

* ESTUDIO COMPARATIVO DE CUATRO METODOS PARA LA INVESTIGACION DEL GASTO CARDIACO

** DRA. ROSA DEL CARMEN ROJO CORDERO

RESUMEN

Se estudiaron 16 pacientes programados para cirugía; siete con RAQ I-II y nueve con RAQ III-IV. En cada paciente se investigó el gasto cardiaco mediante los métodos de Fick, Starr y Remington-Hamilton y se encontró que con el método de Starr se tiene un error de cálculo mayor que con los otros. Se estudió además la relación entre el gasto cardiaco y la $Da-VO_2$ y se encontró una relación lineal negativa entre ambas variables, con coeficiente de correlación (r) de -0.6 . La ecuación de regresión para estos valores proporciona cifras de gasto cardiaco con un error de cálculo significativamente menor.

SUMMARY

Eighteen patients programmed for surgery were studied: with seven RAQ. I-II was used; with nine RAQ. III-IV was used. In each patient the cardiac consumption was studied following Fick, Starr and Remington-Hamilton methods and it was determined that Starr's way gives a greater calculation error than the others. Besides, the relation between the cardiac consumption and the $Da-VO_2$ was observed and determined a negative relation between both variables, with a coefficient relation (r) of -0.66 . The equation of regression for these values offers numbers for cardiac consumption with a significantly smaller calculation error.

INTRODUCCIÓN

POR lo general, el gasto cardiaco no se investiga en el estudio preoperatorio del paciente quirúrgico. Sin embargo, en pacientes graves es necesario conocerlo para hacer una valoración más completa.

Investigando el gasto cardiaco (GC), se puede calcular el índice cardiaco, volumen latido, índice de volumen latido, trabajo del ventrículo izquierdo por latido y resistencia periférica total, lo que permite evaluar el estado hemodinámico de manera más objetiva.^{1, 2, 3}

Se han propuesto muchos métodos para investigar el GC, unos muy sencillos que se ba-

san en la presión del pulso, y otros más complejos como el de termodilución que incluyen el uso de computadoras.^{4 a 10}

El médico anestesiólogo debe disponer de un método sencillo y preciso que le permita hacer cuantificaciones del GC de manera rápida.

Conforme con esta necesidad, este estudio tiene los objetivos siguientes:

1. Seleccionar un método que permita conocer el GC de manera rápida y con un error de cálculo aceptable.
2. Valorar de modo más completo el estado cardiovascular del paciente quirúrgico.
3. Disponer de un dato básico para calcular otros datos hemodinámicos.

*Tesis para obtener el título de Médico Especialista en Anestesiología.

**Servicio de Anestesiología del Hospital General del Centro Médico Nacional, IMSS. México, D.F.

MATERIAL Y MÉTODO

Se estudiaron 16 pacientes programados para cirugía por diversos padecimientos (cuadro I), siete con riesgo anestésico-quirúrgico (RAQ) I-II; y nueve con RAQ III-IV (cuadro II).

CUADRO I. DIAGNOSTICO PREOPERATORIO.

Diagnóstico preoperatorio	Núm. de pacientes
CIRUGIA GENERAL	7
Cirrosis hepática. Hipertensión portal. Ca. de recto-sigmoides. Sepsis. Colecistitis crónica litiásica. Ca. de antro gástrico y píloro. Hipertensión portal en estudio. Leiomiomas gástrico.	
NEUROCIRUGIA	6
Hernia de disco. Tumor hipofisario. Aneurisma de comunicante posterior. Neuroformación extradural.	
ANGIOLOGIA	2
Tronboangeítis obliterante. Aneurisma de aorta abdominal.	
CIRUGIA DE CUELLO	1
Bocio multinodular.	
TOTAL	16

CUADRO II. RIESGO ANESTESICO-QUIRURGICO.

Clase	Núm. de paciente	Total
I	4	7
II	3	
III	5	9
IV	4	
V	0	
Total	16	16

A todos los pacientes se les aplicó el sistema general siguiente:

1. Instalación de un catéter venoso central por disección de la vena basilíca; corroborando su posición mediante radiografía con material de contraste.

2. Recolección de una muestra de aire espirado, lo que permitió investigar gases en sangre venosa central (FIO₂: 0.2); gases sanguí-

neos arteriales (FIO₂: 0.21) y consumo de oxígeno por minuto; se obtuvieron además los datos de presión arterial media (PAM = Presión diastólica — 1/3 presión de pulso), frecuencia cardiaca y superficie corporal (nomograma de Dubois Dubois).

En cada paciente se investigó el GC según los métodos siguientes:

1. Método de Fich^{11, 12}

$$GC = \frac{VO_2}{DA-VO_2}$$

GC: Gasto cardiaco.

VO₂: Consumo de oxígeno por minuto.

Da-VO₂: Diferencia arteriovenosa de oxígeno.

$$VO_2 = (V_I \times FiO_2) - (V_E \times FeO_2)$$

V_I: Volumen inspirado por minuto.

V_E: Volumen espirado por minuto.

FiO₂: Fracción inspirada de oxígeno.

FeO₂: Fracción espirada de oxígeno.

$$Da-VO_2 = CaO_2 - CvO_2$$

CaO₂: Contenido arterial de oxígeno.

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

Hb: Hemoglobina.

SaO₂: Saturación de hemoglobina en sangre arterial.

PaO₂: Presión parcial arterial de oxígeno.

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

SvO₂: Saturación de hemoglobina en sangre venosa.

PvO₂: Presión parcial venosa de oxígeno.

2. Método de Starr.¹³

$$VL = 100 - 0.5 PP - 0.6 PD - 0.6 \text{ edad}$$

VL: Volumen latido.

PP: Presión del pulso.

PD: Presión diastólica.

$$GC = VL \times FC$$

GC: Gasto cardiaco.

VL: Volumen latido.

FC: Frecuencia cardiaca.

3. Método de Remington-Hamilton.

Se basa en la medida auscultatoria de la presión arterial y de la presión del pulso. La presión del pulso es corregida al tamaño corporal y a las inflexiones en la curva de distensibilidad aórtica con los factores de volumen del cuadro III. Los valores sistólicos y diastólicos de la pre-

CUADRO IV. GASTO CARDIACO SEGUN EL METODO USADO Y EL RIESGO ANESTESICO-QUIRURGICO.

METODO	RIESGO A-Q	
	I-II	III-IV
Fick	6.49 ± 1.21	6.29 ± 3.78
Starr	4.50 ± 1.36	3.86 ± 1.49
Remington-Hamilton	5.15 ± 1.07	5.48 ± 2.42

CUADRO III. INVESTIGACION DEL GASTO CARDIACO. METODO DE REMINGTON-HAMILTON. FACTORES DE VOLUMEN.

Presión	Volumen	Presión	Volumen	Presión	Volumen
20	0	100	81	180	140
30	10	110	90	200	148
40	21	120	100	220	155
50	31	130	108	240	161
60	42	140	115	260	167
70	52	150	122	280	173
80	62	160	128	300	179
90	71	170	134		

CUADRO V. ERROR DE CALCULO DEL GASTO CARDIACO CON LOS METODOS DE STARR Y REMINGTON-HAMILTON.

METODO	RIESGO A-Q		
	I-II	III-IV	
Starr	3.42	2.14	2.57
Remington-Hamilton	2.59	1.78	2.01

En el cuadro VI se presentan el VO_2 , la $Da-vO_2$ y el GC de todos los pacientes. La relación entre el GC y la $Da-vO_2$ se describen en la figura

sión arterial se corrigen con estos factores de volumen; después se obtiene, a partir de estos valores, la presión del pulso corregida (PPc).¹³

$$IC = PPc \times FC$$

IC: Índice cardiaco.

$$GC = IC \times SC$$

G: Superficie corporal.

Por último, se estudió la relación entre el GC y la diferencia arteriovenosa de oxígeno según un análisis de regresión y correlación.⁹

RESULTADOS

La edad de los pacientes con RAQ I-II varió de 20 a 65 años, con una mediana de 34; la de los pacientes con RAQ III-IV de 26 a 65 años con una mediana de 56.

Con el método de Fick, el GC fue de 6.49 ± 2.21 l/min. en los pacientes con RAQ I-II; y de 6.29 ± 3.78 l/min. en los pacientes con RAQ III-IV. En el cuadro IV se anotan estos valores junto con los obtenidos con los métodos de Starr y Remington-Hamilton.

El error de cálculo con los métodos de Starr y Remington-Hamilton respecto al método de Fick, se anota en el cuadro V.

CUADRO VI. RELACION ENTRE EL vO_2 , $Da-vO_2$ Y G.C.

Núm. de pacientes	vO_2 (ml./min.)	$Da-vO_2$ (vol. %)	G.C. (1.%)
2	258.5 ± 87.6	2.5 ± 0.6	10.9 ± 6.1
5	232.6 ± 57.20	3.5 ± 0.3	6.5 ± 1.4
4	313.2 ± 41.92	4.5 ± 0.3	6.5 ± 1.4
3	255.8 ± 55.73	5.6 ± 0.2	4.5 ± 1.0
2	139.8 ± 109	9.0 ± 3.7	3.2 ± 0.8

1. A partir de estos valores se obtuvo la ecuación de regresión para este diagrama:

$$Y = 10.48 - 0.86 \times$$

El coeficiente de correlación para estas dos variables (GC y $Da-vO_2$) es de -0.66. Mediante esta ecuación de regresión, el GC fue de 6.45 ± 0.60 l/min. en los pacientes con RAQ I-II; y de 7.32 ± 1.42 l/min. en los pacientes con RAQ III-IV.

El error de cálculo con esta ecuación es de 1.09 para el grupo de pacientes con RAQ I-II y de 1.79 para los pacientes con RAQ III-IV.

COMENTARIOS

El método de Starr informó valores menores que los obtenidos con los métodos de Fick y Remington-Hamilton, lo que concuerda con lo

notificado por Greene y Broo Klyn.¹³ Esto se debe probablemente a que en las fórmulas de Starr no se consideran la superficie corporal y las inflexiones en la curva de distensibilidad aórtica.

En relación con estos resultados, el error de cálculo lógicamente es mayor con este método, de 2.57 respecto al método de Fick y de 2.01 respecto al de Remington-Hamilton, en relación también con el método de Fick.

Remington informa un error al 26 por ciento de su método en relación con el de Fick. Starr señala que el error intrínseco del método corresponde al error intrínseco del método de Fick (15 a 20 por ciento),¹³ situaciones que no concuerdan con nuestros resultados.

La relación entre el GC, el vO_2 y la $Da-vO_2$ fue expuesta en teoría por Adolph Fick hace más de 100 años (1870) y está expresada por la siguiente fórmula:

$$GC = \frac{VO_2}{DA-vO_2}$$

Conociendo dos de estos tres factores, el tercero puede calcularse fácilmente.

El problema es que en la práctica frecuentemente se conoce sólo un factor, por lo general la $Da-vO_2$.

Si el paciente no tiene trastornos hemodinámicos, está en reposo y tiene metabolismo normal, puede considerarse que el VO_2 es de 145 ml./min./m². Consecuentemente el GC puede calcularse a partir de la $Da-vO_2$. Sin embargo, si el paciente está en choque o es hiperactivo, el VO_2 puede variar y el GC calculado a partir de la $Da-vO_2$ puede ser completamente falso.

Al estudiar la relación del GC con la $Da-vO_2$ encontramos una relación lineal negativa entre ambas variables con una $Da-vO_2$ de 2.5 ± 0.6 vol. por ciento había un GC de 10.9 ± 6.1 l./min.; mientras que con una $Da-vO_2$ de 0.9 ± 3.7 vol. por ciento, había un GC de 3.2 ± 0.8 l./min. Esta relación la confirmamos con un coeficiente de correlación (r) de -0.66. Estos resultados son iguales a los obtenidos por Wilson y col.¹¹

Con estos valores obtuvimos la ecuación de regresión para este diagrama:

$$GC = 10.48 - 0.86 Da-vO_2$$

A partir ella se puede calcular el GC correspondiente a una cifra específica de $Da-vO_2$ para calcular paciente y el error de cálculo del GC con el uso de esta ecuación es significativamente menor que con los otros métodos.

REFERENCIAS

1. BROWN, R.: *Hemodynamic monitoring in the community hospital ICU*. Crit. Care Med., 5:101, 1977.
2. CARLON, G.C. Y COL.: *Hemodynamic pressure variable and stroke index*. Crit. Care Med. 6:24, 1978.
3. SISK, A.W. Y COL.: *The influence of hypoxia and metabolic alkalosis on oxygen tension in the mixed venous blood and cardiac output*. The Amer. Surg. 44:794, 1978.
4. Editorial: *Measurement of cardiac output*. Crit. Care Med. 5:117, 1977.
5. FRANCIS, D.B.: *An algorithm for the automated determination of cardiac output by the Stewart-Hamilton method*. I. Fransact. on Biomed. Engin. 24:82, 1977.
6. BJORN, LAURITZ, H.: *Some aspects of the clinica use of thermodilution in measuring cardiac output*. Scand. J. Clin. Lab. Invest. 38:383, 1978.
7. SEVERINGHAUS, J.W. Y COL.: *Measurement of lung weight and cardiac output by eingle breath and rebreathing methode with a mass spectrometer*. Acta Anaesth. Scand. Suppl. 70:161, 1978.
8. DAVIS, C.C. Y COL.: *Measurements of cardiac output in serious y ill patients using a CO₂ rebreathing method*. Chest. 73:167, 1978.
9. FRANCIOSA, J.A.: *Evaluation of the CO₂ rebreathing cardiac output method in serously ill patients*. Circulation. 55:449, 1977.
10. SUTTON, R. Y COL.: *Noninvasive assessment of left ventricular function in chronic heart disease*. Amer. Heart J. 93:289, 1977.
11. WILSON, R. Y COL.: *The use of arterial-central venous oxygen differences to calculate cardiac output and oxygen consumption in critically ill patients*. Surgery. 84:362, 1978.
12. NEUHOF, H. Y COL.: *Method for continously measured oxygen consumption and cardiac output for use in critically patients*. Crit. Care Med. 6:155, 1978.
13. GREENE, B. Y COL.: *Cardiac output and total peripheral resistance in anesthesiology*. JAMA. 166:1003, 1958.