

El Residente

REVISIÓN - OPINIÓN

Valoración hemodinámica durante la guardia

Gustavo Román-Vistraín,* Cleotilde Mireya Muñoz-Ramírez,* Horacio Márquez-González,**
Patricia Zárate-Castañón**

RESUMEN. Introducción: En este artículo se abordará la valoración hemodinámica, la cual podrá realizarse a través de una gasometría arterial y una gasometría venosa, mismas que representan la continuación del recorrido del oxígeno desde que llega a la sangre arterial para ser entregado a los tejidos hasta el oxígeno restante que llega a la aurícula derecha, de esta forma el gasto cardiaco podrá valorarse de manera indirecta. **Métodos:** Se explicarán las fórmulas que evalúan el contenido arterial de oxígeno, el contenido venoso de oxígeno y de las diferencias arteriovenosas, las cuales representan la cantidad de oxígeno que permanece en la circulación después de su paso por los capilares, así como el índice de extracción de oxígeno que determina la cantidad de oxígeno consumida por los tejidos y finalizaremos con la presentación de la fórmula para calcular el gasto cardiaco. **Conclusiones:** Mediante la valoración hemodinámica podremos determinar de manera indirecta alteraciones en la circulación sistémica, además de alteraciones en la oxigenación tisular, también describiremos las causas que condicionan estas alteraciones.

Palabras clave: Contenido arterial de oxígeno (CaO_2), contenido venoso de oxígeno (CvO_2), diferencias arteriovenosas ($Da-v$), índice de extracción (IEO_2), gasto cardiaco.

ABSTRACT. Introduction: In this article we present assessing hemodynamics which may be carried out through an arterial blood gas and a vein gas samples, which represent the continuation of the journey of the oxygen since it comes to arterial blood to be delivered to the tissues, and the remaining oxygen that came into the right atrium, this way we can assess indirectly the cardiac output. **Methods:** We will explain the formulas that evaluate the blood content of oxygen, venous content of oxygen, as well as arteriovenous differences, which represent the amount of oxygen that remains in circulation after its passage by the capillaries, rate of extraction of oxygen, which determines the amount of oxygen that is consumed by the tissues, and we will finish with the establishment of the formula to calculate the cardiac output. **Conclusions:** By assessing hemodynamics we can determine indirectly alterations in the systemic circulation, as well as alterations in tissue oxygenation, also describes the causes that condition and these alterations.

Key words: Arterial oxygen content (CaO_2), venous oxygen content (CvO_2), differences arteriovenous ($Da-v$), rate of extraction (IEO_2), cardiac output.

* Terapia Intensiva Pediátrica, Instituto Nacional de Pediatría.

** Cardiopatías Congénitas, Hospital de Cardiología Centro Médico Nacional Siglo XXI.

Correspondencia:

Horacio Márquez-González

UMAE Hospital de Cardiología. Av. Cuauhtémoc No. 330, Col. Doctores, CP. 06720, México, D.F. Conmutador: 56276900, ext. 22203.

E-mail: horacioinvestigacion@hotmail.com

Conflicto de intereses:

Todos los autores declaran que no existe ningún conflicto de intereses con respecto a la publicación de este artículo.

Recibido: 9 de marzo de 2015. Aceptado con modificaciones: 16 de junio de 2015.

Este artículo puede ser consultado en versión completa en: www.medigraphic.com/elresidente

El paciente en estado crítico debe ser evaluado hemodinámicamente de manera rigurosa, la modificación del metabolismo en respuesta al estrés celular genera cambios en la cinética y el consumo de oxígeno tisular. Para efectuar una evaluación concreta del estado hemodinámico y metabólico, puede echarse mano de diversas estimaciones mediante cálculos a partir de las gasometrías arteriales y venosas.¹⁻⁵ Dichas estimaciones son reflejo de la concentración de oxígeno a nivel arterial y venoso, las diferencias arteriovenosas y el índice de extracción de oxígeno.⁶⁻¹¹ A continua-

ción se analizará mediante el uso de ejemplos sencillos cada uno de estos puntos, su utilidad en el diagnóstico y tratamiento del paciente en estado crítico.¹²⁻¹⁴

Puede efectuarse una valoración hemodinámica (VH) utilizando dos muestras gasométricas arteriales y una venosa de origen central, éstas representan los estados de oxigenación y desoxigenación respectivamente de la aurícula derecha, lo que representa un panorama indirecto del gasto cardiaco, es decir, del recorrido del oxígeno en el sistema vascular hasta su perfusión en los tejidos (*Figura 1*).

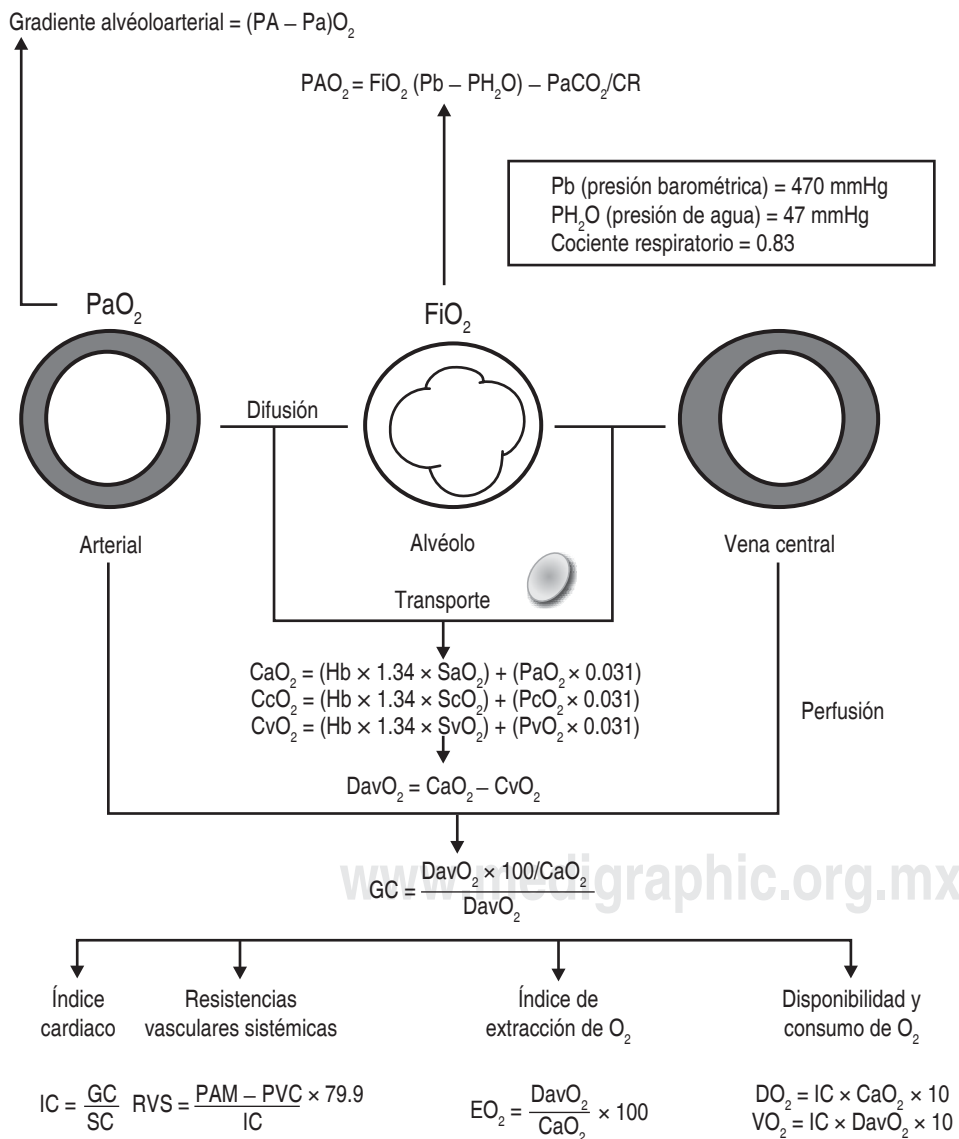


Figura 1.

$C(a, c, v)O_2$ = contenido arterial, capilar y venoso de oxígeno. $S(a, c, v)O_2$ = saturación arterial, capilar y venosa, Hb = hemoglobina, $DaVO_2$ = Diferencias arteriovenosas de oxígeno, GC = gasto cardiaco, IC = índice cardiaco, SC = superficie corporal, RVS = resistencias vasculares sistémicas, PAM = presión arterial media, PVC = presión venosa central, DO_2 = disponibilidad de oxígeno.

EL TRANSPORTE DE OXÍGENO

El contenido de oxígeno que llega a nivel tisular depende de la concentración del mismo en la sangre arterial. Su transporte en sangre se lleva a cabo de dos maneras (mismas que sumadas representan el contenido total de oxígeno arterial):

1. Disuelto en el plasma en solución simple, 3 mL de oxígeno por 1 L de plasma, el cual ejerce la presión parcial de oxígeno (PaO_2) = 0.3%.^{2,10}
2. Asociado a hemoglobina (Hb), 1 g de Hb con saturación de 100% puede transportar 1.34 mL de oxígeno, por lo que la gran mayoría de oxígeno se transporta unido a Hb.^{2,10}

De esta manera, 97% del oxígeno se transporta unido a la Hb (SaO_2 , saturación de oxígeno) mediante una unión laxa y reversible con la porción heme de la proteína, mientras que el restante 3% se encuentra disuelto en el plasma. Durante la ventilación, la PO_2 se eleva y el oxígeno se une con mayor afinidad a la Hb (95 mmHg, con saturación promedio de 97%), por el contrario a nivel capilar, la PO_2 disminuye y el oxígeno se disocia de la Hb liberándose hacia los tejidos (PO_2 de 40 mmHg y saturación de 75%), esto representa la saturación porcentual de hemoglobina.

Para estimar el contenido arterial (CaO_2) y el contenido venoso de oxígeno (CvO_2), se toma en cuenta el oxígeno unido a la Hb (1g Hb = 1.34 mL de oxígeno), mientras que el oxígeno disuelto en plasma se encuentra en relación di-

recta con la presión parcial, en la que por cada mmHg de presión parcial se disuelven 0.0031 mL de oxígeno. Utilizando la siguiente fórmula puede calcularse el contenido de oxígeno en mL por dL de sangre.^{6,10}

$$\text{CaO}_2 \text{ (mL/dL)} = [\text{Hb (g/dL)} \times 1.34 \times \text{SaO}_2] + [\text{PaO}_2 \text{ (mmHg)} \times 0.0031]$$

$$\text{CvO}_2 \text{ (mL/dL)} = [\text{Hb (g/dL)} \times 1.34 \times \text{SvO}_2] + [\text{PvO}_2 \text{ (mmHg)} \times 0.0031]$$

Para el cálculo de CaO_2 al sustituir:

$$\text{CaO}_2 = (\text{Hb} \times 1.34 \times \text{SaO}_2) + (\text{PaO}_2 \times 0.0031)$$

$$\text{CaO}_2 = (14 \times 1.34 \times 0.98) + (60 \times 0.0031)$$

$$\text{CaO}_2 = (18.38) + (0.186)$$

$$\text{CaO}_2 = 18.46 \text{ mL/dL}$$

Con ello obtenemos que el **valor normal** de contenido arterial de oxígeno es de **18-21 mL/dL**.

Para la CvO_2 se tiene:

$$\text{CvO}_2 = (\text{Hb} \times 1.34 \times \text{SvO}_2) + (\text{PvO}_2 \times 0.0031)$$

$$\text{CvO}_2 = (14 \times 1.34 \times 0.70) + (40 \times 0.0031)$$

$$\text{CvO}_2 = 13.13 + 0.124$$

$$\text{CvO}_2 = 13.25 \text{ mL/dL}$$

El **valor normal** de contenido venoso de oxígeno es **12-15 mL/dL**, lo cual refleja la cantidad de oxígeno que retorna al corazón. En el *cuadro I* se enlistan aquellas situaciones que modifican las concentraciones de O_2 arterial y venoso.

Cuadro I. Factores modificadores de las concentraciones de O_2 arterial y venoso.

Alteración en el CaO_2	Alteración de CvO_2
<ul style="list-style-type: none"> — Disminución de hemoglobina: <ul style="list-style-type: none"> • Sangrado • Parasitosis • Desnutrición • Hemólisis • Falta de producción de eritrocitos — Disminución de la saturación de oxígeno: <ul style="list-style-type: none"> • Problemas de ventilación • Problemas de difusión 	<ul style="list-style-type: none"> — Bajo gasto cardíaco: <ul style="list-style-type: none"> • Disminución de la precarga • Disminución de la contractilidad • Disminución o incremento de la postcarga — Estado de choque: <ul style="list-style-type: none"> • Hipovolémico • Cardiogénico • Distributivo

DIFERENCIAS ARTERIO-VENOSAS DE OXÍGENO

Como su nombre lo indica, es la diferencia existente entre el contenido de oxígeno de la sangre arterial y la sangre venosa ($Da-v = CaO_2 - CvO_2$). Este es un indicador de la cantidad de oxígeno que es consumida por los tejidos, cuanto mayor sea la diferencia, mayor es la demanda de oxígeno por los tejidos, a esto se le conoce también como consumo de oxígeno tisular.

Cuando la sangre llega a los capilares, presenta una concentración de oxígeno similar a la arterial, conforme transita por el capilar ésta disminuye, pues el oxígeno se difunde por el líquido intersticial en dirección a las células. Por lo cual, la sangre que sale del capilar tiene un contenido de oxígeno igual al venoso. Si se calcula la diferencia de oxígeno que entra y sale del capilar, se obtiene el consumo tisular. En reposo, la diferencia arterio-venosa de oxígeno es de 3-5 mL por cada dL de sangre.¹⁰

Sin embargo, este valor no puede utilizarse en sujetos en estado crítico debido a que se dispara la respuesta metabólica del estrés, lo que genera mayor demanda de oxígeno por parte de los tejidos, por lo que se disparan mecanismos de auto-compensación como el aumento del volumen minuto cardiaco. El efecto neto produce una disminución en la diferencia arterio-venosa de oxígeno, ya que se extrae menos oxígeno por cada dL de sangre que circula pese a la mayor demanda del mismo, a esto se le denomina estado de hiperdinamia (diferencias arterio-venosas de oxígeno menores de 3mL/dL).

El paciente en estado crítico que desarrolle falla cardiaca mostrará valores crecientes en las diferencias arteriovenosas, en un inicio en rangos normales y al final en valores más altos (diferencias arteriovenosas mayores de 5 mL/dL), lo cual puede proseguir y generar una descompensación franca o también llamado estado hipodinámico (gasto cardiaco disminuido).

Ejemplo. Paciente masculino de 11 años que ingresa al servicio de Terapia Intensiva Pediátrica con diagnóstico de choque séptico de foco

abdominal secundario a colitis neutropénica y con apoyo de ventilación mecánica, la exploración física muestra datos francos de choque.

Mostró los siguientes valores gasométricos:

Gas	pH	PO ₂	PCO ₂	SaO ₂ (%)	Hb (g/dL)
Arterial	7.37	142	26	97	8.9
Venosa	7.33	42	31	78	9.9

Primero debe calcularse la concentración arterial y venosa de oxígeno.

$$CaO_2 = (Hb \times 1.34 \times SaO_2) + (PaO_2 \times 0.031)$$

$$CaO_2 = (8.9 \times 1.34 \times 0.97) + (144 \times 0.031)$$

$$CaO_2 = 11.56 + 4.40$$

$$CaO_2 = 15.96 \text{ mL/dL}$$

$$CvO_2 = (Hb \times 1.34 \times SvO_2) + (PvO_2 \times 0.031)$$

$$CvO_2 = (9.9 \times 1.34 \times 78) + (42 \times 0.031)$$

$$CvO_2 = 10.34 + 1.30$$

$$CvO_2 = 11.64 \text{ mL/dL}$$

Al sustituir:

$$Da-v = CaO_2 - CvO_2$$

$$Da-v = 15.96 - 11.64$$

$$Da-v = 4.32 \text{ mL/dL}$$

Tales diferencias se encuentran dentro de parámetros normales. Al paso de las horas, el paciente se mostró inestable y se tomaron los siguientes controles gasométricos.

Gas	pH	PO ₂	PCO ₂	SaO ₂ (%)	Hb (g/dL)
Arterial	7.43	104	35	96.6	10.4
Venosa	7.44	62.7	38.5	91	10.9

Al sustituir y recalcular:

$$CaO_2 = 15.31 \text{ mL/dL}$$

$$CvO_2 = 15.14 \text{ mL/dL}$$

$$Da-v = 0.16 \text{ mL/dL}$$

Con lo cual se determina un estado de hiperdinamia, es decir, el paciente extrae menos

oxígeno por cada dL de sangre pese a su mayor demanda de consumo.

ÍNDICE DE EXTRACCIÓN DE OXÍGENO

El oxígeno contenido en los capilares atraviesa el endotelio vascular hasta el líquido intersticial, cruza la membrana celular y posteriormente llega a la mitocondria para realizar la fosforilación oxidativa.¹⁰ El metabolismo celular también determina la PO_2 , ya que si el consumo de oxígeno aumenta se reduce la PO_2 del líquido intersticial y viceversa. Teniendo entonces que la PO_2 tisular está determinada por el equilibrio entre: 1) la velocidad de transporte del oxígeno y 2) la velocidad consumo del mismo, a tal determinación se le conoce como índice de extracción de oxígeno. Y para calcular este índice debe conocerse la velocidad de consumo (VO_2) y la disponibilidad (DO_2) de oxígeno.¹³

Velocidad de consumo de oxígeno

La velocidad de consumo de oxígeno es la cantidad de oxígeno que utilizan las células en un minuto.^{8,9} Está determinada por las necesidades metabólicas tisulares y limitada por la disponibilidad de oxígeno en los tejidos.¹⁰ La velocidad de consumo (VO_2) puede calcularse multiplicando las diferencias arteriovenosas por el gasto cardiaco (GC).

$$VO_2 = (D a - v) (GC) \quad (10)$$

Se multiplica por 10 para igualar las unidades de las $D(a-v)$, las cuales se encuentran en decilitros.

DISPONIBILIDAD DE OXÍGENO

Se refiere a la relación entre el contenido arterial de oxígeno y el gasto cardiaco, es decir, la cantidad de oxígeno disponible en los tejidos y que puede ser extraído por unidad de tiempo.^{8,9}

La diferencia entre lo que se recibe y lo que se consume a nivel tisular puede ser indicador de hipoxia. Cabe señalar que en condiciones en las

que existe aumento de consumo de oxígeno, la diferencia arteriovenosa aumenta antes de que se observe un deterioro significativo en la oxigenación arterial o existan manifestaciones clínicas.

El índice de extracción de los tejidos (IEO_2) se refiere a la relación entre el consumo de oxígeno (VO_2) y el aporte (disponibilidad) de oxígeno (DO_2). En condiciones normales, su valor oscila entre 25 y 30%, éste puede variar en función de las necesidades tisulares y del aporte de oxígeno; de lo que se concluye que de la cantidad de oxígeno que llega a los capilares, sólo una pequeña fracción de éste se consume. Puede calcularse midiendo el gasto cardiaco, el contenido arterial y el venoso de oxígeno.

Al capilar tisular llega sangre arterial con PaO_2 mayor de 75%, una saturación mayor de 99% y CaO_2 de 20 mL/dL, después de atravesar el capilar al extraerse oxígeno por los tejidos en el extremo venoso tendremos PvO_2 de oxígeno de 40 mmHg, saturación de 75% CvO_2 de 15 mL/dL.¹⁰

Teniendo en cuenta esta relación tenemos la siguiente fórmula:

$$IEO_2 = VO_2 / DO_2 \times 100$$

$$VO_2 = (GC) D(a - v) \quad (10)$$

Una disminución en el aporte de oxígeno provoca un aumento en el índice de extracción proporcional para mantener constante el consumo de oxígeno.

Por lo tanto se calcula de la siguiente manera.

$$DO_2 = (CaO_2) \times (GC) \times (10)$$

donde DO_2 = disponibilidad de oxígeno GC es el gasto cardiaco y CaO_2 = contenido arterial de oxígeno.

Si sustituimos los valores en la fórmula de extracción de oxígeno,

$$IEO_2 = \frac{(D a - v) (GC) (10)}{(CAO_2) (GC) (10)}$$

entonces el porcentaje equivale:

$$IEO_2 = \frac{(D a - v)}{(CaO_2)} \times 100$$

También se ha reportado el uso de otra fórmula para calcular el índice de extracción, el cual utiliza la saturación arterial y la saturación venosa central.^{12,13}

$$IEO_2 = \frac{SaO_2 - SvO_2}{SaO_2}$$

En el ejemplo anterior podemos sustituir los valores obtenidos en la fórmula del índice de extracción de oxígeno.

En la primera valoración que se le realizó al paciente con las gasometrías arterial y venosa obtuvimos los siguientes datos $CaO_2 = 15.96$ mL/dL y $Da-v = 4.32$ mL/dL.

$$IEO_2 = \frac{(D a - v)}{(CaO_2)} \times 100$$

$$IEO_2 = \frac{4.32}{(15.96)} \times 100$$

$$IEO_2 = 27.06\%$$

Por lo anterior, llegamos a la conclusión de que el paciente presenta valores normales del índice de extracción, los cuales son de 20 a 30%.

En la segunda valoración que se realizó al paciente en estado hemodinámico inestable, se obtuvieron los valores de $CaO_2 = 15.31$ y $Da-v = 0.16$.

$$IEO_2 = \frac{(D a - v)}{(CaO_2)} \times 100$$

$$IEO_2 = \frac{0.16}{(15.31)} \times 100$$

$$IEO_2 = 1.04\%$$

Con esta valoración puede concluirse que el paciente se encuentra en estado de hiperdinamia y que hay un desequilibrio entre el aporte y la utilización de oxígeno.

En el paciente en estado crítico disminuye gravemente el aporte de oxígeno. Cuando el suministro de O_2 se restringe al grado de ocasionar hipoxemia, la extracción de O_2 tisular incrementa. Cuando el IEO_2 llega a su nivel máximo de 60 a 70%, se acompaña de disminución en

el consumo de oxígeno (VO_2), por lo tanto, aumenta la deuda de oxígeno en los tejidos, a esta situación se le conoce como transporte crítico de oxígeno y se le relaciona con mal pronóstico en pacientes críticos.⁷

GASTO CARDIACO

Se entiende como gasto cardiaco (GC) a la cantidad de sangre que expulsa el ventrículo izquierdo en un minuto. Para sostener adecuadamente el GC se necesita una bomba eficaz, volumen sanguíneo circulante suficiente a la superficie corporal y la hemoglobina dentro de valores normales.¹⁰

El corazón expulsa sangre oxigenada a la circulación sistémica y pasa por las arterias, capilares y venas, las cuales ejercen un obstáculo al paso de la sangre a las que se denominan resistencias periféricas. Una regla hemodinámica básica es que el flujo varía en forma directa con la presión y de forma inversa con la resistencia, es decir, si se eleva la presión, el flujo se incrementará del mismo modo y si aumenta la resistencia el flujo disminuirá.¹⁰

Principio de Fick

Este principio asume que puede medirse el flujo de un líquido transitante dentro de un conducto, al conocer la velocidad a la que se propaga el indicador antes y después del sitio donde se infunde.⁸ Para utilizar este método, se emplea el O_2 como indicador. Indirectamente puede cuantificarse la velocidad con la que ingresa al torrente sanguíneo midiendo el consumo de oxígeno y las diferencias arteriovenosas. Los valores normales de gasto cardiaco se encuentra entre 2 y 5 L/minuto. De esta forma se desprende la siguiente fórmula:

$$CG = \frac{DavO_2 \times 100 / CaO_2}{DavO_2}$$

A continuación se presenta el siguiente caso: paciente masculino que se encuentra en la unidad de cuidados intensivos bajo ventilación mecánica. Se toman las siguientes gasometrías de control:

Gas	pH	PO ₂	PCO ₂	Saturación (%)	Hemoglobina (g/dL)
Arterial	7.43	93.9	39	96	11.6
Venosa	7.42	47.7	41	82	12

El primer paso a seguir es calcular la concentración arterial y concentración venosa de oxígeno.

$$CaO_2 = (Hb \times 1.34 \times SaO_2) + (PaO_2 \times 0.0031)$$

$$CaO_2 = (11.6 \times 1.34 \times 0.96) + (93.9 \times 0.0031)$$

$$CaO_2 = 14.92 + 0.29$$

$$CaO_2 = 15.21 \text{ mL/dL}$$

$$CvO_2 = (Hb \times 1.34 \times SvO_2) + (PvO_2 \times 0.0031)$$

$$CvO_2 = (12 \times 1.34 \times 0.82) + (47.7 \times 0.0031)$$

$$CvO_2 = 13.18 + 0.14$$

$$CvO_2 = 13.32 \text{ mL/dL}$$

Ahora sustituimos en la fórmula de diferencias arteriovenosas:

$$Da-v = CaO_2 - CvO_2$$

$$Da-v = 15.21 - 13.32$$

$$Da-v = 1.89 \text{ mL/dL}$$

Y el índice de extracción de oxígeno.

$$IEO_2 = \frac{Da - v}{CaO_2} \times 100$$

$$IEO_2 = \frac{1.89}{(15.21)} \times 100$$

$$IEO_2 = 12.42\%$$

Finalmente será sustituido en la fórmula del GC:

$$CG = \frac{DavO_2 \times 100 / CaO_2}{DavO_2}$$

$$CG = \frac{1.89 \times 100 / 5.21}{1.89}$$

$$CG = \frac{1.89 / 5.21}{1.89}$$

$$CG = \frac{12.42}{1.89}$$

$$GC = 6.5 \text{ L/min}$$

Dado que el contenido arterial de oxígeno está disminuido al igual que las diferencias arteriovenosas y el GC elevado; el caso anterior se clasifica como un estado de choque hiperdinámico.

CONCLUSIONES

Mediante las fórmulas presentadas podremos realizar una valoración del estado hemodinámico del paciente grave, al conocer la cantidad de oxígeno que llega a la circulación sistémica mediante el contenido arterial y venoso de oxígeno, podrá valorarse su transporte; del mismo modo podrá conocerse la cantidad de oxígeno utilizado por las células y valorarse de manera indirecta sus demandas metabólicas. Con la fórmula del gasto cardiaco será posible valorar la función miocárdica únicamente con las muestras de gasometría arterial y venosa, de manera sencilla sin tener que colocar un catéter a la arteria pulmonar, siendo éste un método menos invasivo.

BIBLIOGRAFÍA

- Bernard GR, Artigas A, Brigham KL, Carlet J, Falke K, Hudson L et al. The American European Consensus Conference on ARDS. Definitions, mechanisms, relevant outcomes, and clinical trial coordination. *Am J Respir Crit Care Med.* 1994; 149: 818-824.
- Darovic GO. Pulmonary artery pressure monitoring. In: Darovic GO, editor. Hemodynamic monitoring. Invasive and noninvasive clinical application. 3th ed. Philadelphia: W.B. Saunders Company; 2002. pp. 191-243.
- Jardines-Abdo A. Tratamiento de las alteraciones de la oxigenación en la sepsis grave. *MEDISAN.* 2001; 5 (4): 99-102.
- Cambonie G, Guillaumont S, Luc F, Vergnes C, Milesi C, Voisin M. Haemodynamic features during high-frequency oscillatory ventilation in preterm's. *Acta Paediatr.* 2003; 92: 1068-1073.
- Herrera E. Transporte de oxígeno. *Rev Mexicana de Anestesiología.* 1991; 14: 138-142.

6. Toumpoulis IK, Anagnostopoulos CE, Swistel DG, DeRose JJ. Does EuroSCORE predict length of stay and specific postoperative complications after cardiac surgery? *Eur J Cardiothorac Surg.* 2005; 27 (1): 128-133.
7. Pajón MJ, Fernández-de la Reguera G, Hurtado IC, Molina FJ, Blackaller R, Luna P. Complicaciones del uso del catéter de flotación pulmonar en cirugía cardiovascular: estudio prospectivo. *Arch Inst Cardiol Mex.* 1986; 56 (2): 147-155.
8. Rivers E. Mixed versus central venous oxygen saturation may be not numerically equal, but both are still clinically useful. *Chest.* 2006; 129 (3): 507-508.
9. Lequeux PY, Bouckaert Y, Sekkat H, van der Linden P, Stefanidis C, Huynh CH et al. Continuous mixed venous and central venous oxygen saturation in cardiac surgery with cardiopulmonary bypass. *Eur J Anaesthesiol.* 2010; 27 (3): 295-299.
10. Astiz ME, Rackow EC. Assessing perfusion failure during circulatory shock. *Crit Care Clin.* 1993; 9: 299-312.
11. Hidalgo-Méndez P, González-Alfonso, Lastayo-Casanova R, Alegret-Rodríguez M, Méndez-Martínez J, Fuentes-Herrera L et al. Confiabilidad de los cálculos especiales de la oxigenación de muestras venosas centrales en cirugía cardiaca. *Cor Salud.* 2010; 2 (4): 200-210.
12. García-Hernández JA, Vázquez-Florida A, Martínez-López A, Praena-Fernández JM, Cayuela-Domínguez A, Cano-Francoa J et al. Extracción de oxígeno como predictor de mortalidad en pacientes con ventilación con alta frecuencia. *An Pediatr (Barc).* 2013; 78 (2): 94-103.
13. Mesquida J, Borrat X, Lorente JA, Masip J, Baigorri F. Objetivos de la reanimación hemodinámica. *Med Intensiva.* 2011; 35 (8): 499-508.
14. Hu BY, Laine GA, Wang S, Solis RT. Combined central venous oxygen saturation and lactate as markers of occult hypoperfusion and outcome following cardiac surgery. *J Cardiothorac Vasc Anesth.* 2012; 26: 52-57.