



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MEXICO

FACULTAD DE MEDICINA

DIVISIÓN DE ESTUDIOS DE POSGRADO

INSTITUTO DE SEGURIDAD Y SERVICIOS SOCIALES DE
LOS TRABAJADORES DEL ESTADO

CENTRO MÉDICO NACIONAL "20 DE NOVIEMBRE"

Taller hemodinámico por método de Fick calculado
por pulso-oximetría versus gasometría arterial en
pacientes sometidos a Cirugía Cardíaca: Estudio
comparativo

TESIS

QUE PARA OBTENER EL DIPLOMA DE ESPECIALIDAD EN
MEDICINA DEL ENFERMO EN ESTADO CRÍTICO

NÚMERO DE REGISTRO 146.2008

PRESENTA:

DR. CARLOS ALBERTO DELGADO QUINTANA

TUTORES:

DR. BENJAMIN CASTAÑEDA LARA

DR. JOSÉ LUIS ACEVES CHIMAL

DR. VÍCTOR PURECO REYES



MEXICO, D.F.

AGOSTO 2008



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

DR. MAURICIO DI SILVIO LÓPEZ
SUBDIRECTOR DE ENSEÑANZA E INVESTIGACIÓN MÉDICA
CENTRO MÉDICO NACIONAL “20 DE NOVIEMBRE”

DR. VICTOR PURECO REYES
PROFESOR TITULAR DEL CURSO DE MEDICINA DEL ENFERMO EN ESTADO
CRÍTICO

DR. BENJAMÍN A. CASTAÑEDA LARA
ASESOR DE TESIS

DR. JOSÉ LUIS ACEVES CHIMAL
ASESOR DE TESIS

DR. CARLOS ALBERTO DELGADO QUINTANA
SUSTENTANTE

INDICE

Resumen	4
Abstract	5
Antecedentes	6
Pregunta Científica	11
Hipótesis	11
Justificación	12
Objetivos	13
Población de estudio	14
Criterios de Selección	14
Diseño del estudio	14
Método	15
Análisis estadístico	15
Resultados	16
Gráficos	17
Discusión	18
Conclusiones	19
Referencias	20

Taller hemodinámico por método de Fick calculado por pulso-oximetría versus gasometría arterial en pacientes sometidos a Cirugía Cardíaca: Estudio comparativo.

Delgado Quintana Carlos Alberto⁽¹⁾, Castañeda Lara Benjamín⁽²⁾, Aceves Chimal José Luis⁽³⁾

⁽¹⁾Residente de Medicina del Enfermo en Estado Crítico. Centro Médico Nacional "20 de Noviembre" ISSSTE. ⁽²⁾ Médico Adscrito Unidad de Terapia Postoperatoria. Centro Médico Nacional "20 de Noviembre" ISSSTE. ⁽³⁾ Médico Adscrito Cirugía Cardiovascular. Centro Médico Nacional "20 de Noviembre" ISSSTE.

Introducción: La evaluación hemodinámica es esencial en el manejo de los pacientes sometidos a Cirugía cardíaca en la Unidad de Cuidados Intensivos. Se requiere de métodos mínimamente invasivos, rápidos y precisos para determinar el gasto cardíaco y parámetros hemodinámicos. El uso del taller hemodinámico por método de Fick se ha generalizado debido a su alta correlación con los datos obtenidos por Termodilución. La monitorización de la saturación arterial de oxígeno utilizando el oxímetro de pulso (SpO₂) es actualmente un procedimiento habitual en las Unidades de Cuidados Intensivos, ésta medición ha mostrado un alto nivel de precisión cuando se compara con la saturación arterial obtenida por gasometría (SaO₂).

Objetivo: Determinar las diferencias del taller hemodinámico por método de Fick calculado por pulso-oximetría versus gasometría arterial en pacientes sometidos a cirugía cardíaca.

Metodología: Estudio Transversal, Analítico, prolectivo, en el que se analizaron los reportes de gasometría arterial y venosa realizados a los pacientes sometidos a Cirugía Cardíaca, realizando con ellos el taller hemodinámico por ley de Fick calculado con los valores de SaO₂ y SpO₂ respectivamente.

Resultados: . Analizamos 95 determinaciones de gases en sangre arterial y venosa, realizando el taller hemodinámico a cada una con los 2 métodos propuestos en el estudio. La comparación entre grupos se realizó con la prueba t de Student. No se apreciaron diferencias significativas en ninguno de los parámetros del taller hemodinámico calculado con SaO₂ versus SpO₂: Gasto cardíaco 8.106 vs 7.894 lts/min (p 0.728), Índice cardíaco 4.749 vs 4.601 lts/min/m² (p 0.640), Índice de resistencias vasculares sistémicas 1397.992 vs 1415.426 dynas/seg-5/m² (p 0.848). Los coeficientes R para Gasto cardíaco (R=0.83, IC 95% 0.81 – 0.85) e Índice cardíaco (R=0.83 IC 0.81 – 0.85) mostraron un alto nivel de concordancia.

Conclusión: El cálculo del taller hemodinámico de Fick utilizando la saturación de oxígeno por pulso-oximetría es tan confiable como el calculado por gasometría en pacientes sometidos a Cirugía Cardíaca.

ABSTRACT

Hemodynamic evaluation is essential in the management of Cardiac Surgery patients in the Intensive Care Unit (ICU). In the present, minimally invasive methods of cardiac output and hemodynamic variables determination are required. The Fick method use has been generalized because its high correlation with the cardiac output determination by Termodilution. For this method, arterial and venous blood samples are required, in order to calculate de oxygen contents in both sides of the circulatory system and thus apply the Fick principle. Pulse oximetry (SpO₂) has now become as a standard-of-care in the ICU setting, and possesses a high precision level when it's compared with the Arterial oxygen saturation (SaO₂).

Objective: To determinate the differences between the hemodynamic parameters obtained by the Fick method, when calculated with SpO₂ (pulse oximetry) versus SaO₂ (gasometry).

Method: We conducted a transversal, comparative study in Cardiac Surgery patients to calculate hemodynamic parameters with the Fick method using both determinations of SaO₂ and SpO₂ and compare their results.

Statistical analysis: We used the Student's *t* Test to compare continuous variables, considering statistical significance with a *p* value < 0.05.

Results: We analyzed a total of 95 arterial and venous blood gases determinations. There were no differences observed between both methods in none of the parameters considered: cardiac output (8.106 vs 7.894 lts/min, *p*=0.728), cardiac index (4.749 vs 4.601 lts/min/m², *p*=0.640), this was also observed in other determinations such as oxygen extraction ratio, arterial oxygen contents, systemic vascular resistance index, oxygen delivery and consumption. Concordance coefficients (R) for cardiac output (R=0.83, IC 95% 0.81 – 0.85) and cardiac index (R=0.83 IC 0.81 – 0.85) showed a strong correlation.

Conclusion: The calculation of hemodynamic parameters by the Fick method using SaO₂ or SpO₂ in Cardiac Surgery patients is equivalent.

ANTECEDENTES

La evaluación del sistema cardiovascular es indispensable en pacientes atendidos en la Unidad de Cuidados Intensivos ⁽¹⁾. El gasto cardíaco (GC), se define como el volumen de sangre eyectado del corazón por unidad de tiempo (litros/minuto). Esta variable, producto de la interrelación de la Precarga, Postcarga, Contractilidad y Frecuencia cardíaca, es indispensable en la evaluación del paciente en estado crítico ^(1,2). En cirugía cardíaca es frecuente la alteración de la homeostasis hemodinámica, con impacto importante en la función cardiovascular y consecuentemente en la presión de perfusión, aporte de oxígeno y nutrientes a los tejidos ^(2,3,4).

Existen diversos métodos para la determinación del gasto cardíaco; se clasifican en invasivos (Termodilución, Contorno de pulso) y no invasivos (Ecocardiografía, Bioimpedancia, Método de Fick). Los métodos invasivos tienen la desventaja de someter al paciente a riesgo de morbilidad y mortalidad, por ejemplo, se ha reportado aumento en la mortalidad asociada con el uso del catéter de flotación, propiciando controversia sobre su uso en forma indiscriminada. En contraste, el método de Fick ha mostrado poca morbilidad debido a su baja invasividad ^(1,2,4,5).

El Método Indirecto de Fick

En 1870, Adolf Fick propone un principio para la medición del gasto cardíaco asociado con el consumo de oxígeno, basado en el siguiente postulado “*La captación o eliminación total de una sustancia por un órgano es el producto del flujo sanguíneo que éste recibe, por la concentración arterio-venosa de dicha sustancia.*”, expresado matemáticamente de la siguiente manera ^(4,6,7,8):

$$GC = VO_2 / CaO_2 - CvO_2$$

Donde:

GC: gasto cardíaco, VO_2 : Consumo de Oxígeno.

CaO_2 : Contenido arterial de oxígeno, CvO_2 : Contenido venoso de oxígeno

La evaluación del estado hemodinámico por método de Fick complementa al gasto cardíaco con el cálculo de los siguientes parámetros^(5,6,9):

Hemodinámicos⁽⁷⁻¹⁰⁾

- Índice cardíaco (IC): Corresponde al gasto cardíaco relacionado con la superficie corporal del paciente, aporta información individualizada y permite una mejor interpretación de las mediciones hemodinámicas.
- Resistencias vasculares sistémicas (RVS) e Índice de resistencias vasculares sistémicas (IRVS): Esta medición refleja la “resistencia” al flujo sanguíneo impuesta por la vascularidad sistémica, en conjunto con la impedancia constituyen uno de los determinantes del gasto cardíaco, la postcarga. Su cálculo se fundamenta en la aplicación de la Ley de Ohm ($R=\Delta P/Q$).
- Volumen latido (VL) e índice de volumen latido (IVL): Cálculo del volumen sanguíneo eyectado en cada latido cardíaco, corresponde al cociente del gasto cardíaco y la frecuencia cardíaca ($VL= GC/FC$), se expresa en mililitros/latido.

Del sistema de transporte y consumo de oxígeno. ^(8,10-12)

- Disponibilidad de Oxígeno (DO₂): Es la cantidad de oxígeno en mililitros transportada por minuto, se define como el producto del gasto cardíaco (GC) por el contenido arterial de oxígeno (Hemoglobina x 1.34 x SaO₂). Si se emplea al índice cardíaco, las unidades se expresarán en relación a la superficie corporal (ml/minuto/m²) obteniendo así el Índice de Disponibilidad de oxígeno (IDO₂).
- Consumo de Oxígeno (VO₂): Refleja la cantidad de Oxígeno extraída por los tejidos de la circulación sistémica, es función del índice cardíaco y de la diferencia de contenidos arterial y venoso de oxígeno ($VO_2 = [IC \times D_{avO_2}] \times 10$).
- Coeficiente de Extracción de oxígeno (EO₂): Representa la extracción de oxígeno de los tejidos en porcentaje, se obtiene de la relación entre la diferencia arterio-venosa de oxígeno y el contenido arterial de oxígeno ($[D_{avO_2}/C_{aO_2}] \times 100$), cada órgano cuenta con un coeficiente determinado de extracción, de acuerdo a sus necesidades metabólicas, de forma global el valor normal es de 20-30%.

Los cálculos obtenidos deben evaluarse de forma cuantitativa, cualitativa y temporal, así como en función de un proceso global de equilibrio metabólico. Es decir, considerar si un determinado valor de gasto cardíaco es adecuado para

satisfacer las necesidades de aporte y consumo de oxígeno del organismo. La interpretación de los parámetros obtenidos responderá las siguientes preguntas⁽¹⁾:

1. ¿Es adecuada la disponibilidad de oxígeno para las necesidades metabólicas del paciente?
2. ¿La disponibilidad de oxígeno se acompaña de una presión perfusoria adecuada?
3. ¿Es capaz el paciente de utilizar el oxígeno disponible?
4. Si los planteamientos anteriores tienen respuesta negativa, ¿Cuál es la causa de esto?

Para evitar interpretaciones inadecuadas, es imperativo conocer la precisión, limitaciones, y riesgos del método de Fick. Sus ventajas son la fácil aplicación, accesibilidad y reproducibilidad. ^(1,3,12) Tiene las desventajas de no poder ser calculado de forma continua, requiere de punciones arteriales repetidas y existe variabilidad de sus resultados en patologías como neumotórax, cortocircuitos intrapulmonares o intracardiacos ^(1,3,6,13,14).

La utilidad clínica de éste método se ha reportado en diferentes publicaciones ^(3,6,7,12), comparándolo con la obtención de gasto cardíaco por Termodilución, observándose una asociación importante entre ambos métodos ($r=0.85$, $p<0.0001$)⁽⁶⁾.

Pulsooximetría

La monitorización de la saturación arterial utilizando el oxímetro de pulso es actualmente un procedimiento habitual en las Unidades de Cuidados Intensivos^(7,8). Estos dispositivos determinan el nivel de saturación de oxígeno midiendo la absorción luminosa de la sangre arterial en 2 longitudes de onda específicas: 660 nm (rojo) y 940 nm (infrarrojo), el rango de absorbencia de estas 2 longitudes se calibra de forma empírica contra mediciones directas de saturación en sangre arterial (SaO₂) y el algoritmo generado se utiliza para emitir un estimado de la saturación de oxígeno por pulso-oxímetro(SpO₂). Agregado a ésta lectura, los pulsooxímetros despliegan una onda pletismográfica que informa sobre la intensidad de la señal.

La precisión de los pulso-oxímetros ha sido validada en los pacientes en estado crítico, comparada con la oximetría determinada por gasometría, mostrando una diferencia media inferior al 1% y desviación estándar menor a 2% cuando el valor de saturación en sangre arterial (SaO₂) es mayor a 90%⁽¹⁸⁾.

Actualmente, la pulso-oximetría cuenta con diversas aplicaciones clínicas, como la detección oportuna de la hipoxemia en enfermos en estado crítico, definida ésta como un valor de SpO₂ menor a 90%. Facilita el ajuste de la fracción inspirada de oxígeno (FiO₂) en pacientes con lesión pulmonar aguda y ventilación mecánica, minimizando la toxicidad asociada a concentraciones altas de oxígeno^(8,9,14,15).

La correlación de SpO₂ con los valores de Saturación determinados por gasometría (SaO₂) ha mejorado la vigilancia de pacientes con crisis asmática, determinando que un valor de SpO₂ mayor a 92% sugiere que la presencia de insuficiencia respiratoria es poco probable, lo cual ha reducido el número de gasometrías solicitadas. Así mismo, en los pacientes con embolismo pulmonar, un valor de SpO₂ menor a 95% ha sido asociado con incremento en la mortalidad respecto a aquellos pacientes con niveles superiores a este valor crítico (20% vs 2%)^(18,19).

Existen limitaciones para el uso de la pulso-oximetría. Las de tipo fisiológico consisten en poca sensibilidad para detectar cambios de oxigenación en pacientes con niveles basales elevados de PaO₂. Lo anterior es debido al comportamiento sigmoideo de la curva de disociación del oxígeno y la hemoglobina, pues en estos pacientes, los cambios se desarrollan en la porción superior de ésta curva^(19,20).

Las limitaciones relacionadas al procesamiento de la señal consisten principalmente en la presencia de un registro falsamente disminuido en situaciones donde se utilizan lámparas ambientales fluorescentes o de xenón, en estados de hipoperfusión, hipotermia y artefacto en la señal generada por movimiento⁽¹⁹⁾.

Substancias como azul de metileno, verde de indocianina e índigo carmín ocasionan una lectura falsamente baja de SpO₂ cuyo efecto puede tener una duración hasta de 20 minutos. La pigmentación cutánea modifica los resultados de la oximetría de pulso, esto se ha aprecia en pacientes de raza negra, cuyas determinaciones generalmente presentan un sesgo positivo de 4% respecto al valor determinado gasométricamente^(19,20).

En resumen, la pulso-oximetría es uno de los avances mas importantes en la monitorización respiratoria, actualmente el mayor reto consiste en determinar si ésta tecnología puede ser incluida efectivamente en los algoritmos de tratamiento

incrementando así la eficiencia de la atención en la Unidad de Cuidados Intensivos
(6,8,9,20)

PREGUNTA CIENTIFICA

¿Cuáles son las diferencias en el taller hemodinámico calculado con pulso-oximetría versus gasometría arterial en pacientes sometidos a cirugía cardíaca?

HIPOTESIS

H_1 El taller hemodinámico calculado con pulso-oximetría es similar al calculado con gasometría arterial en pacientes sometidos a cirugía cardíaca

H_0 El taller hemodinámico calculado con pulso-oximetría es diferente al calculado con gasometría arterial en pacientes sometidos a cirugía cardíaca

$$H_A = \mu_1 = \mu_2$$

$$H_0 = \mu_1 \neq \mu_2$$

JUSTIFICACION

En diferentes publicaciones se ha reportado un alto nivel de correlación entre SpO₂ y SaO₂ en pacientes en estado crítico cuando los niveles de pulso-oximetría son mayores a 90%.^(19,20). Sin embargo, no encontramos reportes en la literatura médica sobre el uso de SpO₂ en la determinación del taller hemodinámico por método de Fick.

El uso de pulso-oximetría en el cálculo del taller hemodinámico es fácilmente aplicable y reduce la necesidad de gasometrías arteriales, situación ventajosa en pacientes multipuncionados y en estado crítico con accesos vasculares difíciles. Además, esta medida podría contribuir en la disminución de costos hospitalarios relacionados a la vigilancia del paciente sometido a cirugía cardíaca al solicitarse una menor cantidad de estudios y proporcionar información expedita, útil para la toma de decisiones en pacientes en estado crítico.

Tradicionalmente se utiliza la saturación de oxígeno determinada por gasometría para realizar el cálculo del taller hemodinámico, a pesar de ser un procedimiento invasivo que resulta difícil en pacientes multipuncionados. En este estudio intentamos determinar las diferencias en el taller hemodinámico calculado con SpO₂ y por SaO₂ en pacientes sometidos a cirugía cardíaca atendidos en la Unidad de Terapia Postquirúrgica del Centro Médico Nacional "20 de Noviembre", para establecer la utilidad del uso de la SpO₂.

OBJETIVOS

Objetivo Primario

Determinar las diferencias del taller hemodinámico por método de Fick calculado con pulso-oximetría versus gasometría arterial en pacientes sometidos a cirugía cardíaca.

Objetivos Secundarios

- Determinar las diferencias en el gasto cardíaco (GC) calculado por método de Fick con pulsooximetría versus gasometría en pacientes sometidos a Cirugía cardíaca.
- Determinar las diferencias en el índice cardíaco (IC) calculado por método de Fick con pulsooximetría versus gasometría en pacientes sometidos a Cirugía cardíaca.
- Determinar las diferencias en los valores de resistencias vasculares sistémicas (RVS) calculadas por método de Fick con pulsooximetría versus gasometría en pacientes sometidos a Cirugía cardíaca.
- Determinar las diferencias en los valores del coeficiente de extracción de oxígeno (EO₂) calculadas por método de Fick con pulsooximetría versus gasometría en pacientes sometidos a cirugía cardíaca

POBLACION DE ESTUDIO

Muestras sanguíneas obtenidas de pacientes atendidos en la Unidad de Terapia Intensiva Post-quirúrgica sometidos a Cirugía Cardíaca.

Criterios de Selección

Criterios de Inclusión

- Gasometrías obtenidas de pacientes sometidos a cirugía Cardíaca.
- Pulsoximetría funcional.
- Valor de saturación por pulso-oximetría mayor a 90%.

Criterios de Exclusión

- Muestras sanguíneas obtenidas de pacientes con cortocircuitos intracardiacos o intrapulmonares
- Muestras obtenidas de pacientes con neumotórax
- Muestras de pacientes con hemoglobinopatías
- Muestras de pacientes en estado de paro cardíaco
- Muestras de pacientes en estado de choque.

Criterios de eliminación

- Gasometrías con reporte incompleto
- Gasometrías procesadas después de 10 minutos de obtenida la muestra.

Diseño del Estudio

- Intervención: Observacional
- Muestreo: No aleatorio, consecutivo.
- Comparación: Analítico
- Seguimiento: Transversal
- Fuente de Datos: Prolectivo

MÉTODO

Como parte del protocolo estándar de atención y vigilancia de los pacientes atendidos en la Unidad de Terapia Postoperatoria del Centro Médico Nacional “20 de Noviembre” se realizaron gasometrías arteriales y venosas centrales a los pacientes sometidos a Cirugía Cardíaca.

Las muestras sanguíneas se obtuvieron en jeringa de 1 ml directamente de un catéter insertado en la arteria radial y del catéter venoso central. Las paredes de las jeringas fueron impregnadas con heparina. La gasometría fue realizada con el aparato Radiometer 800 ABL Flex.

Calculamos el taller hemodinámico con el método de Fick en forma convencional: En el grupo 1 utilizamos la saturación de oxígeno observada en pulso-oxímetro y los valores de la gasometría venosa y en el grupo 2 considerando los valores de la gasometría arterial y venosa. El taller hemodinámico incluyó los siguientes parámetros: IC, GC, IRVS, Extracción de Oxígeno, Disponibilidad de Oxígeno y Contenidos de Oxígeno.

Análisis Estadístico

Se utilizaron los paquetes estadísticos Medcalc y SPSS 16.0 para Windows. El análisis descriptivo se realizó con Media y Desviación Estándar. Para determinar las diferencias entre los métodos utilizamos la prueba *t* de Student, considerando significancia estadística con valor $p < 0.05$. También fueron calculados los coeficientes de concordancia (R) entre ambos métodos.

RESULTADOS

Analizamos 95 determinaciones de gases en sangre arterial y venosa, realizando el taller hemodinámico a cada una con los 2 métodos propuestos en el estudio.

No se observaron diferencias significativas entre los métodos de cálculo del taller hemodinámico. (Tabla 1). Los coeficientes R para Gasto cardíaco (R=0.83, IC 95% 0.81 – 0.85) e Índice cardíaco (R=0.83 IC 0.81 – 0.85) mostraron un alto nivel de concordancia (Gráficos 1 y 2).

Tabla 1. Comparación del taller hemodinámico por método de Fick calculado con gasometría versus pulso-oximetría

Variable (unidades)	Método Utilizado	Media (DE)	Valor P
CaO2 (ml/gr Hb)	Pulso-oximetría	15.186 ± 1.992	0.899
	Gasometría	15.149 ± 2.019	
DavO2 (ml/gr Hb)	Pulso-oximetría	3.569 ± 1.484	0.865
	Gasometría	3.532 ± 1.519	
EO2 (coeficiente)	Pulso-oximetría	0.233 ± 0.086	0.856
	Gasometría	0.231 ± 0.087	
GC (litros/min)	Pulso-oximetría	7.894 ± 4.124	0.728
	Gasometría	8.106 ± 4.275	
IC (litros/min/m2)	Pulso-oximetría	4.601 ± 2.132	0.640
	Gasometría	4.749 ± 2.216	
RVS (dynas/seg-5)	Pulso-oximetría	880 ± 446.359	0.878
	Gasometría	870 ± 447.592	
IRVS (dynas/seg-5/m2)	Pulso-oximetría	1415 ± 624.780	0.848
	Gasometría	1397 ± 624.732	
IDO2 (ml/min/m2)	Pulso-oximetría	921 ± 233.482	0.720
	Gasometría	823 ± 127.064	

Gráfico 1. Concordancia entre Gasto cardíaco por método de Fick calculado con SaO2 vs SpO2.

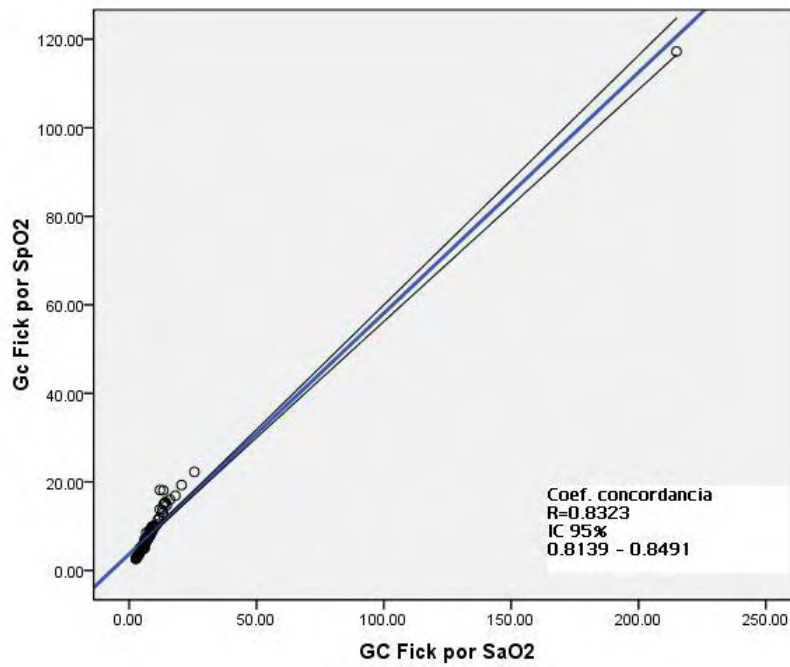
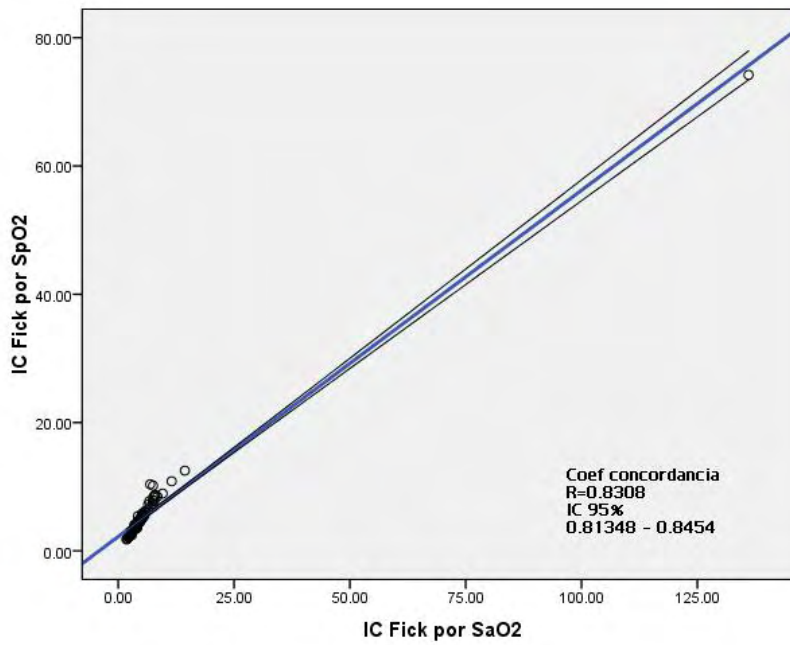


Gráfico 2. Concordancia entre Índice cardíaco por método de Fick calculado con SaO2 vs SpO2.



DISCUSIÓN

El taller hemodinámico por método de Fick calculado con la saturación arterial de oxígeno versus el calculado con el valor de saturación por pulso-oximetría, no mostró diferencias significativas en ninguno de sus parámetros. Dado que se compararon dos métodos para medir una misma variable, se determinaron los coeficientes de concordancia, los cuales mostraron un nivel elevado de precisión entre ambos métodos, por lo que nuestros resultados cuentan con significancia clínica y matemática.

Dichos hallazgos pueden ser principalmente explicados por el grado de precisión y baja variabilidad que ha demostrado la pulso-oximetría respecto a la gasometría arterial cuando ambas se realizan en condiciones óptimas, principalmente cuando el valor de SpO₂ es superior a 90% y en ausencia de artefactos.

La relevancia de nuestros hallazgos radica fundamentalmente en proponer el uso de un método confiable para el cálculo de gasto cardíaco con mínima invasividad, lo cual disminuirá potencialmente la morbilidad por insuficiencia arterial en los pacientes sometidos a Cirugía Cardíaca. Sustituir la determinación de SaO₂ por SpO₂ en el taller hemodinámico de Fick reducirá la necesidad de un catéter arterial ó punciones repetidas para la obtención de muestras de sangre arterial, resultando especialmente útil en pacientes con acceso vascular difícil.

Una ventaja más del uso de la pulso-oximetría en el taller hemodinámico de Fick es la mayor rapidez y accesibilidad para calcular el gasto cardíaco al obviar el tiempo de toma y procesamiento de la gasometría arterial, facilitando la toma de decisiones en el manejo del paciente sometido a Cirugía Cardíaca en la Unidad de Cuidados Intensivos.

Además de las ventajas mencionadas, se considera que un menor requerimiento de estudios gasométricos reducirá el consumo de reactivos de laboratorio, instrumental médico y material de curación, impactando en el costo de la hospitalización.

No encontramos antecedentes sobre el uso de pulso-oximetría para el cálculo del taller hemodinámico de Fick en la literatura médica, por lo que el presente estudio es novedoso y permite generar nuevas hipótesis de trabajo.

Proponemos investigar si el uso de la pulso-oximetría para el cálculo de gasto cardíaco por método de Fick es igualmente preciso en situaciones de hipoxemia o hipoperfusión tisular, para extender su aplicabilidad a grupos especiales de

pacientes con enfermedades críticas, como el choque séptico y la lesión pulmonar aguda.

CONCLUSIONES

- El cálculo del taller hemodinámico de Fick utilizando la saturación de oxígeno por pulso-oximetría es tan confiable como el calculado por gasometría en pacientes sometidos a Cirugía Cardíaca.
- No existen diferencias significativas entre los resultados de Gasto cardíaco, Índice cardíaco, Contenido arterial de oxígeno, Diferencia arterio-venosa de oxígeno, Coeficiente de extracción de oxígeno, Disponibilidad de oxígeno e Índice de resistencias vasculares sistémicas, calculados por pulso-oximetría vs gasometría.

REFERENCIAS

1. Tibby S, Murdoch I. Monitoring cardiac function in intensive care. *Arch Dis Child* 2003;88:46-52
2. Pinsky M, Payen D. Functional hemodynamic monitoring. *Critical Care* 2005;9:566-572
3. Pinsky M. Hemodynamic Evaluation and Monitoring in the ICU. *Chest* 2007;132:2020-2029
4. Kern J, Shoemaker. Meta-analysis of hemodynamic optimization in high-risk patients. *Crit Care Med* 2002;30:1686-92
5. Chaney J, Derdak S. Minimally invasive hemodynamic monitoring for the intensivist: Current and emerging technology. *Crit Care Med* 2002;30:2338-2345
6. Dhingra V, Fenwick J, Walley K. Lack of agreement between thermodilution and Fick cardiac output in critically ill patients. *Chest* 2002;122:990-997
7. Selzer A, Sudrann R. Reliability of the determination of cardiac output in man by means of the Fick principle. *Circulation Research* 1958;6:485-490
8. Dobb G, Donovan K. Non-invasive methods of measuring cardiac output. *Intensive Care Med* 1987;13:304-309
9. Pinsky M. The meaning of cardiac output. *Intensive Care Med* 1990;16:415-417
10. Hoepfer M, Maier R, Tongers J. Determination of cardiac output by de Fick method, thermodilution and acetylene rebreathing in pulmonary hypertension. *Am J Respir Crit Care Med* 1999;160:535-541
11. Keinanen O, Takala J, Kari A. Continuous measurement of cardiac output by the Fick principle: Clinical validation in intensive care. *Crit Care Med* 1992;20:360-365
12. Mahutte C, Jaffe M, Chen P. Oxygen Fick and modified carbon dioxide Fick cardiac outputs. *Crit Care Med* 1994;22:86-95
13. Bishop M, Shoemaker W, Appel P. Prospective, randomized trial of survivor values of cardiac index, oxygen delivery, and oxygen consumption as

- resuscitation endpoints in severe trauma. *J Trauma Injury Infect Crit Care* 1995;38:780-787
14. Watt R, Loeb R, Orr J. Comparison of a new non-invasive cardiac output technique with invasive bolus and continuous thermodilution. *Anesthesiology* 1998;89:A536
 15. Parrillo J. *Critical Care Medicine: Principles of Diagnosis and Management in the Adult*. Third Ed. Elsevier-Mosby: pp 219-232
 16. Moise S, Sinclair C, Scott D. Pulmonary artery blood temperature and the measurement of cardiac output by thermodilution. *Anaesthesia* 2002;57:562-566
 17. Pinsky M. *Applied Physiology in Intensive Care Medicine*. Springer: pp 29-32
 18. Pedersen T, Møller A, Pedersen B. Pulse Oximetry for perioperative monitoring: Systematic review of randomized, controlled trials. *Anesth Analg* 2003;96:426-431
 19. Moller J, Johannessen N, Espersen K. Randomized evaluation of pulse oximetry in 20,802 patients: ii perioperative events and postoperative complications. *Anesthesiology* 1993;78:445-453
 20. Walsh T. Recent advances in gas exchange measurement in intensive care patients. *Br J Anaesth* 2003;91:120-131