

Utilidad de las curvas de Starling en el enfermo grave

Enfra. VIRGINIA MADRIGAL SILLER *

Enfra. GUADALUPE CASTRELLÓN MONTELONGO **

DR. JOSÉ MANUEL CONDE MERCADO ***

DR. ALFREDO SIERRA UNZUETA ****

DR. ALBERTO VILLAZÓN SAHAGÚN *****

INTRODUCCIÓN

CON el empleo de cateterismos de la arteria pulmonar y de las arterias radial o humeral se obtienen de manera rápida y seriada determinaciones de presión diastólica pulmonar, (P.D.P.), presión capilar pulmonar (P.C.P.) y gasto cardiaco (Q), ya sea con el empleo de verde de indocianina o con las más modernas técnicas de termodilución. Estos parámetros permiten construir curvas de Starling para lograr precisar los requerimientos óptimos de fluidos de un enfermo en un momento dado. Malin y Schwartz¹ han mostrado la utilidad de estas curvas para determinar el nivel óptimo de P.C.P. que produce el mejor gasto cardiaco (figura 1). Cuando la P.C.P. está en límites bajos se pueden efec-

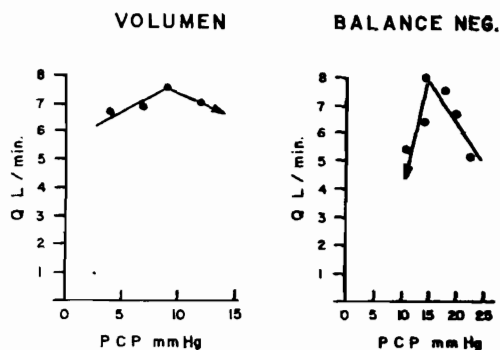


FIG. 1. La administración de volumen (izquierda) o la aplicación de diuréticos (derecha) permiten precisar el nivel de P.C.P. que produce el óptimo gasto cardiaco.

tuar cargas de volumen cada 15 ó 30 minutos hasta lograr el máximo ascenso de la P.C.P. que produzca un gasto cardiaco mejor; o bien, cuando la P.C.P. está en nive-

* Jefe de Enfermeras de la Unidad de Terapia Intensiva y Unidad Coronaria, Hospital Español de México.

** Jefe de turno de la Unidad de Terapia Intensiva y Unidad Coronaria, Hospital Español de México.

*** Residente del 4o. año en la Especialidad de Terapia Intensiva, Hospital Español de México.

**** Médico Adjunto al Servicio de Terapia Intensiva, Hospital Español de México.

***** Jefe del Departamento de Terapia Intensiva, Unidad de Terapia Intensiva, Hospital Español de México.

les por encima de lo normal, la restricción de líquidos y la administración de diuréticos permite conocer de manera igualmente el nivel de P.C.P. que da el mínimo gasto cardíaco. La medición seriada de estos parámetros resulta, por lo tanto, una guía de gran valor en enfermos con función cardíaca precaria y adquiere especial aplicación en los casos de infarto del miocardio, choque cardiogénico y en el postoperatorio de cirugía cardiovascular.

Por otra parte, Jefferson y Bole² enfatizan la importancia de la medición de gases en sangre venosa para conocer lo adecuado de la circulación y señalan que la saturación de oxígeno en sangre venosa mezclada (SvO_2) es un buen índice de irrigación tisular y proporciona una aceptable correlación entre el transporte de oxígeno y su utilización. Se ha mencionado incluso que la SvO_2 guarda correlación estrecha con el gasto cardíaco; siempre y cuando no exista desaturación arterial o cambios en el consumo de O_2 .

Sabemos también que la presión venosa central (P.V.C.) se correlaciona con la P.C.P. cuando no existen alteraciones microcirculatorias pulmonares o disparidad en el funcionamiento de ambos ventrículos. Por lo tanto en ausencia de las condiciones patológicas mencionadas, la correlación de la SvO_2 y la P.V.C. permite también efectuar curvas de Starling adecuadas, de menor confiabilidad, pero con mayor simplicidad técnica, mediante el solo cateterismo de una vena central o de la aurícula derecha.

Basados en estas consideraciones, en el presente trabajo efectuamos un estudio retrospectivo para analizar la confiabilidad de parámetros de precarga y de mediciones de eficiencia o rendimiento cardíaco; reali-

zando en forma prospectiva curvas de Starling seriadas con diferentes parámetros, para valorar su utilidad en la conducta terapéutica del enfermo grave³.

MATERIAL Y MÉTODOS

Con el objeto de valorar la correlación entre Q , SvO_2 y diferencia arteriovenosa de O_2 (dif. a-v), estudiamos 100 casos, analizando además las diferencias observadas entre la saturación calculada (en función de PO_2 , pH y temperatura) y la saturación real medida con un cooxímetro I.L.

Las mediciones de Q se efectuaron con verde de indocianina⁴ y los gases en sangre con un analizador de gases I.L. Modelo 329 según la técnica descrita.

En este análisis, además de la correlación matemática mediante curvas de regresión, se valoró la variación directa inversamente proporcional, de la gasometría con el Q y de la P.V.C. con la P.C.P.⁵, para poder deducir su utilidad en la objetivación de cambios paralelos.

En el estudio prospectivo analizamos en diez enfermos la información de curvas de Starling construidas con diversos parámetros, su grado de correlación y los posibles factores que pueden explicar su disparidad.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

1. La correlación efectuada entre la dif. a-v y la SvO_2 (figura 2) tuvo una confiabilidad de $r:0.728$, la dif. a-v al eliminar los cambios de la PaO_2 resulta un factor más confiable del nivel de Q . En efecto, la correlación entre saturación medida y Q fue menos significativa. (figura 3).

CORRELACION ENTRE DIF. A.V. Y SAT. VEN. DE O₂

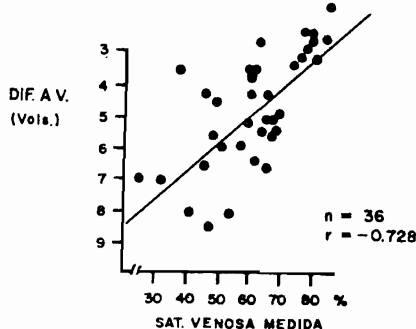


FIG. 2. La correlación efectuada entre la SvO_2 y la dif. a-v de O_2 , fue de $r=0.728$.

CORRELACION ENTRE SAT. V. O₂ (MEDIDA) Y Q

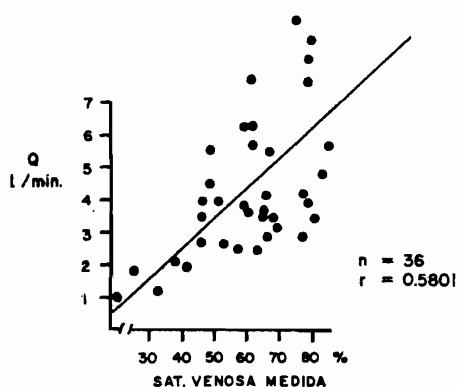


FIG. 3. La correlación entre SvO_2 y Q , fue más pobre ($r=0.58$) que la efectuada con dif. a-v de O_2 (figura 4).

- El análisis entre la dif. a-v y el Q (figura 4) mostró una pobre correlación cuando la diferencia fue tomada de por ciento de saturación calculada ($r:0.4768$) y fue mejor cuando se efectuó con dif.

CORRELACION ENTRE DIF. A.V. DE O₂ Y Q

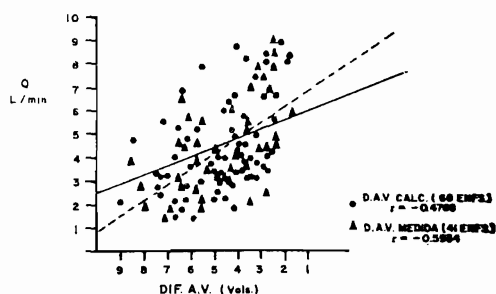


FIG. 4. La correlación entre dif. a-v de O_2 y Q es más significativa que la anterior, especialmente cuando se correlaciona la diferencia obtenida en función de saturación arterial y venosa, medidas directamente.

a-v basadas en por ciento de saturación medidas directamente. ($r:0.5934$).

- En la mayoría de los casos los cambios entre la dif. a-v y el Q son paralelos independientemente de la desproporción real de la variación (figura 5). En algunos casos, el aumento de uno coincidió con la disminución del otro. Las posibles explicaciones se analizaron en el estudio prospectivo.

CASOS DEMOSTRATIVOS

CASO I. (figura 6).

Enfermo con infarto del miocardio e insuficiencia cardíaca. Puede observarse la respuesta a una carga de volumen o albúmina y la obtenida con balance negativo. Existe una correlación aceptable entre la P.C.P. y la P.V.C., la carga de volumen aumentó el gasto cardíaco y disminuyó la dif. a-v, en cambio, el balance negativo disminuyó las presiones y el Q . Este análisis

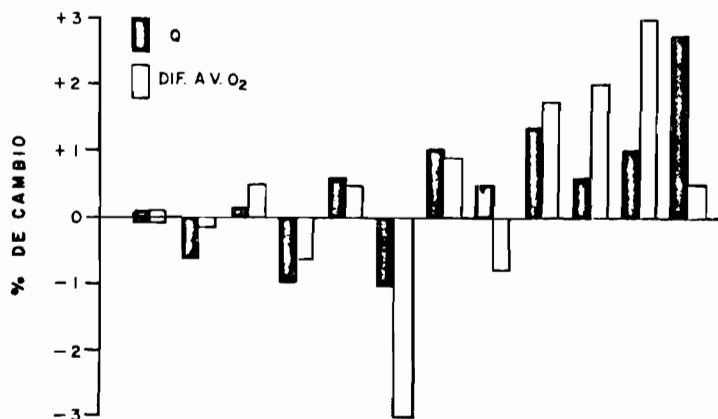
RELACION ENTRE CAMBIOS DEL Q Y LA DIF. A.V. DE O₂

FIG. 5. En la mayoría de los casos, la dif. a-v de O₂ y el Q cambian en la misma dirección, si bien, a veces el aumento o la disminución de uno no es numéricamente proporcional.

M. N. V. INFARTO DEL MIOCARDIO - I.C.C.

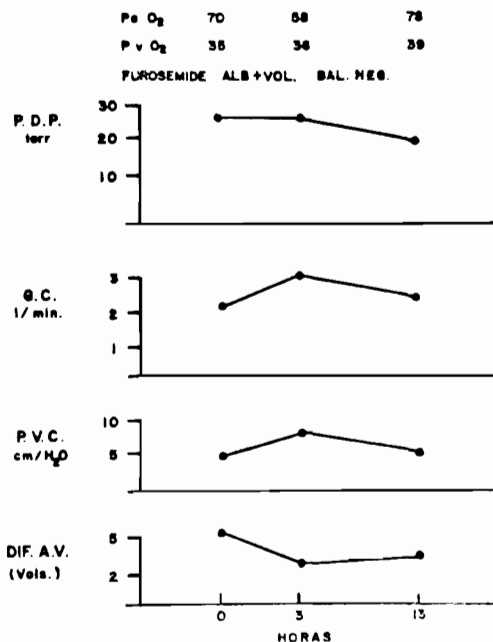


FIG. 6. Se observa una buena correlación entre P. D. P. y P.V.C., así como entre Q y dif. a-v de O₂.

mostró de manera objetiva la conveniencia de mantener una P.C.P. por arriba de 20U. Torr. Si bien la P.V.C. se encuentra siempre en límites normales y la P.C.P. en límites altos, la primera mostró cambios paralelos al volumen y el balance negativo. Este cambio, a nuestro juicio, es tan significativo de mínima tolerancia del miocardio a cambios de volumen, como las cifras altas de P.V.C. Las curvas de Starling efectuadas con Q y P.D.P., y con dif. a-v y P.V.C. indican bien el nivel de presiones necesarias para obtener el máximo Q (figura 7).

Caso II (figura 8).

Postoperatorio de comisurotomía mitral. En este enfermo la P.V.C. se correlacionó bien con la presión de aurícula izquierda (P.A.I.); en cambio el Q no lo hizo con la dif. a-v. La mayor extracción del oxígeno con aumento del Q puede deberse a un cambio en las demandas tisulares, como en este caso que coincide con un aumento

M.N.V. INFARTO DEL MIOCARDIO - I.C.C.

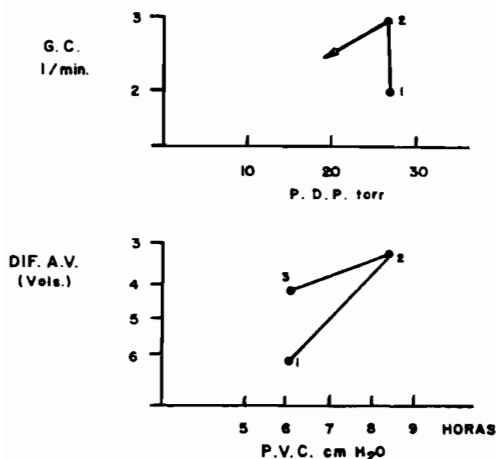


FIG. 7. Las curvas de Starling obtenidas con P.D.P. y Q son similares a las que pueden deducirse de P.V.C. y dif. a-v. de O₂.

S.M. - 196905 POSTOP. COMISUROTOMIA

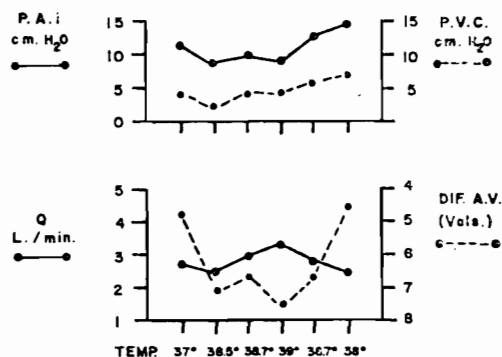


FIG. 8. La relación entre P.A.I. y P.V.C. es buena. No así la relación entre Q dif. a-v de O₂. Especialmente cuando aumenta el Q, se observa un incremento de la dif. a-v de O₂.

progresivo de la temperatura. Cuando esto sucede las curvas de Starling obtenidas con Q y P.A.I. no guardan simetría con las obtenidas con dif. a-v y P.V.C. En la curva obtenida con Q y P.A.I. se observa (figura 9) el efecto adverso del isoproterenol, el

efecto inicialmente satisfactorio de la administración de volumen, su efecto inicialmente satisfactorio de la administración de volumen, su efecto contrario posterior (con aumento de la P.A.I. y disminución del Q) y el buen efecto de un balance neutro a partir de ese momento.

S.M. - 196905 POSTOP. COMISUROTOMIA

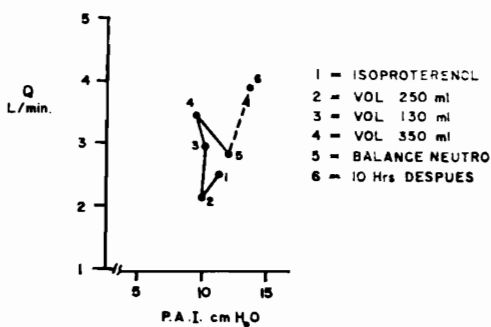


FIG. 9. La curva de Starling obtenida mediante P.A.I. y Q muestran el efecto adverso del isoproterenol; el efecto inicialmente benéfico de la administración de volumen y el efecto favorable, logrado con balance neutro.

Caso III (figura 10).

Enfermo con embolia pulmonar que presentó choque séptico y función ventricular pobre. En la figura 10 se muestra en términos generales una buena correlación entre P.C.P., P.D.P. y P.V.C. y si bien en algunos momentos las cifras no son similares, las gráficas seriadas tienden a un cambio proporcional. En la parte inferior de la gráfica se muestra como la dif. a-v resulta un índice más real que la SvO₂, debido a cambios en la PaO₂ que influyen en la PvO₂ pero no en la dif. a-v. Las curvas de Starling en función de dif. a-v y P.D.P. (figura 11) muestran el efecto de diversos tratamientos: clorpromacina, volumen, bi-

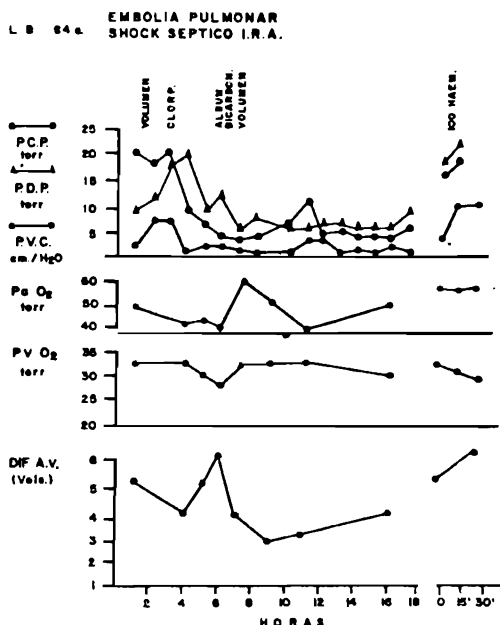


FIG. 10. Existe en términos generales, buena correlación entre P.C.P., P.D.P. y P.V.C. Aunque en algunos momentos hay disparidad en las cifras obtenidas, las curvas obtenidas son similares.

Puede observarse que la PvO_2 y la dif. a-v de O_2 no guardan relación cuando hay cambios en la PaO_2 .

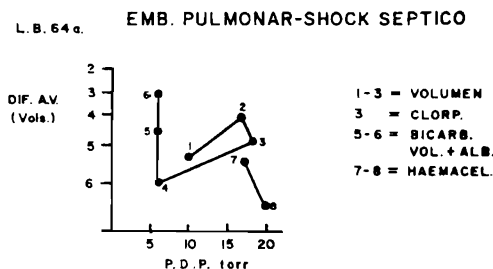


FIG. 11. La curva de Starling obtenida mediante dif. a-v de O_2 y P.D.P. muestra el efecto benéfico del volumen administrado inicialmente, la acción adversa de la clorpromacina y la mejoría obtenida nuevamente con volumen, horas después se observa en cambio, un mal efecto de una nueva carga de volumen.

carbonato y albúmina. La administración inicial de volumen mejora el Q sin cambios

en la P.C.P. La administración de clorpromacina baja la P.C.P. a expensas de una baja del Q que coincidió en un aumento en la acidosis metabólica; la administración de bicarbonato, volumen albúmina disminuyen la dif. a-v sin cambio de la P.D.P. La importancia de conocer estos parámetros en diferentes momentos se demuestra horas después, cuando una nueva carga de volumen produce, ahora, aumento de la P.C.P. y disminución del Q .

Caso IV

Postoperatorio inmediato de prótesis aórtica. La correlación de la PvO_2 , la PaO_2 y de la dif. a-v mostró, de nuevo, una mejor correlación de la dif. a-v debido a cambios importantes de la PaO_2 . La curva de Starling (figura 12), mediante la dif. a-v y P.V.C., muestra un efecto adverso con volumen y benéfico con el empleo de inotrópicos. Al final se observa como una mayor disminución de la P.V.C. ya no es eficiente.

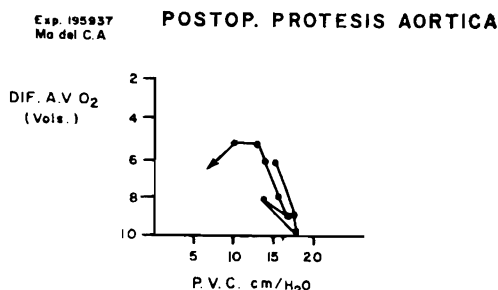


FIG. 12. La curva de Starling, obtenida mediante P.V.C. y dif. a-v de O_2 , muestra un efecto adverso inicial de la administración de volumen, con ascenso de la P.V.C. y aumento de la dif. a-v. La administración de inotrópicos, baja la P.V.C. y disminuye la dif. a-v. Al final se observa como un mayor descenso de la P.V.C., aumenta nuevamente la dif. a-v de O_2 .

SHOCK SEPTICO (POST-CESAREA)

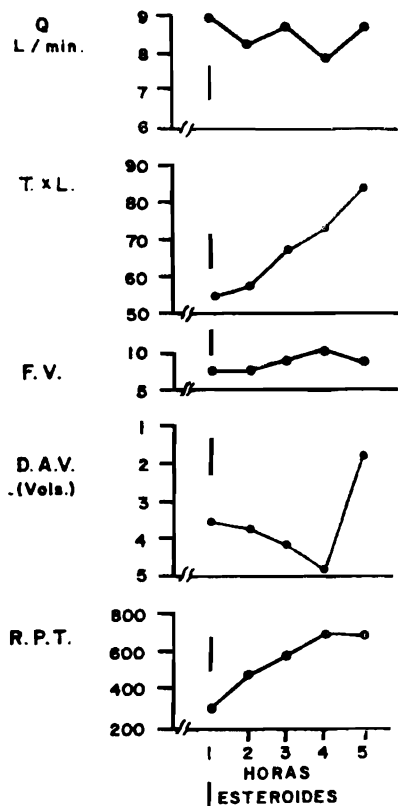


FIG. 15. La administración de esteroides sube la resistencia periférica total, con mejora de la presión arterial. Debido a esto aumenta el trabajo por latido y mejora la función ventricular sin cambios francos en el Q inicial.

a-v y sin cambio en el Q coincide con la mejoría clínica y habla de una mejor extracción periférica al mismo nivel de Q , razón por la cual, no hay correlación entre Q y dif. a-v.

Caso VII (figura 16).

Por último mostramos un postoperatorio de prótesis mitral en el cual las mediciones

de P.V.C., P.D.P. y Q permiten efectuar curvas independientes de trabajo de ventrículo derecho y ventrículo izquierdo. En esta enferma con severa hipertensión pulmonar previa, puede observarse la disparidad del trabajo de ambos ventrículos después de diversos intentos terapéuticos con volumen y drogas. Se hace aparente el efecto benéfico inicial de volumen; el efecto adverso del isoproterenol, que baja la P.D.P. y la P.V.C., sin aumento del trabajo de ambos ventrículos; y, el efecto hemodinámico, franco al suspender la ventilación asistida, obteniendo un aumento del Q , baja de P.D.P. y de la P.V.C. con moderada disminución del trabajo del ventrículo derecho. En este caso, la correlación entre Q , dif. a-v y déficit de base, muestra una vez más, como un aumento de un Q previamente malo, aumenta paradójicamente la dif. a-v, por un déficit previo de O_2 enfatizado por el déficit de base. Cuando la deuda de O_2 se paga y disminuye el déficit de base, la dif. a-v vuelve a correlacionarse con el Q .

RESUMEN Y CONCLUSIONES

La valoración simultánea y seriada de índices de precarga y de rendimiento cardíaco resulta muy útil para adecuar el nivel óptimo de volumen y de otras medidas terapéuticas en el enfermo grave.

Cuando la arteria pulmonar está cateterizada, las curvas de Starling efectuadas con presión diastólica pulmonar y mediciones de gasto cardíaco proporcionan a la enfermera índices confiables para regular el reemplazo de fluidos o adecuar las dosis de drogas vasoactivas. Como mediciones de

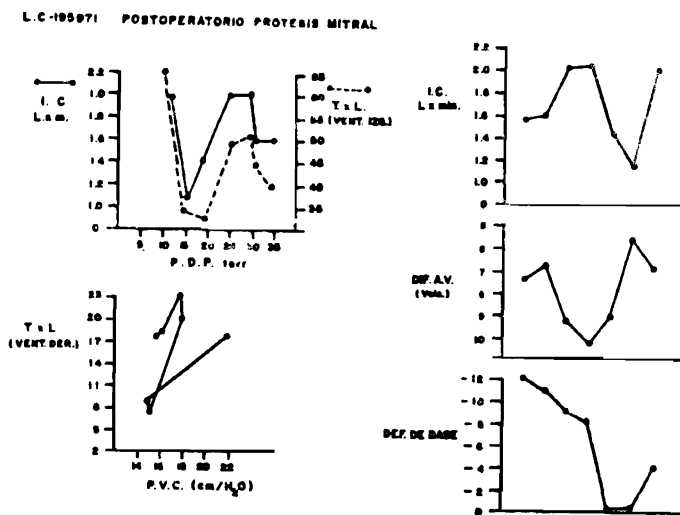


FIG. 16. Se observa la disparidad entre el ventrículo izquierdo (arriba derecha) y el ventrículo derecho (abajo derecha). La curva de Starling del ventrículo izquierdo obtenida con Q, es similar a la que se logra con trabajo por latido, en ausencia de cambios de la presión arterial.

En la izquierda se observa cómo al aumentar el Q aumenta la diferencia arteriovenosa y disminuye paralelamente el déficit de base. Esto se interpreta como pago de la deuda previa de oxígeno, al mejorar el flujo cardíaco.

presión venosa central y gases en sangre puede obtenerse también información útil que en algunos enfermos es casi igual a la anterior pero que en otras debe ser interpretado con cautela.

La diferencia arteriovenosa se correlaciona mejor que la saturación venosa de oxígeno en sangre venosa mezclada con el gasto cardíaco especialmente cuando es deducida de saturaciones de hemoglobina medidas. La falta de correlación obedece principalmente a cambios simultáneos entre el gasto cardíaco y demandas tisulares de O₂. Tanto la presión venosa central como la diferencia arteriovenosa resultan signos más confiables cuando se valora en forma seriada su tendencia ascendente o descendente y no sólo el valor aislado de determinadas mediciones.

AGRADECIMIENTO

Los autores agradecen la colaboración del personal médico y de enfermería de la Unidad Coronaria y de la Unidad de Terapia Intensiva del Hospital Español y muy especialmente a los Dres. Alejandro Quintero Novella y Manuel del Peral de la Plata.

BIBLIOGRAFIA

1. MALIN, C. Y SCHWARTZ, S.: *Starling curves as a guide to fluid management in the critically ill.* Heart and Lung. 4:588, 1975.
2. CLAUS, R. H.; JEFFERSON, F. R. III Y PRAGG, V. B.: *Venous blood gases in clinical disease: New horizons in cardiovascular practice.* University Park Press, Baltimore, Henry I. Russek, 1975.
3. WEISEL, R. D.; BERGER, R. L. Y HECHTMAN, H. B.: *Measurement of cardiac output by thermolysis.* New Engl. J. Med. 292: 682, 1975.
4. VILLAZÓN, A. Y SIERRA, A.: *Estudios hemodinámicos en el enfermo grave: Cir. y Cirujanos*, 38: 444, 1970.
5. ROSENBAUM, R. W.; HAYES, M. F. JR.; MORELLO, D. C. Y MATSUMOTO, T.: *The importance of pulmonary artery pressure monitoring.* Surg. Gyn. Obst. 136: 261, 1973.