

Novedades en administración de oxígeno en insuficiencia respiratoria

ANA PUEYO BASTIDA

Servicio de Neumología. Complejo Asistencial de Burgos

Correspondencia: Hospital General Yagüe.

Avda. Del Cid nº 96. 09005 Burgos.

e-mail: anapueyo@einb.net

RESUMEN

Las indicaciones de la oxigenoterapia en la EPOC están bien establecidas desde los estudios multicéntricos de comienzos de los 80. Sin embargo, una reinterpretación de los resultados allí obtenidos permite entender mejor sus beneficios. Además de modificaciones en PAP, la mejoría del aporte sanguíneo a los tejidos y los efectos metabólicos tisulares parecen jugar un importante papel. Los mayores avances en oxigenoterapia se han producido en tecnología. Los nuevos sistemas (concentradores, oxígeno líquido, generadores) unidos a dispositivos ahorradores permiten mayor movilidad e independencia.

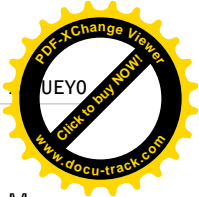
La utilización de mezclas de gases como HELIOX producen disminución de resistencias y del trabajo respiratorio debido a las propiedades físicas del gas. Su beneficio está demostrado en obstrucciones de vía aérea superior, sobre todo en niños. En los últimos años, su aplicación en agudizaciones de asma y en EPOC, tanto estable como agudizada, es objeto de creciente interés.

PALABRAS CLAVE: Oxigenoterapia. Sistemas ahorradores. HELIOX.

Introducción

La oxigenoterapia a largo plazo está establecida como la terapia estándar en pacientes con hipoxemia mantenida. Es en la EPOC donde se ha llevado a cabo el mayor número de trabajos científicos, y donde su beneficio está mejor demostrado. Sin embargo, existen otras patologías en las que su uso está admitido.

Los beneficios de la oxigenoterapia se han demostrado fundamentalmente en términos de supervivencia y calidad de vida; a pesar de ello, no está plenamente establecida la forma en que el oxígeno actúa en la EPOC, y en algunos aspectos nos movemos todavía en el terreno de las hipótesis.



Cómo actúa el oxígeno en la EPOC

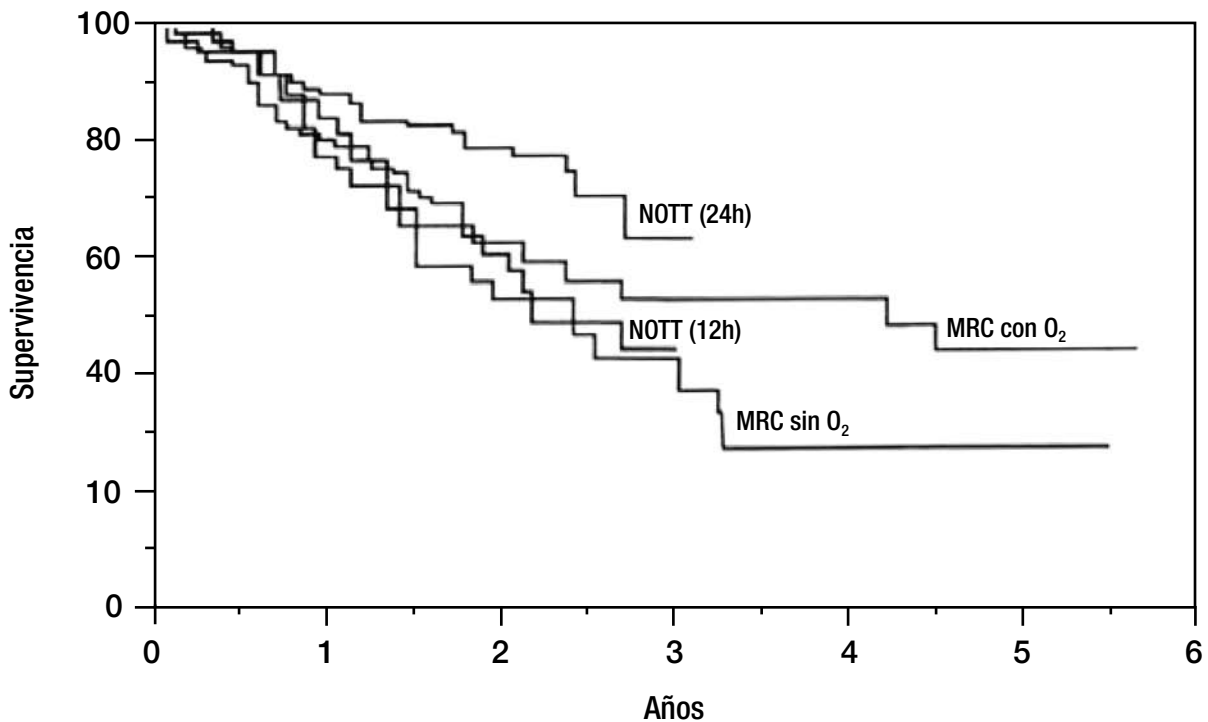
Los primeros estudios se llevaron a cabo a partir de 1965, una vez conseguidos sistemas transportables de oxígeno líquido. En un grupo de 6 pacientes se pudieron demostrar cambios en la presión de arteria pulmonar (por cateterismo), gasto cardiaco y resistencias pulmonares, así como masa eritrocitaria. Sin embargo, tras unos meses de entrenamiento muscular con oxígeno, las mejorías más notables se obtuvieron en la tolerancia al ejercicio¹. En la década de los 70 otros estudios, todos ellos con escaso número de pacientes y sin grupo control, confirman el beneficio en datos de cor pulmonale y en supervivencia.

A comienzos de los 80, dos estudios multicéntricos llevados a cabo en Reino Unido y Estados Unidos sirven para sentar

las bases de la oxigenoterapia hasta la actualidad. Merece la pena su análisis.

- **Ensayo clínico del British Medical Research Council (MRC).** Intenta responder a la cuestión de si el tratamiento de pacientes con EPOC e hipoxemia crónica estable (PO_2 menor de 55 mmHg) mediante oxigenoterapia a largo plazo modifica la supervivencia. Los pacientes fueron distribuidos aleatoriamente para recibir 15 horas de oxígeno de una fuente fija (incluyendo las horas de sueño) o no recibir oxígeno².
- **Nocturnal Oxygen Therapy Trial (NOTT).** Incluyó 203 pacientes en 6 centros. Los criterios eran PO_2 menor de 55 mmHg ó entre 55 y 60 mmHg, si además se cumplían criterios de cor pulmonale y/o hematocrito mayor de 55%. Se distribuyeron aleatoriamente para recibir oxígeno noc-

FIGURA 1. Datos combinados de estudios MRC² y NOTT³



La gráficas muestran el aumento de la supervivencia proporcional a la duración en horas de la oxigenoterapia. Las mejores tasas de supervivencia se obtuvieron en pacientes que recibían oxígeno domiciliario la mayor parte del día y la noche. (Tomado de ref. 28)

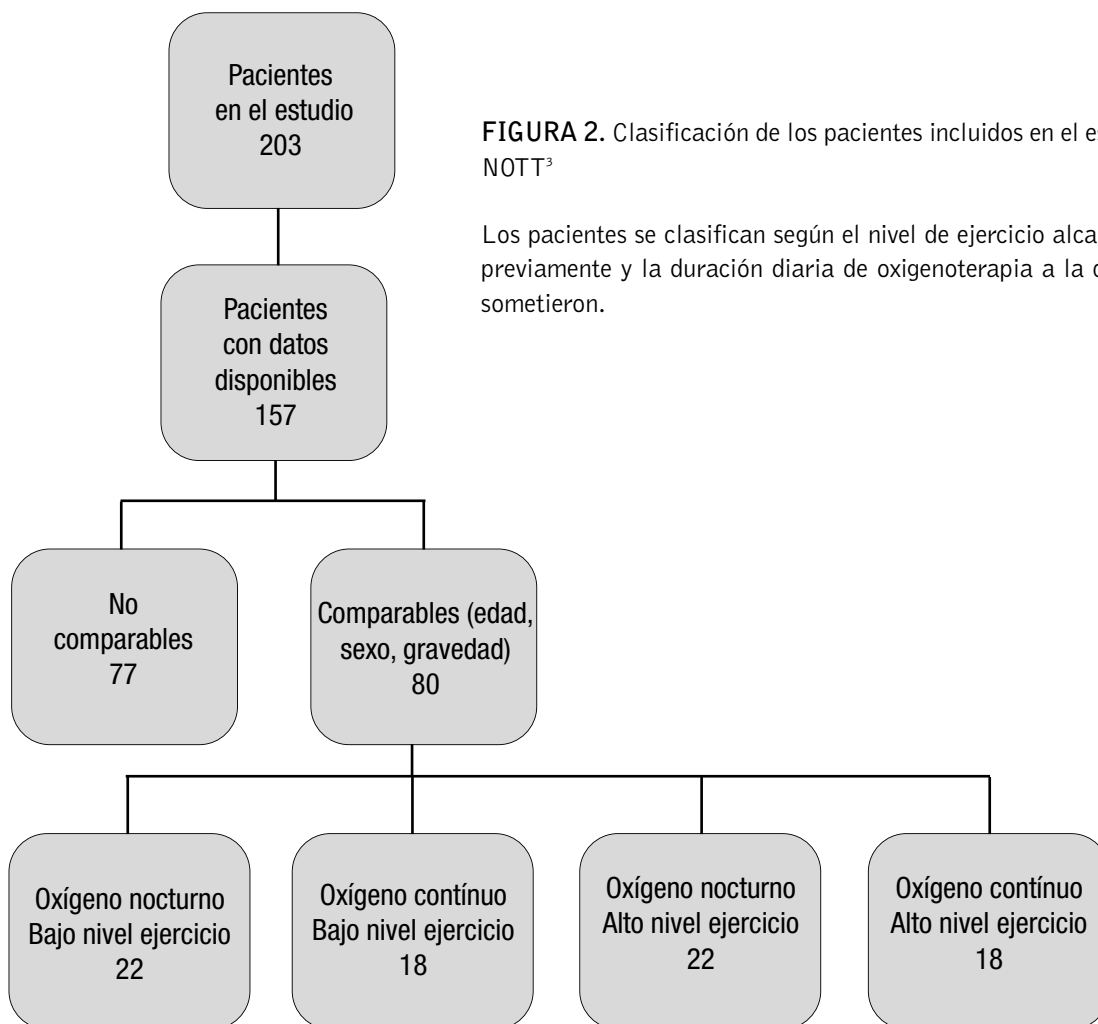


FIGURA 2. Clasificación de los pacientes incluidos en el estudio NOTT³

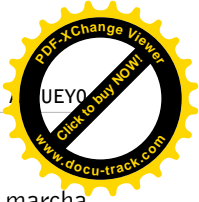
Los pacientes se clasifican según el nivel de ejercicio alcanzado previamente y la duración diaria de oxigenoterapia a la que se sometieron.

turno, mediante un sistema fijo, u oxigenoterapia continua³. Los datos de supervivencia se muestran en la figura 1. Como puede observarse, la diferencia es significativa a los 12, 24 y 36 meses. Los datos demográficos y la gravedad de la EPOC eran muy similares a los de los pacientes del estudio del MRC, por lo que los resultados de ambos pueden juntarse. La conclusión de la combinación de ambos estudios es que la supervivencia fue mala en los pacientes que no recibían oxígeno suplementario, siendo mejor en los que recibían 12-15 horas diarias y mejor aún en los que recibían oxígeno casi continuo mediante un sistema portátil.

El estudio NOTT demostró también beneficios en la función cerebral medida por cuestionarios neuropsicológicos. Estos tests sirvieron asimismo para determinar cambios

en calidad de vida. El desarrollo del estudio permitió establecer el criterio de indicación, el flujo apropiado de oxígeno (1-2 litros) y el modo de administración (a partir de cánulas nasales). En estos datos se basan todavía las indicaciones realizadas actualmente en todo el mundo.

Teniendo en cuenta los resultados de estudios previos, los dos estudios multicéntricos y los llevados a cabo en los años siguientes^{4,5}, la principal hipótesis acerca del beneficio del oxígeno en la EPOC es que se debe a los cambios hemodinámicos que induce, sobre todo a través de modificaciones en resistencias vasculares y presión de arteria pulmonar. Sin embargo, en los últimos años un análisis detallado del NOTT, a la vista de los conocimientos posteriores, permite sugerir otras hipótesis.



Por qué la oxigenoterapia continua es mejor que la sólo nocturna

A la vista de los resultados del NOTT, la conclusión básica es: la oxigenoterapia mejora la supervivencia, y esta mejoría es mayor cuantas más horas de tratamiento. Sin embargo, la pregunta actual es: ¿la mejoría se debe realmente al tiempo de utilización o se debe al sistema de administración?

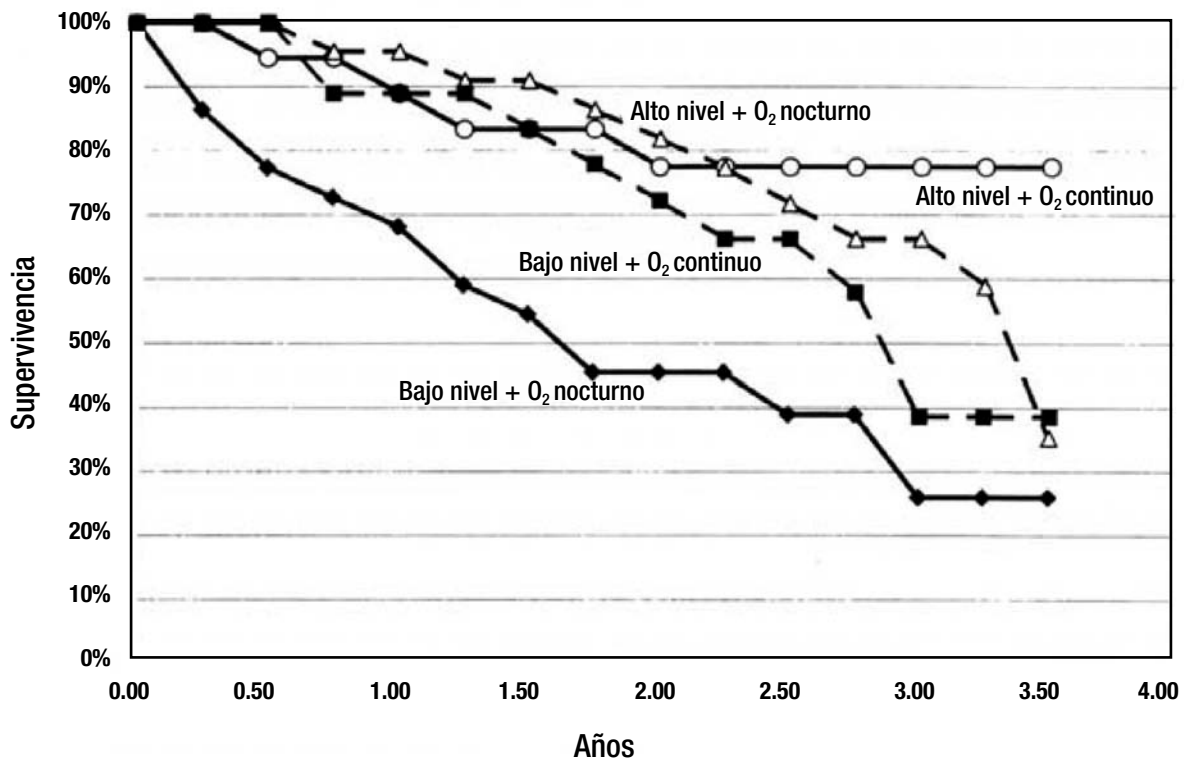
El análisis detallado del estudio evidencia que previamente a la inclusión los pacientes se integraron en un programa de rehabilitación de 3 semanas para conseguir la situación funcional óptima. La distancia media recorrida por cada paciente al día (medida con podómetro) se consideró "el nivel de ejercicio", que resultó ser un indicador del máximo consumo de oxígeno medido en estos pacientes. Los beneficios en cuanto a supervivencia dependieron no sólo del tiempo de

administración del oxígeno, sino de la distancia de marcha alcanzada previamente al tratamiento⁶. (figuras 2 y 3).

En la actualidad se consideran los siguientes posibles mecanismos de acción de la oxigenoterapia en la EPOC:

- Mejoría de parámetros hemodinámicos: Los estudios muestran reducción en la presión de arteria pulmonar. Pero la media de reducción es de sólo 3-5 mmHg, cambios demasiado pequeños para justificar el aumento en la supervivencia. En algunos pacientes se observa un aumento de la fracción de eyección, que podría reflejar la mejoría global de la función cardiaca al mejorar la hipoxemia.
- Una mejoría en la tolerancia al ejercicio inducida por O₂ se relaciona con mejoría de la función ventricular dcha. y aumento del consumo de O₂ (incluso con presión de arteria pulmonar elevada de forma mantenida por los cambios estructurales en el lecho vascular).

FIGURA 3. Supervivencia en NOTT³ según tiempo de administración de oxígeno y nivel de ejercicio previo.



La supervivencia de los distintos grupos dependió no sólo de la duración diaria de la oxigenoterapia sino también del nivel de actividad alcanzado previamente (bajo o alto nivel de ejercicio).



Algunos autores han establecido la "hipótesis del corazón derecho"; se basa en el concepto de que la limitación de la función ventricular derecha (por la mala oxigenación miocárdica) limita el transporte hacia los tejidos. Al aumentar el aporte de oxígeno al ventrículo derecho y disminuir la postcarga, mejora la función ventricular dcha., y por tanto la función cardíaca global, y el aporte de oxígeno a los tejidos, con lo que aumenta la producción de energía a nivel tisular. Este efecto sería fundamental en órganos vitales (cerebro, riñón, miocardio, pulmón).

- Se plantea también la implicación de fenómenos metabólicos tisulares en distintos órganos como responsable de la mejoría en la supervivencia. Esto explicaría los 500 días ó 18 meses que tarda en ser evidente la mejoría en ambos estudios, MRC y NOTT, respectivamente. Se sugiere que el beneficio del oxígeno dependería de la restauración de cambios metabólicos en múltiples órganos. En el cerebro, la mejoría fue similar con ambas modalidades de oxigenoterapia, pero una mayor mejoría fue evidente a partir de los 12 meses en el grupo de administración continua. En el pulmón se producirían de la misma forma mejorías de la relación ventilación/perfusión. (Tabla1)

En resumen, la oxigenoterapia a largo plazo tiene un indudable beneficio, demostrado en términos de supervivencia, capacidad de ejercicio y hospitalizaciones, entre otros aspectos. El re-análisis de los datos del NOTT plantea si las diferencias en supervivencia dependen de la duración de

la oxigenoterapia o del método de administración (o lo que es lo mismo, oxígeno en situaciones de reposo con fuente fija, o en fuente portátil para deambular). Asimismo permite plantear otras hipótesis, además de la demostrada mejoría en presiones de arteria pulmonar, que expliquen los mecanismos de actuación.

Un trabajo publicado por Lacasse et al.⁷ no encuentra los buenos resultados demostrados en el NOTT: la oxigenoterapia ambulatoria no mejora la capacidad de ejercicio ni la calidad de vida. Sin embargo, Petty cuestiona la validez de estos resultados ya que a diferencia del NOTT, donde los pacientes eran sometidos a rehabilitación previa (caminar) para alcanzar su nivel óptimo, en este trabajo se indica oxígeno domiciliario fijo durante los 3 meses previos y a juicio de este autor ello empeora la actividad física de los pacientes⁸.

Indicaciones de oxigenoterapia en pacientes con EPOC

Desde el estudio del NOTT las indicaciones de inicio de oxigenoterapia quedaron establecidas. Vienen recogidas en la mayoría de las guías. En la tabla 2 figuran los puntos clave recogidos en las normativas^{9,10}.

Se ha planteado si la aplicación de la oxigenoterapia en otras situaciones diferentes a las establecidas tiene beneficio en pacientes con EPOC avanzada. Así, Gorecka et al. no encuentran beneficio en términos de supervivencia al admi-

TABLA I. Beneficio de la Oxigenoterapia Crónica en la EPOC. Posibles mecanismos.

- **Mejoría de parámetros hemodinámicos**
 - Reducción de presión en arteria pulmonar
 - Aumento de la fracción de eyección por mejoría cardíaca global al disminuir la hipoxemia.
- **Mejoría del aporte tisular de O₂ a órganos vitales, producida por mejor función cardíaca derecha.**
- **Fenómenos de restauración a nivel del metabolismo tisular. Explica los beneficios más tardíos.**

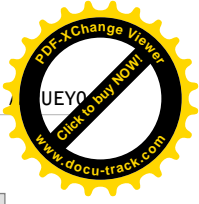


TABLA II. Beneficio de la Oxigenoterapia Crónica en la EPOC. Posibles mecanismos.

1. EPOC

- PaO₂ ≤ 55 mmHg ó Sat.O₂ ≤ 88 %
- PaO₂ 56 - 59 mmHg ó Sat.O₂ ≤ 90%, si se asocia cor pulmonale, insuficiencia cardiaca congestiva ó poliglobulia (Hto. > 55 %)
- Durante ejercicio, si Sat.O₂ ≤ 88 %, sin insuficiencia respiratoria en reposo.
- Durante el sueño, si Sat.O₂ ≤ 88 %, sin insuficiencia respiratoria diurna

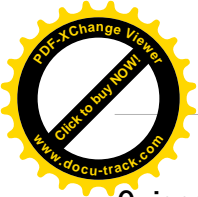
2. Pacientes no EPOC

- Alivio de la disnea en pacientes con neoplasia avanzada
- Insuficiencia cardiaca refractaria
- Fibrosis, neumoconiosis avanzada

nistrar O₂ en pacientes con **EPOC e hipoxemia sólo moderada**¹¹. Una revisión Cochrane llega a similares conclusiones: la oxigenoterapia mejora la supervivencia en un grupo seleccionado de pacientes con hipoxemia intensa (PaO₂ menor de 55 mmHg), pero no parece que la aumente en aquellos con hipoxemia leve o moderada, o en los que muestran sólo desaturación arterial durante la noche¹².

Oxigenoterapia durante el sueño: La importancia de las desaturaciones nocturnas (sin hipoxemia diurna) en la EPOC ha sido objeto de numerosos estudios en las dos últimas décadas. Es sabido que las alteraciones del sueño son frecuentes en la EPOC e incluyen disminución del tiempo total de sueño y de sueño REM, con aumento de la latencia al sueño, y episodios de hipopnea, junto con despertares, como queda recogido en numerosos estudios polisomnográficos. Ello conlleva sintomatología diurna que afecta al 30-70% de pacientes con EPOC y que incluye insomnio, despertar precoz, astenia o hipersomnía diurna. Los mecanismos que producen estas alteraciones incluyen hipoxemia y tendencia a la retención de CO₂ (por respiración más rápida y superficial, episodios de hipopnea, descenso de FRC y alteracio-

nes V/Q). En fases REM se produce además hipotonía muscular. Probablemente la desaturación nocturna es la causa del mayor número de fenómenos. Parece haber asociación entre desaturación nocturna e HAP en pacientes con PaO₂ > 60 mmHg diurna. Los estudios a lo largo de estos años han aportado resultados discordantes en cuanto a magnitud del fenómeno o factores predictores de desaturación nocturna, así como la trascendencia en términos de supervivencia o calidad de vida. Así, Fletcher et al. (13), a pesar de una reducción en la presión de arteria pulmonar no encuentra mejoría en supervivencia en el grupo con insuficiencia respiratoria exclusivamente nocturna. Un trabajo muy reciente analiza el fenómeno de la desaturación nocturna aislada y su impacto en la calidad de vida y sueño. En pacientes con EPOC grave y saturación diurna mayor de 95%, se objetivó desaturación nocturna significativa (más del 30% del tiempo con saturación menor del 90% en al menos una de las dos noches del estudio) en casi el 50% de los pacientes en los que consiguió completar todo el estudio. No se demostraron diferencias en cuestionarios de calidad de vida, calidad de sueño o actividades diarias¹⁴.



Oxigenoterapia y ejercicio

La administración de oxígeno tiene efectos beneficiosos inmediatos que pueden suponer una mejoría importante en el manejo del enfermo a largo plazo. Uno de estos efectos es el demostrado sobre la capacidad de ejercicio, y las consecuencias de su aplicación en programas de rehabilitación.

El oxígeno mejora la disnea en pacientes con EPOC. Los mecanismos a través de los que se produce esta mejoría incluyen disminución de la ventilación minuto y del coste de oxígeno de la respiración, disminución de la estimulación del cuerpo carotídeo, mayor oxigenación muscular, disminución de la producción de ácido láctico, disminución de la hiperinsuflación dinámica y mejoría del gasto cardiaco. Se han propuesto también otros mecanismos como reclutamiento de músculos ventilatorios alterados o estimulación de receptores del trigémino a nivel facial y de vía aérea superior, con inhibición refleja del impulso central. Por otra parte, parece haber un efecto directo en la percepción de la disnea por el paciente¹⁵. A través de estos mecanismos los efectos se han demostrado tanto durante la realización de pruebas de esfuerzo (con aumento de la distancia, tiempo y nivel de esfuerzo alcanzado) como durante la realización de programas de entrenamiento específico^{16,17}. Los estudios realizados incluyen escaso número de pacientes y las revisiones Cochrane concluyen que aunque existe alguna evidencia que apoya la utilización de oxígeno en pacientes con EPOC durante el entrenamiento, ésta es aún muy limitada. Se recomienda realizar estudios más amplios y que incluyan alivio de la disnea, calidad de vida relacionada con la salud, etc.^{18,19}.

Oxigenoterapia en pacientes no EPOC

Asumiendo los beneficios demostrados en la EPOC, desde hace años se amplía la indicación de oxigenoterapia a otras situaciones, aunque algunos trabajos recientes cuestionan su beneficio.

- *Fibrosis pulmonar, neumoconiosis avanzada, hipertensión pulmonar*: no existen datos suficientes que demuestren su beneficio, pero en la práctica se admite su indicación con

los mismos criterios utilizados para la prescripción de oxigenoterapia en la EPOC.

- *Oxígeno para tratamiento paliativo en pacientes neoplásicos*:

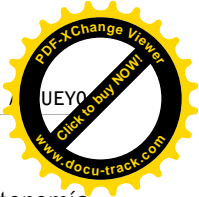
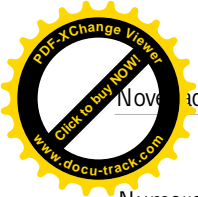
La justificación de su uso sería la mejoría de la disnea. Una revisión analiza 18 estudios, de los cuales 14 evalúan tratamientos farmacológicos y 4 no farmacológicos. La administración de opiáceos mejoró la disnea en pacientes con cáncer. El oxígeno no fue superior al aire para alivio de disnea, excepto para pacientes hipoxémicos. Otra revisión de 4 estudios realizados en Inglaterra, Estados Unidos y Australia no demostró mejoría en 134 pacientes con cáncer y disnea refractaria, salvo en aquellos que hubieran sido candidatos a oxigenoterapia por su situación de hipoxia²¹. Otro trabajo de seguimiento de prescripciones de oxigenoterapia en una unidad de paliativos no encuentra diferencias en escalas de disnea antes y a las 1 y 2 semanas de inicio de oxigenoterapia paliativa, ni globalmente ni por subgrupos de diagnóstico.

- *Oxígeno en otras situaciones*.

En los últimos años trabajos con un reducido número de pacientes han valorado el efecto de la oxigenoterapia en la insuficiencia cardiaca. Toyama et al. encuentran en el grupo tratado con oxigenoterapia domiciliaria mejorías en el índice de apnea-hipopnea, parámetros gammagráficos, trabajo cardiaco y fracción de eyección de ventrículo izquierdo. Concluyen que la oxigenoterapia domiciliaria aumenta la capacidad de ejercicio, función cardiaca y actividad nerviosa simpática cardiaca en la insuficiencia cardiaca crónica²³. Estos datos deben ser refrendados por trabajos más amplios y comparados con otras terapias también aplicadas como soporte ventilatorio^{9,10,15}. (Tabla 2).

Prescripción de oxigenoterapia

Debe basarse siempre en la determinación de los gases sanguíneos mediante punción arterial. Para la indicación de oxigenoterapia deambulatoria se utiliza habitualmente el test de la marcha de 6 minutos, aunque algunos autores propugnan la utilización de la oximetría continua ambulatoria²⁴.



Numerosas guías recogen la conveniencia de aumentar en 1 litro el flujo de oxígeno durante la noche, partiendo del empeoramiento ya comentado que el sueño induce en el intercambio gaseoso. Sin embargo, otros trabajos cuestionan que esta indicación deba universalizarse. Nisbet et al.²⁵ estudian la prevalencia de desaturación si no se aplica este aumento de flujo, qué factores diurnos pueden predecir la desaturación nocturna, y si ese evento correlaciona con calidad de vida y sueño. Sólo 16% de los pacientes presentaron desaturación nocturna (menor de 90% más de 39% del tiempo). Los desaturadores tenían menor saturación diurna. La calidad de vida y sueño no fue diferente en ambos grupos.

Otro estudio demostró una prevalencia de desaturación del 47,6% objetivando cambios en las variables ventilatorias y gasométricas diurnas: los desaturadores nocturnos tenían significativamente menor PO_2 y mayor PCO_2 al respirar aire con O_2 . Por tanto, según este estudio, casi la mitad de los pacientes que reciben oxigenoterapia domiciliaria deberían aumentar los flujos durante el sueño, siendo la hipercapnia y una PO_2 menor de 65mmHg mientras se respira oxígeno los principales predictores de oxigenación nocturna²⁶.

Tecnología en oxigenoterapia

Las indicaciones de oxigenoterapia están plenamente establecidas desde hace años, y sólo se producen nuevas hipótesis sobre los mecanismos de actuación, o "matices" en la prescripción y ajustes del tratamiento. Sin embargo, en la aplicación de la oxigenoterapia se están produciendo constantemente innovaciones técnicas. La mayor parte de las veces los avances se producen por los profesionales que demandan sistemas cada vez más ligeros y portátiles que se adapten mejor a las necesidades de los pacientes. Estas demandas se reflejan en las Conferencias de Consenso, la última reunida en 2006²⁷.

Aparatos dispensadores de oxígeno^{9, 10, 27, 28}

1. CILINDROS DE GAS COMPRIMIDO: A una presión de 200 bars. En distintos tamaños, alguno de los cuales per-

mite su uso durante la deambulaci3n, con una autonomía aproximada de 2 horas.

2. CONCENTRADORES: Con un tamiz, generalmente de zeolita (silicato de aluminio), que extrae el oxígeno del aire y libera nitr3geno. Se obtiene así O_2 con pureza de hasta 94 % (con flujos menores de 3 l/min). Para flujos más altos, pureza de 85-90%. Algunos concentradores permiten rellenar cilindros portátiles, con los que posteriormente se podrá caminar. No obstante, el tiempo invertido en el llenado, para la poca autonomía conseguida posteriormente, hace que sea preferible el uso de concentradores portátiles, que permiten su uso como fuente fija y para deambulaci3n. Otro problema a3adido es el precio, que llega a triplicar el de un concentrador estandar.

- CONCENTRADORES PORTÁTILES

Con un peso menor de 3kg, pueden incorporar baterías externas para mayor movilidad. El principal inconveniente es la escasa pureza del oxígeno producido (aprox. 90%), lo que en algunos pacientes con frecuencia respiratoria alta (se usan durante el ejercicio) puede conllevar una oxigenaci3n deficiente. Algunos dispositivos nuevos en el mercado mejoran la pureza del O_2 (92%), pero el peso del dispositivo es mayor.

3. OXÍGENO LÍQUIDO: O_2 a $-183^\circ C$ en recipientes de doble pared, consiguiendo liberar 860 l. de O_2 gaseoso por cada litro de O_2 líquido. Consta de un reservorio fijo o "nodriza" que suele contener 30 l. Por otra parte, est3n las fuentes portátiles ("stroller" o "mochila") de 2,2 a 4,5 kg, que permiten una autonomía de 3 a 7 horas. Existen fuentes portátiles mucho más pequeñas que permiten adaptar sistemas ahorradores de Oxígeno.

Las unidades fijas de O_2 han mejorado al reducir la tasa de evaporaci3n. Algunos disponen incluso de sistemas telemétricos que permiten la monitorizaci3n del contenido para facilitar la distribuci3n.

4. NUEVAS FUENTES DE OXÍGENO: Ya hay trabajos sobre la utilidad del sistema OXY-GEN LITE, que genera oxígeno de gran pureza (99,78%) a partir de agua des-

tilada, mediante electrolisis. Por tanto, se trata de una nueva línea de dispositivos, los generadores de oxígeno. El Hidrógeno producido es reutilizado mediante una "pila de Hidrógeno" que produce parte de la energía necesaria para continuar con el proceso de hidrólisis; el resto se obtiene mediante energía eléctrica. El peso aproximado del aparato es de unos 10Kg, y puede ser usado 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 actualmente disponibles incorporan un sistema ahorrador de oxígeno. (fig. 4)

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

Sistemas ahorradores de oxígeno

Suponen uno de los aspectos de mayor desarrollo en los últimos años en el campo de la oxigenoterapia domiciliaria. Se basan en que el oxígeno a flujo continuo supone una pérdida de 2/3 partes del O_2 administrado (las correspondientes a la espiración más la pausa entre respiraciones).

1. Catéter transtraqueal: Evita el espacio muerto (actúa como sistema ahorrador). Indicado en pacientes con insuficiencia respiratoria refractaria o necesidad de flujos altos. Puede reducir el trabajo respiratorio.

Aunque en la década de los años 90 hubo grupos en España que lo utilizaron y presentaron trabajos científicos demostrando su utilidad, su uso no ha prosperado, probablemente por los riesgos que conlleva, fundamentalmente de taponos de moco que pueden llegar a producir cuadros asfícticos²⁹.

2. Cánulas reservorio: Acumulan O_2 durante la espiración. En forma de bigote o colgantes. Ahorran 30 - 50% del oxígeno.

3. Sistemas de demanda: disponen de un sensor de flujo nasal y una electroválvula que libera oxígeno únicamente

cuando el sensor detecta flujo inspiratorio. Las cánulas deben ser de doble luz. Los distintos sistemas liberan el pulso de O_2 según diferentes patrones: en bolo al inicio de la inspiración, en forma continua durante toda la inspiración o de forma "híbrida" con un pico alto al inicio de la inspiración y un flujo más bajo durante el resto de la fase.

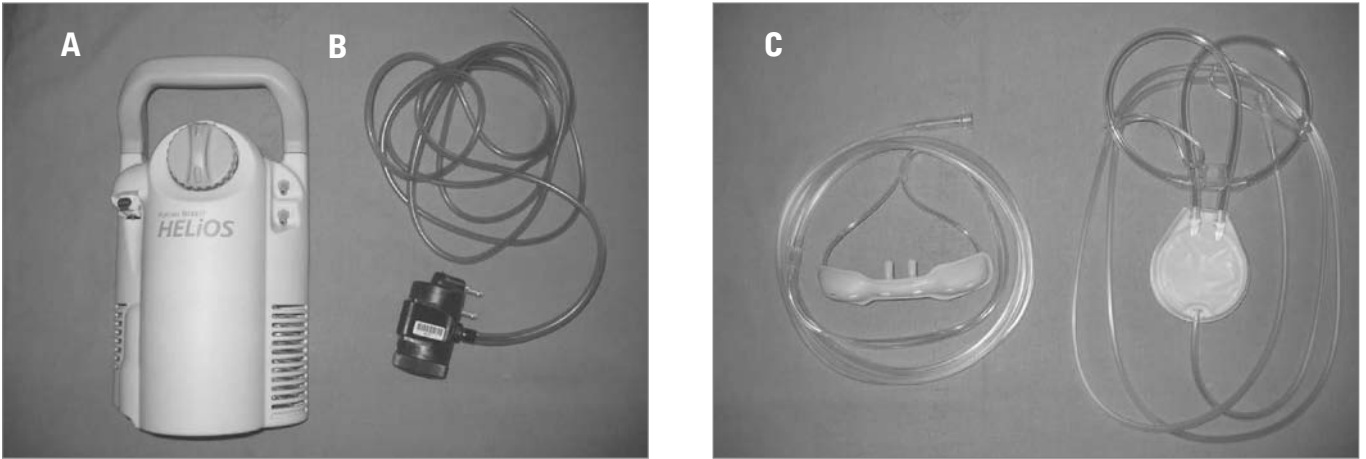
Las válvulas inspiratorias pueden ser independientes, y añadirse a cualquiera de las fuentes, fijas o portátiles, o bien formar parte de un compacto que las lleva incorporadas. En estos casos suele tratarse de una mochila de pequeño tamaño de oxígeno líquido o de concentradores portátiles. Los nuevos generadores antes comentados también incorporan un dispositivo ahorrador de oxígeno.

El mayor beneficio en cuanto a comodidad y adaptabilidad del paciente se ha obtenido al combinar sistemas ahorradores con fuentes cada vez más pequeñas y por tanto más portátiles. De esta manera se consiguió utilizar durante el ejercicio cilindros de gas comprimido de pequeño tamaño, o dispositivos de oxígeno líquido de muy bajo peso^{10,28,30}. (fig. 5).

FIGURA 4. Generadores de oxígeno.



FIGURA 5. Sistemas ahorradores de oxígeno



- a. Mochila O₂ líquido con válvula integrada.
- b. Válvula de demanda externa.
- c. Cánulas con reservorio.

Un aspecto que preocupa es que en los sistemas con válvula a demanda, la frecuencia respiratoria y el flujo inspiratorio del paciente puedan condicionar una mala oxigenación, al no permitir la detección a la válvula o ser los tiempos ins- y espiratorio demasiado cortos para permitir el correcto funcionamiento del sistema.

Otro aspecto a considerar al valorar los nuevos sistemas de oxígeno es la relativamente baja pureza del oxígeno obtenido mediante concentrador. En este sentido, Strickland et al. compararon diferentes métodos de administración de oxígeno con fuente fija o móvil durante el ejercicio, incluyendo cilindro de gas comprimido de pequeño tamaño, la mochila de O₂ líquido con válvula a demanda, un concentrador que rellena cilindros de gas y un concentrador portátil. No se encontraron diferencias significativas entre ellos, manteniendo con todos un buen nivel de oxigenación; por otra parte, con ninguno de los dos tipos de concentrador se demostró una oxigenación inadecuada³¹. En cualquier caso, en la actualidad se trabaja en sensores que se adapten mejor al esfuerzo.

Una situación que genera dudas en cuanto a la utilidad de los sistemas a demanda es su capacidad de proporcionar una adecuada oxigenación durante el sueño. Chatburn et al. han demostrado la equivalencia con oxígeno continuo³².

El mensaje a transmitir a la hora de indicar los diferentes sistemas de oxígeno, fundamentalmente los portátiles con sistemas ahorradores, es que se debe testar cuidadosamente cada uno de los dispositivos para ajustar el flujo a las necesidades del paciente, tanto en reposo como durante el ejercicio. Algunos autores han objetivado un mayor retraso en conseguir el equilibrio con los sistemas a demanda, por lo que aconsejan realizar el ajuste del flujo probándolo 30 minutos antes de decidir que es el adecuado para el paciente³³.

Oxigenoterapia de alto flujo

Esta forma de administración se usaba en el neonato, pero en la actualidad está disponible para su uso en el adulto. Combina una cánula nasal con un sistema de humidifica-



ción que permite la administración de flujos altos de oxígeno muy humidificado. Proporciona una mejor oxigenación, lo que puede explicarse por varios mecanismos: al disminuir la dilución con aire, se satisfacen prácticamente con oxígeno las necesidades de flujo inhalado por el paciente; por otra parte, disminuye el espacio muerto. Se ha descrito además un posible efecto de presión positiva en la vía aérea (CPAP), que en el adulto sano es de aproximadamente 5 cmH₂O³⁴. Por otra parte, los altos niveles de humidificación pueden favorecer la eliminación de secreciones, manteniendo la función del sistema mucociliar y reduciendo la formación de atelectasias, lo que, además, mejora la oxigenación. Los sistemas disponibles en la actualidad proporcionan flujos que pueden llegar hasta 35-40 litros de O₂. La administración mediante cánulas nasales lo convierte en un sistema bien tolerado.

Se ha descrito su uso para evitar intubaciones ante la realización de pruebas invasivas (broncofibroscopia) en pacientes intensamente hipóxicos³⁵. Estudios que comparan altos y bajos flujos durante el entrenamiento físico en pacientes con EPOC grave demuestran un aumento del tiempo de ejercicio con menor nivel de disnea³⁶.

Mezclas de gases: HELIOX

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 las resistencias y del trabajo respiratorio. En cuanto al intercambio gaseoso, facilita la difusión de CO₂, a la vez que disminuye su producción por el menor trabajo respiratorio. Se produce así una mejoría importante de la ventilación alveolar. Se ha demostrado también efecto sobre la oxigenación al mejorar la relación V/Q. Durante años se ha usado fundamentalmente en 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 si-

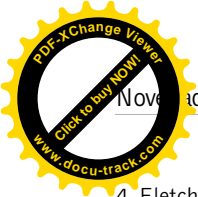
tuación aguda, los estudios más numerosos se refieren a su uso como vehículo para terapia inhalada en pacientes con gran obstrucción, que dificulta la penetración del fármaco en la vía aérea. Los estudios que apoyan su uso tienen notables dificultades, derivadas en gran parte de las características del fármaco. Trabajos con isótopos radiactivos han demostrado su mayor depósito pulmonar con menor depósito en la vía aérea superior. Los ensayos clínicos realizados durante exacerbaciones de EPOC incluyen pacientes no intubados, intubados y tratados con soporte ventilatorio no invasivo. Las conclusiones de dos importantes meta-análisis relacionados indican que:

- no hay pruebas suficientes para recomendar el uso de Heliox como tratamiento de las agudizaciones de EPOC. Se recomienda seguir investigando acerca de la posible reducción de intubaciones³⁷.
- en pacientes no intubados, se intenta detectar si reduce la PCO₂ o la frecuencia de intubaciones³⁸. Aunque no hay pruebas suficientes como para generalizar su uso, se recomienda su empleo en casos concretos (p.ej. enfermos con EPOC que requerirían intubación pero la rechazan)³⁸.

En los últimos meses se han publicado varios trabajos acerca del beneficio de la administración de Heliox durante el entrenamiento del paciente estable^{39,40}. El uso de aparatos de soporte ventilatorio con Heliox puede verse notablemente modificado en su funcionamiento. Ya hay algún sistema BiPAP diseñado exclusivamente con este fin.

BIBLIOGRAFIA

1. Levine BE, Bigelow DB, Hamstra RD, et al. The role of long-term continuous oxygen administration in patients with chronic airway obstruction with hypoxemia. *Ann Intern Med* 1967; 66 (4):639-650.
2. Report of The Medical Research Council Working Party. Long Term domiciliary oxygen therapy in chronic hypoxic cor pulmonale complicating chronic bronchitis and emphysema. *Lancet* 1981; 1: 681-686.
3. Nocturnal Oxygen Therapy Trial Group. Continuous or nocturnal oxygen therapy in hypoxemic chronic obstructive lung disease. *An Intern Med* 1980; 93: 391-398.



4. Fletcher E.C., Levin D.C. Cardiopulmonary hemodynamics during sleep in subjects with chronic obstructive pulmonary disease. The effect of short and long-term oxygen. *Chest* 1984; 85: 6-14.
5. Weitzenblum E., Sautegau A., Ehrhart M., Mammosser M., Pelletier A. Long-term oxygen therapy can reverse the progression of pulmonary hypertension in patients with chronic obstructive pulmonary disease. *Am Rev Respir Dis* 1985; 131: 493-498.
6. Petty TL, Bliss PL: Ambulatory Oxygen Therapy, exercise and survival with advanced chronic obstructive pulmonary disease. (The Nocturnal Oxygen Therapy Trial revisited). *Resp Care* 2000; 45:204-213.
7. Lacasse Y, Lecous R, Pelletier C, Begin R, Maltais F. Randomized trial of ambulatory oxygen in oxygen-dependent COPD. *Eur Respir J* 2005; 25:1032-1038.
8. T.L.Petty. Long-term oxygen therapy. *Eur Respir J* 2005; 26:746-747.
9. Sánchez Agudo L., Cornudella R., Estopá Miró R., Molinos Martín L., Servera E. Normativa para la indicación y empleo de la oxigenoterapia continuada domiciliaria (OCD). *Arch Bronconeumol* 1998; 34: 87-94.
10. AARC Clinical Practice Guideline. Oxygen Therapy in the Home or Alternative Site Health Care Facility. 2007 Revision & Update. *Respiratory Care* 2007; 52(1): 1063-1068.
11. Górecka D., Gorzelak K., Sliwiński P, Tobiasz M., Zieliński J. Effect of long term oxygen therapy on survival in patients with chronic obstructive pulmonary disease with moderate hypoxemia. *Thorax* 1997, 52:674-679.
12. Cranston J.M., Crockett A.J., Moss J.R., Alpers J.H. *Cochrane Database Syst Rev*. 2004; (4): CD 001744.
13. Fletcher E.C., Lockett R.A., Goodnight-White S., Miller Ch.C., Qian W., Costarangos-Galarza C. A double-blind trial of Nocturnal Supplemental Oxygen for Sleep desaturation in Patients with Chronic Obstructive pulmonary Disease and a Daytime PaO₂ above 60 mmHg. *Am Rev Respir Dis* 1992; 145: 1070-1076.
14. Lewis CA, et al. Isolated nocturnal desaturation in COPD: prevalence and impact on quality of life and sleep. *Thorax* 2009 Feb;64(2):133-8. Epub 2008 Apr 4.
15. Kin V, Benditt J.O., Wise R.A. and Sharafkhaneh A. oxygen Therapy in Chronic Obstructive Pulmonary Disease. *Proc AmThorac Soc* vol 5. pp 513-518, 208.
16. Emtner M., Porszasz J., Burns M., Somfay A., Casaburi R. Benefits of supplementary oxygen in Exercise Training in Nonhypoxemic Chronic Obstructive Pulmonary Disease Patient. *Am J Respir Crit Care Med* 2003; 168: 1034-1042.
17. Ambrosino N., Strambi S. New strategies to improve exercise tolerance in chronic obstructive pulmonary disease. *Eur Respir J*. 2004 Aug; 24 (2): 313-22.
18. Bradley J.M., O'Neill B. Short term ambulatory oxygen for Chronic Obstructive Pulmonary Disease. *Cochrane Database Syst Rev*. 2005 Apr 18; (2):CD004356.
19. Monoyama ML, et al. Oxygen therapy during exercise training in chronic obstructive pulmonary disease. *Cochrane Database Syst Rev*. 2007 Apr 18; (2):CD005372.
20. Ben-Aharon I, Gafer-Gvili A., Paul M, Leibovici L., Stemmer S. Interventions for Alleviating Cancer-Related Dyspnea: A Systematic Review. *Journal of Clinical Oncology*, 2008; 26 (14): 2396-2404.
21. Uronis HE, Currow DC, Samsa GP, Abernethy AP. Oxygen for relief of dyspnoea in mildly- or non-hypoxaemic patients with cancer: a systematic review and meta-analysis.
22. Currow D, Agar M, Smith J, Abernethy A. Does palliative home oxygen improve dyspnoea?. A consecutive cohort study. *Palliat Med* 2009 Apr 7 (Epub)
23. Toyama T, et al. Effectiveness of nocturnal home oxygen therapy to improve exercise capacity, cardiac function and cardiac sympathetic nerve activity in patients with chronic heart failure and central sleep apnea. *Circ J*. 2009; 73(2): 299-304.
24. Fussell KM, et al. Assessing need for long term oxygen therapy: a comparison of conventional evaluation and measures of ambulatory oximetry monitoring. *Respir Care*. 2003 Feb;48(2):115-9.
25. Nisbet M, et al. Overnight prescription of oxygen in long term therapy: time to reconsider the guidelines? *Thorax*. 2006 Sep;61(9):779-82. Epub 2006 Jun 12.
26. Plywaczewski R, Sliwinski P, Nowinski A, Kawinski D, Zielinski J. Incidence of Nocturnal Desaturation While Breathing Oxygen in COPD Patients Undergoing Long-Term Oxygen Therapy. *Chest* 2000; 117:679-683.
27. Recommendations of the Sixth Oxygen Consensus Conference. *Respir Care* 2006 (5): 51-55.



28. Petty Th, McCoy R, and Doherty D. Long Term Oxygen Therapy (LTOT). History, Scientific Foundation, and Emerging Technologies. National Lung Health Education Program. www.NLHEP.org
29. Díaz Lobato S., García Tejero M.T., Racionero M.D., García Río M., Villasante C., Villamor J. Oxigenoterapia deambulatoria por catéter transtraqueal. *Arch Bronconeumol* 1996, 32: 225-229.
30. Castillo D, Güell R, Casan P. Sistemas de ahorro de oxígeno. Una realidad olvidada. *Arch Bronconeumol* 2007; 43:40-5.
31. Strickland SL, et al. A randomized multi-arm repeated-measures prospective study of several modalities of portable oxygen delivery during assessment of functional exercise capacity. *Respir Care*. 2009; 54(3):324-6
32. Chatburn RL, Lewarski JS, McCoy RW. Nocturnal oxygenation using a pused-dose oxygen-onserving device compared to continuous flow. *Respir Care*. 2006 ;51(3):252-6.
33. Langenhof S, and Fichter J. Comparison of two Demand Oxygen Delivery Devices for Administration of Oxygen in COPD. *Chest* 1995;128(4):2082-2087.
34. Groves N, Tobin A. High flow nasal oxygen generates positive airway pressure in adult volunteers. *Australia Critical Care* 2007; 20:126-131.
35. 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.medc.2008.12.008.
36. Chatila W, et al. The effects of High-Flow vs. Low-Flow Oxygen on Exercise in Advanced obstructive Airways Disease. *Chest* 2004; 126:1108-1115.
37. Rodrigo G., Pollack C. Rodrigo C., Rowe B. Helios for treatment of exacerbations of chronic obstructive pulmonary disease. *Cochrane Database Syst Rev* 2002; (2):CD003571.
38. Andrews R, Lynch M. Heliox in the treatment of chronic obstructive pulmonary disease. *Emerg Med J* 2004;21(6):670-675
39. Eves ND, Sandmeyer LC, Wong EY, Jones LW, MacDonald GF, Ford GT, Petersen SR, Bibeau MD, Jones RL. Helium-Hyperoxia. A novel Intervention to improve the Benefits of Pulmonary Rehabilitation for Patients with COPD. *Chest* March 2009; 135:609-18.
40. Chiappa GR, et al. Heliox improves Oxygen delivery and Utilisation During Dynamic Exercise in Patients with COPD. *Am J Respir Crit Care Med*. 2009 Mar 19. (Epub ahead of print)

