5 Lpm

DISPOSITIVO	CARACTERÍSTICAS	VENTAJAS	DESVENTAJAS	FIO ₂	FLUJO (L/min)
Máscara simple	Abarca nariz y boca, permite espiración a través de orificios laterales	Permite transporte en urgencias leves y FiO ₂ más altas	FiO ₂ impredecible, dificulta alimentación y comunicación oral.	40-60%	5 – 10 Lpm
Máscara con reservorio	Permite concentraciones altas de O ₂ , posee bolsa de 1 L que permite almacenar O ₂ puro entre fuente y paciente. Posee válvulas unidireccionales	Permite concentraciones de O ₂ altas y administración de gases anestésicos	Facilita proliferación de bacterias ante humedad, dificulta comunicación oral, alimentación y expectoración.	60 - 100%	10 – 15 Lpm

Fuente: Elaboración propia

Complicaciones de la oxigenoterapia

La oxigenoterapia al ser un procedimiento médico debe utilizarse sólo si está indicado y en las dosis adecuadas para evitar o corregir la hipoxemia. Por tal motivo, es responsabilidad de los profesionales en salud a cargo de la administración de oxígeno realizar una correcta prescripción de este, así como realizar el proceso de destete de oxígeno en cuanto sea posible.

El riesgo para el uso del oxígeno pueden ser los derivados directamente de su uso y los derivados del almacenamiento y manipulación errónea de este (9). En el neonato, por ejemplo, Luna Et al mencionan que en el estudio de Northway se concluyó que una FiO₂ de 0,8 y 1,0 en pacientes neonatos se asociaba al desarrollo de displasia broncopulmonar (DBP).

Se conoce también que el uso de los suplementos de oxígeno podría alterar la sensibilidad de los quimiorreceptores y aumentar el periodo de latencia de la respuesta ventilatoria ante los cambios de presión de O₂. Ya los relacionados con la manipulación incluyen el riesgo de inflamación de materiales y quemaduras en fosas nasales por flujos altos en cánula (niños superiores a 3L/min). A continuación, se des-

criben algunas de las complicaciones más frecuentes asociadas a la oxigenoterapia.

- **Atelectasia por absorción:** Se produce un desplazamiento del nitrógeno por concentraciones elevadas de O_2 . El incremento de O_2 en los alvéolos se difunde más rápidamente al capilar, provocando un colapso alveolar.
- **Hipoventilación inducida por el oxígeno:** Concentraciones elevadas de oxígeno en aquellos que conviven con hipoxia crónica como pacientes con EPOC, pueden llevar a que se produzca disminución en la profundidad de la respiración ocasionando una hipoventilación. A su vez, el disminuir la ventilación produce un aumento en los niveles de CO_2 haciendo que se disminuya el estímulo para respirar. Por lo tanto, el rango de $SatO_2$ que deben manejar este tipo de pacientes es entre 88 – 92% para mantener el estímulo respiratorio asociado a la hipoxemia crónica.
- **Toxicidad al oxígeno:** El uso inadecuado o en exceso a nivel pulmonar puede causar: edema alveolar, fibrosis, hemorragia intra alveolar, congestión pulmonar, formación de membrana hialina.
- **Retinopatía del prematuro:** El O_2 alto ocasiona vasoconstricción en la retina, los vasos se colapsan y el crecimiento de la retina se detiene en la periferia, lo que podría causar ceguera parcial o total. Por lo tanto, los ojos del recién nacido que utiliza oxígeno, como medida de prevención deben ser vendados para evitar la llegada del oxígeno a la retina.

Evidencia científica de la oxigenoterapia

Alonso et al, realizaron una aplicación de oxigenoterapia de alto flujo en cinco niños, de edad de 2 a 13 meses, todos con peso inferior a 7 kg; la implementación se realizó en el área de cuidados moderados del Hospital Pediátrico del Centro Hospitalario Pereira Rossell, se excluyeron los niños con, PCO_2 60, acidosis mixta, compromiso de conciencia y/o hemodinamia inestable. El protocolo de oxigenoterapia se basó en la administración inicial de oxígeno a 8-10 l/min con una FiO_2

de 0,6. A los 20 minutos de iniciada la oxigenoterapia de alto flujo y de acuerdo con la respuesta observada, se inicia el descenso progresivo de la FiO₂ hasta lograr una saturación de oxígeno mayor o igual a 95%, la respuesta al tratamiento se valoró con score de Tal modificada; se observó mejoría del score de Tal a las 2 h (2015) (17).

Frat et al, realizaron un ensayo multicéntrico, abierto, en el que se asignaron al azar a pacientes sin hipercapnia que tenían insuficiencia respiratoria hipoxémica aguda; se incluyó un total de 310 pacientes en los análisis. La tasa de intubación (resultado primario) fue 38% (40 de 106 pacientes) en el grupo de alto flujo de oxígeno, 47% (44 de 94) en el grupo estándar y 50% (55 de 110) en el grupo de ventilación no invasiva. El número de días sin ventilador el día 28 fue significativamente mayor en el grupo de alto flujo de oxígeno (24 ± 8 días, frente a 22 ± 10 en el grupo de oxígeno estándar y 19 ± 12 en el grupo de ventilación no invasiva). Hubo una diferencia significativa a favor del oxígeno de alto flujo en la mortalidad a los 90 días (18).

Mejía et al, llevaron a cabo un reporte de caso de oxigenoterapia COVID-19 donde se define el tratamiento con oxígeno suplementario. En los casos de hipoxia leve se recomienda la cánula nasal. Cuando hay mayor compromiso de la PaO₂/FiO₂, se ha propuesto la cánula de alto flujo (usando una máscara para evitar la propagación de aerosoles), como una herramienta que puede retrasar y prevenir la necesidad de intubación orotraqueal y el uso de ventilación mecánica invasiva; la cánula de alto flujo, es bien tolerada, reduce el trabajo respiratorio, ayuda a prevenir la intubación, es ideal en caso de no tener ventiladores disponibles y cuando los métodos de oxígeno suplementario sean insuficientes para lograr las metas de saturación de oxígeno (19).

Caudevilla et al, en una revisión bibliográfica sobre tratamiento con oxigenoterapia de alto flujo limitado en 10 años, obtuvieron un total de 72 artículos. Como conclusión la oxigenoterapia de alto flujo es una opción terapéutica útil en pacientes con exacerbación asmática, especialmente en crisis moderada-grave (20).

Conclusiones

En este capítulo del libro se socializaron conceptos como la oxigenoterapia, las indicaciones de esta cuando el déficit es por una condición aguda o crónica agudizada. Además, se recordaron conceptos tales como la diferencia entre hipoxemia e hipoxia y la curva de disociación oxígeno hemoglobina, de importancia trascendental, a la hora de analizar la saturación del oxígeno en los pacientes con síntomas respiratorios.

Así mismo, se indagó sobre la variedad de herramientas a la mano del fisioterapeuta y profesional de la salud que emplea oxigenoterapia, para corregir dichas condiciones en la medida de lo posible de manera no invasiva, y los principios físicos por los cuales dichas herramientas cumplen su función. Se espera que el capítulo desarrollado sea un instrumento útil para los profesionales de la salud que emplean oxígeno en sus pacientes para una adecuada prescripción, brindando aspectos de seguridad.

Referencias bibliográficas

1. Rodríguez L. Tratamiento con oxígeno en el medio hospitalario. Indicaciones y manejo de la oxigenoterapia. Condes aragon, Zaragoza. Neumología y salud SL. 2013. Disponible en: <https://neumologiaysalud.es/>
2. Luna Paredes MC, Asensio de la Cruz O, Cortell Aznar I, Martínez Carrasco MC, Barrio Gómez de Agüero MI, Pérez Ruiz E, et al. Fundamentos de la oxigenoterapia en situaciones agudas y crónicas: indicaciones, métodos, controles y seguimiento. *An Pediatr (Barc)*. 2009;71(2):161-74.. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.anpedi.2009.05.012>
3. Gutiérrez Muñoz FR. Insuficiencia respiratoria aguda. *ScieLoperu* [Internet]. 2010 Oct [citado 2021 Mayo 09]; 27(4): 286-297. Disponible en: http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1728-59172010000400013&lng=es.

4. Longo L, Fauci A. S, Kasper D.L., Hauser S.L.. Hipoxia y cianosis. Harrison principios de medicina interna (18th ed., pp. 287-290). New York, United States 2016. [citado 1 abril del 2022] Disponible en: <https://dial-net.unirioja.es/>
5. Crosara D. Alteraciones agudas del metabolismo del oxígeno. Rev Mex Anest. 2015. [citado 1 abril del 2022] Disponible en: <https://www.medi-graphic.com/>
6. Rojas-Pérez EM. Factores que afectan la oximetría de pulso. Rev Mex Anest. 2006; 29 (Suppl: 1):193-198. Disponible en: <https://www.medigraphic.com/>
7. Cortés-Telles A, Gochicoa-Rangel LG, Pérez-Padilla R, Torre-Bouscoulet L. Gasometría arterial ambulatoria. Recomendaciones y procedimiento. Neumol. cir. tórax [revista en Internet]. 2017 Mar [citado 9 mayo del 2021];76(1):44-50. Disponible en: http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0028-37462017000100044&lng=es.
8. Mangas A, Villasante C, García-Quero C, Vives T. Tratamiento de la insuficiencia respiratoria. Medicine. 2018;12(66):3879–86 [citado 1 abril del 2022] DOI: <https://doi.org/10.1016/j.med.2018.10.022>
9. Paredes L et al. Fundamentos de la oxigenoterapia en situaciones agudas y crónicas. Indicaciones, métodos, controles y seguimientos. Anales de pediatría. 2009; 71 (2). 161-174 [citado 1 abril del 2022]. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.anpedi.2009.05.012>
10. Arraiza N. Guía y poster de dispositivos de oxigenoterapia. Universidad Pública de Navarra. 2014-2015. [citado el 1 abril del 2022]. Disponible en: <https://academica-e.unavarra.es/xmlui/handle/2454/18478>
11. Asociación Colombiana de Neumología Pediátrica. Oxigenoterapia. ACNP. 2010. [citado el 1 abril del 2022] Disponible en: <https://issuu.com/acnp/docs/oxigenoterapia1/17>
12. Sociedad Española de Neumología y Cirugía Torácica. Guía para pacientes con oxigenoterapia. SEPAR. 2014-2015. [citado 1 abril del 2022]. Disponible en: <https://www.separ.es/node/191>

13. Álvarez I, Arteaga x. La oxigenoterapia en urgencias. Zona TES. 2013; 1(2):68-72. Disponible en: <http://www.zonates.com/es/revista-zona-tes/menu- revista/numeros-anteriores/vol-2--num-2--abril-junio-2013/articulos/la-oxigenoterapia-en-urgencias.aspx>
14. Ministerio de Salud de Colombia. Recomendaciones para el uso del oxígeno. MINSALUD. 2016. [citado 1 abril del 2022] Disponible en: <https://www.minsalud.gov.co/Ministerio/Institucional/Procesos%20y%20procedimientos/PSSS03.pdf>
15. Rodríguez J, López S, Sánchez G, de Lucas P. Humidificación del aire inspirado y oxigenoterapia crónica domiciliaria. Revista de patología respiratoria; 2011. 14(2):49-53. [citado 1 abril del 2022]. DOI: [https://doi.org/10.1016/s1576-9895\(11\)70107-2](https://doi.org/10.1016/s1576-9895(11)70107-2)
16. Keperotes E et al. High flow warm humidified oxygen versus standard low-flow nasal cannula oxygen for moderate bronchitis (HFWHO RCT): an open, phase 4, randomised controlled trial. Lancet- 2017;389(17): 929-939. [citado 1 abril del 2022]. DOI: [https://doi.org/10.1016/s0140-6736\(17\)30061-2](https://doi.org/10.1016/s0140-6736(17)30061-2)
17. Alonso B, Tejera J, Dall'orso P, Boulay M, Ambrois G, Guerra L et al. Oxigenoterapia de alto flujo en niños con infección respiratoria aguda baja e insuficiencia respiratoria. Arch. Pediatr. Urug. [Internet]. 2012 Jun [citado 2021 Mayo 09]; 83(2): 111-116. Disponible en: http://www.scielo.edu.uy/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1688-12492012000200006&lng=es.
18. Frat J-P, Thille AW, Mercat A, Girault C, Ragot S, Perbet S, et al. High-Flow Oxygen through Nasal Cannula in Acute Hypoxemic Respiratory Failure. New England Journal of Medicine. 2015;372(23):2185-96. [citado 1 abril del 2022]. DOI: <https://doi.org/10.1056/nejmoa1503326>
19. Mejía-Zuluaga M, Duque-González L, Orrego-Garay MJ, Escobar-Franco A, Duque-Ramírez M. Oxigenoterapia en COVID-19: herramientas de uso previo a la ventilación mecánica invasiva. Guía simple. CES Med [Internet]. 12 de junio de 2020 [citado 9 de mayo de 2021];34:117-25. DOI: <https://doi.org/10.21615/cesmedicina.34.covid-19.16>

20. Caudevilla Lafuente. Tratamiento con oxigenoterapia de alto flujo en pacientes pediátricos con crisis de asma. Hospital Miguel Servet(inter-net) Vol. 50, N°. 2 (Mayo-Agosto), 2020, págs. 77-84. [citado 1 abril del 2022] Disponible en:<https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=7617259>