

Interpretación de la gasometría arterial

J. M. Fernández Sánchez-Alarcos y J. L. Álvarez-Sala Walther

Servicio de Neumología. Hospital Clínico San Carlos. Universidad Complutense. Madrid.

Introducción

La función primordial del aparato respiratorio es la hematosis o intercambio pulmonar de gases, mediante la cual se aporta oxígeno al organismo y se elimina el anhídrido carbónico producido por el metabolismo celular. Cuando el intercambio de gases es normal también lo son las presiones arteriales de oxígeno (PaO_2) y de anhídrido carbónico (PaCO_2). Para que la hematosis se produzca adecuadamente es necesario que tanto el pulmón como el sistema ventilatorio (caja torácica, sistema neuromuscular y centro respiratorio) estén íntegros y funcionen adecuadamente. La gasometría arterial es la prueba diagnóstica que proporciona información rápida,

útil y precisa sobre el funcionamiento tanto del pulmón como del sistema ventilatorio¹⁻³.

La gasometría arterial es una técnica indispensable en el diagnóstico de la insuficiencia respiratoria (la situación clínica que mayor morbimortalidad ocasiona), como también lo es para interpretar correctamente este síndrome. Por ello, es fácil deducir que la gasometría arterial es la prueba funcional respiratoria más importante. En este artículo se comentan los dos aspectos fundamentales de este procedimiento: la obtención y el análisis de la muestra y la interpretación de los resultados.

Obtención y análisis de la muestra

Las principales recomendaciones al respecto se recogen en la normativa sobre la gasometría arterial publicada por la Sociedad Española de Neumología y Cirugía Torácica (SEPAR). En resumen son las siguientes⁴:

1. Es recomendable que el paciente esté sentado y en situación de reposo.
2. La arteria que debe puncionarse es la radial, reservando la humeral como una opción posterior.
3. Es conveniente inyectar subcutáneamente un anestésico local en la zona.
4. La muñeca del enfermo debe colocarse en hiperextensión, formando un ángulo de 45° con la aguja.
5. Deben emplearse agujas de calibre inferior a 20 G y jeringuillas especialmente diseñadas para la práctica de gasometrías arteriales, no usando para la extracción una cantidad excesiva de heparina.
6. Tras la punción debe comprimirse la zona con un algodón durante varios minutos, para evitar la aparición de hematomas.
7. Una vez obtenida, la muestra sanguínea debe mantenerse en condiciones de estricta anaerobiosis hasta que se lleve a cabo el análisis.
8. El tiempo transcurrido entre la obtención de la muestra y el momento en el que se analizan los gases no debe superar los 10 ó 15 minutos.
9. Antes de introducir la muestra de sangre en el analizador de gases debe agitarse al menos durante unos 30 segun-

dos, desechando siempre el volumen de sangre contenido en el extremo distal de la jeringa.

Interpretación de los resultados

Los analizadores de gases actuales son equipos automáticos que requieren un mantenimiento mínimo. Las variables que estos aparatos pueden medir directamente son el pH, la PaO_2 y la PaCO_2 . A partir de estas medidas los gasómetros son capaces de calcular otros datos, como la saturación de oxígeno de la hemoglobina, el bicarbonato plasmático y el exceso de bases. La interpretación de una gasometría arterial es sencilla y requiere del conocimiento de, al menos, cuatro puntos básicos, tal y como se expone a continuación.

Concepto de hipoxemia y de insuficiencia respiratoria (evaluación de la PaO_2)

El valor de la PaO_2 refleja la capacidad del aparato respiratorio para oxigenar la sangre. Por tanto, una disminución de la PaO_2 por debajo de los límites normales (hipoxemia) habla de la falta de integridad del pulmón o del sistema ventilatorio (caja torácica, sistema neuromuscular y centro respiratorio). Se dice que existe hipoxemia cuando la PaO_2 de un adulto es menor de 80 mmHg cuando la muestra de sangre se ha tomado a nivel del mar, en reposo y respirando aire ambiente. La insuficiencia respiratoria se define por la exis-

tencia de una PaO_2 menor de 60 mmHg (hipoxemia clínicamente significativa). Cuando la PaO_2 está por encima de 60 mmHg la saturación arterial de la hemoglobina es superior al 90% y, en consecuencia, el contenido arterial de oxígeno es correcto, ya que a estos niveles de PaO_2 se incide sobre la porción alta, prácticamente plana, de la curva de disociación de la hemoglobina. En esta zona la saturación de oxígeno apenas se altera aunque se modifique de forma importante la PaO_2 . Sin embargo, por debajo de los 60 mmHg, pequeños descensos de la PaO_2 originan importantes caídas en la saturación de la hemoglobina y en el contenido arterial de oxígeno (zona pendiente, casi vertical, de la curva de disociación de la hemoglobina)^{5,6}.

Clasificación de la insuficiencia respiratoria y concepto de gradiente alvéolo-arterial de oxígeno (A-a PO_2)

El A-a PO_2 es la diferencia existente entre los valores de la presión alveolar de oxígeno (P_AO_2) y los de la PaO_2 . La determinación del A-a PO_2 sirve, entre otras cosas, para establecer la situación en la que se encuentra el intercambio pulmonar de gases, en particular la relación existente entre la ventilación y la perfusión pulmonares. En otras palabras, un A-a PO_2 aumentado refleja que existe una alteración pulmonar intrínseca (intrapulmonar). En atención a este concepto, la insuficiencia respiratoria puede clasificarse en dos formas diferentes, lo que tiene importantes implicaciones etiológicas:

1. Insuficiencia respiratoria con un A-a PO_2 aumentado, lo que indica que el paciente tiene una enfermedad pulmonar.

2. Insuficiencia respiratoria con un A-a PO_2 normal, lo que habla de la integridad del parénquima pulmonar. En este caso, la causa de la insuficiencia respiratoria tiene que estar en una anomalía del esfuerzo ventilatorio, es decir, de la caja torácica, del sistema neuromuscular o del centro respiratorio.

El cálculo del A-a PO_2 se realiza fácilmente si se aplica la fórmula siguiente:

$$\begin{aligned} \text{A-aPO}_2 &= \text{P}_A\text{O}_2 - \text{PaO}_2 \\ \text{P}_A\text{O}_2 &= (\text{presión barométrica} - 47) - 1,25 \text{ PaCO}_2 \end{aligned}$$

En los jóvenes y en los adultos se considera anormal un A-a PO_2 que supere los 20 mmHg. En las personas mayores se estima que es normal hasta los 30 mmHg.

Ventilación alveolar y estado ventilatorio (evaluación de la PaCO_2)

La ventilación es el movimiento cíclico del aparato respiratorio que sirve para que un volumen de aire determinado entre y salga regular y periódicamente de los pulmones, proporcionando oxígeno y eliminando CO_2 . El volumen total de un movimiento ventilatorio normal resulta de la suma del

componente ventilatorio que toma parte en el intercambio gaseoso (ventilación alveolar) y del componente que sólo ventila el espacio muerto y que, por tanto, no contribuye a la hematosis. Los cambios de la ventilación alveolar (VA) influyen directamente en el nivel de la PaCO_2 , de acuerdo con la fórmula siguiente:

$$\text{PaCO}_2 = 0,86 \times \text{producción de CO}_2 / \text{VA}$$

Por tanto, toda disminución de la VA (hipoventilación alveolar) se acompaña de una PaCO_2 elevada (hipercapnia). Por el contrario, la hiperventilación alveolar hace que la PaCO_2 disminuya (hipocapnia). En otras palabras, la PaCO_2 es el dato esencial para saber como está la ventilación y, por tanto, para establecer si existe o no una suficiencia ventilatoria. Los valores normales de la PaCO_2 se sitúan entre 35 y 45 mmHg.

Estimación del equilibrio ácido-base

En todos los seres vivos es necesario que el equilibrio ácido-base se mantenga muy estable y que prácticamente no se altere a pesar de las sobrecargas exógenas y endógenas de ácidos y alcalinos que, de forma continua, llegan al medio interno. Funciones básicas como la contractilidad miocárdica o la fisiología del sistema nervioso precisan de un ambiente celular en el que la concentración de hidrogeniones apenas se modifique y permanezca dentro de un estrecho margen. La concentración de hidrogeniones se expresa tradicionalmente por medio del pH (logaritmo negativo de la concentración de hidrogeniones). Los valores normales del pH arterial se sitúan entre 7,35 y 7,45. Por debajo de 7,35 se considera que existe una acidosis y por encima de 7,45 la situación es de alcalosis. Para evaluar el equilibrio ácido-base debe prestarse atención, además de al pH arterial, a la PaCO_2 y a la concentración plasmática de bicarbonato (HCO_3^-). Como ya se ha señalado antes, el análisis de los gases sanguíneos proporciona, por medición directa, los valores del pH y de la PaCO_2 . A partir de ellos el gasómetro puede calcular el HCO_3^- plasmático y el exceso de bases⁴.

Las alteraciones del equilibrio ácido-base pueden ser metabólicas, respiratorias o mixtas. Los trastornos metabólicos se originan por una depleción o una retención de ácidos no volátiles (ácidos no carbónicos) o por una pérdida o una ganancia de bicarbonato y se caracterizan por la existencia de unos niveles anormales de HCO_3^- . Las anomalías respiratorias del equilibrio ácido-base son el resultado de cambios en la eliminación o en la retención del CO_2 y, en definitiva, en la cantidad total de ácido carbónico que está bajo regulación ventilatoria. Se producen por hiperventilación o por hipoventilación y se caracterizan por cursar con una cifra de PaCO_2 anormal^{4,5}.

Los trastornos primarios del equilibrio ácido-base provocan una respuesta compensadora que tiene como objeto el devolver el pH a la normalidad. Los mecanismos homeostáticos compensadores que intervienen a este respecto son los siguientes: a) la amortiguación del exceso de hidrogeniones

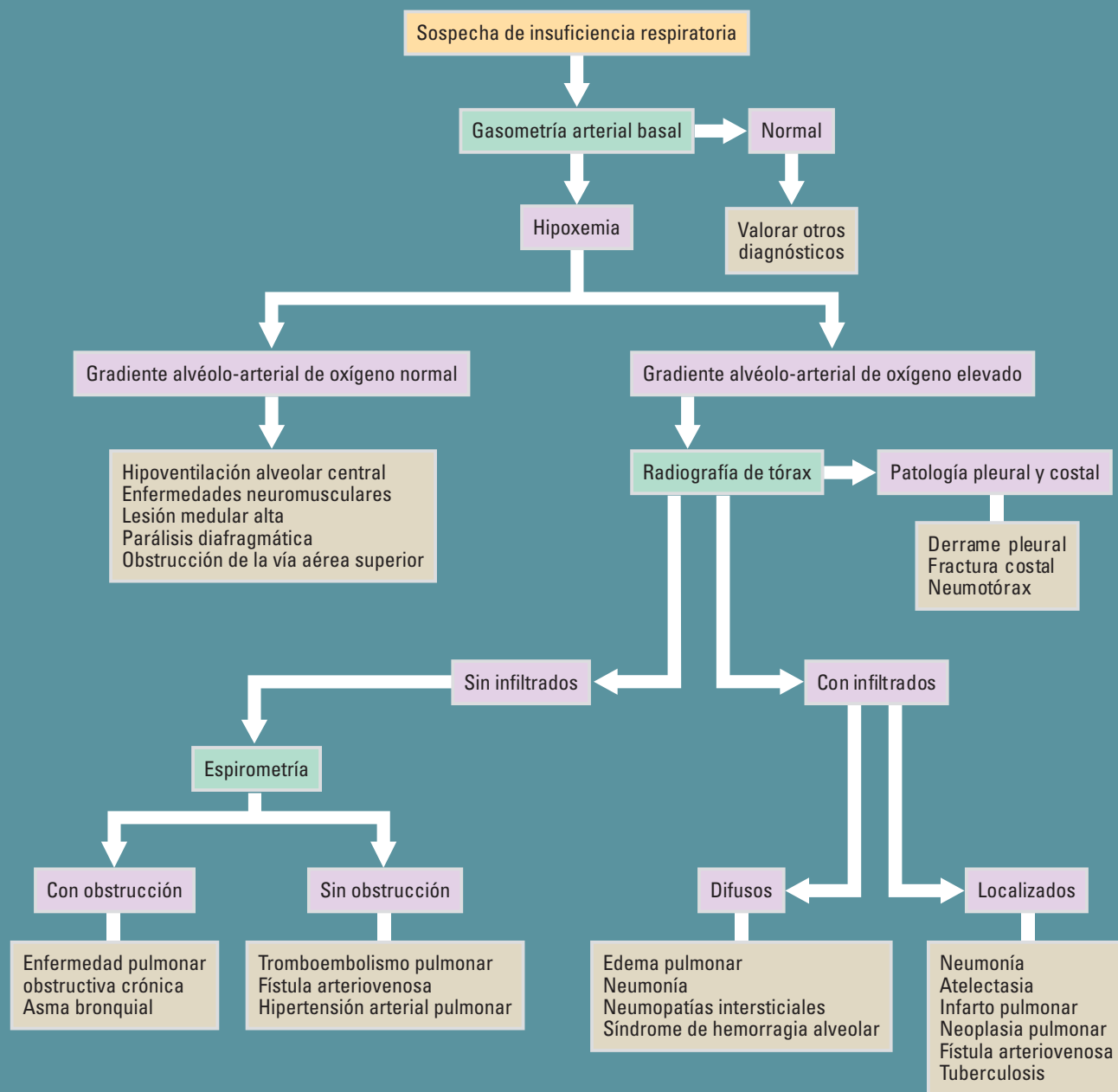


Fig. 1. La gasometría arterial en el diagnóstico de la insuficiencia respiratoria.

o de HCO_3^- por los componentes *buffer* o tampón de los líquidos extracelulares; b) el aumento o la disminución compensadora de la ventilación alveolar; y c) la respuesta renal (excreción o retención de bicarbonato). En la tabla 1 se muestran los datos que sirven para identificar los distintos trastornos ácido-base que pueden observarse en el ser humano. En la figura 1 se ofrece un algoritmo diagnóstico de la insuficiencia respiratoria, en el que se destaca la importancia al respecto de la gasometría arterial.

TABLA 1
Principales trastornos del equilibrio ácido-base y alteraciones gasométricas que se observan en cada caso

Trastorno principal	Alteraciones iniciales	Respuesta compensadora
Acidosis metabólica	$\downarrow \text{pH}$ $\downarrow \text{HCO}_3^-$	$\downarrow \text{PaCO}_2$
Alcalosis metabólica	$\uparrow \text{pH}$ $\uparrow \text{HCO}_3^-$	$\uparrow \text{PaCO}_2$
Acidosis respiratoria	$\downarrow \text{pH}$ $\uparrow \text{PaCO}_2$	$\uparrow \text{HCO}_3^-$
Alcalosis respiratoria	$\uparrow \text{pH}$ $\downarrow \text{PaCO}_2$	$\downarrow \text{HCO}_3^-$

pH: pH plasmático; PaCO_2 : presión arterial de anhídrido carbónico; HCO_3^- : bicarbonato plasmático.

Bibliografía

● Importante ●● Muy importante

- ✓ Metaanálisis
- ✓ Ensayo clínico controlado
- ✓ Epidemiología

1. Mines AH. Respiratory physiology. 3rd ed. New York: Raven Press; 1993.
2. Ali J, Summer WR, Levitzky MG. Pulmonary pathophysiology. Nueva York: McGraw-Hill; 1999.
3. Davenport HW. El ABC de la química ácido-base. 6.ª ed. Buenos Aires: Editorial Universitaria de Buenos Aires; 1976.
4. ●● Sanchis Aldás J, Casan Clarà P, Castillo Gómez J, González Mangado N, Palenciano Ballesteros L, Roca Torrent J. Normativa sobre la gasometría arterial. Arch Bronconeumol. 1998;34:142-53.
5. ● Shapiro BA, Peruzzi WT, Templin R. Clinical application of blood gases. 5th ed. St.Louis: Mosby Year Book; 1994.
6. Rinaldi MR. Gases en sangre: oxígeno y curva de disociación de la hemoglobina. Rosario: Editorial La Médica; 1974.