

# TIEMPOS DE ENFERMERÍA Y SALUD

REVISTA OFICIAL DE LA ASOCIACIÓN ESPAÑOLA DE ENFERMERÍA Y SALUD

<https://enfermeriaysalud.es>

## Nota clínica

*Miguel Ángel Parada Nogueiras<sup>a</sup>, Manuela Ramos Barbosa<sup>a</sup>*

<sup>a</sup> Complejo Asistencial Universitario de León. España.

### GASOMETRÍA ARTERIAL

Consiste en la obtención de una muestra sanguínea, mediante la punción de una arteria, para analizar los valores de gases en sangre tras el intercambio pulmonar. También permite valorar el equilibrio ácido-base (EA-B) del paciente, y además los analizadores actuales obtienen valores de hemoglobina (Hb) y hematocrito, glucemia, sodio, potasio y ácido láctico, entre otros. Es la prueba más rápida, eficaz y fiable para valorar el intercambio de gases y EA-B del paciente. Su principal indicación es el diagnóstico, pronóstico y monitorización del tratamiento de la insuficiencia respiratoria.

La arteria seleccionada será por orden de preferencia la **radial**, **humeral**, **pedia** y **femoral**. En recién nacidos se emplea la **arteria umbilical** y en bebés las **epicraneales**. La punción humeral es menos dolorosa y presenta menos complicaciones (hematomas, espasmo de la arteria, inflamación de la zona y dolor residual) que la radial.

En la arteria femoral existe un mayor riesgo de sangrado y de infección.

En cuanto a la punción radial, previamente se debe realizar el **Test de Allen** para valorar la circulación colateral. En este test se presionan las arterias radial y cubital para evitar que llegue flujo de sangre a la mano. Se le pide al paciente que abra y cierre la mano hasta observar palidez palmar. En ese momento debe dejar la mano abierta y quieta, y se libera la arteria cubital, valorando el tiempo que tarda la mano en recuperar la coloración normal. El tiempo adecuado de relleno sanguíneo será de 7 segundos, si es así se considera el test negativo y se puede proceder a puncionar la radial. Si el color se recupera entre 8-14 segundos se considera el resultado dudoso, y por encima de 15 segundos el resultado será positivo. En caso de test de Allen positivo estará contraindicada la punción de esa arteria radial. Si el test es dudoso se debería complementar con otras pruebas como Eco-doppler o pulsioxímetro para valorar la perfusión de la mano a través de la arteria cubital.

Para mejorar la punción es aconsejable **hiperextender la muñeca** donde vayamos a puncionar, con lo que conseguimos estirar la arteria y, junto con la fijación que haremos con los dedos índice y medio de la mano contraria a la que manejamos la jeringa, evitará su desplazamiento y el fallo en la punción. La punción se lleva a cabo entre estos dedos.

Se debe aplicar anestésico local en la zona de punción, sin vasoconstrictor, ya que “**una gasometría dolorosa es una gasometría con resultados erróneos**”.

Al retirar la aguja se deben extraer las burbujas que se hayan formado en el interior de la jeringa, desechar la aguja y colocar el tapón hermético en la punta de la jeringa.

Es importante **presionar** la zona de punción concienzudamente durante **al menos 5 minutos** para evitar la hemorragia y formación de hematomas (10 min en humeral y femoral). La muestra se debe analizar inmediatamente, o en caso contrario guardarla en hielo triturado. Entre la extracción y la lectura no se deben exceder los 15 minutos.

Se debe vigilar la aparición de posibles **complicaciones**: **dolor** durante la punción, **hematomas**, **espasmo arterial**, **reacción vagal** e **hiperventilación** (por miedo o dolor), **isquemia distal**, **traumatismo** y/o **trombosis arterial**, **rotura arterial**, **lesión del nervio**.

La gasometría arterial (GA) basal debe realizarse al paciente en reposo respirando aire ambiente. En caso de oxigenoterapia debe retirarse el oxígeno (O<sub>2</sub>) 20 min antes de extraer la muestra, o anotar la concentración de O<sub>2</sub> administrado.

Entre las **principales recomendaciones** en la realización de la GA publicadas por la Sociedad Española de Neumología y Cirugía Torácica, se destaca:

- Paciente en reposo, durante 15 minutos.
- Arterial radial.
- Inyección de anestésico local.
- Tras la punción comprimir durante varios minutos para evitar la aparición de hematomas.
- Una vez obtenida la muestra, debe mantenerse en estricta anaerobiosis (poner tapón a la jeringa) hasta realizar el análisis.
- Agitar durante 30 segundos antes de introducirla en el gasómetro.

Principales **indicaciones** de la GA:

- Medir la oxigenación, valorar el estado ventilatorio
- Diagnóstico de alteraciones del EA-B.
- Cuantificación de la respuesta a la oxigenoterapia.
- Monitorizar la gravedad y progresión de enfermedades respiratorias.

Principales **contraindicaciones**:

- Prueba de Allen positiva (punción de arteria radial).
- Evidencia de enfermedad vascular periférica o

infecciosa de la extremidad seleccionada.

- Coagulopatía o tratamiento con altas dosis de anticoagulante.

Se tendrán en cuenta las siguientes **limitaciones** al realizar la punción: dolor, hematoma, espasmo arterial, anafilaxia por la anestesia, reacción vagal, hiperventilación y traumatismo arterial por la aguja.

Las **principales fuentes de error** en la obtención de la muestra son:

- Burbujas en la muestra.
- Hiperventilación por punción dolorosa.
- Leucocitosis  $>50.000/\text{mm}^3$ .

Los parámetros principales que se obtienen son: presión arterial parcial de oxígeno ( $\text{PaO}_2$ ), presión arterial parcial de dióxido de carbono ( $\text{PaCO}_2$ ) y pH. También se pueden obtener los valores de concentración de bicarbonato ( $\text{HCO}_3^-$ ), saturación de oxígeno ( $\text{SatO}_2$ ), Hb y hematocrito y ácido láctico.

**$\text{PaO}_2$** : refleja la capacidad del aparato respiratorio de oxigenar la sangre. Su valor normal es **80-100 mmHg**. Por encima de 100 hablamos de hiperoxia. Es infrecuente. Puede provocar una depresión del centro respiratorio en pacientes con insuficiencia respiratoria crónica si se les administra oxigenoterapia de alto flujo. Por debajo de 80 existe **hipoxemia**, que puede ser: ligera 80-71 mmHg, moderada 70-61 mmHg, grave 60-45 mmHg y muy grave  $< 45$  mmHg. Las principales **causas de hipoxemia** son: hipoventilación alveolar (lesiones del sistema nervioso central, alteraciones de la pared torácica, etc.), desequilibrios en el cociente ventilación/perfusión (asma, EPOC), shunt o cortocircuito derecha-izquierda (neumonía, síndrome de distrés respiratorio del adulto) y alteraciones de la difusión (fibrosis alveolar o intersticial).

**$\text{PaCO}_2$** : los valores normales son entre **35-45 mmHg**. Si es  $>45$  hablamos de **hipercapnia**, siendo sus principales causas: hipoventilación alveolar y desequilibrio ventilación/perfusión. La **hipocapnia** ( $<35$  mmHg) es infrecuente, y sus causas suelen ser hiperventilación de causa psicógena o por ventilación mecánica invasiva.

**$\text{HCO}_3^-$** : se calcula de forma indirecta a partir del pH y  $\text{PaCO}_2$ . Sus valores normales son entre **22-26 mEq/l**.

**$\text{Sat}_{\text{art}}\text{O}_2$** : es el porcentaje de Hb que está transportando  $\text{O}_2$  en sangre arterial. Su valor normal es entre **95-99%**. Descenderá en la hipoxia, anemia y en intoxicaciones con sustancias que compitan con el  $\text{O}_2$  en su afinidad por la Hb (monóxido de carbono).

**pH**: valores normales **7,35-7,45**. Si  $<7,35$  hablamos de **acidosis**, y  $>7,45$  **alcalosis**. Depende fundamentalmente de la variación del  $\text{PaCO}_2$  y  $\text{HCO}_3^-$  en plasma. Puede verse alterado por causa respiratoria o metabólica, cada una con sus mecanismos compensatorios. Pueden darse **trastornos de carácter mixto** cuando hay de forma simultánea dos o más desórdenes ácido-base identificables y la respuesta compensatoria no es la predecible.

Las **alteraciones del EA-B** 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 ganancia de  $\text{HCO}_3^-$ . Las anomalías respiratorias del EA-B son el resultado de cambios en

la eliminación o en la retención de  $\text{CO}_2$  y en definitiva, en la cantidad de ácido carbónico que está bajo regulación ventilatoria.

La **respuesta compensatoria** tiene como objeto devolver el pH a la normalidad. Los mecanismos homeostáticos compensadores que intervienen a este respecto son:

- Amortiguación del exceso de hidrogeniones o de  $\text{HCO}_3^-$  por los componentes buffer o tampón de los líquidos extracelulares.
- Aumento o disminución compensadora de la ventilación alveolar.
- Respuesta renal, con excreción o retención de  $\text{HCO}_3^-$ .

La compensación de  $\text{CO}_2$  es pulmonar y se consigue rápidamente. La compensación de  $\text{HCO}_3^-$  se produce a nivel renal y es lenta. En personas con función renal normal puede tardar horas, mientras que en una persona de edad avanzada o con alteraciones renales puede demorarse incluso días.

Respuestas compensatorias:

#### Acidosis

Respiratoria:

- **Aguda**: aumenta la concentración de  $\text{HCO}_3^-$  ( $[\text{HCO}_3^-]$ ) 1 mEq/l por cada 10 mmHg de  $\text{PCO}_2$ .
- **Crónica**: aumenta  $[\text{HCO}_3^-]$  3,5 mEq/l por cada 10 mmHg de  $\text{PCO}_2$ .

Metabólica:

- $\text{PaCO}_2$  desciende 1,2 mmHg por cada 1 mEq/l de descenso de  $[\text{HCO}_3^-]$ .

#### Alcalosis

Respiratoria:

- **Aguda**:  $[\text{HCO}_3^-]$  desciende 2 mEq/l por cada 10 mmHg de descenso de  $\text{PaCO}_2$ .
- **Crónica**:  $[\text{HCO}_3^-]$  desciende 5 mEq/l por cada 10 mmHg de descenso de  $\text{PaCO}_2$ .

Metabólica:

- $\text{PaCO}_2$  aumenta 0,6 mmHg por cada 1 mEq/l de aumento de  $[\text{HCO}_3^-]$ .

Los mecanismos de compensación “nunca se pasan”, es decir, su tendencia es restituir los valores normales de pH pero nunca actúan de forma excesiva por hipercompensación.

#### Concepto de gradiente alveolo-arterial de oxígeno (A-a $\text{PO}_2$ )

También llamada diferencia alveolo-arterial de  $\text{O}_2$   $[\text{D}(\text{A-a})\text{O}_2]$ , es la diferencia que existe entre los valores de presión alveolar de  $\text{O}_2$  ( $\text{PAO}_2$ ) y los de  $\text{PaO}_2$ . Sirve para conocer como se realiza el intercambio de gases a nivel alveolar, en particular la relación entre ventilación y perfusión pulmonares. Equivale a la diferencia entre el  $\text{PO}_2$  alveolar y en sangre arterial, siendo un excelente indicador de la eficacia del parénquima pulmonar como intercambiador de  $\text{O}_2$  y  $\text{CO}_2$ . Si el A-a $\text{PO}_2$  está aumentado indica una alteración del parénquima pulmonar y si está normal, su integridad. Su valor normal oscila entre **5 y 20 mmHg**, aunque aumenta con la edad pudiendo ser normal hasta 35 mmHg por encima de los 65 años.

**A-a $\text{PO}_2$**  =  $\text{PAO}_2 - \text{PaO}_2$

Siendo  **$\text{PAO}_2$**  =  $[(\text{Patm} - \text{PH}_2\text{O}) \times \text{FiO}_2] - (\text{PaCO}_2/\text{R})$

Siendo la presión barométrica (Patm) a nivel del mar de 760

mmHg, la presión de vapor de agua (PH<sub>2</sub>O) a 37°C de 47 mmHg, la FiO<sub>2</sub> al aire ambiente de 21% (0,21) y la PCO<sub>2</sub> arterial y alveolar iguales. Como valor medio del cociente respiratorio (R) se suele asumir 0,8 en reposo. El R es igual al volumen de CO<sub>2</sub> que un organismo produce (VCO<sub>2</sub>) dividido entre el volumen de O<sub>2</sub> que consume (VO<sub>2</sub>) →  $R = VCO_2 / VO_2$

Siendo el VO<sub>2</sub> igual al gasto cardiaco por la diferencia del contenido arterio-venoso de O<sub>2</sub> (Ca-vO<sub>2</sub>) →  $VO_2 = GC \times Ca-vO_2$  Y el contenido arterial de O<sub>2</sub> (CaO<sub>2</sub>) se calcula con la siguiente fórmula:

$$CaO_2 = ((Hb \times 1,36) \times Sat_{art}O_2) + (PaO_2 \times 0,0031)$$

Y el contenido venoso de O<sub>2</sub> (CvO<sub>2</sub>) igual a:

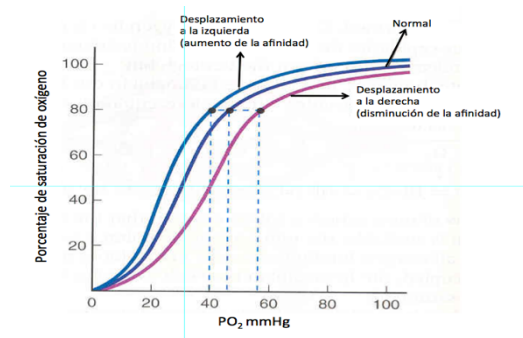
$$CvO_2 = ((Hb \times 1,36) \times Sat_{ven}O_2) + (PvO_2 \times 0,0031)$$

El valor normal corregido por edad de A-aPO<sub>2</sub> se calcula siguiendo la fórmula:

$$A-aPO_2 = 2.5 + 0,21 \times (\text{edad en años})$$

La fórmula de la diferencia alveolo-arterial de O<sub>2</sub> permite el cálculo para diferentes FiO<sub>2</sub>. Pero si se usa oxigenoterapia a alto flujo (>40%) no se puede obtener un resultado con exactitud de la FiO<sub>2</sub> que inspira el paciente. En estos casos es preferible utilizar el cociente PaO<sub>2</sub>/FiO<sub>2</sub> para valorar el intercambio de gases (valor normal entre 400-500 mmHg). Un valor <200 mmHg es uno de los criterios diagnósticos de distrés respiratorio del adulto.

Alrededor del 97% del O<sub>2</sub> existente en la sangre es transportado por la Hb en forma de oxihemoglobina en el interior de los hemáties. Este valor viene determinado por la Sat<sub>art</sub>O<sub>2</sub> cuyo valor normal es del 95-100%. El 3% restante del O<sub>2</sub> está disuelto en la sangre y se determina por la PaO<sub>2</sub>. Ambos valores están relacionados, si hay una PaO<sub>2</sub> elevada, el O<sub>2</sub> se combina rápidamente con la Hb. Esta relación queda plasmada en la **curva de disociación de la oxihemoglobina**. Modificaciones en diversos parámetros corporales (pH, temperatura, PaCO<sub>2</sub>) hacen



que la curva se desplace hacia la izquierda o a la derecha.

La curva se desplace de forma natural en el organismo debido a los valores relativos de PaCO<sub>2</sub>. Cuando la sangre se introduce en el sistema capilar pulmonar y alcanza los alveolos, el CO<sub>2</sub> pasa desde la sangre hasta los alveolos, lo que da lugar a una PaCO<sub>2</sub> relativamente baja en la sangre con desplazamiento de la curva hacia la izquierda y con incremento en la afinidad de la Hb por el O<sub>2</sub>. Las moléculas de Hb captan rápidamente el O<sub>2</sub>. En el lecho capilar en los tejidos corporales se dan las circunstancias contrarias. El CO<sub>2</sub> generado por el metabolismo celular pasa de

las células a la sangre, lo que da lugar a una concentración de CO<sub>2</sub> más elevada en sangre en esos capilares, lo que disminuye la afinidad de la Hb por el O<sub>2</sub> (desplazamiento de la curva hacia la derecha) que lo libera para que difunda hacia las células para reponer su suministro y continuar con una respiración celular aeróbica.

Otros factores que desplazan la curva a la derecha son:

- Acidosis: Cuando la sangre se vuelve ligeramente ácida (pH 7,2) la curva se desplaza hacia la derecha en aproximadamente un 15%.
- Aumento de 2,3-difosfoglicerato (DPG).
- Aumento de temperatura.

Otros factores que desplazan la curva hacia la izquierda son:

- Alcalosis: cuando la sangre se alcaliniza (pH 7,6), en un porcentaje similar al de la acidosis.
- Hb fetal: la Hb fetal se une al DPG con menos afinidad que la hemoglobina del adulto y por tanto la Hb fetal fija más oxígeno. De esta manera se facilita la cesión de oxígeno desde la circulación materna a la fetal.
- Otros: monóxido de carbono (carboxihemoglobina), metahemoglobina

## BIBLIOGRAFÍA

- (1) Ramírez E. Ondas J de Osborn en hipotermia. Presentación de un caso poco frecuente en el trópico. Rev. Colomb. Cardiol. 2009; 16:182-184. Disponible en: <http://www.scielo.org.co/pdf/reca/v16n4/v16n4a7.pdf>
- (2) Ruiz Fernández JC et al. Gasometría Arterial Humeral (GAH) frente a Gasometría Arterial Radial (GAR): dolor y efectos indeseables. Metas de Enferm sep 2010; 13(7): 22-27
- (3) M<sup>a</sup> Carmen Carrero Caballero, coord. Tratado de Administración parenteral. 1<sup>ª</sup>ed. Madrid. Difusión Avances de Enfermería (DAE); 2006.
- (4) Párraga Bermejo JL. Gasometría arterial. En: González Gómez IC, Herrero Alarcón A. Técnicas y Procedimientos de Enfermería. Colección De la A a la Z. 2<sup>a</sup> ed. Madrid: Difusión Avances de Enfermería (DAE); 2009. p. 307-309.
- (5) Iglesias Hernández MD, Pérez Fernández AJ. Procedimientos invasivos. En: De la Fuente Ramos M. Enfermería médico-quirúrgica. Vol. I. Colección Enfermería S21. 3<sup>a</sup> ed. Madrid: Difusión Avances de Enfermería (DAE); 2015. p. 79-106.
- (6) Volviendo a lo básico [sede Web]. Murcia: Fundación para la formación en investigación sanitarias de la Región de Murcia; 2012 [acceso 20 de mayo de 2018]. Transporte de oxígeno. Disponible en: [http://www.ffis.es/volviendoalobasico/4transporte\\_de\\_oxigeno.html](http://www.ffis.es/volviendoalobasico/4transporte_de_oxigeno.html)
- (7) Temas de ventilación mecánica. [sede Web]. Cuba: Red de salud de Cuba [acceso 20 de mayo de 2018]. Transferencia y transporte de oxígeno. Disponible en: <http://www.sld.cu/galerias/pdf/sitios/urgencia/b.pdf>
- (8) Manuales SEPAR de procedimientos [sede Web]. Barcelona: Sociedad española de neumología y cirugía torácica; 2018 [acceso 20 de mayo de 2018]. Gasometría arterial. Disponible en: [https://issuu.com/separ/docs/manual\\_36?e=3049452/58002643](https://issuu.com/separ/docs/manual_36?e=3049452/58002643)
- (9) Ganzo Pion M, Martínez Larrull E, Segado Soriano A, Maganto Sancho A. Interpretación de la gasometría arterial en enfermedades respiratorias. Protocolos de práctica asistencial. Medicine. 2015;11(88):5284-8
- (10) Pruitt B. Interpretación de la gasometría en sangre arterial: un vistazo al equilibrio interior del paciente. Nursing. 2010;28(10): 33-37