

INFLUENCIA DEL RIESGO ANESTÉSICO-QUIRÚRGICO SOBRE LA DETERMINACION DEL GASTO CARDIACO APLICANDO EL PRINCIPIO DE FICK

*ANGELA DÁVILA
*RAÚL CASTAÑEDA
**RICARDO SÁNCHEZ
*ROSALINDA MEJÍA

RESUMEN

Se estudia la correlación entre el gasto cardiaco (GC) y la diferencia arterio-venosa de oxígeno ($Da-vO_2$), así como la influencia del riesgo anestésico-quirúrgico sobre esta relación, con el objeto de poder aplicar el estudio de regresión correspondiente, para lo cual se estudiaron 16 pacientes adultos, 8 con riesgo anestésico-quirúrgico I y II, y 8 con riesgo III y IV. En los pacientes con riesgo III y IV la correlación entre el GC y la $Da-vO_2$ fue significativamente menor que en los pacientes con riesgo I y II; mientras que en el grupo total se obtuvo una correlación significativamente diferente. Se concluye que para la determinación del GC a partir de la $Da-vO_2$ se debe considerar el riesgo anestésico-quirúrgico, ya que éste influye significativamente en la correlación de estas variables.

Palabras claves: Gasto cardiaco. Diferencia arterio-venosa de oxígeno. Consumo de oxígeno. Riesgo anestésico-quirúrgico. Principio de Fick.

SUMMARY

This paper evaluates the relationship between cardiac output and the arterial-venous oxygen difference, as well as the influence of the physical status grade on this relationship, with the purpose of applying the respective regression procedure based in the evaluation of 16 adult patients, 8 of which had ASA physical status I and II, and the remaining 8 with ASA physical status III and IV. In the latter group the correlation among cardiac output and arterial-venous oxygen difference was significantly less than that showed in the group with ASA physical status I and II. The correlation obtained in the total group was significantly different. It was concluded that in determining the cardiac output utilizing the arterial-venous oxygen difference, the patients physical status must be taken into consideration since this latter play an important role in the relationship of these 2 variables.

Key words: Cardiac out put. Arterial venous oxygen difference. Oxygen consumption. Anesthetic risk. Surgical risk. Fick principal.

El manejo perianestésico adecuado del paciente quirúrgico grave requiere del monitoreo cuidadoso de los sistemas pulmonar y cardiovascular. Idealmente este monitoreo debe incluir la determinación directa del gasto cardiaco, presión arterial media, presión venosa central, presión capilar pulmonar en cuña, gases san-

guíneos arteriales y venosos centrales. Sin embargo, en nuestro medio frecuentemente no se puede llevar el monitoreo de todas estas variables, por lo que es necesario contar con un método de fácil aplicación y exactitud razonable, para determinar por lo menos el gasto cardiaco. La determinación del gasto cardiaco tiene particular

*Médico Anestesiólogo.

**Jefe del Servicio.

Trabajo enviado por el Departamento de Anestesiología y Terapia Respiratoria. Hospital de Especialidades, Centro Médico Nacional (IMSS).
Recibido: 30 de agosto de 1986. Aceptado: 30 de noviembre de 1986. Sobretiros: Angela Dávila. Pastorelas No. 14, Colina del Sur. México, 01430, D.F.

importancia para el anestesiólogo, ya que le permite calcular otras variables que dan información más precisa sobre el estado actual y reserva funcional del sistema cardiopulmonar. Para la medición del gasto cardiaco se han diseñado varios métodos de fácil aplicación,¹⁻⁴ pero que tienen el inconveniente de una correlación muy variable con los métodos de medición directa. La determinación del gasto cardiaco aplicando el principio de Fick al consumo y diferencia arterio-venosa de oxígeno tiene la ventaja de ser fácilmente aplicable, tener una alta correlación con los métodos directos, y además nos ofrece la posibilidad de poder hacer la determinación a partir de un sólo factor, como podría ser la diferencia arterio-venosa de oxígeno. Consecuentemente, este trabajo tiene por objeto (1) establecer la correlación entre el gasto cardiaco y la diferencia arterio-venosa de oxígeno y, (2) determinar la influencia del riesgo anestésico-quirúrgico sobre esta correlación.

MATERIAL Y METODO

Después de obtener la aprobación del Comité para Investigación Clínica y el consentimiento informado, se estudiaron 16 pacientes adultos, 7 hombres y 9 mujeres, con una edad promedio de 46.3 ± 15.0 años y una superficie corporal de 1.6 ± 0.09 m²; programados para cirugía electiva con diferentes diagnósticos preoperatorios (cuadro I); 8 tenían un riesgo anestésico-quirúrgico de I y II, y 8 un riesgo III y IV, según calificación de la Sociedad Americana de Anestesiólogos.

En cada paciente se instaló un catéter venoso central y otro en arteria radial, y se obtuvo una muestra de aire espirado; lo que nos permitió determinar los gases

CUADRO I
DIAGNOSTICO PREOPERATORIO DEL GRUPO
TOTAL DE PACIENTES

CIRUGIA GENERAL	8
Cirrosis hepática con hipertensión portal	
Cáncer del recto sigmoides	
Sepsis peritoneal	
Colecistitis crónica	
Cáncer del antro gástrico y del píloro	
Leiomioma gástrico	
NEUROCIRUGIA	4
Hernia de disco	
Tumor hipofisario	
Aneurisma de la arteria comunicante posterior	
Neoformación extradural	
ANGIOLOGIA	2
Tromboangitis obliterante	
Aneurisma de aorta abdominal	
CIRUGIA DE CUELLO	2
Bocio multinodular	

sanguíneos venosos centrales y arteriales, así como el consumo de oxígeno (VO₂). A partir de estas determinaciones calculamos el contenido arterial de oxígeno (CaO₂), contenido venoso de oxígeno (CvO₂) y diferencia arterio-venosa de oxígeno (Da-vO₂). Relacionando el VO₂ y la Da-vO₂ obtuvimos el gasto cardiaco (GC) aplicando el principio de Fick.⁹

El análisis estadístico de los datos incluyó los valores absolutos (media \pm desviación estándar) de la Da-vO₂ (vol. %), vO₂ (ml/min) y GC (L/min) determinados en el preoperatorio (cuadro II); el contraste de las diferencias se hizo con la prueba de T para datos correlacionados. El grado de asociación entre el GC y la Da-vO₂, se expresó por el coeficiente de correlación de Pearson (r).¹⁰

CUADRO II
VALORES ABSOLUTOS (MEDIA \pm DESVIACION ESTANDAR)
DE A Da-vO₂ EN VOL %, VO₂ EN ML/MIN Y GC EN L/MIN

Riesgo	Da-vO ₂	VO ₂	GC
I y II	4.86 \pm 0.76	299.8 \pm 47.5	6.49 \pm 1.21
III y IV	4.83 \pm 0.93	209.2 \pm 80.5	6.29 \pm 3.78
Grupo total	4.77 \pm 2.12	248.8 \pm 78.1	6.37 \pm 2.78

RESULTADOS

La relación entre el GC y la Da-vO₂ fue lineal con pendiente negativa en las diferentes condiciones que se estudiaron. Así, en los pacientes con riesgo I y II la correlación entre estas variables nos dió una $r = 0.68$ ($p < 0.01$); y la regresión del GC sobre la Da-vO₂ tuvo la siguiente ecuación: $GC = 10.95 - 0.95 Da-vO_2$ (figura 1). Mientras que en los pacientes con riesgo III y IV se obtuvo una $r = 0.59$ ($p < 0.01$); con la siguiente ecuación de regresión: $GC = 10.40 - 0.85 Da-vO_2$ (figura 2). Al estudiar la relación de estas variables en el grupo total de pacientes (sin considerar el riesgo) obtuvimos una $r = 0.62$ ($p < 0.001$) y la siguiente ecuación de regresión: $GC = 10.46 - 0.85 Da-vO_2$ (figura 3).

COMENTARIO

Determinación del gasto cardiaco. Principio de Fick. La cantidad de oxígeno por minuto entregado a los capilares pulmonares vía la arteria pulmonar ($q_1 = Q[O_2]_{ap}$) más la cantidad de oxígeno por minuto que entra a los capilares pulmonares desde los alveólos ($q_2 = VO_2$) debe ser igual a la cantidad de oxígeno por minuto que es transportado fuera por las venas pulmonares ($q_3 = Q[O_2]_{vp}$).^{11, 12}

Según la ley de conservación de masas,

$$q_1 + q_2 = q_3$$

Por tanto,

$$Q(O_2)_{ap} + VO_2 = Q(O_2)_{vp}$$

Despejando el gasto cardiaco,

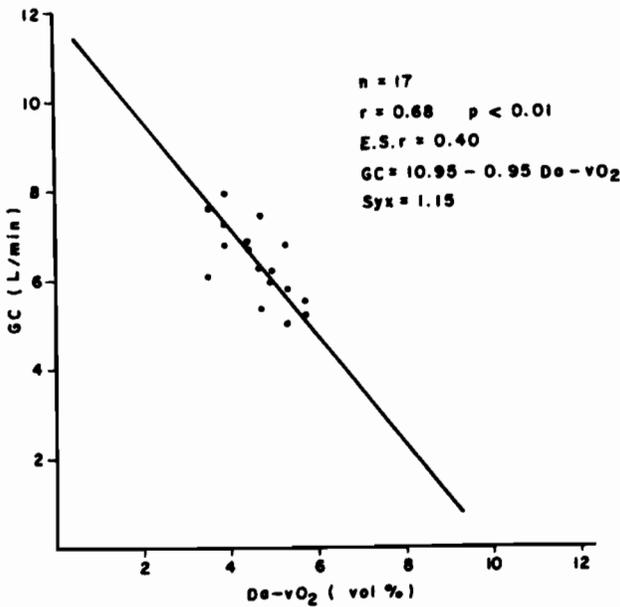


Figura 1. Correlación entre el gasto cardíaco en L/min y la diferencia arterio-venosa de oxígeno en vol % en pacientes con riesgo anestésico-quirúrgico I y II. n = pares de estimaciones. r = coeficiente de correlación. E.S.r = error estándar de r. p = significancia de r. GC = 10.95 - 0.95 Da-vO₂ es la ecuación de regresión que define la relación lineal. Syx = error típico de la estimación.

$$Q = \frac{VO_2}{[(O_2)_{vp} - (O_2)_{ap}]}$$

En la determinación clínica del GC, el VO₂ lo determinamos midiendo la diferencia entre la concentración inspirada y la espirada de oxígeno:

$$VO_2 = (VI \times FiO_2) - (VE \times FeO_2)$$

donde VI = volumen inspirado por minuto, FiO₂ = fracción inspirada de oxígeno, VE = volumen espirado por minuto, y FeO₂ = fracción espirada de oxígeno. Ya que la concentración de oxígeno en la sangre arterial periférica es igual que en las venas pulmonares, la determinamos en una muestra de sangre arterial periférica y se expresa como contenido arterial de oxígeno (CaO₂):

$$CvO_2 = (Hb \times 1.34 \times SrO_2) + (PvO_2 \times 0.003)$$

donde Hb = hemoglobina (g), 1.34 = volúmenes (vol) de oxígeno que transporta un gramo de Hb, SaO₂ = saturación arterial de oxígeno (%), PaO₂ = presión parcial arterial de oxígeno (torr), y 0.003 = coeficiente de solubilidad del oxígeno (vol %/torr). La concentración de oxígeno en la sangre obtenida desde la arteria pulmonar o ventrículo derecho, y se expresa como contenido venoso de oxígeno (CvO₂):

$$CvO_2 = (Hb \times 1.34 \times SvO_2) + (PvO_2 \times 0.003)$$

donde SvO₂ = saturación venosa de oxígeno, y PvO₂ = presión parcial venosa de oxígeno. La diferencia en la concentración de oxígeno entre las venas y arteria pulmonares se expresa como diferencia arterio-venosa de oxígeno (Da-vO₂):

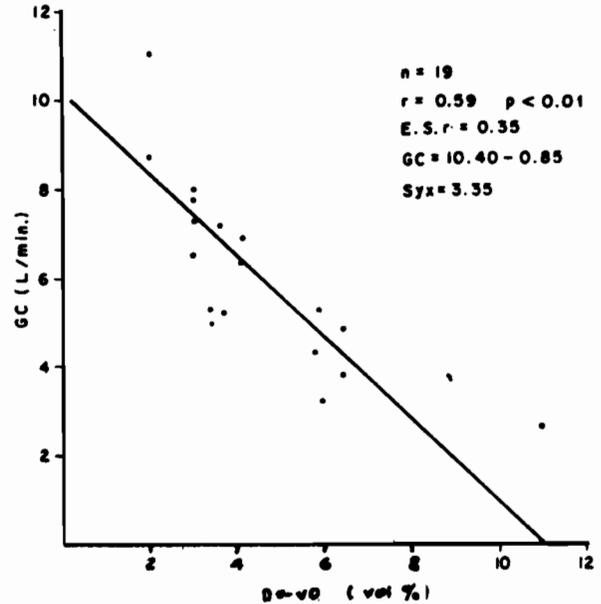


Figura 2. Correlación entre el gasto cardíaco (GC) y la diferencia arterio-venosa de oxígeno (Da-vO₂) en pacientes con riesgo III y IV. Las condiciones y estadígrafos son los mismos que en la figura 1.

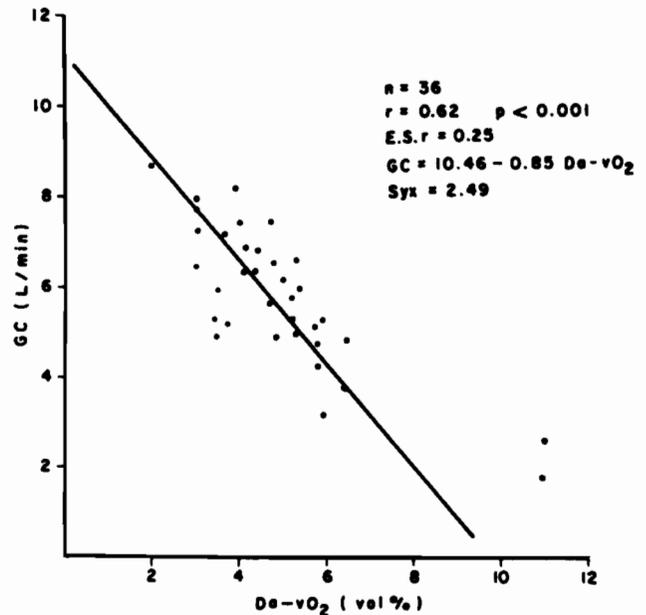


Figura 3. Correlación entre el gasto cardíaco (GC) y la diferencia arterio-venosa de oxígeno (Da-vO₂) en el grupo total de pacientes. Las condiciones y estadígrafos son los mismos que en la figura 1.

$$Da-vO_2 = CaO_2 - CvO_2$$

Considerando estas expresiones, el GC queda definido por la siguiente ecuación:

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

Los valores de GC obtenidos aplicando el principio de Fick al VO₂ y Da-vO₂ tienen una exactitud del ±.

10%; mientras que los obtenidos con el método de termodilución del $\pm 2.2\%$, y la correlación entre ambos métodos es alta ($r = 0.993$, $p < 0.001$).^{15, 17} Por otro lado, la correlación entre los valores obtenidos aplicando el principio de Fick al oxígeno y los obtenidos con otras técnicas es por lo general alta. Así, Franciosa⁷ obtuvo una $r > 0.92$ ($p < 0.001$) al relacionar los valores de GC obtenidos aplicando el principio de Fick al oxígeno con los obtenidos a partir del VCO_2 y la $Da-vCO_2$; mientras que Davis y col.⁸ reportan una $r = 0.93$ ($p < 0.001$) entre los valores obtenidos aplicando el principio de Fick al CO_2 y los obtenidos con la técnica de dilución de un colorante.

Influencia del riesgo anestésico-quirúrgico. En los pacientes con riesgo III y IV la correlación entre el GC y la $Da-vO_2$ fue significativamente menor que en los pacientes con riesgo I y II, lo cual se explica por la influencia que pueden tener sobre estas variables las patologías individuales que presentaban estos pacientes, y que reconocidamente alteran la dinámica

cardiovascular. Así, los estados hiperdinámicos se caracterizan por una disminución en el consumo y transporte efectivo de oxígeno en relación con un aumento en la SvO_2 y CvO_2 que puede deberse al desarrollo de extensos cortocircuitos arterio-venosos en la circulación pulmonar y sistémica.¹⁶ Por otro lado, los estados hipodinámicos cursan con aumento del consumo y transporte efectivo de oxígeno como parte de la respuesta metabólica que tiende a mantener el aporte de oxígeno a nivel tisular.¹⁷

Al estudiar el grupo total de pacientes (sin considerar el riesgo) obtuvimos una correlación significativamente diferente que cuando estudiamos los riesgos por separado. Por lo que recomendamos que en la determinación del GC a partir de un sólo factor, en este caso la $Da-vO_2$ se considere el estado cardiovascular del paciente y el riesgo anestésico-quirúrgico para que se aplique el estudio de regresión correspondiente.

1 vol = 1 ml

1 torr = 1 mm Hg = 0.1333 KPas

REFERENCIAS

1. GREENE A B: *Cardiac output and total peripheral resistance in anesthesia*. JAMA 1958; 166: 1003-1010.
2. CARLON C G, HOWLAND S W, GOLDINER L P, TURNBULL D A, Campfield B P: *Hemodynamic pressure variables and stroke index*. Crit Care Med 1978; 6:24-27
3. WEH M H: *Mesasurement of cardiac output*. Crit Care Med 1977; 5:117-119.
4. BROWN S R: *Hemodynamic monitoring in the community hospital ICU*. Crit Care Med 1977; 5:101-104.
5. WILSON F R, GIBSON D: *The use of arterial-central venous oxygen differences to calculate cardiac output and oxygen consumption in critically ill surgical patients*. Surgery 1978; 84:362-369.
6. NEUHOF H, WOLF H: *Method for continuously measured oxygen consumption and cardiac output for use in critically ill patients*. Crit Care Med 1978; 6:155-161.
7. Franciosa A J: *Evaluation of the CO_2 rebreathing cardiac output method in seriously ill patients*. Circulation 1977; 55:449-455.
8. DAVIS C C, JONES L N, SEALEY J B: *Measurements of cardiac output in seriously ill patients using a CO_2 rebreathing method*. Chest 1978; 73:167-172.
9. CASTAÑEDA R, SANCHEZ R, DÁVILA A, MENDOZA C: *Estudio de la función cardiopulmonar en el paciente quirúrgico grave*. Rev Mex ANest 1987; 10:
10. DOWNIE M N, HEATH W R: *Métodos estadísticos aplicados*. 1a. Ed., México, Harla, S.A. de C.V. 1973.
11. BERNE N R, LEVY N M: *Cardiac output and venous return*. En: Cardiovascular physiology. Third edition, USA. The C.V. Mosby Company. 1977. Pp 191-220.
12. LITTLE C R: *The output of the heart and its control*. En: Physiology of the heart and circulation. USA. Year Book Medical Publisher, Inc. 1977. Pp 145-171.
13. GANZ W, DONOSO R, MARCUS H S: *A new technique for measurement of cardiac output by thermodilution in man*. Am J Cardiol 1971; 27:392-396.
14. FORRESTER J S, GANZ W, DIAMOND G: *Thermodilution cardiac output determinations with a single flow-directed catheter*. Am Heart J 1972; 83:306-311.
15. WEISEL R D, BERGER R L, HECTMAN H B: *Measurement of cardiac output by thermodilution*. N Eng J Med 1975; 292:682-684.
16. SIEGEL H J, GREENSPAN M, COHN D J, DEL GUERCIO M R L: *The prognostic implications of altered physiology in operations for portal hypertension*. Gynecol Obstet 1968; 249-262.
17. SIEGEL H J, GREENSPAN M, DEL GUERCIO M R L: *Abnormal vascular tone, defective oxygen transport and myocardial failure in human septic shock*. Ann Surg 1967; 165:504-517.