



## Nuevos sistemas de administración

ANA PUEYO BASTIDA

### Introducción

Desde los años 80 quedaron demostrados los beneficios de la oxigenoterapia. Una revisión del estudio NOTT demostró, dos décadas más tarde, que los pacientes que usaban oxigenoterapia domiciliaria continua, pero además mantenían un buen nivel de actividad física, eran los que más beneficio obtenían en términos de supervivencia, a pesar de recibir el mismo número de horas de oxigenoterapia que aquéllos con un nivel de actividad menor. Este y otros estudios plantean la necesidad de un aporte de oxígeno continuo, en reposo y en ejercicio, con sistemas que permitan atender a las diferentes situaciones de la vida diaria.<sup>1,2</sup> Ello conlleva la necesidad de disponer de dispositivos técnicamente más convenientes y autónomos.

En una revisión de los sistemas para administrar oxígeno a largo plazo disponibles en el mercado se pueden diferenciar dos categorías: los sistemas tra-

dicionales, siendo los más usados en la actualidad los concentradores y el oxígeno líquido, y los nuevos dispositivos, basados en los mismos principios pero que permiten combinaciones más adecuadas.

### Sistemas Tradicionales de Oxigenoterapia

#### 1. SISTEMAS FIJOS

##### Cilindros de gas comprimido

El oxígeno se almacena en forma gaseosa, a una presión de 200 bars. Hay cilindros de diferentes tamaños, desde los H, que duran aprox. 57 horas a 2 litros, hasta los pequeños A, con una duración menor de 1 hora, que pueden ser usados para pequeños desplazamientos fuera del domicilio. En la actualidad se van sustituyendo por cilindros de aluminio, con un peso hasta 50% menor que los de ta-

maño similar en acero. existen también bombonas portátiles, que resultan útiles para los desplazamientos breves fuera del domicilio. Entre sus principales ventajas se encuentra la pureza del oxígeno suministrado, del 100%, y que se encuentran disponibles de forma universal. Entre las principales desventajas, la necesidad de reponerlo con mucha frecuencia y la dificultad de almacenaje.<sup>3</sup>

### Concentradores de oxígeno

En la actualidad suponen el sistema más utilizado en países desarrollados. Son aparatos que emplean tecnología que permite separar el oxígeno del resto de componentes del aire de la habitación. Ppesan 20-30 kg, con medidas aproximadas de 70x45x30 cm; se desplazan sobre ruedas. Conectados a una fuente eléctrica, constan de un tamiz, generalmente de zeolita (silicato de aluminio) que permite separar gases según su tamaño y polaridad. Se obtiene así oxígeno que es almacenado en un pequeño cilindro, mientras que el nitrógeno se libera a la atmósfera. El oxígeno así obtenido tiene una pureza cercana al 94%, siempre que el flujo administrado sea menor de 3 l/min. Para flujos más altos, la pureza resultante disminuye hasta 85-90%. En la actualidad se están consiguiendo mejoras en este sentido, mediante sistemas enriquecedores, existiendo ya en el mercado dispositivos capaces de proporcionar hasta 10 litros/min.

Disponen de un sistema de alarma y contador horario. No necesitan almacenamiento, son relativamente móviles y de fácil manejo. Entre sus inconvenientes se encuentra el ruido que generalmente producen, la necesidad de revisiones periódicas y, la dependencia permanente de una fuente eléctrica y, fundamentalmente, la falta de pureza del oxígeno liberado, sobre todo a flujos altos.<sup>3,4</sup>

### Oxígeno líquido

El sistema fijo consta de una base o nodriza que almacena oxígeno a  $-183^{\circ}\text{C}$  en recipientes de doble pared. A través de una evaporación controlada, permite una liberación de aprox. 850 l de  $\text{O}_2$  gaseoso por cada litro de  $\text{O}_2$  líquido. El peso de la nodriza varía de 27 a 72 kg, con una capacidad de 12 a 41 litros, según los modelos. La pérdida de gas a través del sistema se estima en 40-50 l/hora.

Este sistema requiere ser repuesto periódicamente por el proveedor. Su precio es notablemente más caro que el del concentrador, y no es un sistema coste-efectivo. Entre sus ventajas, la pureza del oxígeno administrado (100%) y que permite obtener flujos de hasta 8 litros, suficiente para la mayoría de indicaciones de oxigenoterapia domiciliaria. No produce ruido, y no precisa fuentes energéticas para su funcionamiento.<sup>3,4</sup>

## 2. SISTEMAS PORTÁTILES

- **Cilindros:** De aluminio, en varios tamaños, con capacidad de 164 a 622 l. Su duración es de 1 a 5 horas (con flujos a 2 l/min)
- **Oxígeno líquido portátil:** Se basa en la utilización de "stroller" o mochilas de 2,2 a 4,5 kg de peso, que permiten una autonomía de 3 a 7 horas. En la actualidad, gracias a la adición de un sistema ahorrador de oxígeno, como se explica posteriormente, se pueden utilizar mochilas mucho más pequeñas, con mayor autonomía en horas. Sin embargo, la transferencia de oxígeno de la nodriza a la fuente portátil no es fácil para muchos de los usuarios, con riesgo de quemaduras por las bajas temperaturas del oxígeno. Otra desventaja es la incompatibilidad de nodrizas y mochilas entre sí.

### 3. SISTEMAS AHORRADORES DE OXÍGENO

El principal problema de los sistemas tradicionales de oxígeno es la escasa autonomía que permiten al paciente. En base a ello, en los años 80 se diseñaron dispositivos que suponen un notable ahorro en la cantidad de oxígeno suministrada, lo que hace que fuentes portátiles de menor tamaño permitan una mayor autonomía.

Los principales sistemas ahorradores pueden agruparse en 3 tipos:

#### - **Catéter transtraqueal**

Consiste en la administración de oxígeno a través de un catéter de plástico de 1,6 a 2 mm de diámetro que se inserta percutáneamente entre el 2º y 3º anillos traqueales. El oxígeno proporcionado a un flujo continuo es almacenado en la vía aérea superior durante la espiración, y se libera al inicio de la inspiración, evitando el espacio muerto.

Entre los beneficios potenciales del oxígeno se han descrito corrección de la hipoxemia refractaria, aumento de la capacidad de ejercicio, mejor cumplimiento de la oxigenoterapia continuada y por último la posibilidad de utilizar unidades más pequeñas y ligeras al reducirse los flujos requeridos (55% en reposo y 30% durante el ejercicio).

El principal mecanismo por el que se obtienen estos beneficios es la evitación del espacio muerto de la vía aérea superior, que actúa como reservorio. Siempre es necesario humidificar cuando se utiliza este sistema.

En la prescripción de oxigenoterapia transtraqueal se sigue habitualmente un procedimiento que consta de 4 fases:

- FASE I: evaluación del paciente, selección, y preparación del procedimiento

- FASE II: creación de la fístula traqueocutánea
- FASE III: manejo del tracto en maduración
- FASE IV: manejo del tracto maduro.

En la actualidad se utilizan dos tipos de fístula, lo que tiene consecuencias en la duración de cada una de las fases. Así, en la *técnica modificada de Seldinger*, la tradicional, la fístula se lleva a cabo con anestesia local y se coloca un stent que se mantiene durante una semana. En la fase III se sustituye por un catéter funcional y se comienza a administrar oxígeno. El paciente aprende la limpieza y manejo del catéter, que es periódicamente sustituido por el médico. Esta fase dura 6-8 semanas. En la fase IV, de fístula madura, el paciente aprende a retirar y sustituir el catéter y suministrarse el oxígeno, con visitas periódicas al personal sanitario. Una nueva técnica de creación de fístula, de *Lipkin*, desarrollada en los últimos años, se considera en la actualidad el método de elección. Consiste en la creación de fístula a través de una ventana en el cartílago. Se inserta a la mañana siguiente el catéter funcionante, y se inicia el aporte de oxígeno. El tracto está maduro en 10-14 días. El periodo de entrenamiento y educación se acorta así notablemente.

El candidato ideal a recibir oxigenoterapia transtraqueal es el que se oxigena bien con 2-4 litros, mantiene una vida activa, está altamente motivado y puede manejar su catéter.

Entre las complicaciones de este tipo de técnica se encuentran la aparición de queloides, condritis o el desplazamiento del catéter en las fases iniciales. Posteriormente, la complicación más grave es la creación de tapones de moco espeso y duro que puede ocasionar episodios asfícticos. La oxigenoterapia a través de catéter

transtraqueal debe administrarse siempre con humidificación. Las indicaciones, contraindicaciones y precauciones de esta terapia se recogen en la tabla 1.<sup>5,6</sup>

ciones y precauciones de esta terapia se recogen en la tabla 1.<sup>5,6</sup>

**TABLA I**  
**Indicaciones, contraindicaciones y precauciones de la oxigenoterapia transtraqueal.**

**INDICACIONES**

- Necesidad de cualquiera de los beneficios fisiológicos
- Complicaciones causadas por la cánula nasal
- Corrección de la hipoxemia refractaria a cánula nasal
- Cor pulmonale o poliglobulia a pesar de O<sub>2</sub> en cánula nasal
- Hipoxemia nocturna a pesar de O<sub>2</sub> en cánula nasal
- Necesidad de aumentar la actividad
- Cumplimiento subóptimo del tratamiento
- Preferencia del paciente

**CONTRAINDICACIONES ABSOLUTAS**

- Incapacidad de practicar los autocuidados del catéter
- Acidosis respiratoria descompensada
- Coagulopatía grave
- Obstrucción de vía aérea superior (estenosis subglótica, parálisis de cuerdas)
- Herniación pulmonar en la zona del procedimiento
- Ansiedad grave
- Mala adherencia terapéutica

**PRECAUCIONES**

- Insuficiencia respiratoria hipoxémica grave
- Hipercapnia
- FEV<sub>1</sub> < 500 ml
- Anomalías anatómicas (obesidad, traqueostomía previa...)
- Hiperreactividad bronquial no controlada
- Esputo abundante o viscoso
- Mala reserva mecánica

- **Cánulas reservorio**

Funcionan acumulando O<sub>2</sub> durante la espiración, de forma que penetra “en bolo” durante el comienzo de la inspiración. Están disponibles en dos configuraciones:

- *en forma de bigote (Oxymizer)*. El reservorio de látex de 20 ml. se localiza directamente junto a la nariz. Una fina membrana en el reservorio es empujada hacia afuera durante la espiración, creando una cámara que se llena de oxígeno. Cuando el paciente comienza la inspiración, el reservorio se vacía por la presión negativa en las fosas nasales. Esto permite un ahorro del 30-50% en el flujo de O<sub>2</sub>.
- *colgante (Oxymizer pendant)*. El oxígeno se acumula en un reservorio que se coloca en la parte

anterior del tórax y en el tubo que conduce hasta él. Se crea también una cámara al empujar la mezcla durante la espiración. Cuando comienza la inhalación el paciente recibe el O<sub>2</sub> acumulado en el reservorio y en el tubo, junto con el flujo continuo.

Ambas cánulas reservorio son simples, baratas y disponibles. Funcionan en respuesta al flujo nasal del paciente. La eficacia es similar en ambas, pero la preferencia depende del diseño.<sup>7,8</sup>. Pueden usarse en pacientes con requerimiento de flujos altos, suponiendo en este caso una ventaja respecto a otros sistemas (los concentradores por sí solos no son capaces de generar flujos altos, y los cilindros o el oxígeno líquido plantearían en estas situaciones problemas de almacenamiento en el domicilio). (Figura 1)

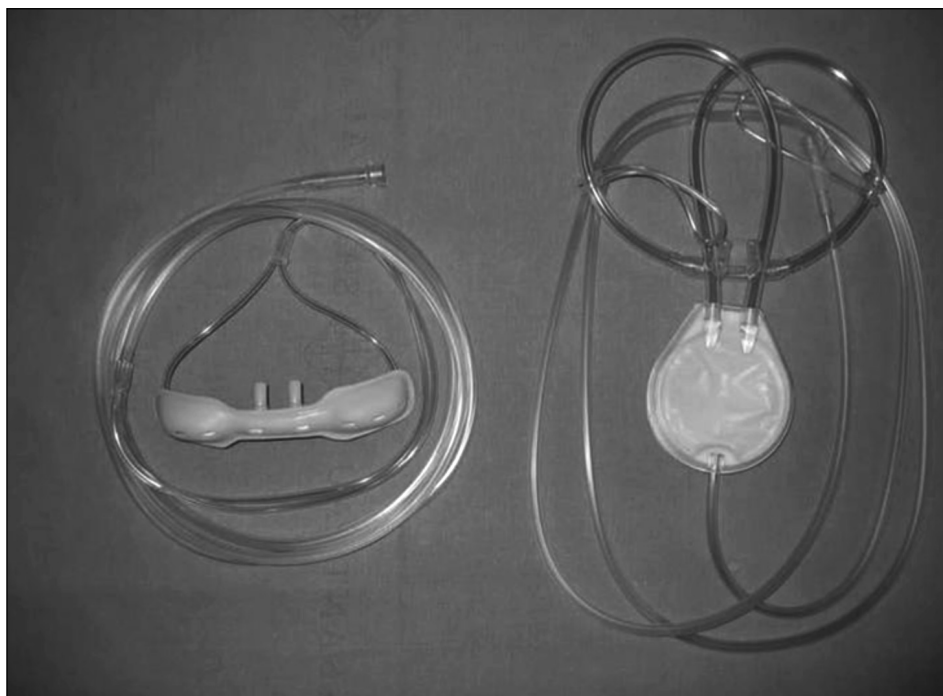
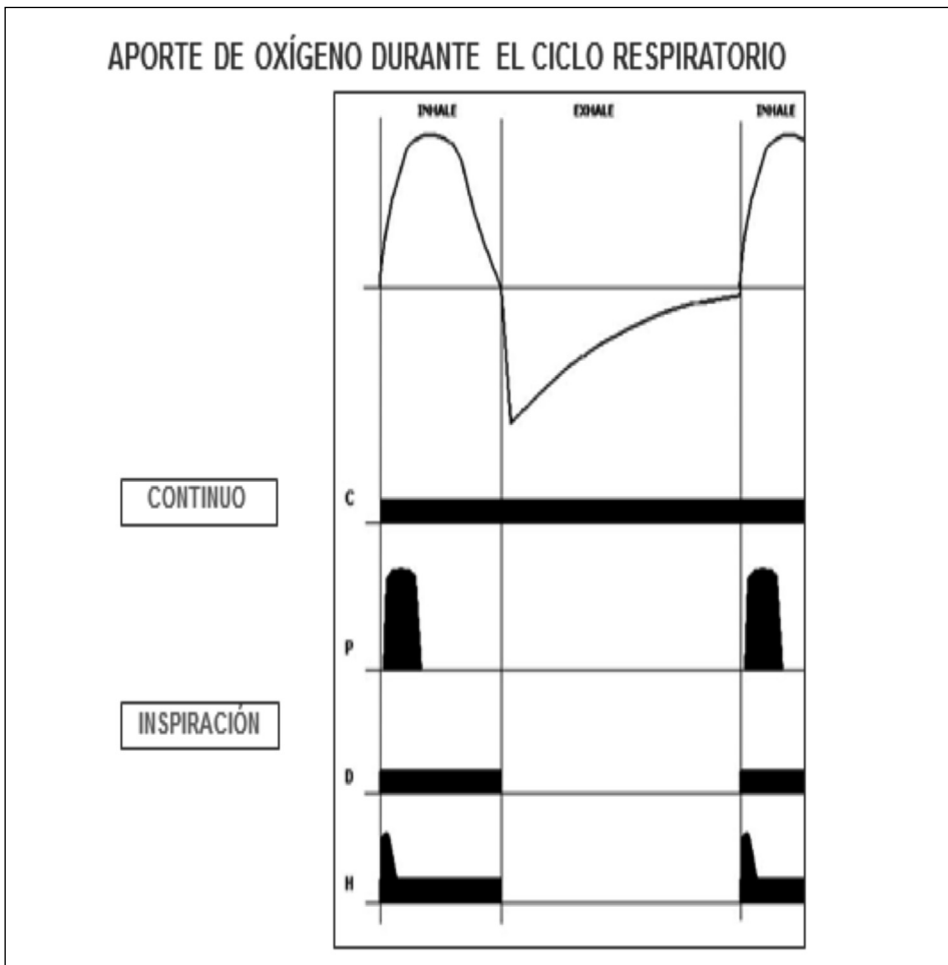


Figura 1.- Sistemas ahorradores de oxígeno: cánulas reservorio.

### - **Sistemas de demanda**

Se basan en la liberación de O<sub>2</sub> de forma intermitente sólo durante la inspiración, evitando la pérdida al exterior su administración de forma continuada durante todo el ciclo respiratorio. El oxígeno se libera, bien en cantidad fija, a flujos relativamente altos, en forma de pulsos en la fase inicial de la inspiración (tipo-pulso), bien en pequeños bolus seguidos de un flujo continuo

pequeño (tipo-demanda). En ambos casos, el comienzo de la fase inspiratoria se detecta por el esfuerzo inspiratorio a través de la cánula nasal. El dispositivo consta de un sensor de flujo nasal que funciona mediante variaciones de temperatura o presión, y una electroválvula, que libera oxígeno únicamente cuando el sensor detecta flujo inspiratorio. Las diferentes curvas de liberación de oxígeno se recogen en la figura 2.



**Figura 2.-** Distintas modalidades de liberación de oxígeno a lo largo del ciclo respiratorio (tomado de ref. 15)

Estos sistemas conservadores permiten un ahorro de hasta el 50% del O<sub>2</sub>. Pueden asociarse a todas las fuentes de O<sub>2</sub>, aunque lo más frecuente es combinarlos con mochilas de oxígeno líquido de tamaño reducido y poco peso, formando en este caso parte integrada del dispositivo compacto. En otras ocasiones son válvulas independientes que se añaden a los sistemas tradicionales. (fig. 3). No deben usarse con sistemas de humidificación.

Cuando se usa esta tecnología conservadora de oxígeno es necesario asegurarse de que los bolos suministrados consiguen el mismo grado de saturación que el flujo continuo. Un error frecuente es considerar equivalente la prescripción en litros/min en forma continua, con la numeración que figura en el sistema a demanda. Esta

última indica, en realidad, el tamaño relativo de los bolos suministrados. Tampoco son equivalentes estas numeraciones entre diferentes fabricantes. Para añadir todavía más confusión, la forma de la curva del bolus puede ser también diferente para cada modelo.<sup>3, 4, 9, 10</sup>

En un trabajo llevado a cabo por P. Bliss mediante un modelo de aparato respiratorio artificial se simularon 4 patrones respiratorios diferentes, a 15, 20, 25 y 30 respiraciones por minuto. Se utilizaron 18 modelos de sistemas de O<sub>2</sub> a demanda disponibles en el mercado, comparándose con la administración de flujo continuo. Los autores encontraron que los sistemas de demanda proporcionan FIO<sub>2</sub> que no son equivalentes al flujo continuo, con marcadas diferencias entre los dispositivos testados. Tam-



Figura 3.- Sistemas de demanda

co son equivalentes los sistemas ahorradores tipo-pulso con los tipo-demanda. Otros trabajos llevados a cabo en EPOC durante el ejercicio confirman la diferencia entre dispositivos y la necesidad de confirmar con el sistema prescrito el grado de oxigenación alcanzado.<sup>11,12</sup>

La eficacia de los sistemas ahorradores ha sido valorada al compararla con el flujo necesario por los sistemas continuos tradicionales para conseguir el mismo grado de saturación de O<sub>2</sub>. Así, se estima que las cánulas reservorio tienen una eficacia que varía entre 2:1 y 4:1. La eficacia del oxígeno traqueal varía entre 2:1 y 3:1. Si además se añade un sistema de oxígeno a demanda, esta eficacia puede llegar a 7:1.<sup>13</sup>

A pesar de las ventajas teóricas de los sistemas ahorradores, de los notables avances tecnológicos que continuamente se producen, y de que su eficacia y seguridad se ha demostrado en reposo, en ejercicio y durante el sueño, en nuestro medio su uso no está todavía extendido. Es necesario conocer y utilizar esta metodología por parte de los profesionales relacionados con el campo de la insuficiencia respiratoria. Ello permitirá aplicar la oxigenoterapia como un continuum, que abarca la vida sedentaria, las actividades físicas (de la vida diaria, paseo o incluso ejercicio estructurado, el sueño e incluso los viajes en avión).<sup>10,14</sup>

## Nuevos Sistemas de Oxigenoterapia

Denominado por algunos autores tecnología "sin reparto". Son sistemas autosuficientes capaces de

producir oxígeno que atienda a las necesidades en forma estacionaria o ambulatoria. Hay dos categorías en el mercado, los concentradores que transfieren oxígeno a sistemas portátiles y los concentradores portátiles.

### CONCENTRADORES QUE TRANSFIEREN OXÍGENO A CILINDROS

Suponen una variación de los tradicionales concentradores. El oxígeno es transferido desde un concentrador a un cilindro pequeño y ligero dotado de una válvula ahorradora. Se ha diseñado también un sistema que permite el paso de concentrador a mochila convirtiendo el oxígeno en líquido. Aunque se ha validado el sistema en series muy cortas, son necesarios más estudios para determinar si estos sistemas, con menor concentración de O<sub>2</sub>, proporcionan una adecuada oxigenación durante el ejercicio. Por el momento, la larga duración del llenado de los dispositivos portátiles y el elevado coste (hasta 3 veces el de un concentrador convencional) limitan su disponibilidad en el mercado. (Figura 4).

### CONCENTRADORES PORTÁTILES

Suponen el otro novedoso sistema, más extendido que el anterior, de suministrar oxígeno sin necesidad de reponer.

Hay dos tipos fundamentales: los que sólo administran oxígeno en forma de pulsos, y aquéllos que pueden proporcionar un flujo continuo o en pulsos.

- Concentradores portátiles que emiten en pulsos: son de peso más ligero. Su máxima capacidad de producción de O<sub>2</sub> es entre 480 y 1040 ml/min, con una pureza del 85%. Los estudios en marcha están dirigidos, fundamentalmente, a comprobar la adecuada oxigenación durante el ejercicio.



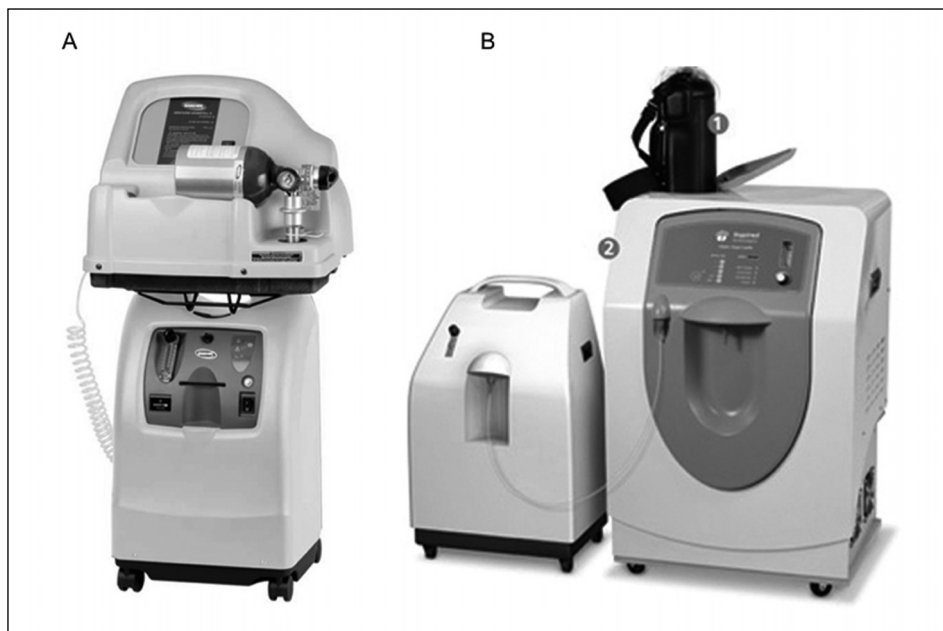


Figura 4.- Concentradores que permiten rellenar un cilindro de gas comprimido (A) o una mochila de oxígeno líquido (B)

- Concentradores que funcionan en modo continuo (0,5 – 3l/min) o en pulsos durante la deambulación, para mayor conservación de la batería. Su ventaja es la mayor liberación de oxígeno. Es más pesado, pero puede ser fácilmente transportable con dispositivos de ruedas. (figura 5).<sup>10,15</sup>.

### GENERADORES DE OXÍGENO

En los últimos años ha aparecido en el mercado una nueva generación de dispositivos, generadores de oxígeno, que obtienen un gas de alta pureza (99,78%) a partir de agua destilada, mediante electrolisis. El Hidrógeno producido es reutilizado mediante una “pila de Hidrógeno” que produce parte de la energía necesaria para continuar con el proceso de hidrolisis; el resto se obtiene mediante energía eléctrica.

El peso aproximado de los dispositivos (figura 6) es de 10 kg, y puede ser utilizado como fuente fija o portátil. Además de la alta pureza del oxígeno producido, otras ventajas adicionales son el menor ruido y el ahorro energético que supone. Los modelos en el mercado incorporan un sistema ahorrador de oxígeno (válvula a demanda).

En un trabajo llevado a cabo en EPOC se compara la administración de oxigenoterapia continua tradicional con el flujo pulsátil del generador comprobando su seguridad, consiguiendo saturaciones de O<sub>2</sub> similares entre ambos equipos, tanto en reposo como durante el ejercicio o en la noche. El poco ruido producido y un menor coste serían las principales ventajas.<sup>16</sup>

La experiencia con estos dispositivos es aún escasa, por lo que no hay trabajos suficientes para demostrar su eficiencia.



**Figura 5-** Distintos modelos de concentradores portátiles. A: funciona como flujo continuo o en pulsos. B-D: sólo funcionan en forma de pulsos



**Figura 6-** Generador de oxígeno.

## Humidificación. Sistema de Altos Flujos

Una de las funciones más importantes de la mucosa nasal es calentar y humidificar los gases inhalados antes de su entrada en la vía aérea inferior y los pulmones. Los gases medicinales, fundamentalmente el oxígeno, son anhidros. Su administración sin acondicionamiento puede producir disfunción, sequedad y daño de la mucosa. Se requiere humidificación artificial dependiendo del flujo usado y las condiciones del paciente. Con ello se consigue mantener la actividad ciliar, prevenir cambios en el epitelio escamoso, prevenir la sequedad y endurecimiento de las secreciones, y minimizar las atelectasias. La falta de humedad conlleva disconfort, mala tolerancia e incluso riesgo de infección por gérmenes que con frecuencia colonizan las fosas nasales, como se ha descrito en el caso de recién nacidos de bajo peso.<sup>17</sup>

En las condiciones en que habitualmente se indica la oxigenoterapia crónica domiciliaria, con flujos bajos, no se considera necesario añadir sistemas de humidificación específicos a los dispositivos. Es suficiente con mantener una adecuada humidificación ambiental. A medida que aumentan los flujos de oxígeno necesarios, generalmente en insuficiencia respiratoria aguda, se hace necesario modificar las características del gas administrado para mejorar sus condiciones de temperatura y humedad.

De una forma práctica, y basándose en las necesidades de agua según la aplicación del oxígeno se realice en fosas nasales-boca o directamente en tráquea, se recomienda proporcionar por encima de 60% de humedad relativa cuando se utilizan flujos mayores de 6 litros/minuto, o cuando el oxígeno se administra directamente en tráquea. Por debajo de 4 litros/minuto (situación habitual en la oxigenoterapia domiciliaria) la humidificación no se considera necesaria. La norma-

tiva de la American Association for Respiratory Care (AARC) recomienda no utilizar cánulas nasales con flujos por encima de 6 litros<sup>18</sup>. En las situaciones en que se recomienda humidificar, sobre todo en el domicilio, es necesario tener en cuenta una frecuente y cuidadosa limpieza de los dispositivos.

### OXIGENOTERAPIA DE ALTOS FLUJOS

Se consideran altos flujos los aportes de oxígeno entre 2-8 l./min. en neonatos, 4-20 l./min. en niños y 5-40 l./min. en adultos.

La oxigenoterapia de altos flujos es una técnica novedosa, introducida para su uso desde el año 2000. Se basa en la administración de flujos altos de O<sub>2</sub>, humidificado hasta 100% y calentado a temperatura corporal, a través de cánulas nasales. Aunque el campo de aplicación inicial fue en niños, fundamentalmente recién nacidos pre-término, en esta década se han demostrado beneficios en diferentes grupos de pacientes y situaciones.

Los componentes fundamentales del sistema son un humidificador calentador, un circuito que impide la condensación de agua y unas gafas nasales.

En la actualidad existen en el mercado dos sistemas (figura 7): VapoTherm y Fisher & Paykel, que difieren fundamentalmente en el sistema de calefacción; en el primero, se trata de un cartucho de transferencia de vapor que permite que el vapor de agua difunda en el caudal de gas respiratorio mientras se calienta los gases a 37°, generalmente. En el segundo, se utilizan placas calefactoras. Las cánulas nasales son de longitud más corta que las convencionales, para disminuir resistencias y evitar pérdidas de temperatura. Ambos sistemas han demostrado conseguir buenos niveles de acondicionamiento de gases.<sup>19,20</sup>



Figura 7- Sistemas de oxigenoterapia de altos flujos

La seguridad y eficacia de estos sistemas se refleja en trabajos cada vez más numerosos, en población neonatal, niños y adultos. Algunos centros de nuestro medio han publicado ya su experiencia en edad pediátrica. Urbano et al., en 18 niños de 2 meses a 3 años comprueban que el sistema es eficaz y bien tolerado, tras aplicarlo en insuficiencia respiratoria moderada, permitiendo en un importante porcentaje de casos la sustitución de la asistencia respiratoria previa (Intubación, soporte ventilatorio no invasivo o uso de heliox) <sup>21</sup>.

En adultos, si los trabajos iniciales hacían referencia a los beneficios de su utilización durante la realización de broncoscopia en pacientes con insuficiencia respiratoria<sup>22,23</sup>, 2 estudios recientes amplían notablemente la posibilidad de aplicación de estos novedosos sistemas. Así, Roca et al. evalúan

oxigenoterapia de altos flujos, con la conveniente humidificación y calentamiento, administrada a través de una cánula nasal (sistema Optiflow) comparándola con una máscara facial convencional suministrando flujos de hasta 15 litros. Se aplica en pacientes ingresados en UCI por fallo respiratorio agudo de diferentes etiologías (exacerbación de asma o EPOC, neumonía, edema agudo de pulmón cardiogénico, daño pulmonar de origen extrapulmonar, rechazo agudo pulmonar). Se demuestra un notable aumento de la PaO<sub>2</sub> con reducción de la frecuencia respiratoria, con menor disnea y sin hipercapnia o acidosis cuando se usa el sistema de altos flujos. Todos los pacientes prefirieron posteriormente continuar con este sistema por considerarlo más confortable, con menor sequedad de boca.<sup>24</sup>

En otro estudio llevado a cabo en 10 enfermos con EPOC grave, Chatila et al.<sup>25</sup> comparan oxigenoterapia de altos flujos frente a bajos flujos en cánula nasal convencional, aplicada tanto en reposo como durante el ejercicio. El tiempo de ejercicio aumentó, con menor disnea, mejor patrón ventilatorio y menor presión arterial mientras recibían altos flujos. La oxigenación fue mejor, en reposo y en ejercicio, a pesar de recibir la misma FIO<sub>2</sub>.

En este mismo artículo, así como en los mencionados anteriormente, se hace una revisión de los diferentes mecanismos que explicarían el efecto beneficioso de suministrar este tipo de terapia:

- Lavado del espacio muerto anatómico: al aplicar flujos por encima del flujos inspiratorio fisiológico, se produce una "purga" que elimina gas espiratorio, pobre en oxígeno, impidiendo de esta manera la reinspiración habitual de este gas, a la vez que se crea un reservorio anatómico que mejora el aporte de O<sub>2</sub> al comienzo de la siguiente inspiración. Se consigue así una mejora de la ventilación alveolar, y una disminución del trabajo ventilatorio.
- Los altos flujos provocan una disminución en las resistencias de la nasofaringe, con un impacto positivo sobre la reducción del trabajo respiratorio.
- El aporte de un gas convenientemente calentado y humedecido tiene un efecto protector sobre la respuesta broncoconstrictora habitual, sobre todo en pacientes con asma o EPOC. Parece que este acondicionamiento del gas puede mejorar la compliance pulmonar. Por otra parte, se evita el coste metabólico que supone ese acondicionamiento del aire en las fosas nasales.
- Un hecho que ha motivado numerosos estudios es el efecto cPAP conseguido al administrar al-

tos flujos de oxígeno, y el papel que ello representa en el beneficio de esta modalidad terapéutica. En un grupo de voluntarios sanos a los que se administran flujos de 0 a 60 litros, se comprueba un aumento de 0,8 cm. H<sub>2</sub>O por cada 10 litros de incremento de flujo (26). Durante su aplicación como tratamiento, esto puede suponer hasta 5-7 cm de presión continua. Probablemente ello contribuya al reclutamiento alveolar, con efecto beneficioso en algunas situaciones.

## Mezclas de Gases Medicinales. Heliox

El Helio es un gas inerte de muy baja densidad. La mezcla de Helio y Oxígeno (Heliox, término acuñado por Barach en 1935) tiene una densidad 3 veces menor que el aire. Sus características físicas le confieren ventajas en la vía aérea: favorece el paso de flujo turbulento a laminar, con disminución de resistencias a nivel del árbol bronquial, y por consiguiente disminución del trabajo respiratorio. En cuanto al intercambio gaseoso, facilita la difusión de CO<sub>2</sub>, a la vez que disminuye su producción por el menor trabajo respiratorio. Se produce así una mejora importante de la ventilación alveolar. Se ha demostrado también un efecto sobre la oxigenación al mejorar la relación ventilación/perfusión (V/Q)<sup>27</sup>. Durante años su uso se ha limitado prácticamente a Pediatría, en situaciones agudas (obstrucción de vía aérea superior, asma grave). En los últimos años asistimos a una recuperación del uso de este gas en el adulto. Además de su utilidad como terapia en situación aguda, numerosos estudios se refieren a su uso como vehículo para terapia inhalada en pacientes con gran obstrucción que dificulta la pene-

tracción del fármaco en la vía aérea. Trabajos con radionúclidos han demostrado mayor depósito pulmonar con menor depósito en vía aérea superior.

Los trabajos realizados con Heliox muestran resultados contradictorios. La mayoría de los autores encuentra que el uso de este gas plantea dificultades metodológicas que dificultan extraer conclusiones. Entre ellas, no se ha estandarizado la mezcla de gases a administrar, tendiendo a usar 80/20% y 70/30%. Los dispositivos de administración en ocasiones son adaptados de otros dispositivos, diferentes entre centros. Por otra parte, las determinaciones de parámetros de función pulmonar, etc. se realizan en distintos momentos del tratamiento, lo que ofrece distintos resultados, y los instrumentos de medida se pueden ver notablemente afectados por el uso de este gas, para el que no están convenientemente calibrados<sup>28</sup>. Es necesario recordar que el uso de aparatos de soporte ventilatorio utilizando Heliox puede verse modificado en su funcionamiento. Existen en el mercado dispositivos diseñados específicamente para este uso.

Asimismo, la administración de este gas en situaciones agudas graves hace difícil la randomización, siendo las series presentadas muy cortas o incluso de casos aislados.

Se han publicado resultados de administración de heliox en niños con estridor postextubación, crup, bronquiolitis, asma o distress. En adultos ha demostrado efecto beneficioso en pacientes con obstrucción de vía aérea superior (masas tiroideas, lesiones por radioterapia, linfoma, cáncer o angioedema). En pacientes con asma se demostró beneficioso en fases iniciales de la crisis. No se observaron diferencias funcionales o gasométricas, pero sí en reducción de pulso paradójico o disnea.

En asma con fallo respiratorio que requirió intubación, series reducidas demostraron importante disminución de la presión en vía aérea. En pacientes con EPOC estable se ha estudiado mejoría en los datos de hiperinsuflación dinámica, con resultados positivos en algunos estudios, y no en otros. Los ensayos clínicos realizados durante exacerbaciones de EPOC incluyen pacientes no intubados, intubados y tratados con soporte ventilatorio no invasivo<sup>29</sup>. Asimismo se han publicado algunos metaanálisis: las revisiones Cochrane concluyen que no hay evidencia suficiente para recomendar el uso de Heliox como tratamiento de las agudizaciones de EPOC. Sin embargo, recomienda seguir investigando acerca de la posible reducción de intubaciones.<sup>30</sup> Andrews and Lynch en no intubados, intentan detectar si se reduce la PCO<sub>2</sub> o la tasa de intubación. Aunque no hay evidencia como para generalizar su uso, recomienda su utilización en casos concretos (p.ej. EPOC que requieren intubación pero la rechazan)<sup>31</sup>.

La utilización de mezclas de gases de baja densidad durante la realización de ejercicio en pacientes con EPOC ha sido objeto de interés en los últimos años. Un estudio en pacientes con EPOC moderada-grave sometidos a ejercicio de alta intensidad demostró mejoría de la hiperinsuflación dinámica y del aporte de oxígeno a nivel tisular.<sup>32</sup> Otro estudio, en pacientes con EPOC sin hipoxemia, demostró reducción de las demandas ventilatorias, con mejoría de la disnea y aumento de la tolerancia al ejercicio.<sup>33</sup> Hunt et al. analizan los resultados de 8 estudios que demuestran que la utilización de heliox consigue aumentar la intensidad y resistencia del ejercicio en pacientes con EPOC cuando se compara con aire ambiente. Estos estudios no logran, sin embargo, demostrar una mejoría significativa en la reducción de la disnea, que en ninguno de los trabajos fue el objetivo primario. Los autores del análisis consideran que las

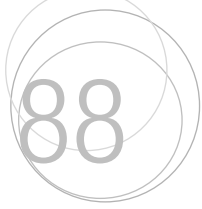
diferencias en las poblaciones de pacientes estudiados, así como los distintos protocolos de ejercicio utilizados pueden haber contribuido a estos resultados.<sup>34</sup>

En la práctica, a la espera de resultados de estudios más amplios que permitan establecer reco-

mendaciones basadas en evidencias, se presentan variadas situaciones clínicas en que parece razonable un intento de tratamiento con Heliox. Estas patologías, así como los controles más útiles para valorar la respuesta inicial a la terapia se recogen en la tabla 2.

**TABLA II**  
**Situaciones clínicas que aconsejan un intento terapéutico con heliox y parámetros clínicos que mejor evalúan la respuesta inicial.**

<b>Recomendaciones de uso</b>	<b>Parámetros clínicos</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Obstrucción mecánica de la vía aérea superior: inflamatoria, tumoral, cuerpo extraño,...</li> <li>• Estridor postoperatorio</li> <li>• Agudizaciones graves de EPOC, fundamentalmente asociado a ventilación no invasiva</li> <li>• Asma con fallo respiratorio y refractaria a la terapia estándar</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Frecuencia respiratoria</li> <li>• Uso de la musculatura accesoria</li> <li>• Pulso paradójico</li> <li>• Entrada de aire</li> <li>• Sensación subjetiva de disnea paciente</li> </ul>



## Bibliografía

1. Petty TL, Bliss PL. ambulatory oxygen therapy, exercise, and survival with advanced chronic obstructive pulmonary disease: the Nocturnal Oxygen Therapy trial revisited. *Respire Care* 2000; 45(2):204-213.
2. Bradley JM, O'Neill B. Oxígeno ambulatorio a corto plazo para la enfermedad pulmonary obstructive crónica (revisión Cochrane traducida). En: La Biblioteca Cochrane Plus, 2005(4). Oxford Update Software Ltd.
3. Robert M Kacmarek. Delivery Systems for Long-Term Oxygen Therapy. *Respir Care* 2000; 45(1):84-92.
4. AARC Clinical Practice Guideline. Oxygen Therapy in the Home or Alternative Site Health Care Facility-2007 Revision and Update.
5. PJ Rees and F Dudley. ABC of Oxygen. Provision of oxygen at home. *BMJ*. 1998 October 3; 317(7163):935-938.
6. Kent L. Christopher and Michael D. Schwartz. Transtracheal Oxygen Therapy. *Chest* 2011; 139:435-440.
7. Hoffman LA. Novel strategies for delivering oxygen: reservoir cannula, demand flow, and transtracheal oxygen administration. *Respir Care* 1994; 39:363-77.
8. Soffer M, Tashkin DP, Shapiro BJ, Littner M, Harvey E, Farr S. Conservation of oxygen supply using a reservoir nasal cannula in hypoxemic patients at rest and during exercise. *Chest* 1985; 88(5):663-668. Doi:10.1378/chest.88.5.663.
9. McCoy R. Oxygen-conserving techniques and devices. *Respir Care* 2000; 45(1):95-103.
10. Patrick J Dunne. The Clinical Impact of New Long-Term Oxygen Therapy Technology. *Respir Care* 2009; 54(8): 1100-1111.
11. Bliss PL, McCoy RW, and Adams AB. Characteristics of Demand Oxygen Delivery Systems: Maximum Output and Setting Recommendations. *Respiratory Care* 2004; 49(2): 160-165.
12. Palwai A, Akowronski M, Coreno A, Drummond C, and Mc Fadden ER. Critical Comparisons of the clinical Performance of Oxygen-conserving Devices. *Am J respire Crit Care Med* 2010 (181): 1061-1071.



13. Brian L Tjep and Rick Carter. Oxygen conserving devices. In: UpToDate, Stoller JK (Ed), UpToDate. Waltham, MA. 2012.
14. Castillo D, Güell R y Casan OP. Sistemas de ahorro de oxígeno. Una realidad olvidada. Arch Bronconeumol 2007; 43(1):40-5.
15. Petty TL, McCoy RW, Doherty DE. Long Term Oxygen Therapy (LTOT): history, Scientific Foundations and Emerging Technologies. National lung Health Education Program.
16. Hirche TO, Born T, Junblut S, Sczevanski B, Kenn K, Köhnlein T, Hirche H, Wagner TO. Oxygen generation by combined electrolysis and fuel-cell technology: clinical use in COPD patients requiring long time oxygen therapy. Eur J Med Res. 2008 Oct 27; 13(10):451-8.
17. Kopelman AE, Holbert D. Use of oxygen cannulas in extremely low birthweight infants is associated with mucosal trauma and bleeding, and possibly with coagulase-negative staphylococcal sepsis. J Perinatol 2003; 23:94-97.
18. American Associations for Respiratory Care. AARC Clinical Practice Guideline: Oxygen Therapy for adults in the acute care facility. 2002 revision and update. Respir Care 2002; 47(6): 717-720.
19. Waugh JB, granger WM. An evaluation of 2 new devices for nasal high-flow gas therapy. Respir Care 2004; 49:902-906.
20. Ritchie JE, Williams AB, Gerard C, and Hockey H. Evaluation of a humidified nasal high-flow oxygen system, using oxygraphy, capnography and measurement of upper airway pressures. Anaesth Intensive Care 2011 Nov; 39(6):1103-10.
21. Urbano J, Mencía S, Cidoncha E, López Herce J, Santiago MJ, Carrillo A. Experiencia con la oxigenoterapia de alto flujo en cánulas nasales en niños. An Pediatr (Barc). 2008; 68(1):4-8.
22. Lomas C et al., Fibroscopy in patients with hypoxemic respiratory insufficiency: Utility of the high-flow nasal cannula, Respiratory Medicine CME (2009), doi: 10.1016/j.rmedc. 2008. 12.008.
23. Lucangelo U, Vassallo FG, Marras E, Ferluga M, Beziza E, Comuzzi L, Berlot G, Zin WA. High-Flow Nasal Interface Improves Oxygenation in Patients Undergoing Bronchoscopy. Critical Care Research and Practice (2012), ID 506382, doi:10.1155/2012/506382.
24. Roca O, Riera J, Torres F, Masclans JR: High Flow Oxygen Therapy in Acute Respiratory Failure. Respir Care 2010; 55(4): 408-413.
25. Chatila W, Nugent T, Vance G, Gaughan J, Criner GJ. The Effects of High-Flow vs Low-Flow Oxygen on Exercise in Advanced Obstructive Airways Disease. Chest 2004; 126(4):1108-1115. Doi: 10.1378/chest.1264.1108.

26. Groves N, Tobin A. High flow nasal oxygen generates positive airway pressure in adult volunteers. *Australia Critical Care* 2004, 20:126-131.
27. Manthous CA, Morgan S, Pohlman A, Hall JB. Heliox in the treatment airflow obstruction: a critical review of the literature. *Respiratory Care* 1997; 42: 1034-42.
28. Colebourn CL, Barber V, Young JD. Use of helium-oxygen mixture in adult patients presenting with exacerbations of asthma and chronic obstructive pulmonary disease: a systematic review. *Anaesthesia*, 2007; 62:34-42.
29. David J Feller-Kopman and Carl O'Donnell. Physiology and clinical use of heliox. In: UpToDate, Bochner, BS (Ed), UpToDate, Waltham, MA. 2012.
30. Rodrigo G, Pollack C, Rodrigo C, Rowe B, Walters EH. Heliox for treatment of exacerbations of chronic obstructive pulmonary disease. *Cochrane Database of Systematic Reviews* 2001, Issue 1. Art.No: CD003571. DOI:10.1002/14651858.CD003571.
31. Andrews R, Lynch M. Heliox in the treatment of chronic obstructive pulmonary disease. *Emerg Med J* 2004;21(6):670-675.
32. Chiappa GR, Quiroga F Jr, Meda E, et al. Heliox improves oxygen delivery and utilization during dynamic exercise in patients with COPD. *Am J Respir Crit Care Med*. 2009. 179 (11): 1004-1010.
33. Eves ND, et al. Helium-Hyperoxia. A novel intervention to improve the Benefits of Pulmonary Rehabilitation for Patients with COPD. *Chest* March 2009; 135.
34. Hunt T, Williams MT, Frith P, et al. Heliox, dyspnea and exercise in COPD. *Eur Respir Rev* 2010; 19:20-38.