

Oxigenoterapia.

Dr. Alberto Jarillo Quijada

RESUMEN:

Con el fin de prevenir y tratar los síntomas y las complicaciones de la hipoxia, cualquiera que sea su etiología, la administración de oxígeno a concentraciones mayores a las del aire ambiente (21%), debe ser la primer estrategia implementada en los pacientes. Considerado como un medicamento, la prescripción de oxígeno suplementario con fines terapéuticos debe encontrarse suficientemente fundamentada y el suministro debe ser de forma correcta y segura.

INTRODUCCIÓN.

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 ($PaO_2 < 60$ 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 : $paO_2 < 60$ 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).

INDICACIONES.

Ante un paciente con sospecha de hipoxia, no se justifica esperar la determinación de gases arteriales para tomar la decisión de iniciar el suministro de oxígeno como primer estrategia de tratamiento. La cianosis central (labios lengua y mucosas) es un signo que se presenta cuando la PaO_2 es < 50 mmHg y la saturación de hemoglobina es $< 85\%$, aun cuando esta mejore o desaparezca como consecuencia de la oxigenoterapia, es deseable evaluar la respuesta de manera integral con la evolución global del paciente al tratamiento, así como con oximetría de pulso y gasometría, después de lo cual se determinarán la o las causas de hipoxia y se establecerán las estrategias más convenientes.

ADMINISTRACIÓN.

Para administrar convenientemente el oxígeno es necesario conocer la concentración de oxígeno en la mezcla del gas suministrado y utilizar un dispositivo adecuado de administración.

La fracción inspirada de oxígeno (FIO_2) es la concentración o proporción de oxígeno en la mezcla del aire inspirado. Por ejemplo, si el volumen corriente de un paciente es de 500 ml y está compuesto por 250 ml de oxígeno, la FIO_2 es del 50%.

Dispositivos de Administración.

De acuerdo al volumen de gas proporcionado, los dispositivos de suministro de oxígeno suplementario se encuentran divididos en sistemas de alto y de bajo flujo.

- I. Los dispositivos de alto flujo suministran un volumen de gas mayor de 40 L/min, lo cual es suficiente para proporcionar la totalidad del gas inspirado, es decir, que el paciente solamente respira el gas suministrado por el dispositivo. A excepción de la bolsa-válvula-mascarilla, estos dispositivos utilizan un tubo corrugado y un nebulizador con un sistema Venturi que por principio de Bernoulli, el flujo de oxígeno succiona aire del medio ambiente brindando una mezcla de aire. Dependiendo de la marca, la FIO_2 suministrada al paciente puede ser desde 24% al 50%. Una observación muy importante a tomar en cuenta, como se muestra en la tabla 1, es que a medida que la FIO_2 se incrementa, el volumen de la mezcla de gas suministrado disminuye, incluso por debajo de 40 L/min cuando se selecciona una FIO_2 del 50%, por lo que es necesario seguir las instrucciones del fabricante en cuanto a ajustar el flujo de oxígeno necesario, con el fin de garantizar la FIO_2 deseada y prevenir reinhalación de CO_2 . Hay marcas que ofrecen brindar FIO_2 del 80 al 100%, sin embargo, como ya se ha mencionado el volumen de gas suministrado puede encontrarse por debajo de 40 L/min., con el riesgo de reinhalación de CO_2 .

Figura 1. Nebulizador.



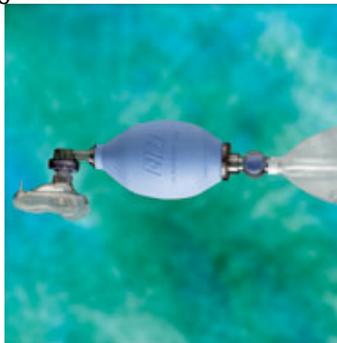
Tabla 1. Suministro de oxígeno con dispositivos de alto flujo.

FiO2 seleccionada	Flujo de O2 Necesario (Verificar de acuerdo a marca y fabricante)	Litros de aire succionados del medio ambiente	Flujo total de mezcla de gas.
24%	4 L/min	101 L/min	105 L/min
28%	6 L/min	62 L/min	68 L/min
31%	8 L/min	55 L/min	63 L/min
35%	10 L/min	46 L/min	56 L/min
40%	12 L/min	38 L/min	50 L/min
50%	15 L/min	18 L/min	33 L/min

Las ventajas de estos dispositivos son: 1) Ofrecer altos flujos de gas con una FiO2 constante y definida y 2) Es posible controlar temperatura, humedad y FiO2. Los dispositivos de alto flujo se dividen a su vez en:

- i. Sistemas cerrados: en estos no existe posibilidad de mezcla adicional con aire del medio ambiente, pero existe mayor posibilidad de reinhalación de CO2 si el volumen de gas suministrado no es el suficiente para permitir su lavado. Ejemplos de estos dispositivos son:
 1. Casco cefálico e incubadora: son los dispositivos más representativos, en estos la mayor concentración de O2 tiende a acumularse en las partes bajas.
 2. Bolsa-válvula-mascarilla de reanimación. Este dispositivo utiliza un borboteador en lugar de un nebulizador, si funciona y se opera adecuadamente tiene la capacidad de brindar FiO2 al 100% ya que su diseño integra bolsa reservorio y válvulas unidireccionales, incluso es posible adaptar válvula de presión positiva continua durante la espiración, la cual previene colapso alveolar en los pacientes con enfermedad pulmonar grave y sometidos a ventilación mecánica. Los flujos de oxígeno necesarios para garantizar su funcionamiento van de 10 a 15 L/min.

Figura 2. Bolsa-válvula-mascarilla.



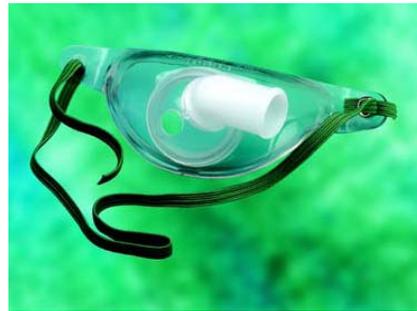
- ii. Sistemas abiertos: en estos existe la posibilidad de mezcla adicional con el aire del medio ambiente, por lo que la posibilidad de reinhalación de Co2 es menor pero la FiO2 es más difícil de garantizar. Ejemplo de estos dispositivos son:

1. Pieza en "T" o collarín de traqueostomía. En pacientes con traqueotomía o tubo endotraqueal, hay un flujo continuo de gas. Se necesita un flujo de 3 a 5 litros para lavar el CO₂ producido por el paciente.

Figura 3. Pieza en T.



Figura 4. Collarín de traqueostomía.



2. Tienda facial. Garantiza que el suministro de la mezcla de gas no se separe de la vía aérea superior del paciente.

Figura 5. Tienda facial.



II. Los dispositivos de bajo flujo proporcionan menos de 40L/min de gas, por lo que no proporciona la totalidad del gas inspirado y parte del volumen inspirado es tomado del medio ambiente. Todos estos dispositivos utilizan un borboteador que funciona como reservorio de agua para humidificar el oxígeno inspirado.

Figura 6. Borboteador.

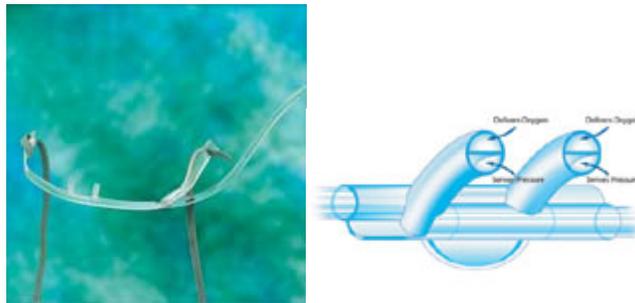


En general las indicaciones de estos dispositivos son pacientes con enfermedades agudas o crónicas con hipoxemia leve a moderada, con dificultad respiratoria leve. Los dispositivos de bajo flujo más frecuentemente utilizados son:

i. Puntas nasales.

- a. *Ventajas.* Es el método más sencillo y cómodo para la administración de oxígeno a baja concentración en la mayoría de los pacientes, ya que permite el libre movimiento del niño y la alimentación vía oral mientras se administra oxígeno.
- b. *Indicaciones.* Suministro de oxígeno a bajas concentraciones en pacientes con enfermedad aguda o crónica con hipoxemia y dificultad respiratoria leve o recuperación post anestésica.
- c. *Inconvenientes.* Imposible determinar la FiO_2 administrada, pero puede calcularse de manera aproximada multiplicando por cuatro el flujo de oxígeno suministrado y sumar 21. Por ejemplo si el flujo de oxígeno suministrado es de 3 L/min, la FiO_2 suministrada por puntas nasales es de 33 % aproximadamente ($[3 \times 4]+21=33\%$). No se recomienda el suministro a flujos de oxígeno superiores de 6 L/min., debido a que el flujo rápido de oxígeno ocasiona resequedad e irritación de las fosas nasales y porque flujos superiores no aumentan la concentración del oxígeno inspirado; a un flujo máximo de oxígeno de 6 L/min, la FiO_2 máxima suministrada por puntas nasales es de 40 a 45%. Existe el riesgo de obstrucción de los orificios de suministro y obstrucción de fosas nasales.

Figuras 7 y 8. Puntas nasales (detalle).



ii. Máscara simple de oxígeno.

- a. *Ventajas.* Es un dispositivo sencillo para administrar concentraciones medianas de oxígeno (FiO_2 40 a 60%) durante el traslado o en situaciones de urgencia. Posee orificios laterales que permiten la salida de volumen espirado con válvulas unidireccionales que se cierran al inspirar, limitando parcialmente la mezcla del oxígeno con el aire ambiente.
- b. *Indicaciones:* pacientes con enfermedad pulmonar aguda o crónica con hipoxemia y dificultad leve a moderada durante el transporte o en situaciones de urgencia. No deben utilizarse con flujos menores de 5 litros por minuto porque al no garantizarse la salida del aire exhalado puede haber reinhalación de CO_2 .
- c. *Inconvenientes:* poco confortable, mal tolerado por los lactantes, el niño puede quitársela fácilmente, no permite la alimentación oral. Reinhalación de CO_2 si el flujo de oxígeno es menor de 5L/min. Flujos superiores 8L/min no aumentan la concentración del oxígeno inspirado; FiO_2 máxima suministrada de 60%.

Figura 9 y 10. Mascarilla simple de oxígeno adulto y pediátrica.



iii. Máscara de oxígeno con reservorio.

- a. *Ventajas* .Es un dispositivo sencillo para administrar altas concentraciones oxígeno (FiO_2 40 a 100%) durante el traslado o en situaciones de urgencia. Usualmente de plástico, posee orificios laterales que permiten la salida de volumen espirado con válvulas unidireccionales que se cierran al inspirar, lo anterior limita la mezcla del oxígeno con el aire ambiente, adicionalmente cuenta con una bolsa reservorio, además cuenta con un reservorio con válvula unidireccional que se abre durante la inspiración permitiendo flujo de oxígeno al 100% desde el reservorio incrementando la FiO_2 y limitando la mezcla con aire del medio ambiente. También es útil para la administración de gases anestésicos.
- b. *Indicaciones*: pacientes con enfermedad pulmonar aguda o crónica con hipoxemia y dificultad moderada durante el transporte o en situaciones de urgencia. No deben utilizarse con flujos menores de 5 L/min, para garantizar la salida del aire exhalado y prevenir reinhalación de CO_2 . Flujos mayores de 10 a 15 L/min son necesarios para que la bolsa reservorio se mantenga llena constantemente y se garantice oxígeno al 100% durante la inspiración.
- c. *Inconvenientes*: poco confortable, mal tolerado por los lactantes, el niño puede quitársela fácilmente, no permite la alimentación oral. Reinhalación de CO_2 si el flujo de oxígeno es menor de 5L/min. Es necesario vigilar el funcionamiento de las válvulas unidireccionales y de la bolsa reservorio para garantizar $F_{iO_2} > 80\%$.

Figura 11 y 12. Mascarilla de adulto y pediátrica con reservorio.



Tabla 2. Fracción Inspirada de Oxígeno con dispositivos de bajo flujo

DISPOSITIVO	Flujo de O ₂ L/min	FiO ₂ (%)
Puntas nasales	1	24
	2	28
	3	32
	4	36
	5	40
Mascara simple de oxígeno	5-6	40
	6-7	50
	7-8	60
Mascara de reinhalación parcial	6	60
	7	70
	8	80
	9	90
	10	99
Mascara de no reinhalación con reservorio	4-10	60-100

PROCEDIMIENTO.

- I. **Sistemas de alto flujo.** Mezcla de aire y oxígeno, usando:
 - a. Un flujómetro instalado a
 - b. Fuente de oxígeno: generalmente una toma mural que brinda oxígeno desde una central hospitalaria
 - c. Un nebulizador donde se diluye el oxígeno con aire usando el efecto Venturi. (Solo administra gas a presión atmosférica)
 - d. Unidad térmica: en general lo proporcionan frío y seco, por lo que la mezcla de gas suministrada debe ser acondicionada a temperatura y humedad del corporal.
 - e. Tubo corrugado: su diseño evita su obstrucción por acodaduras, tiende a condensar el agua, por lo que se recomienda su eliminación en dirección contraria al paciente.
 - f. Tubo en T, tienda facial o collarín de traqueotomía, casco cefálico. Tienen la finalidad de evitar que la punta del tubo corrugado y la mezcla de gas se separe del paciente.

- II. **Sistemas de bajo flujo.**
 - a. Fuente de oxígeno y fuente de aire medicinal: generalmente una toma mural para cada uno que brindan oxígeno y aire desde una central hospitalaria
 - b. Un mezclador o blender que permite regular con precisión la FiO₂ deseada. Cuando se carece del mismo, un flujómetro conectado a la toma mural de oxígeno puede ser utilizado, la FIO₂ no será posible medirla con exactitud pero puede calcularse de manera aproximada como ya se ha dicho anteriormente.
 - c. Un flujómetro y un borboteador para humidificación del gas suministrado, generalmente se encuentran adaptados al blender.
 - d. Puntas nasales o mascarillas. Tienen la finalidad de evitar la mezcla de gas se separe de la vía aérea superior del paciente.

PRECAUCIONES Y POSIBLES COMPLICACIONES

El oxígeno, como cualquier medicamento, debe ser administrado en la dosis y por el tiempo requerido, con base en la condición clínica del paciente y, en lo posible, fundamentado en la medición de los gases arteriales. La toxicidad por oxígeno se observa en individuos que reciben oxígeno en altas concentraciones (mayores del 60% por más de 24 horas. Se deben tener en cuenta las siguientes precauciones:

1. Hemodinámicas:
 - 1.1. Descenso del Gasto cardiaco, frecuencia cardiaca y presión arterial pulmonar, aumento de PVC.
 - 1.2. En niños con malformación cardiaca dependiente de conducto arterioso, el incremento en la PaO₂ puede contribuir al cierre o constricción del conducto arterioso.
2. Ventilatorias:
 - 2.1. Toxicidad por oxígeno. Dolor retro esternal secundario a inflación de la vía aérea baja, depresión de la función ciliar y leucocitaria, fibrosis y broncodisplasia pulmonar.
 - 2.2. Depresión ventilatoria: Los pacientes con hipercapnia crónica (PaCO₂ mayor o igual a 44 mmHg a nivel del mar) pueden presentar depresión ventilatoria si reciben concentraciones altas de oxígeno, por lo tanto, en estos pacientes está indicada la administración de oxígeno a concentraciones bajas (no mayores de 30%). En pacientes hipercápnicos e hipoxémicos crónicos, el objetivo es corregir la hipoxemia (PaO₂ por encima de 60 mmHg y saturación mayor de 90%) sin aumentar de manera significativa la hipercapnia.
 - 2.3. Atelectasias de absorción. Suelen presentarse con FiO₂ mayor o igual a 50%. El nitrógeno a nivel del gas alveolar como una férula al mantener estable y abierto al alveolo debido a que este no difunde desde el alveolo al capilar. Cuando el nitrógeno a nivel alveolar es sustituido por oxígeno que si difunde al capilar, la estabilidad alveolar se compromete y tiende a la atelectasia.
3. Retinopatía retrolenticular. En prematuros debe evitarse llegar a una PaO₂ de más 80 mmHg
4. Contaminación bacteriana e infecciones asociadas con ciertos sistemas de nebulización y humidificación.
5. Disminución de la hemoglobina.
6. El oxígeno suplementario debe ser administrado con cuidado en intoxicación por paraquat y en pacientes que reciben bleomicina.
7. Durante broncoscopia con láser, se deben usar mínimos niveles de oxígeno suplementario por el riesgo de quemadura intratraqueal.
8. El peligro de un incendio aumenta en presencia de concentraciones altas de oxígeno, por lo que deben tenerse a mano extintores de fuego.

CONTROL DE LA INFECCIÓN.

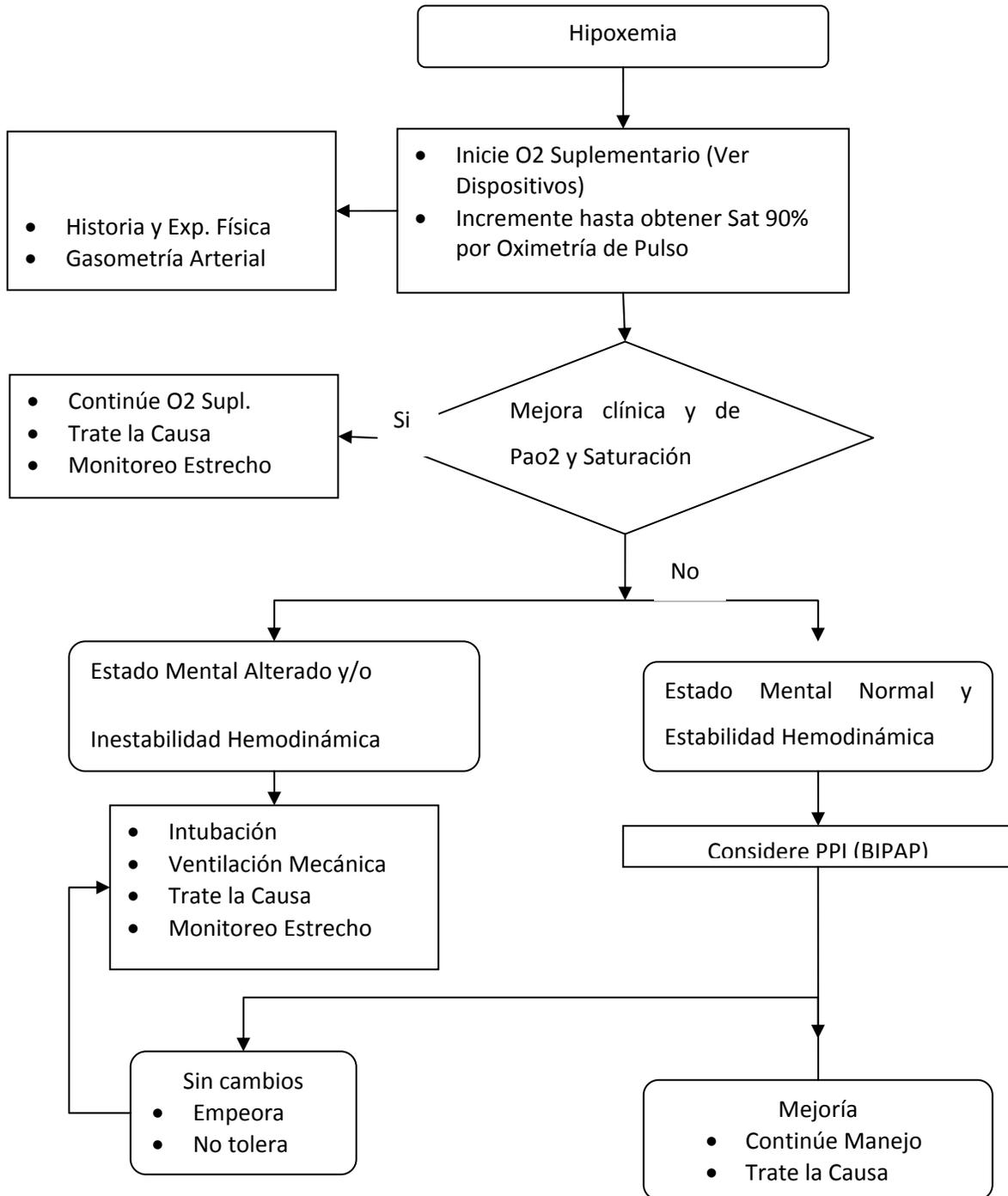
Independientemente del sistema de suministro de oxígeno empleado, este debe ser sometido a un proceso de desinfección, el agua para humidificación debe ser estéril y durante su preparación y uso deben aplicarse las medidas universales para la prevención de infecciones.

Bajo circunstancias normales los sistemas de oxígeno de flujo bajo (incluyendo cánulas y mascarilla) no representan riesgos clínicamente importantes de infección, siempre y cuando se usen en el mismo paciente, y no necesitan ser reemplazados rutinariamente.

Los sistemas de alto flujo que emplean humidificadores precalentados y generadores de aerosol, especialmente cuando son aplicados a personas con vía aérea artificial, generan un importante riesgo de infección, principalmente por la colonización del agua que se condensa en la tubería, de aquí que esta deba drenarse periódicamente y en dirección contraria al paciente para reducir el riesgo de infección. Ante la ausencia de estudios definitivos sobre los intervalos de cambio de los equipos y la ausencia de recomendación por parte del Centro para el Control de Enfermedades de los Estados Unidos (CDC), la guía de la American Association for Respiratory Care (AARC) recomienda establecer la frecuencia de cambio de los equipos de acuerdo con los resultados obtenidos por el comité de infecciones en cada institución. En forma general, se recomienda hacerlo cada 2-3 días.

Manejo inicial de la Hipoxemia

(PaO₂ < 60 mmHg o Sat < 92%)



Bibliografía

1. American Academy of Pediatrics, American College of Obstetricians and Gynecologists. Guidelines for perinatal care. Second edition. Washington, 1988.
2. American Association for Respiratory Care (AARC). Clinical Practice Guideline. Oxygen therapy for adults in the acute care facility. *Respir Care* 2002; 47(6):717-720.
3. U.S. Department of Health and Human Services, Public Health Services, Centers for Disease Control. Guideline for prevention of nosocomial pneumonia and guideline ranking scheme. CDC. Atlanta, 1982.
4. American Association for Respiratory Care (AARC). Clinical practice guideline. Selection of an oxygen delivery device for neonatal and pediatric patients. Revision & Update. Reprinted from *Respir Care* 2002; 47:707-716.
5. Bazuaye EA, Stone TN, Corris PA, et al. Variability of inspired oxygen concentration with nasal cannulas. *Thorax* 1992; 47:609-611.
6. Branson R. Respiratory care equipment. Lippincott Williams & Wilkins. New York, 1999.
7. Goldstein RS, Young J, Rebuck AS. Effect of breathing pattern on oxygen concentration received from standard face masks. *Lancet* 1982; 2:1188-1190.
8. Ardila de la Rotta M, Terapia respiratoria. En: Fundamentos de Medicina Neumología. Jorge Restrepo, Darío Maldonado, editores. Corporación para Investigaciones Biológicas. Medellín, 1986
9. Campbell EJ, Baker MD, Crites-Silver P. Subjective effects of humidification of oxygen for delivery by nasal cannula: a prospective study. *Chest* 1988; 93:289-293.
10. Estey W. Subjective effects of dry versus humidified low-flow oxygen. *Respir Care* 1980; 25:1143-1144.
11. Fisher AB. Oxygen therapy: side effects and toxicity. *Am Rev Respir Dis* 1980; 122:61-69.
12. Páez-Moya S. Oxigenoterapia. En: Fundamentos de medicina: neumología. Editado por C Chaparro, CE Awad, CA Torres. Corporación para las Investigaciones Biológicas. Medellín, 1998.
13. Servera E, Escarrabill J, Cresencia V. Oxigenoterapia. En: Prevención y Rehabilitación en Patología Respiratoria. M Giménez, E Servera, P Vergara (Editores). Editorial Panamericana. Madrid, 2001.
14. Arango M. Toxicidad del oxígeno. *Rev Colomb Anestesiol* 19:43, 1991.