

## NEUMOLOGÍA

## OXIGENACIÓN Y TÉCNICAS DE MEDICIÓN

Mauricio Salas González\*

## SUMMARY

Human body uses inspired oxygen to sustain aerobic metabolism. An appropriate and accurate measurement of this clinical parameter poses one of the most useful tools in the assessment and treatment of a wide range of pathologies. In the following review, we shall discuss the concept and physiological fundamentals of oxygenation, and the most commonly used methods to measure it, according to which many medical decisions are taken.

## INTRODUCCIÓN

El cuerpo obtiene el oxígeno del

aire inspirado<sup>1</sup> y es indispensable para sostener el metabolismo aerobio<sup>2,9,10</sup>. Se entiende por oxigenación el proceso de difusión pasiva del oxígeno desde el alveolo al capilar pulmonar<sup>1,3</sup>. En el capilar pulmonar el oxígeno difundido tiene solamente dos opciones, ya sea unirse a la hemoglobina contenida en los glóbulos rojos, o bien disolverse en el plasma<sup>3,4</sup>. La falla de este proceso llevará a una condición de oxigenación insuficiente, por lo que la sangre sufrirá una disminución de su contenido de oxígeno, o hipoxemia<sup>6,7</sup>. El término “hipoxemia” debe

diferenciarse de “hipoxia”, el cual se refiere a un contenido bajo de oxígeno en un tejido u órgano o a nivel sistémico, por ende la hipoxemia es un tipo específico de hipoxia, un contenido bajo de oxígeno en sangre<sup>8</sup>. La hipoxia es un valor difícil de determinar basado únicamente en la exploración, ¿cómo y dónde medir la oxigenación?

## MEDIDAS DE OXIGENACIÓN

1. Saturación arterial O<sub>2</sub> (SaO<sub>2</sub>). Consiste en la proporción de hemoglobina unida a

\* Médico General.

oxígeno de la hemoglobina total. Su técnica de medición es la oximetría de pulso o la gasometría arterial. La oximetría de pulso permite el monitoreo no invasivo de la saturación periférica de hemoglobina, convirtiéndose en los últimos 30 años en el método estándar para este propósito. No existe valor anormal de  $SaO_2$  pues no existe un umbral claramente establecido o estandarizado debajo del cual haya hipoxia tisular<sup>4</sup>. Una cianosis franca se desarrolla hasta alcanzar 5 g/dL de desoxihemoglobina, que usualmente corresponde a una  $SaO_2$  de aproximadamente 67%, y el umbral al cual se vuelve aparente depende múltiples factores como perfusión periférica o pigmentación cutánea<sup>4,5,6</sup>. Es razonable considerar anormales una  $SaO_2 < 95\%$  en reposo y una desaturación  $> 5\%$  durante ejercicio<sup>4</sup>.

2. Presión arterial de  $O_2$  ( $PaO_2$ ). Consiste en la cuantificación del oxígeno disuelto, fácilmente obtenible con la gasometría arterial. Tampoco se ha determinado un valor "anormal". Sin embargo, es razonable considerar anormal  $PaO_2$  menor de 80mmHg<sup>4,5</sup>.
3. Gradiente Alveolo-arterial de  $O_2$  ( $\Delta A-aO_2$ ). Según la Ley de las Presiones Parciales

cada componente gaseoso en el alveolo ejerce una presión sobre las paredes internas del mismo proporcional a su volumen; la cantidad de oxígeno alveolar ejerce su propia presión o  $PAO_2$ , la cual constituye la fuerza con la que el oxígeno difunde a través de la barrera alveolo-capilar y por ende oxigena la sangre<sup>10</sup>. La cantidad de oxígeno que se halla disuelto en sangre también ejerce su propia presión,  $PaO_2$ . La diferencia de presión alveolar y arterial se denomina Gradiente alveolo-arterial de oxígeno (fórmula 1), la cual es frecuentemente utilizada como medida frecuente de la oxigenación sanguínea<sup>4,6,7</sup>. La medición de la  $PaO_2$  es fácilmente realizable a través de los gases arteriales, sin embargo no existe manera práctica de tomar muestra directa de la cantidad de oxígeno alveolar para calcular la presión que ejerce, por lo que su valor se calcula (fórmula 2)<sup>8,9</sup>:

$$\Delta Aa = PAO_2 - PaO_2 \text{ [Fórmula 1]}$$

$$PAO_2 = (FiO_2 \times [P_{atm} - P_{agua}]) - (PaCO_2/R) \text{ [Fórmula 2]}$$

$$R = V_{CO_2}/V_{O_2} \text{ [Fórmula 3]}$$

La  $PAO_2$  es el cálculo de la diferencia de presión ejercida en el alveolo por el oxígeno y la ejercida por el dióxido de carbono. La presión alveolar ejercida por el oxígeno se

calcula a partir de la fracción inspirada de oxígeno ( $FiO_2$ , un equivalente de la cantidad de oxígeno y que constituye el porcentaje de  $O_2$  atmosférico, 21%) y la presión atmosférica ( $P_{atm}$ ). Al inspirar, vapor de agua producido por las secreciones epiteliales de la vía aérea también alcanza el alveolo, ejerciendo su propia presión (aprox. 47 mmHg), por lo que se le debe restar a la presión atmosférica<sup>4,7</sup>. La presión ejercida por el dióxido de carbono, producto del metabolismo celular y más difusible a través de la membrana alveolo-capilar, se calcula en base a la relación presión de dióxido de carbono y cociente respiratorio (R), el cual es la relación entre el dióxido de carbono producido y el oxígeno consumido (fórmula 3). Dada la variación de la ecuación de gases alveolares con la edad, tradicionalmente se utiliza una simplificación de la fórmula, se aplica el coeficiente  $PaCO_2/R$ . Respirando aire ambiente, el valor normal del  $\Delta A-aO_2$  es  $2,5 + 0,21 \cdot A$

4. Relación  $PaO_2 / FiO_2$ . Se basa en la proporción del oxígeno inspirado que efectivamente satura la sangre. Su valor normal varía entre 300 y 500 mmHg. Valores menores

de 300 mmHg implican un intercambio anormal, mientras que valores menores de 200 mmHg indican hipoxemia severa<sup>4,7,11</sup>.

## CONCLUSIÓN

Existen diversos métodos para cuantificar la saturación de oxígeno. La mayoría son valores teóricos que no deben reemplazar la historia clínica y el examen físico riguroso y utilizar la técnica adecuada según los hallazgos de los mismos. La oximetría de pulso y la gasometría arterial son los métodos de medición de oxigenación más utilizados.

## RESUMEN

El cuerpo humano necesita del oxígeno inspirado para sostener

el metabolismo aerobio. La correcta y acertada medición de este parámetro clínico constituye una de las herramientas indispensables en el abordaje y seguimiento de diversas patologías. A continuación se repasa el concepto de oxigenación, fundamentos fisiológicos y los métodos existente para medirla.

## BIBLIOGRAFÍA

1. Barret et a.l., Ganong Fisiología Médica, Ed. McGraw-Hill, 24° Ed., 2013, pp. 623-628
2. Boron et a.l., Medical Physiology, Ed. Saunders-Elsevier, 2° Edición, 2009, pp. 613-629
3. Crawford, M., MD, 2015 Pulse oximetry, UpToDate, obtenido el 30 noviembre 2015 de <http://www.uptodate.com>
4. Grace R., Pulse oximetry. Gold standard or false sense of security, *Med J Aust*, 1994; pp. 160-638.
5. Hanning, C., Alexander-Williams JM. Pulse oximetry: a practical review. *BMJ* 1995; pp. 311-367.
6. Herra E, Transporte de Oxígeno, *Rev. Mex. Anestesiología*, 1991, Ed. 14, pp. 138-142
7. Jubran A., Pulse oximetry. *Intensive Care Med* 2004; 30:2017.
8. Parrillo, J., et a.l., *Critical Care Procedures, Monitoring, and Pharmacology*, Ed. Elsevier, 3° Ed., 2011, parte 1, cap 14, pp 233-240
9. Rosen, I., MD, et e.l., Oxygen delivery and consumption, *UpToDate*, *Rev.* Setiembre 2015, obtenido el 30 noviembre de 2015 de <http://www.uptodate.com>
10. Thackray, A., John Dalton: *Critical Assessments of His Life and Science*, Harvard University Press, 1972, pp. 505-522
11. Theodore A, MD, et a.l., Oxygenation and mechanisms of hypoxemia, *UpToDate*, *Rev.* Sep 2015, obtenido el 30 noviembre de 2015 de <http://www.uptodate.com>