



Oxigenoterapia

A. González Brabin,
M.A. García Teresa,
A. García-Salido

Unidad de Cuidados Intensivos. Hospital
Infantil Universitario Niño Jesús. Madrid



Resumen

La oxigenoterapia se define como el aporte de oxígeno a un paciente a una concentración mayor del aire ambiente. Se puede administrar en pacientes con ventilación mecánica o ventilación espontánea. El principal objetivo de la administración de oxígeno suplementario es tratar o prevenir la hipoxemia (PaO_2 menor de 60 mmHg o saturación arterial de oxígeno menor al 90%). Tiene como objetivo evitar sus consecuencias (hipertensión arterial pulmonar, acidosis metabólica, poliglobulia e hipoxia tisular) y controlar la sintomatología, mediante la reducción del trabajo respiratorio y el trabajo miocárdico generados por la puesta en marcha de mecanismos compensatorios.

Palabras clave: Hipoxemia; Oxígeno; Terapia.

Abstract

Oxygen therapy is defined as the supply of oxygen to a patient at a concentration greater than 21%. It can be administered in patients with mechanical ventilation or spontaneous ventilation. The main objective of supplemental oxygen administration is to treat or prevent hypoxemia (PaO_2 less than 60 mmHg or arterial oxygen saturation less than 90%). Its objective is to avoid its consequences (pulmonary arterial hypertension, metabolic acidosis, polyglobulia, and tissue hypoxia), and to control the symptoms, by reducing respiratory work and myocardial work generated by the start-up of compensatory mechanisms.

Key words: Hypoxemia; Oxygen; Therapy.

Introducción

La oxigenoterapia es el tratamiento fundamental de la hipoxemia e insuficiencia respiratoria. Su objetivo es lograr que la PaO_2 sea superior a 60 mmHg y la $SatO_2$ superior al 90-92%. Su eficacia se traducirá en una mejoría de los signos y síntomas asociados. También se observarán cambios gasométricos y en el valor continuo de la $SatO_2$. Existen, en la actualidad, multitud de sistemas para su administración y diferentes parámetros empleados para la monitorización de la oxigenación. Se resumen y describen a continuación.

Historia de la oxigenoterapia

El origen de la oxigenoterapia, tal y como la conocemos hoy en día, surge

en 1783, año en que se aplica por primera vez el oxígeno como fármaco. El responsable de tal avance fue el médico francés Caillens, empleándolo para uno de sus pacientes enfermo de tuberculosis.

Posteriormente, durante el siglo XIX y primera parte del XX, surgen numerosos avances e investigaciones. Destaca John Scott Haldane, considerado el padre de la fisiología respiratoria. Describió cómo el impulso respiratorio parecía estar regulado por la concentración de CO_2 en sangre, y se centró en desarrollar métodos para el análisis de gases en sangre. Este autor define el llamado “efecto Haldane”. Mediante este efecto se describe la propiedad de la hemoglobina para modificarse estructuralmente en función del grado de

oxigenación. La hipoxemia induce una mayor capacidad de la hemoglobina⁽¹⁾ para portar dióxido de carbono y, a la inversa, la hemoglobina oxigenada tiene una capacidad reducida para transportar CO_2 .

Posteriormente, en los años sesenta, surge la figura de Earl Campbell que se centró en desarrollar nuevos dispositivos de administración. Así, aplica el efecto Venturi sobre el diseño de sus dispositivos. Esto permitió mezclar oxígeno puro con el aire ambiente dentro de una máscara, permitiendo ajustar distintas concentraciones de oxígeno. Las primeras máscaras desarrolladas por Campbell permitían concentraciones desde el 24 hasta el 35% de oxígeno. Estas mascarillas de oxígeno se conocen en la actualidad como *mascarillas Venturi*.

Tabla I. Frecuencia respiratoria en función de la edad

Edad	Frecuencia respiratoria
Neonato (< 30 días de vida)	40-60 rpm
6 meses	30-60 rpm
1-3 años	24-40 rpm
4-5 años	22-34 rpm
6-13 años	18-30 rpm
≥ 14 años	12-16 rpm

Conceptos de interés

- **FiO₂**: fracción inspiratoria de oxígeno. Hace referencia a la concentración de oxígeno del gas administrado al paciente. Se expresa en fracción de 1.
- **Hipoxemia**: bajo contenido de oxígeno en sangre arterial.
- **Hipoxia**: baja oxigenación tisular, las demandas de oxígeno no pueden ser satisfechas por los aportes.
- **Anoxia**: ausencia de oxigenación tisular.
- **Ventilación**: se determina a través de la PaCO₂ (mmHg), cantidad de CO₂ presente en sangre arterial. Aporta información sobre el intercambio gaseoso. El aumento de la PaCO₂ se conoce como hipercapnia.
- **Complianza**: es la distensibilidad (propiedad que permite el alargamiento o distensión de una estructura) pulmonar determinada por su cambio de volumen con la presión del gas.

Parámetros respiratorios. Monitorización y valores de normalidad

- **Frecuencia respiratoria**: número de respiraciones que se realizan por minuto. Los valores de normalidad varían en función de la edad, tal y como se muestra en la tabla I.
- **Saturación de oxígeno**: se puede medir gasométricamente o bien con ayuda de métodos fotoeléctricos (pulsioximetría). Los valores normales medidos mediante pulsioximetría varían entre el 95 y 99%.
- **PaO₂**: presión parcial arterial de oxígeno. Para su medición, se requiere acceso a sangre arterial. **Valores de**

normalidad: 80-100 mmHg en sangre arterial y 40 mmHg en sangre venosa (FiO₂ 0,21).

- **Cociente PaO₂/FiO₂**: proporciona un mayor grado de información respecto al parámetro previo. Relaciona la FiO₂ necesaria para mantener una determinada presión arterial de oxígeno. A mayor PaO₂ y menor el aporte de FiO₂, más positiva será la relación, y refleja una menor gravedad del paciente. **Clasificación del grado de hipoxemia según los siguientes valores**: normal > 300; leve 300-200; moderado 100-200; y grave < 100 (pacientes con presión al final de la expiración -PEEP- >5 cm H₂O).
- **Índice de oxigenación (IO)**: valora la oxigenación en relación a la FiO₂ y grado de asistencia respiratoria en ventilación mecánica invasiva. Para su cálculo, se requiere conocer la FiO₂ y la presión media en la vía aérea o PMVA (ventilación mecánica invasiva). **Clasificación del daño pulmonar según los siguientes valores**: leve = 4 a 7,9; moderado = 8 a 15,9; y grave ≥ 16. **Fórmula**: IO = (FiO₂ x PMVA en cm H₂O) / PaO₂.
- **PaCO₂**: presión parcial arterial de CO₂. Para su medición, se requiere acceso a sangre arterial. **Valores de normalidad**: 35-45 mmHg en sangre arterial y 45-50 mmHg en sangre venosa.

Valoración del estado de oxigenación

Existen diferentes parámetros usados para valorar los distintos componentes de la oxigenación, distinguiéndose el transporte y capacidad de cesión, y consumo de oxígeno.

Transporte de oxígeno

El oxígeno no se disuelve fácilmente en el agua, y dado que el plasma es un 93% agua, para facilitar la oxigenación se requiere de una molécula que lo transporte: la hemoglobina.

- **PaO₂**: permite medir de forma indirecta la cantidad de oxígeno disuelto en el plasma.
- **Saturación arterial de oxígeno (SatO₂)**: refleja la proporción de hemoglobina oxigenada respecto a la hemoglobina total en sangre.
- **Contenido arterial de oxígeno**: resulta de la suma del oxígeno

disuelto en plasma y del unido a hemoglobina, en sangre arterial.

- **Contenido venoso de oxígeno**: resulta de la suma del oxígeno disuelto en plasma y del unido a hemoglobina, en sangre venosa.

Aporte o distribución de oxígeno (AO₂)

El oxígeno pasa a la sangre en el circuito pulmonar, y es transportado a los órganos a través del flujo de sangre, es decir, el gasto cardíaco (Q). El ritmo con el que esto ocurre se denomina aporte de oxígeno⁽²⁾, y describe el volumen de oxígeno que alcanza los capilares sistémicos cada minuto.

Captación de oxígeno (VO₂)

Cuando la sangre alcanza los capilares sistémicos, el oxígeno se disocia de la hemoglobina y es cedido a los tejidos. El ritmo con el que esto sucede se denomina captación y describe el volumen de oxígeno (ml) que abandona el lecho capilar y se desplaza a los tejidos cada minuto.

- **Proporción de extracción de oxígeno**: fracción de oxígeno proporcionado a los capilares que es captada por los tejidos.
- **Saturación venosa mixta (SvO₂)**: refleja la extracción tisular de oxígeno por parte de los tejidos. **Para su correcta medición, se debe disponer de un catéter venoso central cuyo extremo distal se encuentre en aurícula derecha** para que la muestra sea representativa (punto donde se mezcla el flujo de sangre que proviene de la vena cava inferior y superior).

En la tabla II, se describe la forma de calcular los distintos parámetros comentados, así como los valores de normalidad.

Indicaciones de oxigenoterapia

El principal objetivo de la administración de oxígeno suplementario es tratar o prevenir la **hipoxemia** (PaO₂ menor de 60 mmHg o saturación arterial de oxígeno menor al 90%).

Tiene como objetivo evitar sus **consecuencias** (hipertensión arterial pulmonar, acidosis metabólica, poliglobulia e hipoxia tisular) y controlar la **sintomatología**, mediante la reducción del trabajo respiratorio y el trabajo

Tabla II. Valoración del estado de oxigenación

Nombre	Fórmula	Valores de normalidad (VN)	
Transporte de oxígeno			
PaO ₂	Oxígeno disuelto en plasma	80-100 mmHg	Hipoxemia aceptable 60-80 mmHg; hipoxemia grave 40-60 mmHg; hipoxemia crítica < 45 mmHg (con FiO ₂ 0,21)
Saturación arterial de oxígeno	Hb oxigenada /Hb total	98% en sangre arterial;	73% en sangre venosa
Contenido arterial de oxígeno	CaO ₂ = [1,34 x Hb (g/dl) x SvO ₂] + [PvO ₂ (mmHg) x 0,003]	16-20 ml/dL	
Contenido venoso de oxígeno	CvO ₂ = [1,34 x Hb (g/dl) x SvO ₂] + [PvO ₂ (mmHg) x 0,003]	12-16 ml/dL	
Aporte o distribución de oxígeno			
Aporte o distribución de oxígeno (AO ₂)	AO ₂ = Q (L/min) x 1,34 x Hb (g/dl) x SaO ₂ x 10	520-600 ml/min/m ²	
Captación de oxígeno			
Captación de oxígeno (VO ₂)	VO ₂ = Q(L/min) x (CaO ₂ - CvO ₂) x 10	110-160 ml/min/m ²	Valores aumentados indicarían un aumento en la captación-extracción de oxígeno por parte de los tejidos
Proporción de extracción de oxígeno (PEO ₂)	PEO ₂ = VO ₂ /AO ₂ PEO ₂ = (SaO ₂ - SvO ₂) / SaO ₂	0,20-0,30	
Saturación venosa mixta (SvO ₂)	SVO ₂ = AO ₂ /VO ₂	VN: > 70%	Valores inferiores, indicarían un aumento en la captación de oxígeno por parte de los tejidos

miocárdico generados por la puesta en marcha de mecanismos compensatorios.

Patología aguda

- **Enfermedades pulmonares:** provocan una situación de hipoxemia-hipoventilación debido a la alteración en la relación ventilación-perfusión (neumonía, bronquiolitis...), hipoventilación alveolar.
- **Enfermedades cardíacas:** patologías que condicionan cortocircuito derecha-izquierda (cardiopatías cianósantes).
- **Enfermedades infecciosas:** situaciones de bajo gasto cardíaco o alta demanda de oxígeno (shock, sepsis...), condicionando una situación de hipoxia tisular sin hipoxemia.

Patología crónica

- **Enfermedades pulmonares:** hipertensión pulmonar, enfermedades

parenquimatosas, fibrosis pulmonar y displasia broncopulmonar.

- **Enfermedades cardíacas con hipertensión pulmonar.**
- **Enfermedades neuromusculares, de la pared torácica, obstrucción de la vía aérea superior.**



Figura 1. Dispositivo de bajo flujo. Cánulas nasales simples.

Complicaciones de la oxigenoterapia

- Retinopatía proliferativa en pacientes neonatos prematuros.
- Toxicidad pulmonar: secundaria a la disminución de la síntesis de surfactante, alteraciones en la relación ventilación-perfusión y disminución de la actividad mucociliar, favoreciendo la formación de atelectasias.
- Depresión del centro respiratorio.

Sistemas de aporte de oxígeno

La oxigenoterapia se puede administrar tanto en pacientes con ventilación mecánica (invasiva o no invasiva) como en ventilación espontánea. En **ventilación espontánea**, los diferentes tipos de soporte respiratorio se clasifican de acuerdo al flujo administrado, diferenciando dos grupos: **sistemas de bajo y alto flujo**⁽⁷⁾.

Sistemas de bajo flujo

Suministran O₂ puro (100%) a un **flujo menor que el pico de flujo inspiratorio del paciente**. El O₂ administrado se mezcla con el aire inspirado y, se obtiene una FiO₂ variable, dependiente del flujo administrado y del volumen inspiratorio.

Oxigenoterapia en cánula o gafas nasales

Es la modalidad más empleada. Son ligeras y cómodas (Fig. 1). Suministra una FiO₂ variable (desde 0,24 a 0,44) en función del flujo utilizado (Tabla III). Su eficacia disminuye en respiradores bucales o durante el sueño. En recién

Tabla III. Sistema de bajo flujo. Cánulas nasales. Aportes de FiO₂ ajustado al flujo de oxígeno empleado

Flujo de O ₂ (l/min)	FiO ₂
1	0,24
2	0,28
3	0,32
4	0,36
5	0,40
6	0,44

nacidos, el flujo a través de este dispositivo se debe restringir a 2 l/min, y en pediátricos hasta 4 l/min.

No se aconseja la utilización de este tipo de cánulas cuando son necesarios flujos superiores a 6 l/min, debido a que flujos mayores a través de este dispositivo ocasionan irritación de la mucosa nasal y no aumentan la FiO₂.

Mascarilla simple de oxígeno

Se trata de una mascarilla que cubre boca y nariz. Dispone de 2 orificios laterales por donde entra el aire ambiente y sale el aire espirado (Fig. 2). Requiere de un flujo de O₂ entre 4-10 l/min. No dispone de bolsa reservorio. Aporta una FiO₂ variable entre 0,3 y 0,5.

Mascarilla con reservorio

Se trata de una mascarilla que cubre boca y nariz, que lleva asociada una



Figura 3. Dispositivo de bajo flujo. Mascarilla asociada a bolsa reservorio.

bolsa reservorio en la parte frontal de la misma (Fig. 3). Se debe asegurar un flujo suficiente (entre 10 y 15 l/min) para llenar el reservorio y evitar su colapso durante la inspiración.

Dispone de orificios laterales en la mascarilla, que permite la salida de aire durante la espiración, evitando así su reinhalación. Estos orificios permanecen cerrados durante la inspiración para evitar la entrada de aire ambiente. Este dispositivo permite administrar FiO₂ más elevadas, entre 0,6-0,9.

Sistemas de alto flujo^(3,8,9)

El flujo administrado al paciente es suficiente para proporcionar la totalidad del gas inspirado, **independientemente del patrón respiratorio del paciente**, permitiendo con ello regular de forma más exacta la FiO₂ administrada.



Figura 5. Dispositivo de alto flujo. Mascarilla de efecto Venturi. Regulador de FIO₂.

Mascarilla Venturi

Se trata de una mascarilla que cubre boca y nariz, que lleva asociado un mecanismo regulador de FiO₂. El oxígeno y el aire se mezclan en este mecanismo que se ajusta en función de la concentración de oxígeno deseada (Figs. 4 y 5). El flujo de oxígeno a alta velocidad arrastra aire del exterior hacia el interior del regulador (efecto Venturi). Cada dispositivo, en función del modelo comercializado, dispone de una **tabla orientativa** para ajustar el flujo de oxígeno.

Oxigenoterapia de alto flujo con cánulas nasales⁽⁴⁾

Administración de un flujo elevado de aire mezclado con oxígeno, u oxígeno puro a través de un dispositivo de cánulas nasales específicas (Fig. 6).



Figura 2. Dispositivo de bajo flujo. Mascarilla de oxígeno asociada a nebulizador.



Figura 4. Dispositivo de alto flujo. Mascarilla de efecto Venturi.



Figura 6. Dispositivo de alto flujo. Cánulas nasales de alto flujo.



Figura 7. Mezclador de aire y oxígeno.

La FiO_2 a administrar se ajustará mediante el dispositivo mezclador (Fig. 7). Si no se dispone de un mezclador, se puede administrar mezclando dos caudalímetros, uno de aire y otro de O_2 , calculando la concentración de O_2 con la siguiente fórmula: $FiO_2 = O_2 (l/min) + aire (l/min) \times 0,21 / O_2 (l/min) + aire (l/min)$.

Dada la facilidad de uso y la buena adaptación que suele acompañar a este tipo de oxigenoterapia, su uso se ha visto extendido en los últimos años. Su indicación debe acompañarse de un seguimiento estrecho que confirme la buena respuesta e impida el retraso de otros tipos de asistencia.

Para el uso de alto flujo en cánulas nasales, es indispensable humidificar y calentar el aire (Fig. 8). Se debe comenzar con flujos bajos, en torno a $0,5-1 l/kg/min$. Posteriormente, ir aumentando en función de las necesidades del paciente, y también de la tolerancia, hasta un máximo en torno a $1,5-2 l/kg/min$. En la tabla IV aparece el flujo máximo por rango de edad.

Este sistema mejora la oxigenación del paciente, dado que el flujo de aire administrado es superior al pico de flujo inspiratorio del paciente, evitando teóricamente la inhalación de aire ambiente. Permite, además, renovar el gas del espacio muerto en nasofaringe.

Destaca en su uso que, a mayor flujo pautado peor tolerancia por parte del paciente. Esto suele limitar la eficacia del dispositivo. Otro limitador importante es el tamaño de la cánula nasal seleccionado, que puede restringir al

flujo administrado (se debe elegir la cánula nasal adecuada en función de la edad y del flujo que se desea pautar).

Ventilación mecánica no invasiva⁽⁶⁻⁹⁾

Se trata de un nivel de asistencia mayor que lo previamente descrito. Se considera ventilación no invasiva (VNI) al tratamiento que no invade la vía aérea del paciente; por tanto, no supone la intubación endotraqueal o la traqueotomía. Existen diferentes modalidades, pero la más empleada es aquella que hace uso de presión positiva (**modalidades de presión**). Los dispositivos empleados para la ventilación hacen uso del **gradiente de presión** entre el dispositivo y las unidades alveolares del paciente, y es a través de este gradiente que consigue movilizar un determinado volumen de gas.

Este sistema de ventilación permite regular la FiO_2 administrada para optimizar el estado de oxigenación del paciente. Se debe asegurar que el volumen corriente en cada respiración es suficiente para llevar a cabo un adecuado intercambio gaseoso, permitiendo con ello la oxigenación y el intercambio de PCO_2 .

Habitualmente, se buscan volúmenes en torno a $4-6 ml/kg$ en lactantes y volúmenes en torno a $6-8 ml/kg$ en edad pediátrica. Se debe tener en cuenta que la **ventilación no invasiva tiene como principal inconveniente la no tolerancia del paciente y las fugas, que pueden llegar a condicionar su eficacia** (no es un circuito hermético).

Cuando se emplea la ventilación no invasiva, es fundamental **humidificar** y **calentar** el aire que se administra. La ausencia de humedad puede hacer más secas las secreciones, dificultando la movilización de las mismas con el consecuente agravio para el paciente.

Tabla IV. Sistema de alto flujo. Oxigenoterapia de alto flujo. Flujo máximo permitido en función del rango de edad

Edad	Flujo máximo (l/min)
Lactantes	8-12
Pediátrico	20-30
Adultos	30-60



Figura 8. Humidificador. Conectado a sistema de alto flujo.

Indicaciones de ventilación no invasiva

- **Insuficiencia respiratoria aguda⁽⁵⁾:** se distingue la **forma hipoxémica**, en la que se produce un fracaso en el intercambio de gases por afectación parenquimatosa pulmonar (p. ej.: neumonía, edema pulmonar cardiogénico, distrés respiratorio), y la **forma hipercápnica**, causada por el fracaso de la bomba respiratoria. Se iniciará soporte respiratorio con VNI en aquellos pacientes con deterioro respiratorio pese al tratamiento con las modalidades previamente descritas. Debe considerarse como primer nivel de asistencia en situaciones de debilidad neuromuscular o situación de dificultad respiratoria grave, en las que se requiera participación activa en la inspiración y espiración. El uso de este soporte permite asistir al paciente, disminuyendo el trabajo respiratorio y mejorar los parámetros de oxigenación.
- **Insuficiencia respiratoria crónica:** enfermos con patología respiratoria de larga evolución, enfermedades neuromusculares, anomalías en el sistema nervioso central. En este grupo de pacientes, el uso de la VNI es una medida de soporte a largo plazo.

Dispositivos de administración de ventilación no invasiva

- **Hospitalario:** es recomendable el uso de dispositivos específicos con sistemas de flujo continuo de turbina,



Figura 9. Philips respironics v60. Respirador empleado para ventilación no invasiva.

que permiten compensar las fugas (Fig. 9). En ambos, se requiere de una interfase, que puede ser: facial (ocupando boca y nariz), nasal o bucal que se debe ajustar al paciente (Figs. 10 y 11). Se pueden emplear respiradores de ventilación invasiva que dispongan de módulo de ventilación no invasiva. Sin embargo, este tipo de dispositivos no suelen realizar una compensación adecuada de las fugas del circuito.

- **Domiciliario:** como los comentados previamente, son respiradores específicos con funcionamiento mediante turbina, pero de pequeño tamaño (Fig. 12). Disponen de modalidades de presión soporte, gran sensibilidad en el *trigger* inspiratorio/espírorio (capacidad de detectar el flujo respiratorio del paciente) y capacidad de

compensar las fugas del circuito. No disponen de mezclador de gases, por lo que si el paciente precisa oxígeno suplementario, se debe conectar una fuente externa mediante un sistema con alargadera.

Ventilación mecánica invasiva⁽⁶⁾

La ventilación mecánica invasiva (VMI) requiere de la intubación oro-traqueal, nasotraqueal o traqueotomía/traqueostomía, que permite aislar la vía aérea (circuito cerrado).

Requiere de respiradores específicos designados para ello. Cuando se emplea este soporte, también es fundamental **humidificar** y **calentar** el aire que se administra al paciente.

Indicaciones

- **Insuficiencia respiratoria grave** por aumento de las resistencias de la vía aérea o por patología en el parénquima pulmonar, cuando la VNI ha fracasado. La decisión de iniciar depende de la situación clínica del paciente (trabajo respiratorio, nivel de conciencia) y de las alteraciones gasométricas (hipoxemia, saturación de $O_2 < 90\%$ a pesar de $FiO_2 > 0,6$; o hipercapnia, $PCO_2 > 70$ mmHg y $pH < 7,20$).
- **Shock** de cualquier etiología, en el que la demanda de oxígeno no se suple con los aportes.
- **Disfunción del SNC**, ocasionando: pausas centrales y/o el cese de la respiración. Disminución del nivel de conciencia, secundario a intoxicaciones, infecciones del sistema nervioso central o traumatismo craneoencefálico.



Figura 12. Respirador domiciliario. Astral 150.

Los objetivos son conseguir una adecuada oxigenación y ventilación del paciente, disminuir el trabajo respiratorio y el consumo de oxígeno (sistémico y miocárdico).

Tipos de asistencia y modalidades de ventilación invasiva

El inicio de la ventilación invasiva requiere elegir el tipo de asistencia que el paciente precisa. Se puede optar por una **ventilación controlada**, en la que el paciente no interviene, siendo todos los ciclos respiratorios iguales, o bien por una **ventilación asistida**, donde se soporta la respiración iniciada por el paciente, siendo los ciclos respiratorios diferentes entre sí. Existen modalidades intermedias que no son objeto de este capítulo.



Figura 10. Interfase para ventilación no invasiva. Mascarilla facial.



Figura 11. Interfase para ventilación no invasiva. Mascarilla nasal.

Elegir una modalidad u otra dependerá del contexto y la gravedad del paciente. La ventilación controlada permite un alivio en la bomba respiratoria para los pacientes más graves y requiere de un óptimo estado de sedación-analgésia (asociado o no a relajante muscular).

Decidido el tipo de asistencia, se debe elegir el **modo de ventilación**, diferenciando modalidades de: volumen, presión y mixtas.

- **Ventilación por volumen:** se pauta volumen, frecuencia respiratoria y un tiempo inspiratorio con pausa inspiratoria. Esta última permite que el volumen se distribuya de la forma más homogénea posible en las unidades alveolares, con distinta distensibilidad. La presión requerida para administrar el volumen es variable, dependiente de la resistencia y de la distensibilidad del circuito, y parénquima pulmonar. Durante la inspiración se administra el gas con un flujo constante. Esta modalidad disminuye el riesgo de hiperventilación/hipoventilación.
- **Ventilación por presión:** en esta modalidad se programa la presión deseada en inspiración y espiración. El volumen administrado depende de la presión, del tiempo inspiratorio, y

de la distensibilidad (compliance) del parénquima pulmonar. Emplea un flujo decelerado, porque disminuye a medida que lo hace el gradiente de presión. Genera, por tanto, menor riesgo de barotrauma, una mejor distribución del aire dentro y facilita un adecuado reclutamiento alveolar. Sin embargo, tiene riesgo de hiperventilación/hipoventilación al no asegurar el volumen.

- **Ventilación en modalidades mixtas, como volumen control regulado por presión.** Es una modalidad de **ventilación por presión con volumen garantizado**, en la que se pauta un volumen y el respirador calcula en cada respiración la mínima presión necesaria para meter ese aire en el circuito respiratorio.

Bibliografía

1. Needleman JP, Setty BN, Varlotta L, Dampier C, Allen JL. Measurement of hemoglobin saturation by oxygen in children and adolescents with sickle cell disease. *Pediatr Pulmonol.* 1999; 28: 423.
2. Myers TR, American Association for Respiratory Care (AARC). AARC Clinical Practice Guideline: selection of an oxygen delivery device for neonatal and pediatric patients-2002 revision & update. *Respir Care.* 2002; 47: 707.
3. Pilar Orive FJ, López Fernández YM. Oxigenoterapia de alto flujo. *An Pediatr Contin.* 2014; 12: 25-9.
4. Spentzas T, Minarik M, Patters AB, Vinson B, Stidham G. Children with respiratory distress treated with high-flow nasal cannula. *J Intensive Care Med.* 2009; 24: 323-328.
5. Najaf-Zadeh A, Leclerc F. Noninvasive positive pressure ventilation for acute respiratory failure in children: a concise review. *Ann Intensive Care.* 2011; 1: 15.
6. Popat B, Jones A. Invasive and noninvasive mechanical ventilation. *Medicine (Baltimore).* 2012; 40: 298.
7. Amaddeo A, Khirani S, Griffon L, Teng T, Lanzeray A, Fauroux B. Non-invasive Ventilation and CPAP Failure in Children and Indications for Invasive Ventilation. *Front Pediatr.* 2020; 8: 544921. doi: 10.3389/fped.2020.544921.
8. Cataño-Jaramillo ML, Jaramillo-Bustamante JC, Florez ID. Continuous Positive Airway Pressure vs. High Flow Nasal Cannula in children with acute severe or moderate bronchiolitis. A systematic review and Meta-analysis. *Med Intensiva.* 2020; S0210-5691: 30324-7. doi: 10.1016/j.medint.2020.09.008.
9. Slubowski D, Ruttan T. High-flow nasal cannula and noninvasive ventilation in pediatric emergency medicine. *Review Pediatr Emerg Med Pract.* 2020; 17: 1-24.



Cuestionario de Acreditación

Los Cuestionarios de Acreditación de los temas de FC se pueden realizar en “on line” a través de la web: www.sepeap.org y www.pediatriaintegral.es.

Para conseguir la acreditación de formación continuada del sistema de acreditación de los profesionales sanitarios de carácter único para todo el sistema nacional de salud, deberá contestar correctamente al 85% de las preguntas. Se podrán realizar los cuestionarios de acreditación de los diferentes números de la revista durante el periodo señalado en el cuestionario “on-line”.