

CARDIOCENTRO "ERNESTO CHE GUEVARA"

SANTA CLARA, VILLA CLARA, CUBA

ARTÍCULO ORIGINAL

## CONFIABILIDAD DE LOS CÁLCULOS ESPECIALES DE LA OXIGENACIÓN DE MUESTRAS VENOSAS CENTRALES EN CIRUGÍA CARDÍACA

MSc. Dr. Pedro A. Hidalgo Menéndez<sup>1</sup>, MSc. Dr. Osvaldo González Alfonso<sup>2</sup>, Dra. Ramona Lastayo Casanova<sup>3</sup>, Dr. Sc. Milagros Alegret Rodríguez<sup>4</sup>, Dr. Jorge Méndez Martínez<sup>5</sup>, Dr. Leonel Fuentes Herrera<sup>6</sup>, Dr. Rafael O. Rodríguez Hernández<sup>7</sup>, DCM. F. Javier Vázquez Roque<sup>8</sup>, Dra. Alina Ceballos Álvarez<sup>6</sup>

1. Máster en Urgencias Médicas. Especialista de I y II Grados en Anestesiología y Reanimación. Instructor. UCM-VC. e-mail: [pedro@cardiovc.sld.cu](mailto:pedro@cardiovc.sld.cu)
2. Máster en Urgencias Médicas. Especialista de I y II Grados en Anestesiología y Reanimación. Asistente. UCM-VC. e-mail: [osvaldo@cardiovc.sld.cu](mailto:osvaldo@cardiovc.sld.cu)
3. Especialista de I Grado en Medicina Interna. Especialista de II Grado en Cuidados Intensivos. Asistente. UCM-VC.
4. Doctora en Ciencias. Bioestadística. Profesora Auxiliar. UCM-VC.
5. Especialista de I Grado en Anestesiología y Reanimación, y en Medicina General Integral.
6. Máster en Urgencias Médicas. Especialista de I Grado en Medicina Interna. Diplomado en Cuidados Intensivos. Profesor Auxiliar. UCM-VC.
7. Máster en Urgencias Médicas. Especialista de I y II Grados en Pediatría. Diplomado en Cuidados Intensivos.
8. Doctor en Ciencias Médicas. Máster en Ciencias. Especialista de I Grado en Cirugía General. Especialista de II Grado en Cirugía Cardiorrástica. Profesor Titular. UCM-VC.

Recibido: 28 de julio de 2010

Aceptado para su publicación: 30 de septiembre de 2010

---

### **Resumen**

**Introducción y objetivos:** Diferentes mecanismos se implican en la captación, transporte, entrega y utilización del oxígeno en los organismos vivos, y cada uno de ellos puede afectarse en el enfermo gra-

ve. El propósito de este trabajo fue conocer la confiabilidad de los cálculos especiales de la oxigenación, procedentes de muestras venosas centrales.

**Método:** Se realizó un estudio prospectivo con 22

pacientes a los que se les practicó cirugía cardíaca, en los que se compararon los cálculos especiales obtenidos de muestras venosas centrales con los venosos-mixtos. **Resultados:** Se encontró correlación estadística significativa entre la diferencia arteriovenosa de oxígeno, el cortocircuito y la saturación venosa de hemoglobina oxigenada. Sin embargo, se halló un bajo por ciento de fiabilidad al aplicarles los criterios protocolizados; pero fue factible mediante ecuaciones de regresión, lograr una corrección altamente significativa ( $p < 0,01$ ), que elevó la fiabilidad a más del 90 %. **Conclusiones:** Las muestras venosas centrales constituyen una alternativa recomendable para obtener cálculos especiales de la oxigenación durante la cirugía cardíaca.

**Palabras clave:** Saturación de oxígeno, diferencia arteriovenosa de oxígeno, venosa-mixta y venosa central, cortocircuito

### **Reliability of the special calculations of oxygenation from central venous samples in cardiac surgery**

#### **Abstract**

**Introduction and Objectives:** Different mechanisms

are involved in the uptake, transportation, delivery and utilization of oxygen in living organisms, and each of them may be affected in the severely ill patient. The purpose of this study was to determine the reliability of the special calculations of oxygenation, from central venous samples. **Methods:** A prospective study was performed on 22 patients who underwent cardiac surgery, and in which special calculations obtained from central venous samples were compared to mixed-venous samples calculations. **Results:** A statistically significant correlation among the arteriovenous oxygen difference, the shunt and the venous hemoglobin oxygen saturation was found. However, a small percentage of reliability was found when subjected to the standardized criteria, but through regression equations, it was possible to achieve a highly significant correction ( $p < 0,01$ ), which increased the reliability by over 90%. **Conclusions:** The central venous sampling is an alternative recommended for special calculations of oxygenation during cardiac surgery.

**Key words:** oxygen saturation, arterio-venous oxygen differences, mixed venous and central venous, shunt.

## **INTRODUCCIÓN**

Diferentes mecanismos se implican en la captación, transporte, entrega y utilización de oxígeno en los organismos vivos, y cada uno de ellos puede alterarse en el enfermo grave<sup>1</sup>.

Con frecuencia los trastornos de la oxigenación se deben a la interacción conjunta de varios procesos en un mismo paciente<sup>1,2</sup>, y no siempre con los elementos clínicos, de monitorización y la experiencia profesional del médico, es posible hacer el diagnóstico con certeza y tomar una decisión terapéutica adecuada al enfrentar un trastorno de este tipo.

En estas situaciones son de gran utilidad el empleo de los cálculos especiales de la oxigenación. Estos permiten realizar una evaluación estrecha de las causas que provocan una hipoxia en un paciente determinado, y ofrecen datos de gran significación para la interpretación adecuada de los trastornos de la oxigenación<sup>1,2</sup>.

Para realizar los cálculos especiales de la oxigenación se requiere obtener muestras de sangre venosa-mixta, y para esto hay que insertar en el enfermo un catéter de flotación en la arteria pulmo-

nar, como lo es el catéter de Swan-Ganz<sup>2</sup>.

No obstante, como los catéteres de flotación pulmonar solo se colocan en pacientes seleccionados con indicaciones precisas para ello<sup>3-10</sup>, en los que se ha realizado un cuidadoso análisis de la relación riesgo-beneficio-costos, esto introduce una limitación importante para evaluar adecuadamente la oxigenación mediante cálculos especiales.

Ante esta dificultad se ha intentado sustituir los resultados de los parámetros de la oxigenación obtenidos de la muestra venosa-mixta por sus homólogos venoso-centrales<sup>1,11</sup>. Sin embargo, esto se hace de forma empírica, sin existir elementos que apoyen o refuten esta conducta, y siempre queda la duda razonable de la confiabilidad de los resultados obtenidos.

Por ello, es necesario determinar el grado de confiabilidad que se logra con esta práctica para extender su aplicación a la atención de todo paciente grave que lo requiera. Con este trabajo nos propusimos comenzar a validar este método alternativo, y así dar los primeros pasos en este sentido.

## MÉTODO

Se realizó un estudio prospectivo, comparativo, entre los cálculos especiales obtenidos de muestras de sangre venosa central comparados con los cálculos especiales obtenidos de sangre venosa-mixta en el mismo paciente.

Se estudiaron 22 enfermos adultos, intervenidos quirúrgicamente en el Cardiocentro "Ernesto Che Guevara" de Santa Clara, en el período comprendido entre marzo de 2006 a marzo de 2007.

A estos pacientes se les colocó un catéter de flotación, en el tronco de la arteria pulmonar y a la vez se les colocó otro venoso central convencional, cuyo extremo distal se ubicó cercano a la aurícula derecha.

Para la correcta ubicación anatómica de los catéteres sirvieron de guía las curvas pletismográficas hemodinámicas que generaron los grafoelementos que se correspondían con cada una de las estructuras cardiovasculares por las que atravesaron los aditamentos.

Las muestras de sangre se extrajeron a la llegada del enfermo a la Unidad de Cuidados Intensivos procedente del salón de operaciones, luego de realizada la radiografía de tórax para confirmar la correcta ubicación de los catéteres. Previamente a la extracción sanguínea se les mantuvo 15 minutos respirando oxígeno puro ( $FiO_2$  100 %), con ventilación artificial mecánica y modalidad de volumen controlado por presión positiva intermitente (IPP-VC) con frecuencia respiratoria de 15 rpm, volumen corriente inspirado calculado a 6 ml/kg de peso y sin presión positiva teleespiratoria (PEEP = 0).

Se extrajeron simultáneamente tres muestras de sangre: una, procedente de la cánula arterial; otra, procedente del catéter venoso central y la tercera, proveniente de la vía distal del catéter de flotación pulmonar. Inmediatamente fueron llevadas al hemogasómetro ABL-510 o al ABL-550 de la Radiometer Copenhagen; y se realizaron los cálculos especiales para la valoración de la oxigenación de forma independiente entre sangre arterial con sangre venosa central (muestra de estudio), y sangre arterial con sangre venosa-mixta (muestra control o de referencia), mediante el programa que trae el equipo para ello.

Previamente al cálculo, al gasómetro se le introdujeron los siguientes datos del enfermo: peso (kg), talla (cm), edad (años),  $FiO_2$  (100 %) y temperatura corporal ( $^{\circ}C$ ).

El método empleado por el gasómetro para estandarizar sus resultados en función de la temperatura del paciente, fue el pH-stat.

Los parámetros que se registraron en ambos estudios fueron: diferencia arteriovenosa de oxígeno ( $DavO_2$ ), cortocircuito (*shunt*), saturación venosa de hemoglobina oxigenada ( $SatO_2$ ) y presión venosa de oxígeno ( $pO_2$ ). Todos corregidos por temperatura.

Para definir los grados de fiabilidad de cada variable se emplearon como base los valores considerados como normales, y se tuvieron en cuenta las alteraciones más frecuentes que sufren estos parámetros en el paciente grave. Se tomó como patrón de restricción una variación aproximada del 15 % de los valores normales, de forma tal que si los valores del método alternativo excedían en  $\pm 15$  % respecto a los resultados del control, se considerarían no confiables.

En el caso particular del cortocircuito se utilizó como criterio de fiabilidad el 5 % y se tuvo en cuenta que este parámetro se expresa en tanto por ciento.

Los valores considerados como "normales" (VN) para referencia en el estudio y los criterios de fiabilidad empleados fueron los siguientes:

- $DavO_2$ : (VN: 4-5,6 vol %). Fiable: Difiere  $< 1$  vol %. No fiable: Difiere  $\geq 1$  vol %
- *Shunt*: (VN: 3-8 %). Fiable: Difiere  $< 5$  %. No fiable: Difiere  $\geq 5$  %
- $SatO_2$ : (VN: 60-80 %). Fiable: Difiere  $< 10$  %. No fiable: Difiere  $\geq 10$  %
- $pO_2$ : (VN: 40-60 mmHg). Fiable: Difiere  $< 10$  mmHg. No fiable: Difiere  $\geq 10$  mmHg

Con los datos obtenidos en el estudio se realizó una base de datos confeccionada mediante el programa Excel de Window, para comparar estadísticamente cada uno de los parámetros derivados de los cálculos en las muestras de cada paciente, y así evaluar la significación estadística de la similitud.

Los resultados se procesaron por el paquete estadístico SPSS versión 11.5 de Window y se empleó el análisis multivariado, las pruebas de correlación paramétricas y no paramétricas, y la aplicación de ecuaciones de regresión lineal con modelos y criterios de ajuste, para mejorar el grado de confiabilidad de las muestras alternativas.

En este trabajo se debe entender la significación estadística de la siguiente manera:  $p > 0.05$  sin diferencias significativas,  $p < 0,05$  como significativa y  $p < 0,01$  como altamente significativa.

## RESULTADOS

En la tabla 1 se correlacionaron los pares de variables y se utilizaron métodos bivariados paramétricos (correlación de Pearson) y no paramétricos. A pesar de ser variables cuantitativas de distribución supuestamente normal, se decidió usar el método no paramétrico (correlación de Spearman) debido a la pequeñez de la muestra. La mayor parte de las variables muestran correlaciones muy significativas ( $p < 0,01$ ) entre los parámetros venoso-centrales y venoso-mixtos. Las correlaciones más débiles se

encuentran en los resultados de la  $\text{SatO}_2$ , aunque también resultan significativos ( $p < 0,05$ ). En el único caso en que aparecen contradicciones en la decisión estadística entre los métodos paramétricos y no paramétricos es en el de la  $\text{pO}_2$ , aunque por lo reducido de la muestra, tal vez sea preferible optar por la alternativa no paramétrica. En orden decreciente las mejores correlaciones estadísticas se dan entre el cortocircuito, la  $\text{DavO}_2$ , y la  $\text{SatO}_2$ .

**Tabla 1.** Correlación de las variables de estudio entre las muestras obtenidas del catéter venoso central y las muestras obtenidas del catéter de flotación pulmonar.

Variables	Estadígrafos	Correlación de Pearson	Correlación de Spearman
$\text{pO}_2\text{A-pO}_2\text{B}$	r	0,213	0,545
	p	0,342	0,009**
$\text{SatO}_2\text{A-SatO}_2\text{B}$	r	0,507	0,467
	p	0,016*	0,028*
$\text{DavO}_2\text{A-DavO}_2\text{B}$	r	0,754	0,613
	p	0,000**	0,002**
Cortocircuito A-B	r	0,673	0,678
	p	0,001**	0,000**

Fuente: Encuesta.

Nota: En todos los casos "A" corresponde a la muestra obtenida del catéter venoso central y "B" a la muestra del catéter de flotación pulmonar.

\* Correlación significativa.

\*\* Correlación altamente significativa.

Los grados de dispersión de estos parámetros entre la muestra de estudio y la muestra de referencia pueden apreciarse en el gráfico 1.

Con estos resultados queda garantizada la equivalencia de los cálculos especiales obtenidos de las muestras venosas centrales con respecto al método convencional.

Cuando se realizó la estimación de la concordancia cualitativa en base a los puntos de corte entre los valores de la muestra venosa central y los de la

muestra venosa-mixta, respecto a los niveles considerados normales y alterados (tabla 2), encontramos con 100 % de clasificación correcta al cortocircuito y a la  $\text{DavO}_2$ , lo que es significativo estadísticamente ( $p < 0,05$ ), y asegura la estrecha concordancia cualitativa de resultados entre estos parámetros estudiados. Las clasificaciones más bajas se dieron para los parámetros  $\text{pO}_2$  y  $\text{SatO}_2$ , y el estadígrafo en el caso de la  $\text{SatO}_2$  no fue significativo (prueba de Fisher  $> 0,05$ ).

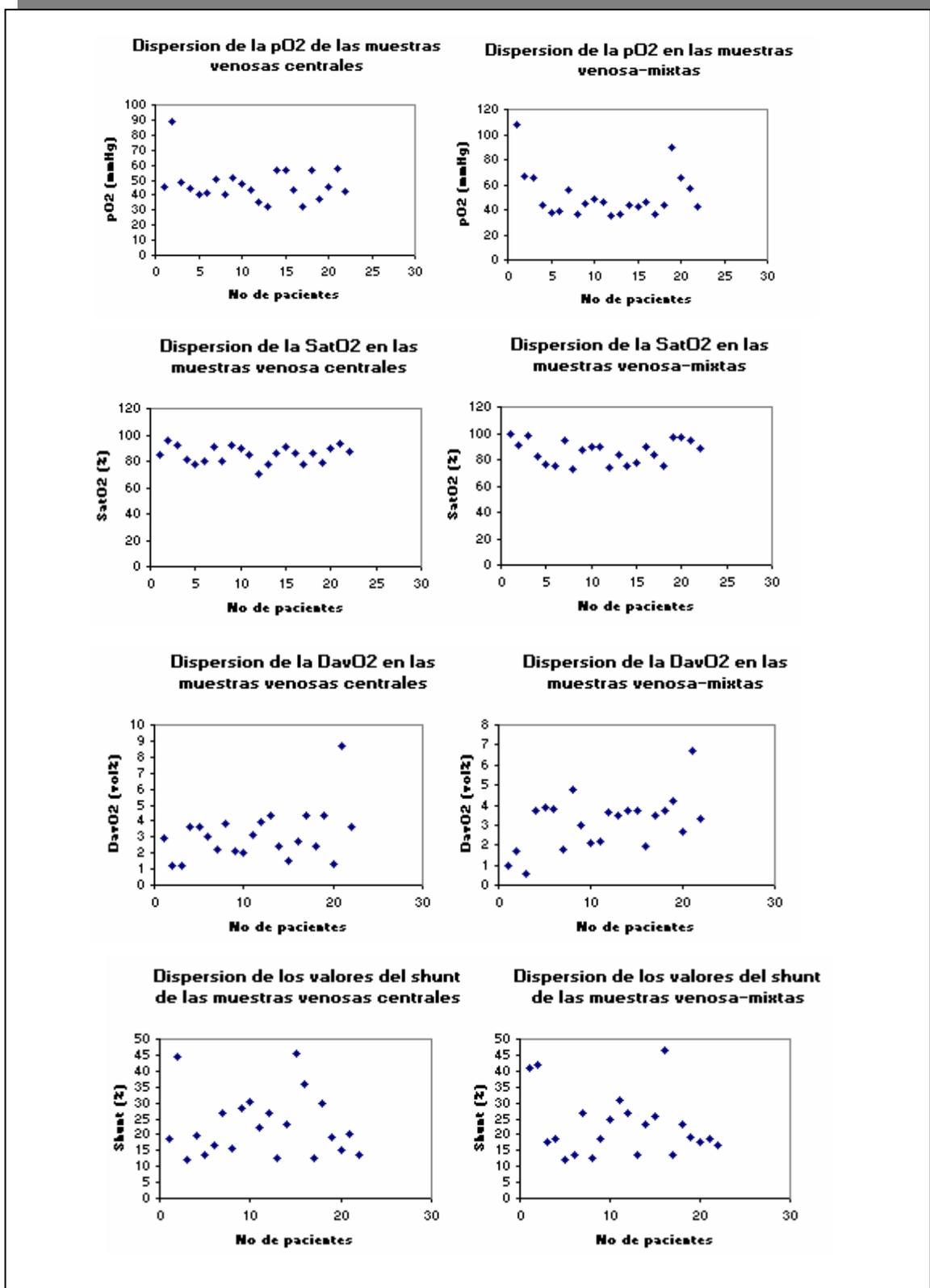


GRÁFICO 1. Comparación de la dispersión entre las muestras venosas centrales y las venosa-mixtas.

**Tabla 2.** Concordancia cualitativa en base a los puntos de corte de los valores normales entre la muestra de estudio y la de referencia (n = 22).

Variable	Concordancias		Total de casos	% de clasificación correcta	Estadígrafo (P Fisher)
	Positivas	Negativas			
pO <sub>2</sub>	6	11	17	7,3	0,012
SatO <sub>2</sub>	12	3	15	68,2	0,334
DavO <sub>2</sub>	1	21	22	100	0,045
Cortocircuito	22	0	22	100	n/c

Fuente: Encuesta.

Ahora bien, cuando se aplican los intervalos de fiabilidad que se protocolizaron en el estudio, a los parámetros obtenidos de la muestra venosa central (Tabla 3), donde lo resaltado excede los límites de fiabilidad, se obtiene un 63,64 % de fiabilidad de la pO<sub>2</sub> y del cortocircuito; la DavO<sub>2</sub> de la muestra venosa central difirió en más de 1 volumen por ciento (vol %) respecto a la de la venosa-mixta en 7 pacientes (fiabilidad de 68,18 %); y la SatO<sub>2</sub> excedió el intervalo de confiabilidad en 5 enfermos, para un 77,27 % de fidelidad.

Es sorprendente el hecho de que todas las muestras tuvieran menos del 80 % de confiabilidad, aún cuando se obtuvieron previamente tan altos grados de correlación estadística; sin embargo, al analizar los estrechos márgenes de fiabilidad que se protocolizaron, era de esperar estos resultados, ya que mientras más se respete el carácter cuantitativo de la variable y más restrictivas sean las condiciones para considerar no fiable un resultado, se obtendrán menores por cientos de fiabilidad.

Pero si se tienen en cuenta las altas correlaciones

encontradas entre los parámetros estudiados como vimos en la tabla 1 (ver también las dispersiones representadas en los gráficos), es factible aplicar ecuaciones de regresión lineal para estimar los valores corregidos de la medición venosa central, con excepción de la pO<sub>2</sub> que no mostró correlación significativa en la prueba paramétrica.

Los modelos y su criterio de ajuste se muestran a continuación:

- Para la SatO<sub>2</sub>:  $26,6443 + 0,6963 \cdot \text{SatO}_2$  ( $p < 0,001$ )
- Para la DavO<sub>2</sub>:  $1,1994 + 0,6272 \cdot \text{DavO}_2$  ( $p < 0,001$ )
- Para el Shunt:  $7,4505 + 0,6760 \cdot \text{Shunt}$  ( $p < 0,001$ )

Al aplicar dichas ecuaciones se logra una corrección altamente significativa en los tres parámetros del método alternativo, lo que genera la siguiente tabla de fiabilidad (tabla 4), donde se obtiene más del 90 % en todos los parámetros analizados.

**Tabla 3.** Diferencias de los resultados obtenidos de las muestras del catéter venoso central con las del catéter de flotación pulmonar en cada paciente, y aplicación de los criterios de fiabilidad (n = 22).

pO <sub>2</sub>	SatO <sub>2</sub>	DavO <sub>2</sub>	Cortocircuito
- 22,5	- 13,8	1,9	- 22,2
22	4,3	-0,5	2,1
-16,8	- 5,7	0,6	- 5,5
0	- 0,5	-0,1	0,8
2,4	2,1	-0,3	1,6
2,8	5,8	-0,8	3
- 5	- 4,6	0,4	0
3,9	6,7	-1	3,2
7,1	5	-0,9	9,6
- 0,5	- 0,5	-0,1	5,4
- 2,6	- 5	0,9	- 8,2
0,2	- 3,6	0,3	- 0,2
- 3,7	- 6	0,8	- 0,8
12,8	11,2	-1,3	- 0,1
14,2	14,3	-2,2	19,6
-2	- 3,9	0,8	-10,7
-3,7	- 6,5	0,8	-0,8
12,8	11,2	-1,3	6,5
-22,8	-18	0,1	-0,1
-19,6	- 6,9	-1,4	-2,5
1,4	-1,5	2	1,4
0,3	-1,4	0,3	-3,3
Criterio ≥10 mmHg	Criterio ≥10 %	Criterio ≥1 Vol%	Criterio ≥ 5 %
Porcentaje de fiabilidad de cada parámetro			
63,64 %	77,27 %	68,18 %	63,64 %

Fuente: Encuesta.

**Tabla 4.** Diferencias de los resultados obtenidos de las muestras del catéter venoso central con las del catéter de flotación pulmonar en cada paciente, y aplicación de los criterios de fiabilidad una vez realizada la corrección con las ecuaciones de regresión lineal (n = 22).

SatO2	DavO2	Cortocircuito
- 0,77	-0,12	-1,42
2,42	-0,75	6,87
1,39	-0,75	-3,56
- 1,8	0,14	-1,1
- 2,99	0,14	-3,04
- 2,17	-0,08	-2,04
0,81	-0,38	1,23
-2,38	0,22	-2,33
1,33	-0,42	1,65
0,42	-0,45	2,33
-0,86	-0,04	-0,19
-5,38	0,25	1,17
-3,2	0,4	-3,3
-0,43	-0,3	0,07
1,14	-0,64	7,23
-0,59	-0,19	4,18
-3,2	0,4	-3,3
-0,43	-0,3	2,2
-2,59	0,4	-1,23
0,57	-0,71	-2,53
1,54	2,04	-0,97
-0,13	0,14	-3,11
Criterio $\geq 10$ %	Criterio $\geq 1$ Vol%	Criterio $\geq 5$ %
Porcentaje de fiabilidad de cada parámetro		
100 %	95,45 %	90,91 %

Fuente: Encuesta.

## DISCUSIÓN

Al estudiar los trastornos de la oxigenación, el diagnóstico de un grupo de alteraciones relacionados con estos requiere del empleo de “cálculos especiales de la oxigenación”, denominados así, ya que para obtener sus resultados se requiere recurrir a fórmulas matemáticas<sup>1</sup>.

Cálculos especiales, como la determinación del cortocircuito ( $Q_s/Q_t$ ), la diferencia arteriovenosa de oxígeno ( $D_{avO_2}$ ), el débito y consumo de oxígeno ( $DO_2$ ,  $VO_2$ ), y la extracción de oxígeno, son elementos imprescindibles en el diagnóstico y la interpretación de los trastornos de la oxigenación en un grupo importante de enfermos críticos<sup>1,12</sup>; y para ello se hace imprescindible colocar en estos un catéter de flotación pulmonar, también conocido como catéter de Swan-Ganz, para extraer sangre venosa-mixta procedente de la arteria pulmonar<sup>12</sup>.

En la actualidad, el catéter de Swan-Ganz parece insustituible para proporcionar información sistémica sobre el balance general de la oxigenación en el organismo mediante el análisis de la sangre venosa-mixta, con la que se puede reflejar de forma global y precoz la perfusión tisular; que permite detectar el “efecto tipo cortocircuito”<sup>1,12-14</sup>. No obstante, debido al alto costo y a las complicaciones de la colocación de catéteres en la arteria pulmonar<sup>14</sup>, se ha planteado la posibilidad de utilizar la saturación de oxígeno en la aurícula derecha, en lugar de la obtenida en la arteria pulmonar, para el seguimiento de pacientes en estado crítico; en general, numerosos informes han propuesto el empleo de la sangre venosa central como sustituta de la sangre venosa-mixta, para evaluar la oxigenación general del organismo<sup>1,11,13-15</sup>.

Aunque los trabajos en la literatura no concuerdan con la posibilidad de utilizar la sangre obtenida en la aurícula derecha para la evaluación de estos pacientes, se necesitan de otros estudios para llegar a una conclusión definitiva, pues varios autores han informado no haber encontrado diferencias significativas entre la saturación venosa y la venosa-mixta de  $O_2$ <sup>11,16-19</sup>.

En un estudio realizado en 19 pacientes con cardiopatías severas (con y sin *shock*\*), con el objetivo de determinar si las muestras de sangre obtenida de catéteres usados para medir presión venosa central se correlacionaba con la saturación de sangre venosa-mixta, Scheinman y colaboradores<sup>20</sup> no observaron diferencias significativas. Hallazgos experimentales en animales, sugieren que mediante un

catéter colocado en la aurícula derecha, se obtienen saturaciones de oxígeno semejantes a las encontradas en la sangre venosa-mixta, lo que permite calcular con fiabilidad la diferencia arteriovenosa de oxígeno<sup>11</sup>. También se plantea la posibilidad de utilizar una muestra de sangre de la vena cava superior o la aurícula derecha, en caso de no disponer de cateterización de la arteria pulmonar, para efectuar el cálculo del cortocircuito con un pequeño margen de error<sup>1</sup>.

Este pequeño margen está condicionado por los orígenes algo diferentes de la sangre venosa central, y la venosa-mixta, obtenida de la arteria pulmonar. La sangre extraída por un catéter venoso central colocado en la proximidad de la aurícula derecha, es representativa del retorno venoso de todas las estructuras que se encuentran por encima del diafragma que drenan hacia la vena cava superior<sup>21</sup>, con excepción del corazón y los pulmones; mientras que la sangre venosa-mixta es la mezcla de la sangre proveniente de la vena cava superior, de la inferior, del seno coronario y de las venas de Tebesio, por lo que es representativa del retorno venoso de todo el organismo.

A pesar de ello, no parecen existir grandes diferencias en el contenido de oxígeno entre la sangre venosa central y la venosa-mixta; tal es así que en individuos sin comunicaciones intercamerales, los estudios oximétricos han demostrado que la diferencia del contenido de oxígeno entre la vena cava superior y la aurícula derecha es de 2,3 vol %; entre la aurícula derecha y el ventrículo derecho, de 1,8 vol %, y entre el ventrículo derecho y la arteria pulmonar, de 0,5 vol %; esto hace una diferencia de contenido de oxígeno entre la sangre venosa central y la venosa mixta de apenas 4,6 vol %<sup>18,22</sup>.

Los catéteres venoso-centrales tienen ventajas evidentes sobre los de arteria pulmonar, como son: la sencillez técnica relativa para su colocación, la menor incidencia de complicaciones con su emplazamiento en la aurícula derecha, y la práctica universal de colocarlo en todo enfermo grave, motivado por sus múltiples indicaciones, así como su menor costo<sup>23-25</sup>.

Con el desarrollo de los gasómetros modernos se ha facilitado la labor del clínico asistencial, al automatizarse los cálculos especiales de la oxigenación. Las engorrosas fórmulas matemáticas han sido sustituidas por análisis computadorizados, donde solo es necesario introducir la muestra arterial y venosa-mixta al gasómetro y echar a andar el programa

adecuado, para obtener los resultados, que hacen asequible el método al médico de asistencia en un breve período de tiempo. La compañía Radiometer Copenhagen ha sido la pionera en la producción de analizadores de gases sanguíneos automatizados por computadora, conocidos como "Acid-Base Laboratories" o simplemente ABL, introducidos en el mercado desde 1973. Con el desarrollo de la serie ABL-500 y las versiones posteriores, los cálculos especiales de la oxigenación se simplificaron<sup>26-28</sup>, lo que ha permitido sustituir la muestra venosa-mixta por una venosa-central.

En el caso de la cirugía cardíaca, por las complejas alteraciones hemodinámicas que presentan estos enfermos, no es infrecuente la aparición de alteraciones de la oxigenación relacionadas con diversos mecanismos fisiopatológicos<sup>13,29-31</sup>. El empleo de los cálculos especiales de la oxigenación ha sido una herramienta de socorrida utilidad en estas situaciones<sup>29,31</sup>. Cada día se cuestiona más la utilidad del empleo de catéteres de Swan-Ganz, a no ser en pacientes con indicaciones muy precisas para ello<sup>29</sup>, de ahí que el médico de asistencia tenga una importante limitación para analizar estos trastornos, y el empleo de muestras venosas centrales sea una alternativa a considerar en este contexto.

## CONCLUSIONES

En nuestro estudio encontramos una alta correlación estadística entre los valores de la  $DavO_2$ , la  $SatO_2$  y el cortocircuito, obtenido por la muestra venosa central con respecto al método convencional venoso-mixto; mientras que la  $pO_2$  venosa central no se correlacionó adecuadamente con la  $pO_2$  venosa-mixta; sin embargo, el grado de fiabilidad de estos parámetros fue bajo al aplicar los criterios protocolizados, pero entre ambas formas de medición existieron diferencias sistemáticas que pudieron ser estimadas mediante ecuaciones de regresión y de esta manera, alcanzar resultados más cercanos a las mediciones convencionales.

En los próximos años se deben desarrollar monitores que determinen el estado de la oxigenación de cada órgano vital, con menor agresividad, mayor confiabilidad, que permitan el tratamiento adecuado, la optimización de la entrega y la utilización del oxígeno, cuando y donde quiera que esto se requiera<sup>32</sup>.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Santos LA. Insuficiencia respiratoria aguda. En: Caballero A, Bequer E, Santos LA, Domínguez M, López M y cols: Terapia Intensiva. 2da. ed. Santa Clara: Ciencias Médicas; 2000. p. 1877-2002.
2. Scope DR. Cálculo del contenido de oxígeno; 2005. [Consultado: 13 de Octubre de 2007]. Disponible en: [http://www.drscope.com/pac/anestesia-1/b1/an1b1\\_p25.htm](http://www.drscope.com/pac/anestesia-1/b1/an1b1_p25.htm)
3. 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 Méx. 1986;56(2):147-55.
4. Díaz-Alersi R. El Swan-Ganz en el año 2000. En: Congreso Internacional de Medicina Crítica CIMC 2000. España; 2000. Disponible en: <http://www.uninet.edu/cimc2000/conferencia/conf24/Ramon.htm>
5. Burns J, Sing R, Mostafa G, Huynh T, Jacobs D, Miles W, *et al.* The role of transesophageal echocardiography in optimizing resuscitation in acutely injured patients. J Trauma. 2005;59(1):36-40.
6. Díaz-Alersi R. La tecnología y sus peligros. Electron J Biomed .2005;3:2-4.
7. López MS, Areu AJ. Shock ¿Qué hay de nuevo? Rev Cubana Cir. 2003;42(1):14-7.
8. UNInet. Shock. En: Principios de Urgencias, Emergencias y Cuidados Críticos. 2006. Disponible en: <http://tratado.uninet.edu/c010201.html>
9. Agostoni P, Salvioni E, Debenedetti C, Vignati C, Cattadori G, Contini M, *et al.* Relationship of resting hemoglobin concentration to peak oxygen uptake in heart failure patients. Am J Hematol. 2010 Jun;85(6):414-7.
10. Álvarez J, Bouzada M, Fernández AL, Caruezo V, Taboada M, Rodríguez J, *et al.* Comparación de los efectos hemodinámicos del levosimendán con la dobutamina en pacientes con bajo gasto después de cirugía cardíaca. Rev Esp Cardiol. 2006;59(4):338-45.
11. Ho KM, Harding R, Chamberlain J, Bulsara M. A comparison of central and mixed venous oxygen saturation in circulatory failure. J Cardiothorac Vasc Anesth. 2010 Jun;24(3):434-9.

12. Scope DR. Transporte de oxígeno; 2005. [Consultado: 13 de Octubre de 2007]. Disponible en: [http://www.drscope.com/pac/anestesia-1/b1/an1b1\\_p24.htm](http://www.drscope.com/pac/anestesia-1/b1/an1b1_p24.htm)
13. Cancela M. El posoperatorio de cirugía cardíaca en la unidad de medicina intensiva. En: Artucio H, Reppi G, Cancela M, Garrido R, Hurtado J, Lluberías R y cols. Medicina Intensiva Cardiovascular. Montevideo: Colección CTI Universitario; 2001. p. 383-408.
14. Garrido R. Monitoreo hemodinámico. En: Artucio H, Reppi G, Cancela M, Garrido R, Hurtado J, Lluberías R y cols. Medicina Intensiva Cardiovascular. Montevideo: Colección CTI Universitario; 2001. p. 53-108.
15. Fuentes L. Shock. En: Álvarez G, Martínez JF, Cuadrado R, Martín L, Rodríguez G, García R, *et al.* Temas de guardia médica. Santa Clara: Ciencias Médicas; 2003. p. 64-79.
16. Rivers E. Mixed vs central venous oxygen saturation may be not numerically equal, but both are still clinically useful. Chest. 2006 Mar;129(3):507-8.
17. el-Masry A, Mukhtar AM, el-Sherbeny AM, Fathy M, el-Meteini M. Comparison of central venous oxygen saturation and mixed venous oxygen saturation during liver transplantation. Anaesthesia. 2009 Apr;64(4):378-82.
18. Barrat-Boyes BG, Wood EH. Oxygen saturation of blood in the venae cavae, right heart chambers, and pulmonary vessels of healthy subjects. J Lab Clin Med. 1957; 50:93-106.
19. Maddirala S, Khan A. Optimizing hemodynamic support in septic shock using central and mixed venous oxygen saturation. Crit Care Clin. 2010 Apr;26(2):323-33.
20. Scheinman MM, Brawn MA, Rapaport E. Critical assessment of use of central venous oxygen saturation as a mirror of mixed venous oxygen in severely ill cardiac patients. Circulation. 1969; 40:165-72.
21. Vena Cava Superior. En: Wikipedia, la enciclopedia libre; 2003. [Consultado: 8 de Noviembre de 2007]. Disponible en: [http://es.wikipedia.org/wiki/Vena\\_cava\\_superior](http://es.wikipedia.org/wiki/Vena_cava_superior)
22. Llanio R, Fernández JE, Pérez FC, Fernández JA, Pena A, Rodríguez R, *et al.* Propedéutica clínica y fisiopatología. 4ta ed. La Habana: Pueblo y Educación; 1988.
23. Álvarez ME, Vázquez I, Medina Z, Valdivia I. Complicaciones relacionadas con catéter intravascular en niños ingresados en cuidados intensivos. Rev Cubana Pediatr. 1998;70(1):18-20.
24. Ormea A, Leyva F. Cateterismo venoso central y perforación de miocardio: presentación de un caso. Rev Med Hered. 1998;9(3):11-13.
25. Cheverri S, Pimiento JM. Acceso Venoso Central. En: Guías de urgencias; 2006. Disponible en: [http://www.fepafem.org.ve/Guias\\_de\\_Urgencias/Trauma/ Acceso\\_venoso\\_central.pdf](http://www.fepafem.org.ve/Guias_de_Urgencias/Trauma/ Acceso_venoso_central.pdf)
26. History. In: ABL 510 Operator's Manual. Denmark: Radiometer Copenhagen; 2002. p. 1-4.
27. Special calculations program. In: ABL 510 Operator's Manual. Denmark: Radiometer Copenhagen; 2002. p. 4-18.
28. Special calculations program. In: L 550 Operator's Manual. Denmark: Radiometer Copenhagen; 2002. p. 9-13.
29. 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 Mar; 27(3):295-9.
30. Rincón O. Atención de enfermería al postoperatorio de cirugía cardíaca con Circulación Extracorpórea. Memorias del VII Simposio de Actualizaciones en Enfermería. Revista de Enfermería [Internet]. 2007 [citado 13 de Oct de 2007]. Disponible en: <http://encolombia.com/medicina/enfermeria/enfermeria4401-memorias.htm>
31. Dueñas C, García C, Jaramillo A, Tous A, Ortiz AP. Efectos de las maniobras de reclutamiento alveolar en el postoperatorio de cirugía cardiovascular. Revista de Neumología [Internet]. 2007 [citado 6 de Mayo de 2007]. Disponible en: <http://encolombia.com/medicina/neumologia/neum14402efectos.htm>
32. Barker SJ. New Developments in Oxygen Transport and Monitoring. [Presented at Congress]. In: The 79<sup>th</sup> Clinical and Scientific of the International Anesthesia Research Society, Honolulu, Hawaii, 2005 Mar 11-15.