
OXIGENOTERAPIA Y MONITORIZACIÓN RESPIRATORIA NO INVASIVA

Joaquín Aldaz Berruezo (Adjunto Urgencias HVC), Idoia Alberro Goñi (MIR MFYC)

Introducción

La oxigenoterapia es el aporte de aire enriquecido con oxígeno por vía inhalatoria con fines terapéuticos, con el fin de mejorar la hipoxia tisular (insuficiencia respiratoria).

La confirmación de la necesidad de instaurar oxigenoterapia sólo puede llevarse a cabo mediante la realización de una gasometría arterial o, si no es posible, de un registro de la saturación de oxígeno con un medidor transcutáneo (pulsioxímetro ...).

Indicaciones de oxigenoterapia

Un episodio de insuficiencia respiratoria aguda, sobre todo con valores de PaO_2 menores de 40 mmHg, constituye una urgencia médica. Por debajo de 30 mmHg hay riesgo inminente de fibrilación ventricular y parada cardiorrespiratoria. Ante la sospecha de una insuficiencia respiratoria, si no es posible la confirmación gasométrica o con pulsioximetría debe iniciarse inmediatamente el aporte de oxígeno.

Las indicaciones de oxigenoterapia en situaciones de urgencia son la parada cardíaca y/o respiratoria, hipoxemia: $\text{PaO}_2 < 60$ mmHg o $\text{SatO}_2 < 90$ %, hipotensión grave o shock, bajo gasto cardíaco con acidosis metabólica (Bicarbonato < 8 mmol/l), situaciones que, aunque inicialmente no cursen con insuficiencia respiratoria, pueden empeorar bruscamente (tromboembolismo pulmonar, agudizaciones del asma, intoxicación aguda por monóxido de carbono, infarto de miocardio, angina), anemia de células falciformes, crisis de cefalea "en racimos".

La FiO_2 a administrar depende básicamente del grado de hipoxemia y, de forma secundaria, del nivel de hipercapnia. El objetivo es conseguir mantener una $\text{PaO}_2 > 60$ mmHg o una $\text{SaO}_2 > 90$ %. Como pauta orientativa, se recomienda:

- Parada cardiorrespiratoria: 100 %.
- Hipoxemia con PaCO_2 normal: 40-60 %.
- Hipoxemia con hipercapnia: comenzar con FiO_2 del 24 % e ir ajustando en función de la evolución clínica y gasométrica.

Sistemas de aporte de oxígeno.

En los sistemas de aporte de oxígeno fundamentalmente se distinguen dos tipos de sistemas:

- Sistemas de alto flujo: el paciente recibe todo el gas respirado procedente del sistema. La mezcla del oxígeno con el aire que entra en el circuito se determina mediante la mayor o menor apertura de los orificios de entrada a la mascarilla y dependiente del flujo de gas administrado, resultando una fracción inspirada de oxígeno (FiO_2) fija, fiable siempre que no se cambie el tamaño de los orificios de entrada de aire (por acodamiento, restos de plástico que los obstruyan parcialmente, etc) y que no depende del patrón respiratorio del paciente. Es el reflejado en las mascarillas Tipo Venturi, usadas generalmente en situaciones agudas y siempre que es preciso el ajuste de la concentración de oxígeno administrada. La FiO_2 suministrada puede ir desde el 24 % al 50 %. Como desventaja, no permiten hablar o comer y, en ocasiones, no son bien toleradas. Se pueden usar por vía oronasal o también a través de una traqueostomía.
- Sistemas de bajo flujo: no proporcionan todo el aire al paciente, por lo que éste respira en parte del sistema y en parte del aire ambiente. La FiO_2 resultante es variable y depende del flujo de oxígeno y del patrón ventilatorio, de forma que pacientes con una respiración muy superficial puede suponer una FiO_2 muy alta a pesar de aportar flujos bajos. Son sistemas de este tipo tanto las cánulas nasofaríngeas como las nasales. La principal ventaja es la comodidad y buena tolerancia, por lo que están indicadas para la oxigenoterapia continua domiciliaria. Pueden usarse aunque la respiración sea bucal,

ya que no afecta a la FiO_2 . Cuando se precisan FiO_2 altas (hasta un 80 %) se añade un reservorio al sistema.

La humidificación del oxígeno, con el objeto de evitar la sequedad nasal y faríngea, es fuente de importantes fugas y suponen una fuente de infección, y aunque sigue siendo común su uso, no hay evidencias significativas en cuanto al grado de incomodidad y sequedad de mucosas, incluso tras varios días de uso. Por tanto, si se usan flujos de oxígeno menores de 4-5 litros por minuto, no es necesario usar sistemas de humidificación.

Aporte de oxígeno.

De los sistemas de aporte de oxígeno, en situaciones de urgencia es preferible usar las mascarillas tipo Venturi, que permiten una concentración constante, independiente de los cambios producidos en el patrón ventilatorio del paciente. Al instaurar la oxigenoterapia es importante el mecanismo a través del que se produce la insuficiencia respiratoria, lo que permite predecir cuál va a ser la respuesta y en qué medida hay que modificar las concentraciones de oxígeno suministradas. La respuesta al aporte de oxígeno conlleva diferentes grados de eficacia clínica según el proceso causal:

- Hipoventilación alveolar: rápida corrección de la hipoxemia.
- Desequilibrio ventilación/perfusión: imprevisible.
- Shunt derecha-izquierda (si el shunt es > 20 %): persiste la hipoxemia.
- Intoxicación por CO: es necesario oxígeno a altos flujos.
- Bajo gasto cardíaco: el aporte de oxígeno es secundario al resto del tratamiento.

Una vez iniciado el aporte de oxígeno, los controles que se deben efectuar dependen de la gravedad del cuadro y de la coexistencia o no de hipercapnia. Se recomienda:

- En la insuficiencia respiratoria hipoxémica grave, un control gasométrico a los 30 minutos de iniciar el tratamiento. Si se consigue controlar la hipoxemia, se puede mantener una monitorización con pulsioximetría. Es conveniente realizar controles gasométricos una vez al día.
- En la insuficiencia respiratoria hipercápnica, además de los controles gasométricos frecuentes para valorar la $PaCO_2$ y el pH, se debe realizar una monitorización por oximetría (y una capnografía si es posible) de forma continua.

Los pacientes con patología pulmonar crónica agudizada se benefician del tratamiento con oxígeno, ya que éste corrige la vasoconstricción pulmonar hipóxica, mejora la función del ventrículo derecho y aumenta el aporte de oxígeno a los tejidos periféricos, y produce un cierto grado de broncodilatación; por tanto su administración es obligatoria, empezando con flujos bajos (FiO_2 24-35 %). Durante la oxigenoterapia en estas situaciones es de esperar que aumente la hipercapnia, lo que se debe al deterioro de la relación ventilación/perfusión, con aumento del espacio muerto y disminución de la ventilación alveolar efectiva, y mayor retención de CO_2 ; también la hemoglobina oxidada transporta menos CO_2 que la reducida (efecto Haldane), y la disminución del nitrógeno por aumento de la FiO_2 da lugar a microatelectasias. Este aumento del CO_2 suele ser poco relevante clínicamente y no debe conducir a disminuir el aporte de oxígeno. No hay datos que permitan saber qué pacientes van a desarrollar hipercapnia, pero parece que el mayor deterioro del pH y la PaO_2 al inicio, y no de la $PaCO_2$, son los hechos que obligan a una mayor vigilancia, por ser previsible el fracaso ventilatorio en las siguientes horas. De forma práctica se recomienda comenzar con porcentajes de FiO_2 bajos (24 %) y repetir la gasometría a los 30 minutos:

- Si la PaO_2 sigue siendo menor a 55 mmHg y la $PaCO_2$ no ha aumentado en más de 10 mmHg, aumentar la FiO_2 al 28 % y volver a realizar controles (mediante gasometría o pulsioximetría y capnografía). Si la situación se mantiene, se puede ir aumentando la FiO_2 en el 40 % hasta que el paciente se estabilice con una PaO_2 mayor a 55 mmHg y una $PaCO_2$ que no haya aumentado en más de 15 mmHg respecto al valor basal.
- En todos los pacientes no debe olvidarse que si el mantenimiento de una oxigenación adecuada acarrea una situación de hipercapnia peligrosa, puede ser necesaria la

ventilación mecánica no invasiva o incluso invasiva, que a veces se contempla como tratamiento inicial ante una situación de acidosis respiratoria.

Hay que tener en cuenta que en estas situaciones el control clínico es fundamental; si el paciente mejora su estado general y su nivel de consciencia y la frecuencia respiratoria disminuye, hay que esperar que la evolución sea satisfactoria aunque se produzca un aumento inicial del CO₂ en sangre (hipercapnia permisiva).

Oxigenoterapia hiperbárica

La oxigenoterapia hiperbárica consiste en la administración de oxígeno de forma intermitente en un ambiente presurizado. El lugar de administración son cámaras mono o multiplaza. Las principales indicaciones absolutas de este tipo de tratamiento son: gangrena gaseosa, intoxicación grave por CO, enfermedad descompresiva, infecciones necrotizantes de tejidos blandos (por gérmenes anaerobios o mixtas) y algunas situaciones crónicas como la osteorradionecrosis. Puede ser de utilidad como tratamiento coadyuvante en el síndrome de aplastamiento o lesiones isquémicas traumáticas y algunos casos de osteomielitis refractaria. Se ha usado también en quemaduras o reimplantes de miembros amputados.

Complicaciones del aporte de oxígeno.

Se pueden distinguir varios tipos de complicaciones derivadas de la administración de oxígeno, generalmente a FiO₂ elevadas y de forma mantenida:

- Riesgos físicos: traumatismo por catéteres o máscaras y sequedad de las mucosas nasal y ocular.
- Retención de CO₂: en pacientes sin hipercapnia previa, el riesgo es mínimo. En pacientes con hipercapnia, puede aumentar la misma.
- Atelectasias: su aparición se ve favorecida por la disminución del nitrógeno en el aire inspirado, desplazado por el aumento de la proporción de oxígeno; también contribuyen la alteración de la aclaración de secreciones por un trastorno de la actividad mucociliar y de la función de los macrófagos alveolares. Hay que tenerla en cuenta ante la aparición de densidades radiológicas en pacientes sometidos a FiO₂ elevadas de forma prolongada.
- Citotoxicidad por aumento de los radicales libres (superóxido, peróxido de hidrógeno y radical hidroxilo), que interactúan con componentes tisulares, sobre todo con el endotelio vascular y epitelio alveolar, y producen destrucción de los neumocitos tipo I. Como consecuencia, se produce edema intersticial e infiltrado inflamatorio en los septos, y proliferación de neumocitos tipo II y fibroblastos.
- Inicialmente se pueden notar molestias a nivel subesternal, posteriormente disminución de la capacidad vital y trastornos de la difusión, y en animales de experimentación se han descrito cuadros similares al distress respiratorio del adulto.

Monitorización respiratoria no invasiva

La **pulsioximetría** es un método no invasivo para evaluar la saturación arterial de la hemoglobina, basado en técnicas espectrofotométricas, que cuantifica la cantidad de luz que absorbe la oxihemoglobina; se usan dos determinadas longitudes de onda para poder diferenciar en lo posible la concentración de deoxihemoglobina y otras dishemoglobinas (metahemoglobina, etc). El electrodo dispone de un sistema local de calentamiento que mejora la perfusión. Los resultados pueden modificarse por un grosor excesivo de la piel, ictericia, mala perfusión sanguínea cutánea o concentraciones elevadas de carboxihemoglobina (mayores del 3 %), pudiendo no ser fiables los datos, y en general son poco fiables con valores de saturación por debajo del 75 %; pero fuera de estas situaciones, y atendiendo a que exista una buena lectura del pulso, que suelen incorporar los aparatos, tiene una precisión muy cercana a la que proporciona la gasometría arterial. Debido a la forma de "S itálica" de la curva de disociación de la hemoglobina, los descensos significativos de la PaO₂ en la zona de saturación mayor o igual al 90 % no producen modificaciones importantes de la saturación. Las principales indicaciones de la pulsioximetría se encuentran en la monitorización de la oxigenoterapia, el estudio del intercambio gaseoso en la patología asociada al sueño, las

pruebas de esfuerzo y monitorización durante la broncoscopia y durante las intervenciones quirúrgicas o en medicina intensiva y urgencias.

En la actualidad disponemos de sistemas para determinar el CO_2 tanto en el aire espirado como transcutáneamente, constituyendo una buena alternativa a la gasometría arterial, aunque cuando es necesaria una evaluación precisa del intercambio gaseoso es necesario realizar una gasometría arterial. La forma más precisa de medir la PaCO_2 es la obtenida mediante gasometría arterial, pero estos sistemas permiten sobre todo medir las variaciones y tendencias, que se puede admitir serán proporcionales a las gasométricas.

La **capnografía** es la monitorización respiratoria en que se registra de forma continua y gráfica las concentraciones de CO_2 en el gas respirado, reflejando el proceso seguido por el CO_2 arterial hasta su eliminación por las vías respiratorias. Para medir estas concentraciones se usa el capnómetro, que es un aparato que calcula la absorción de un haz de luz infrarroja a una longitud de onda selectiva que emite el mismo dispositivo, para representar en una curva continua la concentración de CO_2 a lo largo del tiempo. Para hacer llegar al capnómetro el aire espirado se utiliza un catéter, que se puede colocar, y de forma más frecuente, en el circuito de gases de un paciente intubado, pero también se puede adaptar a unas gafas nasales (hay gafas que incorporan este dispositivo), con la desventaja que el paciente debe colaborar y respirar únicamente por la nariz, y a mascarillas en el orificio de espiración, en los orificios de salida, habitualmente obturados de las mascarillas de ventilación no invasiva.

El método para medir el **CO_2 transcutáneo** (PtCO_2), consiste en colocar un electrodo pegado a la piel, que la calienta hasta los 43-45 °C, vaporizando el CO_2 capilar en tejido subcutáneo, que es la concentración que realmente se mide a través de un emisor/lector de luz infrarroja a determinada longitud de onda, que es absorbida por el CO_2 presente en el tejido, siendo la cantidad de esta luz que llega al lector proporcional a la cantidad de CO_2 existente en el tejido. Estas medidas se leen en un monitor de lectura continua conectado al electrodo. Los resultados de estas mediciones presentan buena correlación con la presión arterial de CO_2 , y es superior a la hora de detectar episodios de hipoventilación que el pulsioxímetro, ya que la PtCO_2 se altera de forma más precoz que la saturación de O_2 , sobre todo si el paciente recibe oxígeno suplementario. Este método tiene sus limitaciones, como el peligro de quemadura de la piel, si el electrodo se mantiene en el mismo lugar durante mucho tiempo, por lo que hay que cambiarlo periódicamente de posición y también puede dar falsas lecturas por varias razones, como una mala calibración, y mal contacto entre el electrodo y la piel.

BIBLIOGRAFÍA:

1. Pueyo Bastida, A. Oxigenoterapia. En: Moya Mir, M.S, Viejo Bañuelos, J.L. Urgencias respiratorias. Actuación inicial y técnicas de tratamiento. Págs.: 219-230. Adalia Farma. S.L. Madrid 2.002.
2. Campbell, E.J. Baker, MD. Subjective effects of humidification of oxygen for delivery by nasal canula. A prospective study. Chest 1998; 93: 289-93.
3. Gómez Seco. J. et als. Fiabilidad de los sistemas de Venturi en la oxigenoterapia. Arch Bronconeumol 2003; 39 (6): 156-60.
4. Giner, J. Casan, P. Determinación de la pulsioximetría y de la capnografía en el laboratorio de función pulmonar. Arch Bronconeumol 2004; 40 (7): 311-4.
5. Mérida Morales, A. Mérida Fernández, C. García Mané, A. Gasometría, oximetría fraccional, funcional y pulsioximetría. En: Blasco Morilla, J. Ventilación mecánica. Clínica y práctica. Págs.: 59-77. Ed. Alhulia. Granada. 2.000.
6. López Baeza, J.A. Oltra Chordá, R. Técnicas de aplicación de la oxigenoterapia. En: Tejada Adell, M. El paciente agudo grave. Instrumentos diagnósticos y terapéuticos. Págs.: 22-29. Ed. Masson. Barcelona. 2.005.
7. Carrero, E. Matute, P. Rueda, J. Producción y eliminación de anhídrido carbónico. Capnografía. La respiración a través de los absorbedores del anhídrido carbónico. En: Carrero Cardenal, E. Fisiología aplicada a la Anestesiología. (volumen II) Págs.: 577-622. Ed.: Fundación Europea para la Enseñanza de la Anestesiología en la formación continuada. Madrid. 2.005.
8. Severinghaus, J.W. The current status of transcutaneous blood gas analysis and monitoring. Blood Gas News. 1998, 7 (2): 4-9.