

FACULTAD DE REHABILITACIÓN Y DESARROLLO HUMANO

DOCUMENTOS DE INVESTIGACIÓN

Los documentos de investigación de la Facultad de Rehabilitación y Desarrollo Humano de la Universidad del Rosario son un espacio y una invitación permanente a la reflexión y la crítica sobre aspectos de trascendencia en nuestro país, con miras a contribuir a la construcción de una sociedad más justa e incluyente.

Los temas más recurrentes de discusión girarán en torno al bienestar humano, la integración y participación social, la comunicación humana, la salud y el bienestar de los trabajadores, el movimiento corporal humano, el ejercicio y la actividad física.



Universidad del Rosario
Facultad de Rehabilitación y
Desarrollo Humano



No. 35 / Diciembre de 2008
ISSN: 1794-1318

Oxigenoterapia

Luis Fernando Rodríguez Ibaqué
Luz Ángela Díaz Castillo
Jaime Martínez Santa



Universidad del Rosario
Facultad de Rehabilitación y
Desarrollo Humano

Documento de investigación Núm. 35

FACULTAD DE REHABILITACIÓN Y DESARROLLO HUMANO

OXIGENOTERAPIA

Luis Fernando Rodríguez Ibagué

Luz Ángela Díaz Castillo

Jaime Martínez Santa

Programa de Fisioterapia



Universidad del Rosario
Facultad de Rehabilitación
y Desarrollo Humano

RODRÍGUEZ IBAGUÉ, Luis Fernando
Oxigenoterapia / Luis Fernando Rodríguez Ibagué...[et al.].—Facultad de Rehabilitación y Desarrollo Humano.
Bogotá: Editorial Universidad del Rosario, 2009.
26 p.—(Documento de Investigación; 35).

ISSN: 1794-1318

Rehabilitación / Oxigenoterapia / Oxigenación / Oxigenación hiperbárica / Terapia respiratoria / Enfermedades respiratorias – Rehabilitación / I. Díaz Castillo, Luz Ángela / II. Martínez Santa, Jaime / III. Título / IV. Serie.

615.836 SCCD 20

Editorial Universidad del Rosario
Facultad de Rehabilitación y Desarrollo Humano
Programa de Fisioterapia
Luis Fernando Rodríguez Ibagué
Luz Ángela Díaz Castillo
Jaime Martínez Santa

Todos los derechos reservados
Primera edición: diciembre de 2008
ISSN: 1794-1318
Impresión: XXXXXXXXXXXX
Impreso y hecho en Colombia
Printed and made in Colombia

Para citar esta publicación: Doc.investig. Fac. Rehabil. Desarro. Hum.

Tabla de contenido

Introducción	5
1. La falla respiratoria y sus causas	7
1.1. La interrupción del intercambio gaseoso.....	7
1.2. El incremento del trabajo respiratorio ante una variación de las demandas ventilatorias.....	8
2. Indicaciones para la oxigenoterapia	10
2.1. Alteraciones Cardiovasculares.....	10
2.2. Patologías que afecten las vías aéreas, el parénquima pulmonar o la red vascular pulmonar.....	10
2.3. Alteraciones en el sistema nervioso que ocasionan fallas en la bomba ventilatoria.....	10
3. Beneficios de la oxigenoterapia.....	11
4. Sistemas de almacenamiento del oxígeno.....	11
4.1. Balas de oxígeno	12
4.2. Concentradores de oxígeno.....	12
4.3. Termos productores de oxígeno.....	12
5. Formas de materialización del oxígeno.....	13
5.1. Oxígeno seco	13
5.2. Oxígeno humidificado	13
5.3. Oxígeno nebulizado	13
5.4. Oxígeno hiperbárico (OHB)	13
6. Sistemas de administración de oxígeno	14
6.1. Sistemas de bajo flujo.....	15
a. Cánula nasal	15
b. Máscara facial simple	16

c. Máscara de reinhalación parcial	16
d. Máscara de no-reinhalación.....	17
6.2. Sistemas de alto flujo	17
a. Equipo Ventury	17
b. Tienda de traqueostomía.....	19
c. Oxihood.....	19
7. Cuidados generales	20
8. Complicaciones de la oxigenoterapia	20
8.1. Toxicidad por oxígeno	20
8.2. Depresión respiratoria	20
8.3. Hipotensión arterial.....	21
8.4. Retinopatía en prematuros	21
8.5. Displasia broncopulmonar (DBP)	21
8.6. Atelectasias por absorción	21
8.7. Infecciones	21
9. Medidas de seguridad.....	22
Conclusiones	22
Referencias bibliográficas	24

Oxigenoterapia

*Luis Fernando Rodríguez Ibagué**

*Luz Ángela Díaz Castillo***

*Jaime Martínez Santa****

Resumen

La oxigenoterapia es la modalidad terapéutica más recomendable para el tratamiento de deficiencias de ventilación/perfusión, intercambio de gases e hipoventilación; por tanto, para la Fisioterapia Cardiopulmonar es de significativa importancia conocer su soporte conceptual y aplicación.

De acuerdo con lo anterior, se justifica la publicación del presente documento que hace una aproximación teórica de la oxigenoterapia, su definición, indicaciones, sistemas y formas de administración, prescripción, evaluación, cuidados generales y almacenamiento.

Palabras clave:

Oxígeno, oxigenoterapia, sistemas de administración, hipoxemia, hipoxia.

Introducción

El desarrollo de los seres vivos desde la conformación y estructuración celular (evolución de la célula procariótica a la célula eucariótica), ha dependido de elementos presentes en el entorno como el carbono (C), el hidrógeno (H), el oxígeno (O) y el nitrógeno (N), que favorecen su crecimiento y evolución y desempeñan un papel fundamental en el mantenimiento de la vida. En estos procesos, el oxígeno se destaca entre los otros elementos, pues se considera que la vida se mantiene gracias a la interacción perfecta entre varios procesos, cuyo

* Fisioterapeuta de la Universidad del Rosario. Profesor de carrera académica de la misma universidad y jefe del Departamento de Rehabilitación Méderi.

** Fisioterapeuta de la Universidad del Rosario. Profesora de carrera académica de la misma universidad.

*** Fisioterapeuta de la Universidad Nacional. Profesor de la Universidad del Rosario.

fin común es el metabolismo energético, y en dichos procesos es indispensable la respiración aeróbica (cadena de la fosforilación oxidativa), para la cual es necesaria la disposición permanente del oxígeno en la célula.

Este elemento químico, esencial para los procesos metabólicos, es un gas incoloro e insípido, con número atómico 8 y símbolo O, y representa aproximadamente un 21% de la composición de la atmósfera terrestre. En el ser humano el transporte del oxígeno, desde el aire ambiente hasta el gas alveolar, se da a través del aparato respiratorio, luego pasa a la sangre arterial y por los vasos capilares se distribuye a todas las células del cuerpo. La oxigenación tisular está influenciada, entre otros factores, por la transferencia de oxígeno a través de la membrana alvéolo capilar, la concentración de hemoglobina en la sangre, el volumen minuto cardíaco, el estado mitocondrial, la cadena oxidativa y la permeabilidad de la vía aérea. La existencia de una alteración en alguno de estos factores puede producir hipoxemia y, consecuentemente, hipoxia.

Además de lo mencionado anteriormente, es conveniente tener en cuenta que, hemodinámicamente, los procesos de distribución del oxígeno dependen de la relación aporte de oxígeno/consumo de oxígeno (relación dependiente del contenido de oxígeno en la sangre transportado por la hemoglobina), de la presión parcial de oxígeno ejercida en la sangre arterial (proceso mediado por la difusión y la perfusión de gases), de la Fracción Inspirada de Oxígeno (FIO₂) y de la función de la bomba cardíaca. En ausencia de oxígeno se bloquea la cadena respiratoria y, por tanto, las demandas son substituidas a partir de otros mecanismos de producción energética (glucólisis anaeróbica) que no logran suplir las demandas metabólicas del organismo; es bajo estas circunstancias que se hace necesario utilizar el oxígeno como *agente terapéutico*.¹

En su uso terapéutico el oxígeno se comporta como un medicamento, por tanto, requiere prescripción y dosificación de acuerdo con las condiciones del usuario y debe ser suministrado teniendo en cuenta los resultados de la evaluación de la dinámica pulmonar (frecuencia respiratoria, características del patrón respiratorio: ritmo, amplitud y expansión) y de exámenes complementarios como la oximetría de pulso y los gases sanguíneos, entre otros. De esta manera, ante situaciones en las que los hallazgos evidencian una falla respiratoria, la

¹ Ver: Baigorri, G. y Lorente, J. "Oxigenación tisular y sepsis", en: *Medicina Intensiva*, 2005; 23 (3): 178-84.

oxigenoterapia se convierte en una herramienta de prevención y tratamiento de la hipoxemia, pues aumenta el contenido de oxígeno en la sangre arterial y permite un trabajo respiratorio eficiente.

1. La falla respiratoria y sus causas

De acuerdo con los lineamientos propuestos en las *Guías de práctica clínica basadas en evidencia*,² una falla respiratoria es una “deficiencia en el intercambio gaseoso, causada por anormalidades del sistema respiratorio, que se traduce en hipoxemia con o sin hipercapnia”. Según esta guía, la fisiopatología de la falla respiratoria se enmarca en dos procesos principales: el incremento del trabajo respiratorio ante una variación de las demandas ventilatorias y la interrupción del intercambio gaseoso, los cuales se desarrollan a continuación.

1.1. La interrupción del intercambio gaseoso

Esta alteración puede responder a modificaciones en la oxigenación,³ lo que produce hipoxemia, y en la ventilación,⁴ dando como resultado la hipercapnia, o puede incluso generar falla mixta, hipoxémica e hipercápnica.

La falla respiratoria hipoxémica se presenta por una deficiencia en la oxigenación y se manifiesta mediante bajos niveles de PO_2 (Presión Arterial de Oxígeno), dados por gasimetría arterial o por oximetría de pulso. Puede estar causada, principalmente, por hipoventilación alveolar global, FIO_2 baja, deficiencia en la difusión de oxígeno a través de la membrana alvéolo capilar, presencia de *shunt* de derecha a izquierda, alteración en la relación ventilación/perfusión (V/Q) y aumento del consumo de oxígeno pulmonar. A su vez, puede estar causada por lesiones que afectan las vías aéreas, el parénquima pulmonar o la red vascular pulmonar.

² Fernández, G., *et al.* “Falla respiratoria”, en: *Guías de práctica clínica basadas en la evidencia*, Proyecto ISS- Ascofame, Bogotá, 1998, p. 45.

³ La oxigenación es la capacidad para mantener una PO_2 dentro de parámetros normales: de 65 a 70 milímetros de Hg en altitudes de 2.480 metros como Bogotá, o de 90 - 100 milímetros de Hg al nivel del mar.

⁴ La ventilación es el proceso bajo el cual se mantiene una PCO_2 en parámetros adecuados: de 28 a 32 milímetros de mercurio en altitudes de 2.480 metros como Bogotá, o de 35-40 milímetros de mercurio al nivel del mar.

Por su parte, la falla ventilatoria hipercápnica se presenta por la hipoventilación alveolar, la cual se manifiesta a través de un incremento en los niveles arteriales de Presión Arterial de Dióxido de Carbono (PCO_2) y una disminución de la Presión Arterial de Oxígeno (PO_2). Este incremento puede ser motivado por un aumento en la producción de CO_2 (falla en la bomba ventilatoria por depresión del sistema nervioso central), por un *shunt* de derecha a izquierda y por un incremento del espacio muerto.

El tercer tipo de falla es la mixta, en la que se presentan los dos mecanismos de falla descritos anteriormente.

1.2. El incremento del trabajo respiratorio⁵ ante una variación de las demandas ventilatorias

En condiciones normales, el proceso de la respiración está dado por las fases de inspiración y espiración, cada una con propósitos definidos. En la inspiración la acción de los músculos (diafragma e intercostales externos) genera un gradiente de presión que permite vencer la resistencia al flujo de gas en las vías aéreas y la elasticidad del parénquima pulmonar y de la caja torácica. Por su parte, la espiración, considerada de carácter pasivo, es la encargada del retroceso elástico pulmonar. La falla se causa, entonces, cuando la capacidad muscular pulmonar es incompetente para suplir el incremento de las necesidades de ventilación.

La *hipoxia* se presenta cuando a los tejidos no llega suficiente oxígeno para cumplir con sus demandas metabólicas. Hay diferentes tipos de hipoxia, a saber:

- Hipoxémica: es la reducción del contenido de oxígeno en la sangre arterial y puede ser causada por baja presión de oxígeno atmosférico, hipoventilación, alteración de la ventilación perfusión, *shunt* o defectos de difusión.
- Tisular: consiste en una inadecuada oxigenación de los tejidos, debido a que las demandas metabólicas de estos son mayores que la capacidad pulmonar circulatoria, o a que, sencillamente, los tejidos son incapaces de utilizar el oxígeno.⁶

⁵ El trabajo respiratorio es el producto de una presión que genera un volumen.

⁶ Ver: Treacher, D. y Leach, L. "ABC of Oxygen. Oxygen Transport-1. Basic principles", en: *British Medical Journal*, 1998; 317(7161): 1302-06.

- Anémica: también llamada “por deficiencia de hemoglobina”. En este tipo de hipoxia la PO_2 es normal, pero el contenido de oxígeno es bajo. Se presenta por intoxicación con monóxido de carbono o por hemorragias masivas donde se disminuye el gasto cardiaco.⁷
- Histotóxica: en este tipo de hipoxia los tejidos no están en la capacidad de aprovechar el oxígeno que les llega y se bloquean para utilizarlo; por su parte la PO_2 y el contenido de oxígeno son normales. Se presenta como consecuencia de la intoxicación por cianuro.⁸

Para dar respuesta a los procesos fisiopatológicos descritos anteriormente, se debe reconocer que revertir la hipoxemia e incrementar la ventilación alveolar se convierten en los principales objetivos terapéuticos a seguir. Aquí es importante tener en cuenta que el oxígeno, como muchos medicamentos, tiene rangos de dosis seguras, efectos adversos a la exposición prolongada y manifestaciones tóxicas secundarias, que se asocian con altas dosis y uso prolongado. Así, Fracciones Inspiradas de Oxígeno (FIO_2) mayores al 50% aumentan el riesgo de toxicidad.

Ejemplo de lo anterior, es el caso de infantes prematuros en quienes es primordial la administración cuidadosa del oxígeno, para prevenir la aparición de injurias como la displasia broncopulmonar, la leucomalacia periventricular, la fibroplasia retrolental y la hemorragia intraventricular. Dichas alteraciones se pueden encontrar en lapsos cortos de tiempo de exposición a oxígeno adicional, que en ocasiones son inevitables por las condiciones fisiopatológicas del infante.⁹

⁷ Ver: Branwald, E. *Harrison. Principios de medicina interna*, 16° edición, Mc. Graw-Hill, México 2005.

⁸ Ver: Martins, M.; Barros, S.; Corral, E. y Fleury, B. “Heated Humidification or Face Mask to Prevent Upper Airway Dryness during Continuous Positive Airway Pressure Therapy”, en: *Chest*, 2000; 117: 142-47.

⁹ Ver: Paredes, F y Roca, J. “Bioquímica. Influencia de los radicales libres en el envejecimiento celular” [en línea], en: *OFFARM*, 2002; 21(7): 96-100. Disponible en: <http://external.doyma.es/pdf/4/4v21n07a13034834pdf001.pdf>, fecha de consulta: octubre de 2008.

2. Indicaciones para la oxigenoterapia

La necesidad de oxígeno suplementario debe estar determinada por un análisis cuidadoso de la condición de salud del paciente, que incluya los resultados de la evaluación fisioterapéutica, las manifestaciones clínicas (cianosis, disnea, polipnea, aleteo nasal, tirajes intercostales, utilización de músculos accesorios) y la interpretación de exámenes complementarios.¹⁰

A continuación se listan las patologías cardiopulmonares en las que se debe usar la oxigenoterapia, expuestas por Bateman, N. y Leach, R. en el artículo "ABC of Oxygen. Acute Oxygenotherapy" y agrupadas en tres tipos:

2.1. Alteraciones Cardiovasculares

- Presencia de Cor Pulmonale
- Taquicardia
- Hipotensión arterial

2.2. Patologías que afecten las vías aéreas, el parénquima pulmonar o la red vascular pulmonar

- Asma
- Atelectasia
- Edema pulmonar cardiogénico
- Trombo embolismo pulmonar
- Síndrome de dificultad respiratoria del adulto (SDRA)

2.3. Alteraciones en el sistema nervioso que ocasionan fallas en la bomba ventilatoria

- Alteración del estado de conciencia (estupor y coma)
- Alteración en la función muscular
- Hipoventilación por depresión del sistema nervioso central
- Toxicidad por fármacos y químicos

¹⁰ Muñoz, F. y Caviedes, I. *Cuidados intensivos respiratorios*, Editorial Mediterráneo, Madrid, 1991.

3. Beneficios de la oxigenoterapia

Son un sin número de beneficios los que brinda el uso terapéutico del oxígeno para quienes padecen de patologías cardiopulmonares. Es importante resaltar que el beneficio principal es la mejoría en la calidad de vida, ya que el suministro de oxígeno permite generar más energía para realizar la contracción muscular y, por tanto, permite cubrir las demandas cinéticas en las actividades cotidianas, proporcionándole mayor independencia funcional al paciente.

Dentro de los principales beneficios de la oxigenoterapia descritos en la literatura encontramos, entre otros, los siguientes:

- Aumenta los niveles de PO_2 arterial, lo que favorece una mejoría en la capacidad funcional residual.
- Disminuye la disnea y la cianosis,¹¹ pues a través del suministro de oxígeno se promueve una adecuada captación y transporte de oxígeno, lo que satisface las demandas metabólicas del organismo; a su vez, se mejora la perfusión capilar distal y se reduce la dificultad respiratoria, gracias al proceso de difusión.
- Reduce la presión de las arterias pulmonares. El oxígeno es un elemento que en el organismo genera un efecto de vasodilatación, lo que reduce la presión que ejerce la sangre sobre las paredes vasculares pulmonares.
- Mejora y mantiene la frecuencia cardíaca y respiratoria, pues el oxígeno reduce la presión vascular, lo que genera menor esfuerzo de la bomba cardíaca. De igual forma, al mejorar la relación ventilación perfusión, se mantiene la frecuencia cardíaca dentro de límites normales.

4. Sistemas de almacenamiento del oxígeno

El oxígeno tiene diversas formas de almacenamiento. A continuación se mencionan algunas de ellas.

¹¹ Ver: Bello, S.; Naranjo, C.; Hinrichsen, J. y Morales, M. "Oxigenoterapia domiciliaria a largo plazo, necesidad apremiante en enfermos con insuficiencia respiratoria crónica", en: *Revista Chilena de Enfermedades Respiratorias*, 2002; 18: 175-81.

4.1. Balas de oxígeno

Son cilindros de acero que en su interior contienen oxígeno gaseoso, comprimido a una presión supratmosférica y a una temperatura estándar (ver figura 1). Es la forma más conocida de almacenamiento, permite una administración continua del gas y requiere de un flujómetro, en el cual se indica la cantidad de litros de oxígeno que se están suministrando. Sus características físicas dependen de su capacidad en litros (4000 - 10.000 lt.), su altura (820 y 1500cm.) y peso (26 - 52 Kg.).

Figura 1. Balas de oxígeno



Fuente: Fotografía tomada por los autores.

4.2. Concentradores de oxígeno

Son equipos electrónicos que, mediante procesos químicos, aíslan el oxígeno del medio ambiente, lo concentran y expulsan, aproximadamente, un 95% del componente. Poseen un flujómetro incorporado que permite cuantificar la entrega del gas al paciente.

4.3. Termos productores de oxígeno

Son recipientes que producen oxígeno a partir de agua mediante la adición de una sustancia en polvo, que genera una reacción química mediante la cual produce y libera el oxígeno de forma progresiva por espacio de una hora.

5. Formas de materialización del oxígeno

Existen diferentes formas de materializar el oxígeno que se suministra a los pacientes. A continuación presentamos algunas de ellas:

5.1. Oxígeno seco

Se aplica de forma directa, proviene de una fuente de oxígeno de pared o de una bala de oxígeno. Es utilizado en pacientes hipersecretores y/o con requerimientos de oxigenoterapia a corto plazo. Las ventajas son: costos bajos y disminución del riesgo de contaminación.¹²

5.2. Oxígeno humidificado

El oxígeno pasa a través de una cánula que lo disuelve en agua, lo que aumenta su contenido de humedad. El humidificador es el aditamento indicado para tal propósito. Esta es considerada la forma ideal de suministrar oxigenoterapia, puesto que brinda confort al paciente y aumenta la humedad relativa en la vía aérea superior.

5.3. Oxígeno nebulizado

La nebulización utiliza, generalmente, el oxígeno como materia prima de la terapia. Esta metodología se realiza a través de un mecanismo de presión negativa que, gracias al flujo del gas, atrae agua a gran velocidad desde un recipiente, la parte en moléculas muy pequeñas (alcanzan un tamaño hasta de 0.3 micras) y las suministra al paciente, lo que facilita el depósito y penetración del oxígeno en las vías aéreas inferiores.

5.4. Oxígeno hiperbárico (OHB)

Esta metodología se utiliza en los pacientes con el fin de generar un importante efecto fisiológico con respecto al transporte de oxígeno. Dentro de los efectos producidos por el OHB están la promoción de la angiogénesis, reparación de heridas, prevención del desarrollo de microorganismos como pseudomonas y toxinas de clostridios alfa, prevención de la hipoxia tisular y reducción de la adhesión leucocitaria, lo que evita la liberación de proteasas y radicales libres generadores de vasoconstricción y daño celular.

¹² Ver: A. Prior, J. y Prasad, A. *Physiotherapy for Respiratory and Cardiac Problems. Adults and Paediatrics*, tercera edición, Churchill Livingstone, Londres, 2003.

Además, existe evidencia científica de su aplicación en eventos como embolismo gaseoso,¹³ síndrome de hiperpresión intratorácica,¹⁴ intoxicación aguda por monóxido de carbono,¹⁵ mionecrosis por gangrena clostridia gaseosa¹⁶ y encefalopatía hipóxica-isquémica en neonatos.¹⁷

6. Sistemas de administración de oxígeno

Existen numerosos sistemas de administrar oxígeno suplementario. Las técnicas que se emplean en la actualidad permiten aumentar la concentración de oxígeno y la presión del gas inspirado. El oxígeno de un cilindro o de una fuente de pared, por ejemplo, es frío y seco y debe calentarse y humidificarse antes de administrarlo al paciente.

Los sistemas de administración están clasificados como de bajo o de alto flujo. Un sistema de bajo flujo es aquel en el que sólo una porción del volumen total inspirado por el paciente en un minuto es reemplazado por el sistema, por lo que se debe complementar el volumen total con el aire ambiente, modificando la FIO_2 .

Por su parte, un sistema de alto flujo es aquel en el cual el volumen del aire inspirado por minuto es suministrado por el propio mecanismo, el cual cubre la totalidad de los requerimientos del paciente y brinda concentraciones más precisas de oxígeno. Los sistemas de entrega más usados se muestran en la tabla 1.

¹³ Ver: Leach, R.; Rees, P.; Wilmshurst, P. "ABC of Oxygen. Hyperbaric Oxygen Therapy", en: *British Medical Journal*, 1998; 317: 1140-43.

¹⁴ Ver: Desola, J.; Crespo, A.; García, A.; Salinas, A.; Sala, J. y Sánchez, U. "Indicaciones y contraindicaciones de la oxigenoterapia hiperbárica", en: *JANO Medicina*, LIV(1260): 5-11, junio de 1998. Disponible en: http://www.sld.cu/galerias/pdf/sitios/rehabilitacion_fis/indicaciones_y_contraindicaciones_de_la_oxigenacion_hiperbarica.pdf. Fecha de consulta: octubre 10 de 2008.

¹⁵ Ver: Desola, J.; Crespo, A.; García, A.; Salinas, A.; Sala, J. y Sánchez, U. *op cit.* Ver también: Murata, M.; Suzuki, M.; Hasegawa, Y.; Nohara, S. y Karachi, M. "Improvement of Occipital Alpha Activity by Repetitive Hyperbaric Oxygen Therapy in Patients With Carbon Monoxide Poisoning", en: *Journal of the Neurological Sciences*, 2005; 235(1-2): 69-74.

¹⁶ Ver: Desola, J.; Crespo, A.; García, A.; Salinas, A.; Sala, J. y Sánchez, U. *op cit.*

¹⁷ Ver: *Ibíd.* y American Academy of Paediatrics, Fundación Interamericana del Corazón y American Heart Association. *AVAP. Manual para proveedores*, Editorial Médica AWW, Madrid, 2003, capítulo 4.

Tabla 1. Sistemas de entrega de oxígeno

SISTEMAS DE BAJO FLUJO (SBF)	SISTEMAS DE ALTO FLUJO (SFA)
Cánula nasal	Máscara Ventury
Máscara Simple	Oxihood
Máscara de reinhalación parcial	Tienda de traqueostomía
Máscara de no reinhalación	

Fuente: elaboración propia.

6.1. Sistemas de bajo flujo

a. Cánula nasal

Elaborada en material plástico flexible de poco peso, consiste en una extensión con dos puntas que siguen la curvatura de las fosas nasales. Es ideal para la terapia de oxígeno a largo plazo, en pacientes que requieren bajos rangos de FIO_2 , tales como niños con displasia broncopulmonar, pacientes con Enfermedad Pulmonar Obstructiva Crónica (EPOC) y con falla cardíaca, entre otros. Puede suministrar una FIO_2 en un rango entre 0.24 (24%) a 0.40 (40%), dependiendo del volumen minuto del paciente (Volumen Corriente por Frecuencia Respiratoria). Con este sistema se recomienda utilizar hasta un 32% de FIO_2 , debido a que fracciones más elevadas pueden producir irritación nasal y epistaxis. En neonatos y en pediatría se utilizan flujos que van desde 0.25 hasta 3 litros por minuto (Lt./min.); cuando se requiere más de esta cantidad se recomienda utilizar otro sistema.

Equipo necesario: cánula nasal, humidificador, agua destilada, fuente de oxígeno y flujómetro.

Ventajas: la cánula nasal se encuentra disponible tanto para adultos como para niños y es adecuada para uso a corto y largo plazo. Su precio es accesible, es desechable, generalmente es cómoda y permite la alimentación y la comunicación del paciente.

Limitaciones: puede causar resequedad en la orofaringe y la FIO_2 administrada por este sistema depende del volumen minuto del paciente.

Figura 2. Ejemplo de cánula nasal



Fuente: Fotografía tomada por los autores.

b. Máscara facial simple

El flujo establecido para esta máscara es de 6-10 Lt./min.; así, proporciona una FIO_2 máxima hasta del 60%. No tiene válvulas ni bolsas de almacenamiento. Ejerce presión sobre la nariz para evitar la pérdida de oxígeno y se ajusta alrededor de la cabeza del paciente. Se debe limpiar frecuentemente y se debe remover el agua acumulada, especialmente cuando se trabaja con humedad.

Equipo necesario: máscara simple, manguera lisa, fuente de oxígeno, flujómetro, humidificador y agua destilada.

Precauciones: puede modificar la fase espiratoria en pacientes con EPOC, debido a las altas concentraciones de oxígeno.

Ventajas: se considera ligera, fácil de instalar, desechable; su precio es accesible y es útil para niños y adultos.

Limitaciones: su ajuste es difícil, por lo tanto, no es bien tolerada por algunos pacientes.

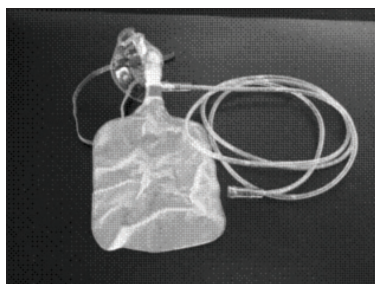
c. Máscara de reinhalación parcial

El flujo para este tipo de máscara es hasta de 15 Lt./min. o más. La concentración de oxígeno obtenida es alrededor de un 60%. Está indicada para procesos de hipoxia moderada.

Equipo necesario: máscara de reinhalación, manguera lisa, humidificador, agua destilada, fuente de oxígeno y flujómetro.

Ventajas: es efectiva al lograr altas concentraciones de oxígeno. Es desechable, fácil de instalar, ligera y se presenta en tamaños pediátrico y adulto.

Figura 3. Ejemplo de máscara de reinhalación parcial



Fuente: Fotografía tomada por los autores.

d. Máscara de no-reinhalación

El flujo utilizado para esta máscara es hasta de 15 Lt./min. Así, se obtienen concentraciones de oxígeno aproximadamente del 90%. Es usada en pacientes en estado crítico con hipoxia grave.

Equipo necesario: máscara de no-reinhalación, manguera lisa, humidificador, agua destilada, fuente de oxígeno y flujómetro.

Ventajas: este método logra la más alta concentración de oxígeno. Es desechable, fácil de aplicar, ligero y accesible en tamaños para adultos y niños.

6.2. Sistemas de alto flujo

a. Equipo Ventury

Este sistema está basado en la aplicación del Efecto de Ventury, en el que un flujo de oxígeno pasa a través de un conducto estrecho con unas aberturas laterales, por las que permite el ingreso del aire ambiente en la cantidad necesaria

para obtener la dilución deseada, y un orificio jet, que entrega dicha mezcla al paciente. Esta máscara opera con el principio de Bernoulli.¹⁸ El principio plantea que la presión lateral de un gas disminuye a medida que la velocidad del flujo aumenta, por lo tanto, al pasar un flujo de oxígeno a través de una constricción su presión lateral disminuye, creando entonces una presión subatmosférica a la salida del orificio, que es la responsable de la succión del aire ambiente a través de aberturas laterales del sistema. Esta diseñado para liberar concentraciones específicas de oxígeno con rangos relativamente altos de flujo de oxígeno. La FI_{O_2} entregada depende del tamaño de los orificios y del flujo de oxígeno a través del orificio jet. La máscara de ventury se utiliza para varias concentraciones de oxígeno que van del 24 al 50%. Este dispositivo fue diseñado, principalmente, para conocer las concentraciones exactas del oxígeno inspirado.

Equipo necesario: máscara facial simple, ventury, manguera corrugada, manguera lisa, humidificador, agua destilada, flujómetro y fuente de oxígeno.

Precauciones: los pacientes con padecimiento pulmonar crónico deberán ser monitorizados frecuentemente para que respondan adecuadamente al tratamiento con oxígeno.

Ventajas: proporciona al paciente una concentración de oxígeno conocida, es ligero, de fácil manejo, relativamente económico y desechable.

Figura 4. Ejemplo de equipo Ventury



Fuente: fotografía tomada por los autores.

¹⁸ Ver: West, J. *Fisiopatología pulmonar*, quinta edición, Panamericana, Buenos Aires, 2001.

b. Tienda de traqueostomía

Es un dispositivo plástico que se ajusta alrededor del cuello de los pacientes con traqueostomía.

Equipo necesario: máscara o tienda, manguera corrugada, ventury, manguera lisa, humidificador, agua destilada, flujómetro y fuente de oxígeno.

Ventajas: proporciona humidificación, oxigenación y cómodo acceso a la vía respiratoria. Es fácil de instalar, ligera, desechable y transparente.

Figura 5. Ejemplo de tienda de traqueostomía



Fuente: fotografía tomada por los autores.

c. Oxihood

Consiste en un dispositivo de plástico con el que se cubre la cabeza del lactante y posee una entrada posterior para la conexión a la fuente de oxígeno. Es una de las formas más comunes de proporcionar y controlar la concentración de oxígeno inspirado, la temperatura y la humedad. El Oxihood debe ser usado en conjunto con un mezclador de oxígeno, para entregar concentraciones precisas. En cuanto al flujo del mezclador, este es calentado por medio de un humidificador. Este sistema permite la manipulación del niño, lo que garantiza una FIO_2 estable en cualquier concentración.

Figura 6. Ejemplo de equipo Oxihood



Fuente: Fotografía tomada por los autores.

7. Cuidados generales

Es importante tener en cuenta las siguientes recomendaciones respecto a los elementos de administración de oxígeno:

- Corrobore la integridad y el ensamble del equipo.
- Verifique que el equipo se encuentre en adecuadas condiciones de aseo.

8. Complicaciones de la oxigenoterapia

A continuación se desarrollan las principales complicaciones que se pueden presentar en terapia con oxígeno:

8.1. Toxicidad por oxígeno

Es causada por exposición a concentraciones altas de oxígeno, por periodos prolongados de tiempo. Se presentan síntomas como: malestar general, tos, náuseas, vómito y aumento de la frecuencia respiratoria.

8.2. Depresión respiratoria

La hipercapnia ocasionada por toxicidad de oxígeno es uno de los factores que puede generar cambios en el sistema nervioso central, produciendo alteraciones en el estado de conciencia. Puede llegar, incluso, a producir depresión respiratoria y apnea.

8.3. Hipotensión arterial

Ante Fracciones Inspiradas de Oxígeno (FIO_2) elevadas se produce una vasodilatación refleja, lo que conlleva a una disminución secundaria de la presión arterial.

8.4. Retinopatía en prematuros

Afecta principalmente a infantes, pretérmino de menos de 1500 gramos, quienes han recibido alguna forma de oxígeno adicional. La retinopatía puede ocurrir alrededor de los vasos de las retinas inmaduras, pues, dada su fragilidad, son susceptibles al oxígeno.

8.5. Displasia Broncopulmonar (DBP)

Es una enfermedad crónica pulmonar que sucede principalmente en infantes prematuros, quienes han recibido un tratamiento prolongado de oxigenoterapia o ventilación mecánica. La DBP se caracteriza por un desarrollo epitelial celular fibroblástico y granular, un incremento en la síntesis de colágeno y una disminución de la producción de surfactante.¹⁹

8.6. Atelectasias por absorción

Generalmente ocurre cuando los niveles de FIO_2 son superiores al 50%. En el alvéolo el nitrógeno es el gas primario que mantiene el volumen residual. Cuando el paciente es sometido a altos niveles de oxígeno el contenido de nitrógeno en el alvéolo es usualmente reducido y reemplazado en un corto tiempo por oxígeno, lo que lleva a un colapso alveolar; cuando esto ocurre, el oxígeno es rápidamente absorbido por la sangre. Este fenómeno se da frecuentemente con una alterada relación ventilación/perfusión, en la cual la perfusión está a un nivel superior que la ventilación. Así, la absorción por atelectasias reduce la capacidad funcional residual e incrementa el *shunt* pulmonar.

8.7. Infecciones

Seguendo los lineamientos de la American Association for Respiratory Care (AARC)²⁰ se sugiere cambiar los equipos de forma rutinaria cada dos o tres

¹⁹ Ver: Sola, A.; Chow, L. y Rogido, M. "Retinopathy of Prematurity and Oxygen Therapy: A Changing Relationship", en: *Anales de Pediatría*, 2005; 62(1): 48-61.

²⁰ American Association for Respiratory Care (AARC). "Clinical Practice Guideline. Oxygen Therapy for Adults in the Acute Care Facility". en: *Respiratory Care*, 2002; 47(6): 717-20.

días, con el fin de minimizar el riesgo de contaminación cruzada, causada por los agentes víricos y/o bacterianos, lo cual puede generar infecciones en los pacientes.

9. Medidas de seguridad

Además de las complicaciones mencionadas anteriormente, existen peligros inherentes a la administración de oxígeno, ya que, sin ser explosivo, está sujeto a combustión. Esto quiere decir que ante una alta concentración de oxígeno, puede ocurrir una rápida combustión; por lo tanto, es esencial que se tomen medidas preventivas importantes con el objetivo de evitar accidentes en el lugar donde se utilice el oxígeno. A continuación, se enumeran algunas de ellas:

- Coloque un anuncio visible de no fumar en la puerta del cuarto del paciente, lo que alertará a todas las personas, incluyéndolo a él.
- Inspeccione todo el equipo eléctrico que se encuentra en las cercanías del paciente con el objeto de detectar tomas de corriente defectuosas.
- Evite el uso de cobertores de lana, ya que son fuente de electricidad estática.

Conclusiones

El uso del oxígeno como método coadyuvante en el tratamiento de la falla respiratoria es un aliado en la intervención del fisioterapeuta, ya que permite contrarrestar las implicaciones funcionales, al mejorar la calidad de vida.

El oxígeno es considerado un medicamento, por tanto, tiene indicaciones y efectos adversos con manifestaciones tóxicas secundarias que se asocian a altas dosis y uso prolongado.

La oxigenoterapia es un procedimiento dirigido a la prevención y el tratamiento de la hipoxemia, ya que aumenta el contenido de oxígeno en la sangre arterial y permite un trabajo respiratorio eficiente.

Desde el punto de vista hemodinámico, la distribución del oxígeno depende de la relación aporte/consumo, oxihemoglobina, presión parcial de oxígeno en las arterias, perfusión, difusión y de la fracción inspirada de oxígeno.

La hipoxemia se puede generar por inadecuadas fracciones inspiradas de oxígeno, alteraciones de la difusión, alteración de la relación ventilación/perfusión y el *shunt* de derecha a izquierda.

Para elegir la forma de administración de oxígeno se deben tener en cuenta factores manifiestos en el paciente, como la patología y la respuesta a la administración de este medicamento.

La oxigenoterapia adecuadamente suministrada puede garantizar un mejoramiento de la calidad de vida de los pacientes y reducir la recurrencia de hospitalizaciones.

Referencias bibliográficas

- A. Prior, J. y Prasad, A. *Physiotherapy for Respiratory and Cardiac Problems. Adults and Paediatrics*, tercera edición, Churchill Livingstone, Londres, 2003.
- American Academy of Paediatrics, Fundación Interamericana del Corazón y American Heart Association. *AVAP. Manual para proveedores*, Editorial Médica AWWE, Madrid, 2003, capítulo 4.
- American Association for Respiratory Care (AARC). "Clinical Practice Guideline. Oxygen Therapy for Adults in the Acute Care Facility". en: *Respiratory Care*, 2002; 47(6): 717-20.
- Antón, E.; Girón, M. y Zamora, E. Pulmonary Infiltrates Secondary to Carbon Monoxide Intoxication, en: *Archivos de Bronconeumología*, 2003; 39(12): 601-02.
- Baigorri, G. y Lorente, J. "Oxigenación tisular y sepsis", en: *Medicina Intensiva*, 2005; 23 (3): 178-84.
- Bateman, N. y Leach, R. ABC of Oxygen. "Acute Oxygentherapy", en: *British Medical Journal*, 1998; 317(7161): 798.
- Bello, S.; Naranjo, C.; Hinrichsen, J. y Morales, M. "Oxigenoterapia domiciliar a largo plazo, necesidad apremiante en enfermos con insuficiencia respiratoria crónica", en: *Revista Chilena de Enfermedades Respiratorias*, 2002; 18: 175-81.
- Branwald, E. *Harrison. Principios de medicina interna*, 16° edición, Mc. Graw-Hill, México 2005.
- Cooper, G.M. *La célula*, segunda edición, Marbán Libros, Madrid, 2002.
- Cristancho, W. *Fundamentos de terapia respiratoria y ventilación mecánica*, Manual Moderno, Bogotá, 2003.
- Desola, J.; Crespo, A.; García, A.; Salinas, A.; Sala, J. y Sánchez, U. "Indicaciones y contraindicaciones de la oxígeno terapia hiperbárica", en: *JANO Medicina*, LIV(1260): 5-11, junio de 1998. Disponible en: http://www.sld.cu/galerias/pdf/sitios/rehabilitacion_fis/indicaciones_y_contraindicaciones_de_la_oxigenacion_hiperbarica.pdf, fecha de consulta: octubre 10 de 2008.
- Fernández, G., *et al.* "Falla respiratoria", en: *Guías de práctica clínica basadas en la evidencia*, Proyecto ISS-Ascofame, Bogotá, 1998.
- Fujimoto, K.; Matsuzawa, Y.; Yamaguchi, S.; Koizumi, T. y Kubo, K. "Benefits of Oxygen on Exercise Performance and Pulmonary Hemodynamics in Patients With COPD With Mild Hypoxemia", en: *Chest*, 2002; núm. 122: 457-63.

- Jefrey, B. *Guía práctica de cuidados intensivos en pediatría*, Editorial Mosby, San Luís, 1993.
- Leach, R.; Rees, P; Wilmsurst, P. "ABC of Oxygen. Hyperbaric Oxygen Therapy", en: *British Medical Journal*, 1998; 317: 1140-43.
- Liu, Z.; Xiong, T. y Meads, C. "Clinical Effectiveness of Treatment with Hyperbaric Oxygen for Neonatal Hipoxic-Ischaemic Encephalopathy: Systematic Review of Chinese Literature", en: *British Medical Journal*, 2006; 333(7564): 374.
- Mack, E. "Oxygen Administration in the Neonate", en: *Newborn and Infant Nursing Reviews*, 2006; 6(2): 63-7.
- Martins, M.; Barros, S.; Corral, E. y Fleury, B. "Heated Humidification or Face Mask to Prevent Upper Airway Dryness during Continuous Positive Airway Pressure Therapy", en: *Chest*, 2000; 117: 142-47.
- Morante, F.; Güell, R., y Mayos, M. "Eficacia de la prueba de los 6 minutos de marcha en la valoración de la oxigenoterapia de deambulaci3n", en: *Archivos de Bronconeumología*, 2005; 41(11): 596-600.
- Muñoz, F. y Caviedes, I. *Cuidados intensivos respiratorios*, Editorial Mediterráneo, Madrid, 1991.
- Murata, M.; Suzuki, M.; Hasegawa, Y.; Nohara, S. y Karachi, M. "Improvement of Occipital Alpha Activity by Repetitive Hyperbaric Oxygen Therapy in Patients With Carbon Monoxide Poisoning", en: *Journal of the Neurological Sciences*, 2005; 235(1-2): 69-74.
- Nelson, D y Cox, M. *Lehinger Principles of Biochemistry*, Worth Publishers, Nueva York, 2005.
- Paredes, F. y Roca, J. "Bioquímica. Influencia de los radicales libres en el envejecimiento celular" [en línea], en: *OFFARM*, 2002; 21(7): 96-100. Disponible en: <http://external.doyma.es/pdf/4/4v21n07a13034834pdf001.pdf>, fecha de consulta: octubre de 2008.
- Rodríguez, LF. Examen clínico funcional del sistema respiratorio. En: *Daza, J. Evaluación clínica funcional del Movimiento Corporal Humano*, Primera Edici3n, Buenos Aires: Editorial Médica Panamericana. 2006.
- Salcedo, A.; Neira, M.; Beltrán, B.; Albi, S. y Sequeiros, A. *Oxigenoterapia*, Asociaci3n Espaola de Pediatría. Disponible en: www.aeped.es/protocolos/neumología/11.pdf, fecha de consulta: marzo de 2008.
- Sola, A.; Chow, L. y Rogido, M. "Retinopathy of Prematurity and Oxygen Therapy: A Changing Relationship", en: *Anales de Pediatría*, 2005; 62(1): 48-61.

- Treacher, D. y Leach, L. "ABC of Oxygen. Oxygen Transport–1. Basic principles", en: *British Medical Journal*, 1998; 317(7161): 1302-06.
- Urbano V., Mencia B., Cidoncha E., López-Herce C., Santiago L., Carrillo A. "Experiencia con la oxigenoterapia de alto flujo en cánulas nasales en niños", en: *An Pediatric*, enero de 2008; 68(1): 4-8.
- West, J. Fisiología respiratoria, sexta edición, Panamericana, Buenos Aires, 2005.
- West, J. Fisiopatología pulmonar, quinta edición, Panamericana, Buenos Aires, 2001.