

# Recomendaciones para el estudio de la cooximetría

Sociedad Española de Bioquímica Clínica y Patología Molecular  
Comité Científico  
Comisión Magnitudes Biológicas relacionadas con la Urgencia Médica<sup>1</sup>  
Documento M. Fase 3. Versión 2.

Preparado por:

P. Oliver Sáez, A. Buño Soto, A. Galán Ortega, R. Díaz García, P. Guevara Ramírez, E. Guillén Campuzano, S. Malumbres, J.L. Marín Soria, M. Muñoz Pérez, X. Navarro Segarra, E. Oujo, N. del Río Barcenilla.

## ÍNDICE

1. Introducción
  2. Objeto y campo de aplicación
  3. La hemoglobina total y sus fracciones
    - 3.1. Hemoglobina total
    - 3.2. Oxihemoglobina
    - 3.3. Deoxihemoglobina
    - 3.4. Carboxihemoglobina
    - 3.5. Metahemoglobina
    - 3.6. Sulfohemoglobina
  4. Determinación de la hemoglobina total y sus fracciones
    - 4.1. Método de la ciano-metahemoglobina
    - 4.2. Método del lauril sulfato sódico
    - 4.3. Método de la azida-metahemoglobina
    - 4.4. Hemoglobinómetros portátiles
    - 4.5. Escala de color según la Organización Mundial de la Salud
    - 4.6. Cooximetría
  5. Consideraciones preanalíticas de la cooximetría
  6. Recomendaciones
  7. Bibliografía
- Anexo

## 1. INTRODUCCIÓN

Una de las actividades más comunes en las unidades que atienden pacientes críticos es la evaluación del estado de oxigenación. Durante este proceso hay que contemplar cuatro aspectos generales relacionados entre sí: captación de oxígeno a nivel pulmonar, capacidad de transporte, liberación a los tejidos y utilización del mismo en el metabolismo celular. Estas fases son inseparables funcionalmente (1).

La concentración de hemoglobina total (ctHb) es una medida de la capacidad potencial total de transporte de oxígeno. Según las modificaciones químicas o ambientales que se produzcan en su estructura, se denominan los distintos derivados de la hemoglobina, siendo los más importantes: oxihemoglobina (O<sub>2</sub>Hb), deoxihemoglobina (HHb),

carboxihemoglobina (COHb), metahemoglobina (MetHb) y sulfohemoglobina (SHb). Tradicionalmente, los derivados de la hemoglobina no se han informado como concentraciones sino como fracciones de la hemoglobina total expresadas en % (1, 2). La capacidad efectiva de transporte de oxígeno corresponde a la suma de O<sub>2</sub>Hb y HHb. Las demás fracciones se conocen globalmente como dishemoglobinas y no son capaces de realizar esta función de forma eficaz (1).

La cooximetría es una técnica espectrofotométrica que permite determinar la ctHb y sus fracciones, ayudando a valorar el cuadro clínico y el posible desplazamiento de la curva de disociación del oxígeno (curva CDO) (figura 1) (1). Debido a las características de esta metodología, puede emplearse tanto en el ámbito del laboratorio clínico como en unidades de críticos con *Point-of-Care Testing* (POCT), donde la incidencia de patologías relacionadas con el estado de oxigenación es elevada (1).

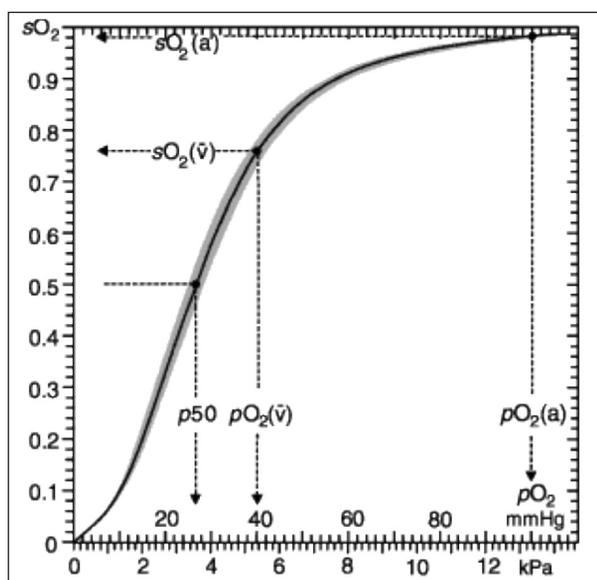


Figura 1. Curva de disociación de oxígeno (CDO) (3)

<sup>1</sup>Composición de la Comisión:

A. Buño Soto (Presidente), R. Díaz García, A. Galán Ortega, P. Guevara Ramírez, E. Guillén Campuzano, S. Malumbres, J.L. Marín Soria, M. Muñoz Pérez, X. Navarro Segarra, P. Oliver Sáez, E. Oujo, N. del Río Barcenilla.

## 2. OBJETO Y CAMPO DE APLICACIÓN

Realizar una revisión sobre aspectos fisiopatológicos y analíticos de la medición de hemoglobina total y sus fracciones, así como establecer recomendaciones para su estudio a través de la cooximetría.

## 3. LA HEMOGLOBINA TOTAL Y SUS FRACCIONES

### 3.1. Hemoglobina total

La hemoglobina es una hemoproteína cuya función principal es transportar oxígeno de los pulmones a los tejidos del organismo. Consta de cuatro subunidades de globina y cuatro grupos hemo, pudiéndose unir a cuatro moléculas de oxígeno (figura 2) (2). En adultos normales, está formada mayoritariamente por dos cadenas polipeptídicas  $\alpha$  y dos  $\beta$ , representándose como  $\alpha_2\beta_2$ . Esta hemoglobina constituye aproximadamente el 96% de la hemoglobina total y se conoce como Hb A. Un 2,5-3,0% corresponde a Hb A<sub>2</sub> ( $\alpha_2\delta_2$ ) y menos del 1% a Hb F ( $\alpha_2\gamma_2$ ). Durante la vida fetal predomina la Hb F, la cual va disminuyendo tras el nacimiento hasta alcanzar valores similares a los del adulto a los 6-12 meses de vida (2). La presencia de Hb F desplaza la curva CDO a la izquierda, favoreciendo la captación de oxígeno y pudiendo comprometer su liberación a los tejidos (3).

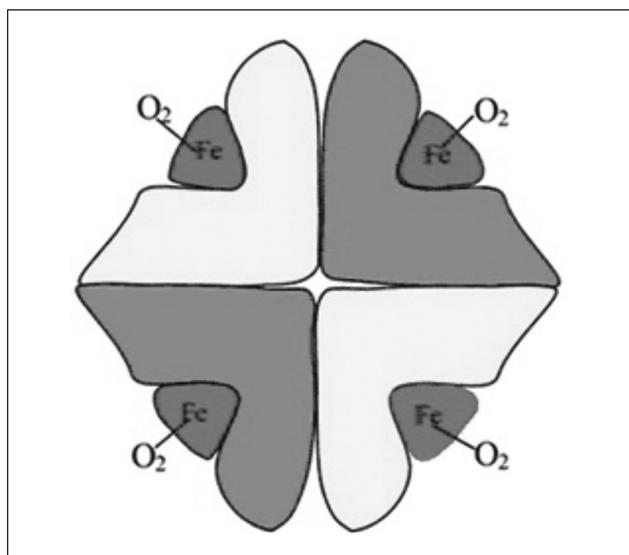


Fig. 2. Estructura de la O<sub>2</sub>Hb (4)

La determinación de la ctHb se realiza principalmente para la detección de anemia y la evaluación de su severidad. La anemia se define como un descenso de la ctHb por debajo de los valores de referencia (tabla I) (4) y conlleva una reducción en la capacidad de transporte de oxígeno. La razón por la cual la determinación de la ctHb es frecuentemente solicitada es porque la anemia está presente en diversas patologías, muchas relativamente frecuentes (4): hemorragias agudas y/o crónicas, deficiencias nutricionales, tumores sólidos malignos, enfermedades inflamatorias crónicas, infecciones crónicas, enfermedades endocrinas, patologías hematológicas, defectos genéticos en la estructura de la hemoglobina, defectos

Tabla I. Valores de referencia para la ctHb (4)

Población	ctHb (g/dL)
Recién nacidos	15,0-21,0
Lactantes	9,5-12,5
Niños	11,0-13,5
Mujeres	11,5-15,5
Hombres	13,5-17,5

genéticos en la estructura o función del hematíe, etc. La mayor parte de los síntomas de la anemia son inespecíficos: palidez, cansancio, palpitaciones, taquicardia, etc (4). La ausencia de estos síntomas no excluye el diagnóstico de anemia ya que, un desarrollo lento de la misma, en muchos individuos puede hacer que sea asintomática.

Por otra parte, una elevación de la ctHb puede indicar la existencia de policitemia (4). Ésta puede suceder como respuesta a una condición fisiológica o patológica que conlleva una hipoxemia. La policitemia puede ser secundaria cuando se produce como adaptación fisiológica en lugares de mayor altitud, en enfermedad pulmonar crónica, etc. Así, se produce un incremento en la producción de hematíes que aumentan el transporte de oxígeno hacia los tejidos y, como consecuencia, la ctHb se eleva. Más infrecuente es la policitemia primaria, también conocida como policitemia vera. Este proceso se caracteriza por una producción incontrolada de todos los tipos de células sanguíneas, incluidos los hematíes. En cualquier caso, la policitemia es mucho más infrecuente que la anemia (4).

Un resultado de ctHb dentro de los valores de referencia no necesariamente garantiza un adecuado transporte de oxígeno. Por ello, es importante realizar la determinación de las diferentes fracciones de la hemoglobina, ya que sólo la O<sub>2</sub>Hb y la HHb son capaces de transportar oxígeno de forma efectiva. La elevación de COHb y MetHb desplaza la curva CDO a la izquierda debido a cambios en la estructura tetramérica de la hemoglobina. Esto indica que, para cualquier nivel de saturación de la hemoglobina disponible, la tensión de oxígeno es menor y la hemoglobina tiende a retener el oxígeno unido, disminuyendo su liberación a los tejidos. Este efecto es más relevante en zonas del organismo con menor disponibilidad de oxígeno o en las que existe mayor demanda (1).

### 3.2. Oxihemoglobina

La fracción de oxihemoglobina (FO<sub>2</sub>Hb (%)) =  $cO_2Hb / ctHb \times 100$  hace referencia al porcentaje de hemoglobina con Fe<sup>2+</sup> unida al oxígeno de forma reversible con respecto a la ctHb (5). Los valores de referencia en el adulto en sangre arterial son 94-98% (3).

A menudo es erróneamente denominada “saturación de oxígeno”. Sin embargo, la saturación de oxígeno, sO<sub>2</sub> (%), se relaciona con la capacidad efectiva de transporte del mismo:  $cO_2Hb / (cO_2Hb + cHHb) \times 100$ . Como habitualmente la mayor parte de los pacientes no presentan niveles significativos de dishemoglobinas (COHb, MetHb, SHb), la O<sub>2</sub>Hb y la sO<sub>2</sub> suelen ser similares, lo cual explica la confusión (1, 3, 5). La relación entre la FO<sub>2</sub>Hb y la sO<sub>2</sub> medida es:  $FO_2Hb = sO_2 \times (1 - FCOHb - FMetHb)$ . De esta forma, en caso de existir una dishemoglobinemia, disminuiría la FO<sub>2</sub>Hb, pero no la sO<sub>2</sub> (5).

También es posible calcular la saturación de oxígeno ( $sO_2$  estimada o calculada), en la cual no es necesario determinar las diferentes fracciones de la hemoglobina ya que se deduce a partir de la presión parcial de oxígeno medida y una ecuación basada en la curva CDO (5). Estos cálculos tienen en cuenta una concentración normal de ctHb, ausencia de dishemoglobinas y HbF, e incluyen una corrección por la temperatura, pH y  $pCO_2$ . Tampoco tienen en cuenta la concentración intraeritrocitaria de difosfoglicerato, que se puede ver afectada por transfusiones de sangre y diversos factores químicos, alterando el equilibrio entre hemoglobina y oxígeno. Por ello, es importante recordar que es recomendable informar la  $sO_2$  medida, esto es, a través del análisis de la ctHb y sus fracciones (1, 3, 5).

### 3.3. Deoxihemoglobina

La fracción de deoxihemoglobina ( $FHHb(\%) = cHHb / ctHb \times 100$ ) relaciona la concentración de la hemoglobina no unida a oxígeno con respecto a la ctHb. Los valores de referencia en el adulto en sangre arterial son inferiores al 5%. Es uno de los derivados de hemoglobina capaz de transportar de forma efectiva el oxígeno. Situaciones que conlleven una baja captación pulmonar de oxígeno pueden elevar sus niveles.

### 3.4. Carboxihemoglobina

La carboxihemoglobina ( $COHb(\%) = cCOHb / ctHb \times 100$ ) se forma por la unión del monóxido de carbono a la hemoglobina, cuya afinidad por la misma es 240 veces mayor que la que presenta el oxígeno (6). Además de desplazar al oxígeno, el monóxido de carbono entra en las células e inhibe las rutas metabólicas oxidativas. Estos efectos conducen a una hipoxia tisular, acidosis y depresión del sistema nervioso central (1).

En condiciones normales, esta fracción suele encontrarse en valores <1%, pudiendo aumentar en fumadores a 6-8% (1). Se considera que, para poder realizar trabajos manuales pesados o tareas complejas, es necesario que esta concentración esté por debajo del 10%. Los niveles entre 15 y 25% se asocian a fatiga, cefalea y náuseas, pudiéndose producir convulsiones, coma y muerte cuando alcanzan valores cercanos al 50% (2, 6). El tratamiento recomendado es la terapia con oxígeno, siendo posible requerirlo a alta presión en cámaras hiperbáricas en casos graves para intentar conseguir su unión a la hemoglobina, desplazando al monóxido de carbono, el cual en estas condiciones es eliminado de forma efectiva (1).

### 3.5. Metahemoglobina

El átomo de hierro presente en el grupo hemo de la hemoglobina normalmente se encuentra en su estado reducido ( $Fe^{2+}$ ). En medio alcalino, el hierro se oxida ( $Fe^{3+}$ ) por la acción de componentes nitrogenados de la dieta (más frecuente en pediatría) o agentes tóxicos como fármacos (quinolonas, fenacetina, sulfonamidas, etc.), anestésicos locales (procaína, benzocaína, lidocaína, etc.), exposición a agentes industriales, cianoderivados, óxido nítrico empleado en el tratamiento de hipertensión pulmonar, nitratos y nitritos empleados en agricultura y en la industria de explosivos, antorchas de acetileno empleadas en empresas de fabricación y reparación, producción de ensilaje en granjas, etc.

Esta oxidación convierte al grupo hemo en hematina y a la hemoglobina en metahemoglobina ( $MetHb(\%) = cMetHb / ctHb \times 100$ ), produciendo cianosis en el individuo ya que es incapaz de unir de forma reversible el oxígeno (2). En individuos sanos, el  $Fe^{3+}$  de la MetHb es reducido de forma natural en el interior

celular a través del sistema NADH-citocromo reductasa (1, 2). Este proceso mantiene los niveles de MetHb en valores bajos. De hecho, los niveles normales de MetHb a menudo se encuentran por debajo del límite de detección de los oxímetros (<1,5%) (1). Sin embargo, la deficiencia genética de la reductasa y/o la exposición a agentes oxidantes puede elevar los niveles de MetHb y por tanto contribuir significativamente a una hipoxia tisular. La presencia de MetHb desplaza la curva CDO a la izquierda, comprometiendo la liberación de oxígeno a los tejidos (1). El paciente puede estar asintomático con valores inferiores al 15%. Por encima del 60% se puede producir confusión, convulsiones y muerte (6).

La metahemoglobinemia hereditaria se presenta con poca frecuencia en población de raza caucásica. Es una enfermedad genética con transmisión autosómica recesiva y está relacionada con una deficiencia en el enzima NADH-citocromo b5 reductasa. Algunas variantes de la hemoglobina que estabilizan la forma férrica del hierro están asociadas a la metahemoglobinemia familiar autosómica dominante. Como tratamiento, se emplea la administración de ácido ascórbico o azul de metileno (2, 6).

Cada vez está más asentado el hecho de que siempre que el monóxido de carbono esté implicado, se recomienda determinar tanto COHb como MetHb. En muchas circunstancias en las que la COHb está elevada, también encontramos niveles de MetHb aumentados, especialmente cuando existe un antecedente de pérdida de conciencia (1).

### 3.6. Sulfohemoglobina

La sulfohemoglobina ( $SHb(\%) = cSHb / ctHb \times 100$ ) se forma a través de la reacción de compuestos de sulfuro con el grupo hemo de la hemoglobina, produciendo una alteración química irreversible y oxidación de la misma por la introducción de sulfuro en uno o más de los anillos de porfirina. La causa más común de sulfohemoglobinemia es la exposición a fármacos (fenacetina, sulfonamidas, etc). La SHb no puede transportar oxígeno, produciendo cianosis incluso a bajas concentraciones (2).

## 4. DETERMINACIÓN DE LA HEMOGLOBINA TOTAL Y SUS DERIVADOS

La primera metodología para la determinación de la hemoglobina se remonta a hace más de un siglo. En ella se transformaba la hemoglobina en COHb, que era más estable. A partir de 1950, se desarrolló la espectrofotometría y el método de la ciano-MetHb. Poco a poco, los analizadores de hematología fueron incorporando éste y otros métodos. En las dos últimas décadas, los avances se han centrado en el desarrollo de métodos que permitieran una determinación de hemoglobina a la cabecera del paciente (POCT) (4). A continuación se comentan algunas características de las diferentes metodologías.

### 4.1. Método de la ciano-metahemoglobina

Fue adoptado como método de referencia por el Comité Internacional de Estandarización de Hematología (ICSH) (4) y el *Clinical and Laboratory Standards Institute* (CLSI) (5). Está basado en la transformación de hemoglobina a ciano-MetHb tras sucesivas reacciones. La ciano-MetHb es un compuesto estable que presenta un pico máximo de absorbancia a 540 nm y obedece a la ley de Lambert-Beer. La absorbancia de la muestra se compara con una solución de ciano-MetHb estandarizada de absorbancia y con-

centración de hemoglobina conocidas. A su vez, las fracciones de hemoglobina pueden ser determinadas a través de su transformación a ciano-MetHb, a excepción de la SHb. La técnica puede llevarse a cabo de forma manual o automatizada. Las ventajas que ofrece esta metodología son: presenta una buena exactitud dado que utiliza una solución estándar internacional, se adapta fácilmente en analizadores de hematología con una adecuada precisión, está validada por la ICSH y tiene un coste adecuado. Sin embargo, emplea un reactivo tóxico (cianuro), está sujeta a posibles interferencias por presencia de lípidos, proteínas plasmáticas y leucocitosis y no diferencia adecuadamente las fracciones de dishemoglobinas, pudiendo sobreestimar la capacidad de transporte de oxígeno. Además, el uso de esta metodología está limitado al ámbito del laboratorio (4).

## 4.2. Método del lauril sulfato sódico

El lauril sulfato sódico es un surfactante que lisa los hematíes y forma un complejo con la hemoglobina liberada. Este complejo es estable durante unas horas y presenta un pico máximo de absorbancia a 539 nm. En base a la ley de Lambert-Beer, existe una correlación lineal entre la concentración de hemoglobina y la absorbancia del complejo formado. Este método ha sido también adaptado en analizadores de hematología y presenta unos niveles de exactitud y precisión similares al método de la ciano-MetHb. Una ventaja importante es que el reactivo no es tóxico y que es menos sensible a casos de lipemia intensa o leucocitosis. No obstante, la inestabilidad a largo plazo del complejo formado implica que debe calibrarse con sangre cuya hemoglobina haya sido medida con el método de referencia de ciano-MetHb (4).

## 4.3. Método de la azida-MetHb

Este método se basa en la conversión de la hemoglobina en el producto estable denominado azida-MetHb, que presenta un espectro de absorbancia casi idéntico a la ciano-MetHb, utilizándose en este caso un reactivo menos tóxico. Los resultados son comparables con el método de la ciano-MetHb, siendo una buena alternativa como método manual. Su uso en analizadores automatizados no está recomendado debido al potencial explosivo de la azida sódica. Sin embargo, este método ha sido adaptado en hemoglobímetro empleados en POCT (4).

## 4.4. Hemoglobímetro portátiles

Los hemoglobímetro portátiles permiten la determinación de la hemoglobina a la cabecera del paciente. Requieren un escaso volumen de muestra (10  $\mu$ L) de sangre total. En las microcubetas de reacción, se libera la hemoglobina de los hematíes y se transforma en un producto coloreado estable que se detecta a través de fotometría. Los resultados se obtienen en menos de un minuto. Además, esta metodología está estandarizada frente a la ciano-MetHb y ha mostrado una exactitud y precisión aceptables comparadas con las obtenidas por métodos utilizados en el laboratorio. La formación adecuada del personal responsable de estos equipos es esencial, dado que generalmente se trata de personal ajeno al laboratorio (4).

## 4.5. Escala de color según la Organización Mundial de la Salud

Fue desarrollada por la OMS y tiene más relevancia en países en desarrollo, en los cuales no existen suficientes recursos para tener hemoglobímetro portátiles. Una gota de sangre es absorbida

por una tira reactiva y el color obtenido se compara con una escala de seis tonos de rojo que correlacionan con las correspondientes ctHb. El rango de medida es 4-14 g/dL. Se trata de un método sencillo, fácil de transportar, rápido, que sólo requiere una gota de sangre y de muy bajo coste. Los errores que con más frecuencia aparecen son: volumen de muestra inadecuado, lectura del resultado realizada demasiado pronto o tarde, lectura del resultado realizada en zonas de poca iluminación, etc. Diversos estudios confirman que es una metodología aceptable con buena sensibilidad y especificidad para el diagnóstico de anemia en ausencia de tecnología más sofisticada (4).

## 4.6. Cooximetría

La denominación de cooximetría se debe al nombre comercial del primer oxímetro (CO-Oximeter) (3). Se basa en una técnica espectrofotométrica, en la cual la hemoglobina y sus fracciones presentan picos de absorbancia a longitudes de onda específicas y por tanto tienen un espectro característico que sigue la ley de Lambert-Beer (figura 3) (1-4). Así, después de hemolizar la muestra de sangre por agentes físicos o químicos para liberar la hemoglobina de los hematíes, los resultados de las absorbancias medidas a múltiples longitudes de onda son utilizadas por un software para calcular la concentración de cada derivado de la hemoglobina ( $O_2Hb$ , HHb, COHb, MetHb, SHb). El rango de absorción es 520-620 nm. La ctHb es calculada a través de la suma de los derivados (4).

Actualmente, muchos analizadores de gases pueden llevar incorporado un cooxímetro. De esta forma, en una misma muestra de sangre arterial podemos realizar simultáneamente el estudio de gases y la determinación cuantitativa de los derivados de la hemoglobina. Los resultados se obtienen en menos de dos minutos (2, 4).

Las ventajas que ofrece la cooximetría son múltiples: rapidez, facilidad de manejo, requiere un volumen pequeño de muestra, tiene un pequeño coste añadido al del estudio de gases, permite el análisis de derivados de la hemoglobina y no está sujeta a interferencia por un conteo elevado de leucocitos (4).

A pesar de ello, la cooximetría también presenta algunas limitaciones. En el caso de la COHb, el análisis espectrofotométrico es en general satisfactorio en niveles por encima del rango de referencia (FCOHb > 0,05%). Sin embargo, parece no diferenciar con suficiente exactitud y precisión a concentraciones más bajas

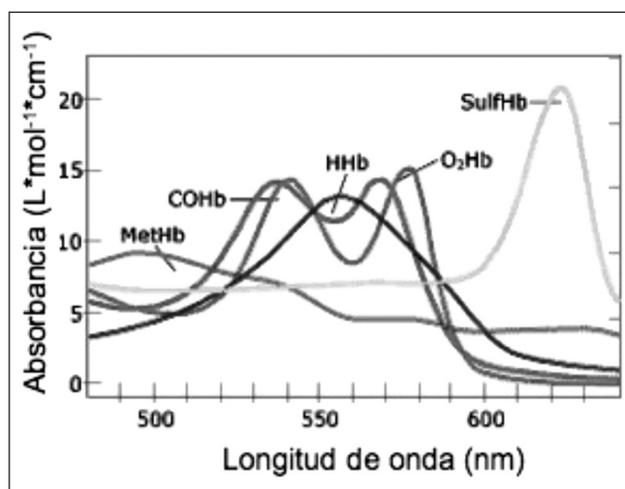


Figura 3. Curvas de absorbancia características de cada derivado de la hemoglobina (4)

que son necesarias por ejemplo en recién nacidos prematuros con COHb endógena generada por una anemia hemolítica. Asimismo, podría no ser de utilidad para determinar incrementos moderados en zonas industriales. Para determinaciones más precisas de COHb en el rango normal (FCOHb < 0,05%), el método de elección sería la cromatografía de gases (5). En relación a la Hb F, su espectro de absorbancia difiere ligeramente de la Hb A y por ello sus errores no siempre se tienen en cuenta. El error más común es la falsa elevación de FCOHb y/o MetHb (7). Otras hemoglobinas diferentes a la Hb A (hemoglobina Kansas, hemoglobina Yakima, etc...) con distinto espectro de absorbancia, también pueden llevar a error en el estudio de cooximetría convencional (5). A su vez hay estudios que avalan que, cuando se administra hidroxocobalamina o azul de metileno como medida terapéutica en presencia de MetHb elevada, se produce una interferencia en la determinación de los derivados de hemoglobina. Algunos analizadores son capaces de detectar y corregir estas interferencias. La turbidez elevada de la muestra producida por hiperlipemia parece que también tiene una repercusión significativa en el estudio de la cooximetría (5).

A partir de la medición de la ctHb se obtienen otras magnitudes importantes. Junto con la presión parcial de oxígeno, es útil para determinar una magnitud relevante en la evaluación del transporte de oxígeno a los tejidos, la concentración total de oxígeno (5). Por otra parte, algunos analizadores de gases en sangre son capaces de calcular además el hematocrito (HTO) a partir de la ctHb, o bien mirarlo mediante conductimetría. En el primer caso, el cálculo del hematocrito se basa en la concentración de hemoglobina corpuscular media (CHCM):  $CHCM = Hb \text{ (g/dL)} \times 100 / HTO \text{ (\%)}.$  Se asume una CHCM normal de 34% y, por ello, valores diferentes pueden afectar al valor informado del hematocrito (5). Además, actualmente pueden realizarse determinaciones de bilirrubina en el cooxímetro de algunos analizadores de gases. Los resultados obtenidos por espectrofotometría en general correlacionan adecuadamente con los métodos habituales de laboratorio, aunque son necesarios más estudios que aseguren una adecuada precisión y exactitud, especialmente a niveles elevados en muestras de neonatos (8).

A diferencia de los cooxímetros, los oxímetros básicos, más frecuentemente denominados pulsioxímetros, sólo utilizan dos longitudes de onda, una para la O<sub>2</sub>Hb y otra para la HHb. Pueden medirse a través de la piel, permitiendo una monitorización no invasiva de la sO<sub>2</sub>. En muchos casos puede resultar útil emplear un pulsioxímetro ya que permite una cómoda monitorización no cruenta, sin pérdida de sangre y con menor coste. Sin embargo, en casos de intoxicación con monóxido de carbono u otras sustancias que afectan a la hemoglobina, los resultados pueden llevar a error al no valorar la presencia de dishemoglobinas (1,3,5). Actualmente existen pulsioxímetros de nueva generación que utilizan longitudes de onda capaces de medir COHb y MetHb. Éstos presentan buena correlación con los cooxímetros. En general, para obtener un valor de sO<sub>2</sub> real, determinar la capacidad efectiva del transporte de oxígeno o evaluar la causa de cualquier hipoxia clínica, no se recomienda utilizar un pulsioxímetro (1,5).

## 5. CONSIDERACIONES PREANALÍTICAS DE LA COOXIMETRÍA

En general y, dado que los cooxímetros suelen estar incorporados en los analizadores de gases en sangre, es importante tener en cuenta las mismas consideraciones preanalíticas que las relacionadas con

el estudio de gases y equilibrio ácido base (9). Existen aspectos acerca del contenedor de la muestra, el tipo y proporción de anticoagulante, el tipo de muestra, las formas de obtención de la misma y su posterior manejo y conservación.

En el estudio de cooximetría son especialmente relevantes las siguientes consideraciones (5,9):

- Utilizar un contenedor de muestra con una proporción adecuada de anticoagulante para evitar un posible efecto dilucional o, por el contrario, la coagulación de la muestra.
- Emplear sangre arterial o sangre capilar “arterializada”, por ser los tipos de muestras útiles para evaluar el estado de oxigenación del paciente. La sangre venosa puede emplearse para determinar dishemoglobinas COHb y MetHb.
- Procesar la muestra lo antes posible tras su extracción para evitar la alteración de la misma. El tiempo máximo de conservación a temperatura ambiente recomendado es de 30 minutos tras la extracción.
- Realizar una correcta homogeneización y purgado de la muestra antes de su procesamiento para que no se produzca sedimentación celular, apareciendo una fase rica en células y otra rica en plasma. En ese caso, en función de la fracción analizada, la ctHb estaría sobre o infraestimada.

## 6. RECOMENDACIONES

1. Para una adecuada valoración del estado de oxigenación de un paciente es necesario realizar un estudio con cooximetría. Con ella se va a poder medir la concentración total de hemoglobina, las fracciones de hemoglobinas funcionales y las dishemoglobinas.

2. Es recomendable poder determinar además de la hemoglobina total, las fracciones de oxihemoglobina, deoxihemoglobina, carboxihemoglobina y metahemoglobina. Otras posibles fracciones serían la sulfohemoglobina y la hemoglobina fetal.

3. Se recomienda informar la saturación de oxígeno medida a través de la cooximetría en detrimento de la calculada, debido a que en esta última se consideran una serie de parámetros normales que podrían no ser ciertos y podría conllevar un error en la valoración del estado de oxigenación del paciente.

4. Es posible realizar la cooximetría tanto en los laboratorios clínicos como en unidades POCT, ya que en la actualidad muchos de los analizadores de gases llevan incorporados cooxímetros. Ello permite el estudio conjunto de gases en sangre y cooximetría, obteniendo resultados de forma rápida, fácil y con un escaso volumen de muestra.

5. Es posible monitorizar de forma no invasiva la saturación de oxígeno del paciente mediante pulsioxímetros. Los resultados obtenidos muestran una buena correlación con los de la cooximetría, aunque en determinadas circunstancias (presencia de dishemoglobinas) podrían ofrecer información incompleta de la capacidad de transporte de oxígeno del paciente.

6. Desde un punto de vista preanalítico, es importante tener en cuenta las mismas consideraciones que las relacionadas con el estudio de gases debido a que los cooxímetros suelen estar incorporados en los analizadores de gases en sangre.

## 7. BIBLIOGRAFÍA

1. Moran R.F. Application of hemoglobin derivatives in STAT analysis. Blood Gas News 1999. 8:4-11

2. Tietz Textbook of clinical chemistry and molecular diagnostics. Ed. Burtis CA, Ashwood ER, Bruns DE. Elsevier Saunders 2005. Fourth edition
3. Chatburn R. To CO-ox or not to CO-ox- oxygen saturation. www.acutecaretesting.org 2004 (Actualizado 05/02/2009)
4. Higgins C. Hemoglobin and its measurement. www.acutecaretesting.org 2005 (Actualizado 19/01/2009)
5. Blood gas and pH analysis and related measurements; Approved Guideline. Clinical and Laboratory Standards Institute. C46-A2. 2001
6. Mokhlesi B, Leikin JB, Murray P, Corbridge TC. Adult toxicology in critical care: Part II: Specific poisonings. Chest 2003; 123:897-922
7. Zijlstra WG, Buursma A, Zwart A. Performance of an automated six-wavelength photometer (Radiometer OSM3) for routine measurement of hemoglobin derivatives. Clin Chem 1988;34:149-52
8. Laterza OF, Smith CH, Wilhite TR, Landt M. Accurate direct spectrophotometric bilirubin measurement combined with blood gas analysis. Clin Chim Acta 2002;323: 115-20
9. Navarro X, Marín JL, Buño A, Díaz R, Galán A, Guevara P, Guillén E, Muñoz M, Oliver P, Del Río N. Recomendaciones preanalíticas para la medición del equilibrio ácido-base y gases en sangre. Comisión de Magnitudes Biológicas relacionadas con la Urgencia Médica (Documento H). Documentos de la SEQC 2009.

CLSI	<i>Clinical and Laboratory Standards Institute</i>
COHb	Carboxihemoglobina
ctHb	Hemoglobina total
HbA1	Hemoglobina A1
HbA2	Hemoglobina A2
HbF	Hemoglobina fetal
HHb	Deoxihemoglobina
HTO	Hematocrito
ICSH	<i>International Committee for Standardization in Hematology</i>
MetHb	Metahemoglobina
O <sub>2</sub> Hb	Oxihemoglobina
OMS	Organización Mundial de la Salud
pCO <sub>2</sub>	Presión parcial de anhídrido carbónico
pO <sub>2</sub>	Presión parcial de oxígeno
POCT	<i>Point-of-Care Testing</i>
SHb	Sulfohemoglobina
sO <sub>2</sub>	Saturación de oxígeno

## ANEXO

CDO	Curva de disociación de oxígeno
CHCM	Concentración de hemoglobina corpuscular media