

Técnica de las curvas de dilución para el diagnóstico de comunicaciones en el aparato cardiovascular

HUGO A. PALMERO - ALBERTO BENCHIMOL - E. GREY DIMOND

From the Institute Cardio Pulmonary Diseases Scripps Clinic and Research Foundation.
La Jolla, California.

Los colorantes han sido usados con fines médicos desde el siglo XVIII cuando Haller¹ los inyectaba para determinar tiempos circulatorios entre distintos lugares de la circulación.

De toda la evolución histórica, los aportes de Stewart en 1897,^{2, 3} Hamilton en 1929,⁴ y Wood en 1950⁵ son los más importantes. Los primeros hicieron posible la determinación del volumen minuto cardíaco al calcular el área de la curva por medio de un cálculo integral; el último aplicó estos colorantes especialmente para el estudio de las enfermedades congénitas del aparato cardiovascular.

Es el propósito de este trabajo presentar en forma sucinta y práctica la forma de hacer diagnóstico de las distintas comunicaciones cardiovasculares por medio de las curvas de dilución.

MATERIAL Y METODOS

Los casos ilustrativos que se presentan pertenecen a nuestra serie de 130 casos. La edad de los pacientes varía de 6 meses hasta 55 años de edad.

El cateterismo derecho se hizo preferentemente a través de la vena basilica del lado derecho con catéteres de angiografía (con múltiples aberturas en las paredes próximas a la punta). El tamaño varió del 6 al 8 de la escala NIH, de acuerdo al tamaño del paciente, de la vena y del número de catéteres que se utilizaron. En la técnica de dos catéteres del lado derecho, éstos se pasaron generalmente a través de la misma vena y

por consiguiente el calibre de los catéteres fue más pequeño.

El cateterismo izquierdo se realizó siguiendo la técnica de Seldinger,⁶ pero también se realizaron muestreos a través de una aguja en una arteria periférica (femoral en la mayoría de los casos).

Todos los pacientes también fueron estudiados con cineangiografía selectiva y posteriormente tuvieron confirmación operatoria. Hasta hace dos años se hacían determinaciones simultáneas de saturación de oxígeno en la sangre de las distintas cavidades,⁷ pero con posterioridad este procedimiento se abandonó totalmente. En la actualidad se trabaja con curvas de dilución con verde indocianina o hidrógeno. Este primero, al tener el pico de absorción a la trasmisión de la luz de 800 m μ ., está suficientemente separado del de la hemoglobina.

Las curvas fueron captadas por un densitómetro cuvette de Gilford* y registradas en un polígrafo de múltiples canales.** La velocidad del papel fue de 5 mm./segundo, y la sangre fue aspirada por medio de una bomba*** a razón de 38.2 ml./min. Varias dosis conocidas de colorante se hicieron pasar al final a través del densitómetro a fin de hacer la calibración.

Las presiones se registraron con un manómetro****. Es importante que el aparato de registro sea de inscripción directa o tenga pantalla osciloscópica, de

* Gilford Instruments, Inc., Oberlin, Ohio.

** Electronics for Medicine, Model DR-8, White Plains, New York.

*** Harvard Apparatus Co., Model 600-900, Dover, Massachusetts.

**** Statham Instruments, Inc., Statham P 23 D, Hato Rey, Puerto Rico

modo que pueda reconocerse el tipo de curva en el momento mismo que se inyecta, sin necesidad de esperar la revelación del papel.

No hay toxicidad que se conozca para este colorante. Con otros motivos se ha llegado a inyectar hasta 300 mg. en un mismo paciente sin ninguna intolerancia.

En la pesquisa de comunicaciones dos técnicas se usan generalmente. Una consiste en inyectar rápidamente una cantidad conocida de colorante (6.25 mg.* de indocianina diluida en 1.25 ml. en el caso de nuestros pacientes) en el lado venoso y se muestrea en la aorta o una de sus ramas, obteniéndose en condiciones normales un trazado similar al de la figura 1, donde la curva principal está bien demarcada de la de recirculación. Se la llama curva arterial. Generalmente la inyección se hace en la vena basílica y el muestreo a través de una aguja en la arteria femoral.

En la otra técnica dos catéteres de tamaño pequeño se introducen en el lado venoso. Por el que se ha hecho avanzar más se inyecta; por el otro se muestrea obteniéndose en condiciones normales una curva que se da en llamar venosa, que tiene tiempo de aparición prolongado y con trazos ascendentes y descendentes perezosos (curva 4 de la figura 3). Los catéteres son movidos a la voluntad a fin de obtener la localización de la comunicación.

RESULTADOS

Localización y hallazgo de las comunicaciones de izquierda a derecha

Comunicación interauricular: En el caso de la figura 2 aplicando la primera técnica anteriormente descrita se obtuvo una curva (curva 4 de la figura 2) caracterizada por tener: a) tiempo de aparición normal; b) interrupción —una o varias— en el trazo descendente de la curva; c) la deflexión máxima de la curva principal menor amplitud; d) tiempo de desaparición más prolongado. Esto sólo nos dice que en alguna parte existe una comunicación de izquierda a derecha. Para localizarla se deben hacer muestreos en diferentes cavidades izquierdas. La presencia de una curva normal después de haber obtenido una anormal o viceversa de acuerdo al sentido en

que se va realizando el muestreo indicará la localización del "shunt".

Dado lo dificultoso que es cateterizar aurícula izquierda y venas pulmonares, la segunda técnica arriba mencionada se usó, o sea la de ambos catéteres en el lado venoso.

El catéter por el cual se inyectó permaneció en la arteria pulmonar derecha (curvas 1, 2 y 3 de la fig. 2) mientras que con el otro catéter se fueron haciendo muestreos sucesivos en distintos lugares. Nuevamente el cambio de una curva anormal a normal o viceversa según el sentido dará la localización de la comunicación. Lo característico de esta curva es el tiempo de aparición extremadamente corto —correspondiente al tiempo de circulación pulmonar— y será fácilmente distinguible del de la curva venosa normal cuyo tiempo de aparición es varias veces más prolongado. Lo abrupto del trazo ascendente de la curva de comunicación contrastará con el trazo ascendente perezoso de la curva venosa normal (ver esquema 1).

Comunicación interventricular: En el caso de la figura 3 se empleó solamente la técnica de los dos catéteres en el lado venoso. Se puede observar que el principio que se aplica es el mismo que en el caso anterior.

De forma similar se pueden localizar otros tipos de comunicaciones de izquierda a derecha (ductus arteriosus, drenaje anormal de las venas pulmonares, ruptura de un aneurisma del seno de valsalva, ventana aorto-pulmonar, etc.) que han sido ejemplificados en la tabla 1.

Localización y hallazgo de las comunicaciones de derecha a izquierda

Comunicaciones interventricular: En el caso de la figura 4 se aplicó nuevamente la técnica de inyectar en el lado venoso y muestrear en una rama de la aorta. Al inyectar en una vena periférica se obtuvo una curva anormal con las siguientes características a) tiempo de aparición precoz (el colorante elude la circulación a través de los pulmones), y b) presencia de una onda precoz.

La localización se hace a través de múltiples inyecciones en diferentes cavidades derechas. Como en los casos anteriores, el cambio de una curva anormal a normal, o viceversa (dependiendo del sen-

* La mitad de esa dosis en el caso de los niños.

tido en que se van haciendo las inyecciones) dará la localización del shunt.

Estas mismas reglas podrán aplicarse en el caso de una comunicación interauricular o ductus arteriosus con flujo de derecha a izquierda como se puede apreciar en la tabla 1.

Determinación cuantitativa del shunt

La estimación de la cantidad de sangre que es derivada a la circulación pulmonar en las comunicaciones de izquierda a derecha se puede calcular por medio del registro de dos curvas tomadas simultáneamente. En una se calcula el flujo sistémico y en la otra el pulmonar. El colorante es inyectado en la arteria pulmonar derecha y muestreado simultáneamente en una rama de la aorta para el cálculo del flujo sistémico, y en el tronco de la arteria pulmonar para el flujo pulmonar. La fórmula es, de acuerdo con Fox, I. J. y Wood, E. H.⁸:

$$F i - d = \frac{(T. C.C.P.) A.P.}{(T. C.C.P.) A.S.}$$

$F i - d$ significa flujo de izquierda a derecha; T. C. = tiempo de crecimiento; C. P. = concentración pico; A. S. = arteria sistémica; A. P. = arteria pulmonar. El cálculo del flujo pulmonar se hace sobre la primera de las ondas que se obtienen en una curva típica de comunicación de izquierda a derecha. Nos dará de esta forma el porcentaje de la circulación que ha sido derivada de izquierda a derecha.

DISCUSION

Se ha descripto el uso de colorantes para el diagnóstico y localización de las comunicaciones o fístulas. Dada la importancia de su significado, es fundamental seguir un plan durante el cateterismo cardíaco lo mismo que conocer las posibles causas de error que ya bien pueden hacer pasar desapercibida una comunicación o dar un resultado falso positivo.

Se aconseja inyectar primero en una vena periférica y muestrear en la aorta o en una de sus ramas. La presencia de una curva normal descarta la posibilidad de comunicaciones hasta de un 20 %.⁹⁻¹¹ Para detectar la presencia de una comunicación de izquierda a derecha menor de un 20 % aconsejamos introducir dos

catéteres en lado venoso dejando el inyector en la arteria pulmonar derecha e iniciar el muestreo en la arteria pulmonar izquierda con el catéter muestreador retrocediendo hacia las otras cavidades. Esta técnica es de indicación casi obligada en los casos que se sospecha la presencia de comunicación interauricular y o drenaje anormal de las venas pulmonares, debido a la dificultad de tomar las muestras en aurícula izquierda o venas pulmonares por medio de cateterismo izquierdo. Si la curva inicial revelara comunicación de derecha a izquierda, la técnica de localización ya se ha descripto.

Es fundamental reconocer al menos las más importantes causas de error. La presencia de regurgitación valvular en el caso de una curva de comunicación de izquierda a derecha utilizando la técnica de inyección en el lado venoso y muestreo en una rama de la aorta, puede enmascarar la interrupción en el trazo descendente característica de este tipo de curva, por una exagerada mezcla del colorante. La curva típica de regurgitación valvular (aun en ausencia de comunicaciones) será chata y con tiempo de desaparición prolongado. Es así como un diagnóstico puede ser pasado por alto. En este caso la técnica de ambos catéteres en el lado venoso puede ser la solución. La presencia de cavidades con volumen residual aumentado (insuficiencia cardíaca) obra en forma similar a la regurgitación, al aumentar el mezclado del colorante.

Aun en la técnica de ambos catéteres en el lado venoso, la presencia de regurgitación, ya sea de la pulmonar o de la tricúspide, puede dar resultado falsamente positivos. Se los tratará de reconocer por los tiempos de aparición (es menor en el caso de regurgitación que en el de comunicación de izquierda a derecha) o distanciando al máximo el catéter inyector del muestreador.

Otro artefacto que a veces crea confusión es la presencia de una línea de base inestable y sinuosa que hará más difícil la interpretación de una curva precoz pequeña.

La presencia de múltiples pequeñas comunicaciones a nivel del alvéolo pulmonar creando un verdadero shunt de derecha a izquierda es imposible de ser detectado por estas técnicas con colorantes.

Finalmente, curvas de dilución usando

los más variados medios y colorantes también tienen su aplicación en muchos otros casos. Determinación del grado de estenosis o regurgitación de las válvulas, determinación del volumen minuto cardíaco, cálculo del caudal circulante por los distintos órganos, etc., son ejemplos que demuestran la extraordinaria utilidad que tiene el conocer los principios básicos de las curvas de dilución por colorantes.

RESUMEN

Se han descrito las técnicas de las curvas de dilución y su utilidad en el diagnóstico de las comunicaciones cardiovasculares.

Para la detección y localización de las comunicaciones de izquierda a derecha dos técnicas han sido propuestas. En una se inyecta en el lado venoso y se muestra en la circulación sistémica; en la otra se inyecta y muestra en el lado venoso. Se menciona también la fórmula para la determinación cuantitativa de la comunicación.

Para la detección y localización de las comunicaciones de derecha a izquierda se propone la técnica de sucesivas inyecciones en el lado venoso y muestreo en una arteria periférica.

Finalmente las posibles causas de error son analizadas.

SUMMARY

The dye dilution technic and its use in the diagnosis of cardiovascular diseases has been described.

To detect and localize shunts from left to right, two technics have been proposed. In the first one the injection is made at the right side and the sampling at the left side; in the second one, both the injection and the sampling are made at the right side. The formula to calculate the percentage of blood being shunted is also described.

To detect and localize right to left shunts the technic of multiple injections on the right side and sampling in a branch of the aorta is analyzed.

Finally the possible causes of error are mentioned.

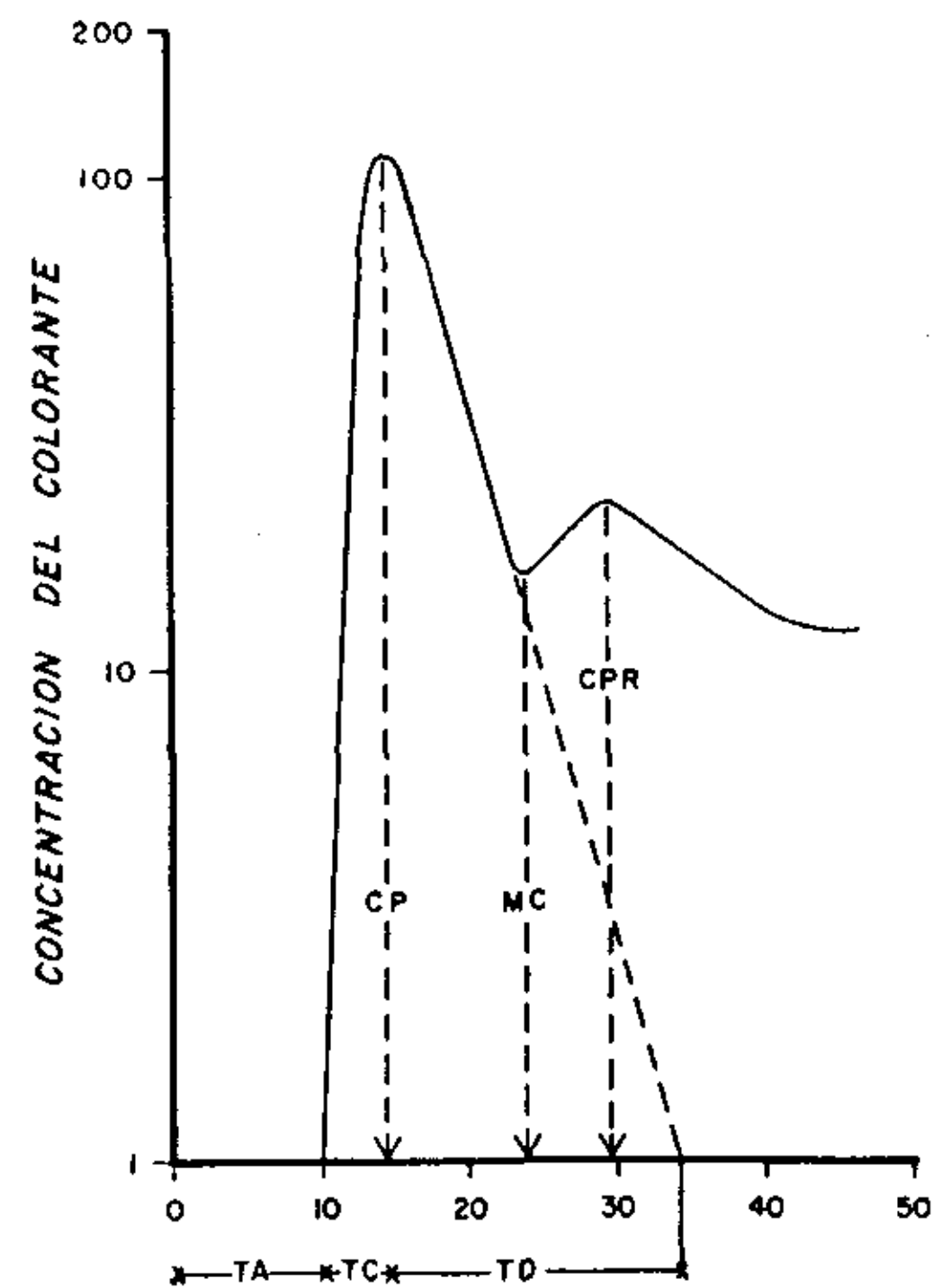


Fig. 1. — Curva arterial normal. T.A. — tiempo de aparición; T. C. — tiempo de crecimiento; C. P. — concentración pico; M. C. — mínima concentración; C. P. R. — concentración pico de la recirculación; T. D. — tiempo de desaparición.

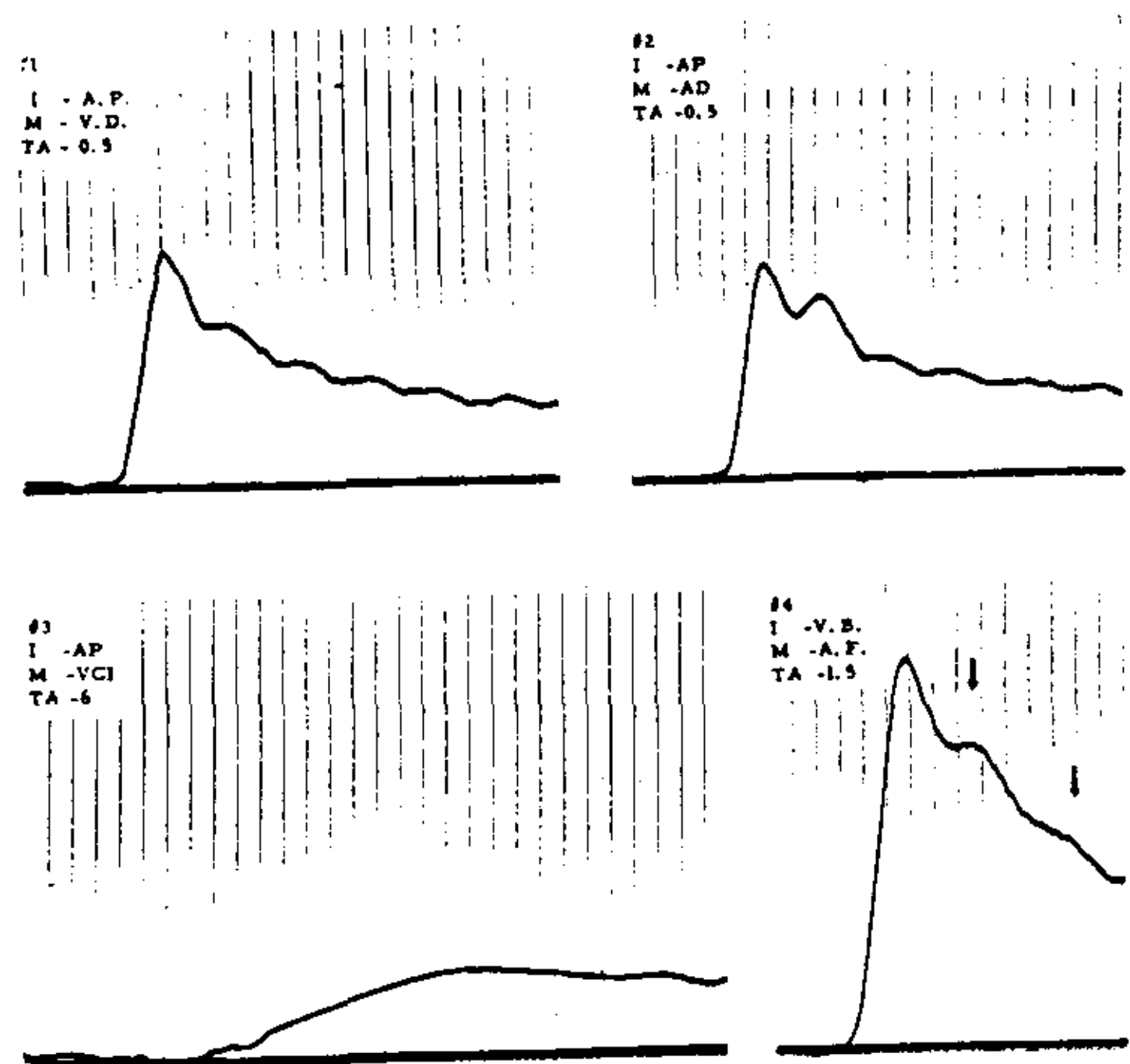


Fig. 2. — Caso de una comunicación interauricular. I: inyección; M: muestreo. Ver iniciales en tabla I. Las flechas indican las interrupciones en el trazo descendente que son debidas a la comunicación.

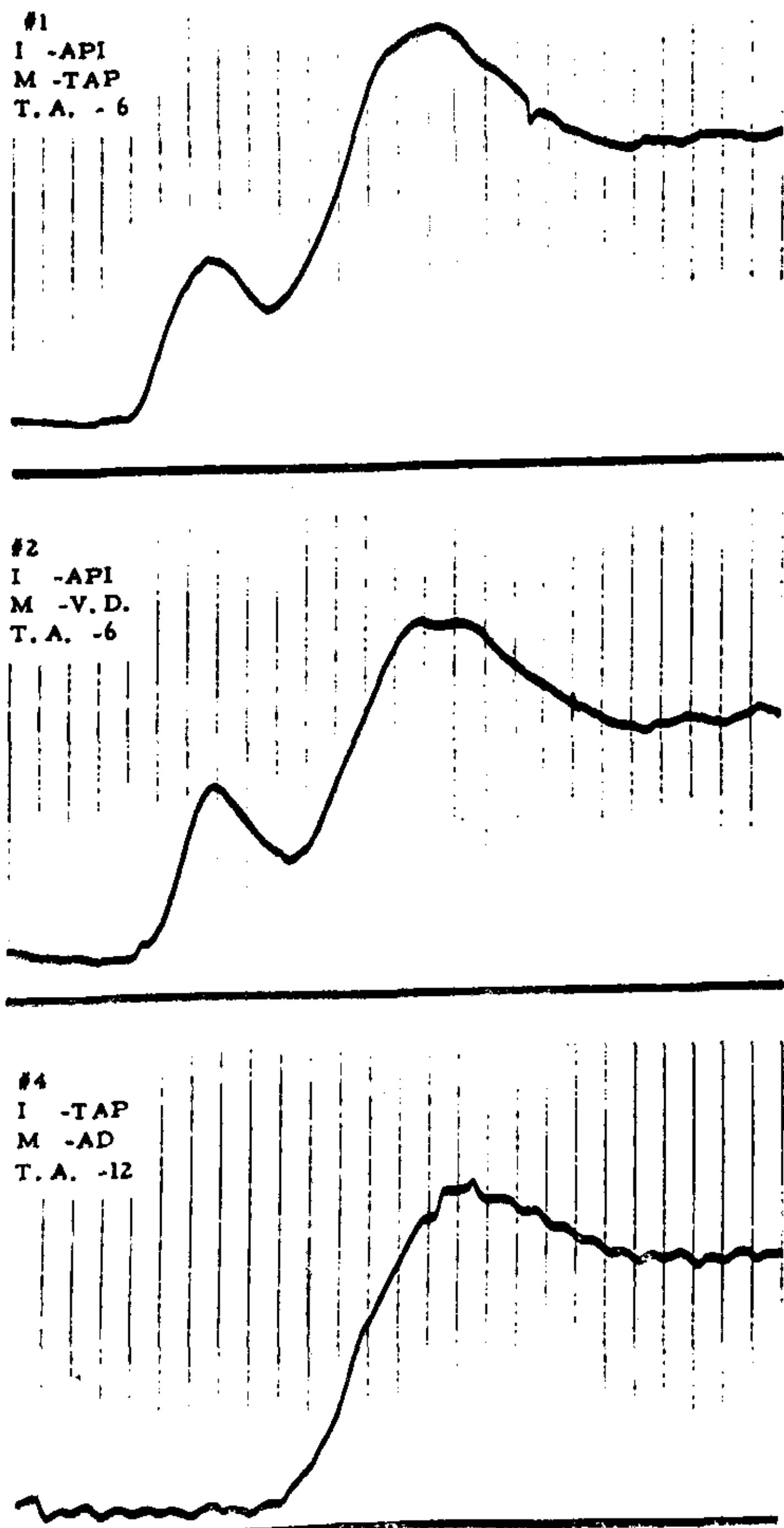


Fig. 3. — Caso de una comunicación interventricular con flujo de izquierda a derecha. Ver iniciales en tabla I.

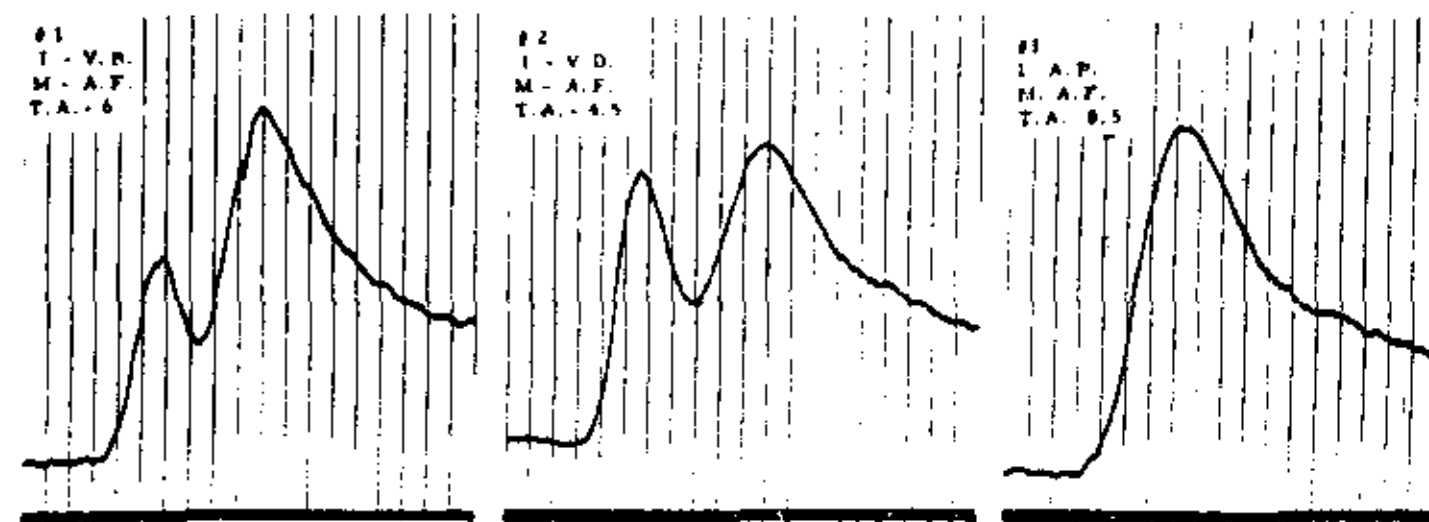
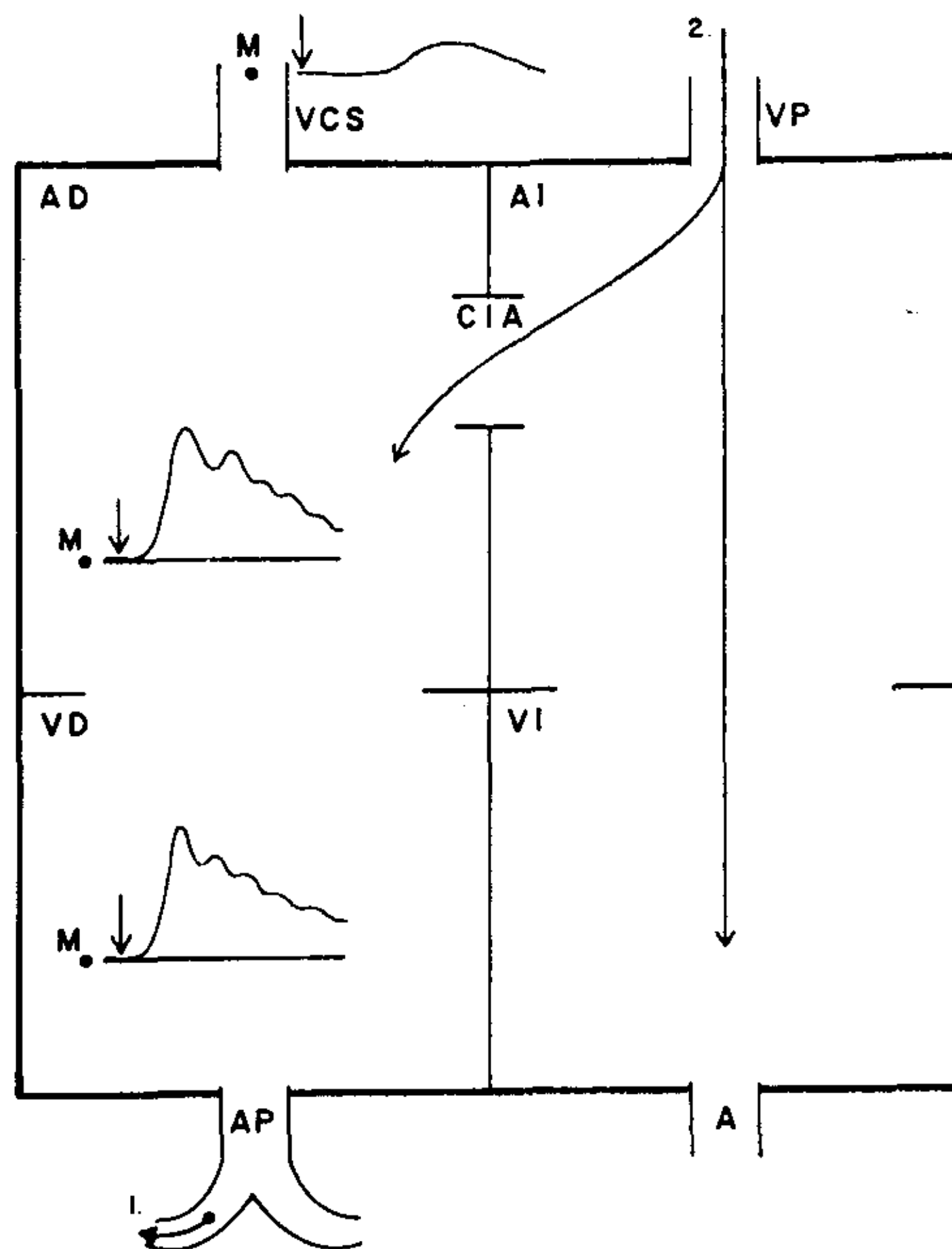


Fig. 4. — Caso de una comunicación interventricular con flujo de derecha a izquierda. Ver iniciales en tabla I.



Esquema I. — Caso de una comunicación interauricular. El colorante es inyectado en la arteria pulmonar derecha (a) y al llegar al lado izquierdo (b), parte del colorante entra nuevamente en las cavidades derechas. Obsérvese la transición de una curva anormal en A. D. a una venosa normal en V.C.S. que indica la localización de la comunicación. Ver iniciales en tabla I.

T A B L A I

COMUNICACIONES DE IZQUIERDA A DERECHA

Diagnóstico	Inyectar	Muestreo	Tipo de curva	Observaciones
C. I. A.	A. I.	A. Periférica		T. A. normal e interrupción en el trazo descendente
	V. I.	A. Periférica		Curva normal
	A. P.	A. D.		T. A. precoz
	A. P.	V. C. S.		Curva normal
C. I. V.	V. I.	A. Periférica		T. A. normal. Interrupción en el trazo descendente.
	Aorta	A. Periférica		Curva normal
	A. P.	V. D.		T. A. precoz.
Ductus Arteriosus o Ventana aorto-pulmonar	A. P.	A. Derecha		Curva normal
	Aorta proximal al ductus	A. Periférica		T. A. normal. Interrupción en el trazo descendente de la curva
	Aorta distal	A. Periférica		Curva normal
Ruptura de aneurisma del seno de valsalva al lado derecho. (V. D. en este caso)	A. P. D.	V. D.		T. A. precoz
	A. P. D.	A. D.		Onda normal
	Rafz de la aorta	A. Periférica		T. A. normal - interrupción

Diagnóstico	Injectar	Muestreo	Tipo de Curva	Observaciones
Drenaje anormal de las venas pulmonares	A. P. D.	A. Periférica		Si el drenaje anormal proviene del lado derecho del pulmón
	A. P. I.	A. Periférica		
Drenaje anormal que desemboca en V. C. S.	A. P.	A. D.	1	Curvas 1 y 2 tienen T. A. precoz
	A. P.	V. C. S.	2	
	A. P.	V. C. I.	3	Curva venosa normal
	A. P.	V. C. S. (distal a la comunicación)	4	Curva venosa normal
Drenaje anormal de las venas pulmonares y C. I. A.	A. P.	A. D.		T. de A. precoz
	A. P.	V. C. S.		T. de A. precoz (Nótese que la amplitud de la primera onda es menor que en el caso anterior)
	A. P.	V. S.		Curva venosa normal

COMUNICACIONES DE DERECHA A IZQUIERDA

Diagnóstico	Injectar	Muestreo	Tipo de Curva	Observaciones
C. I. A.	A. D.	A. Periférica		Onda precoz en T. A. disminuído.
	V. D.	A. Periférica		Curva normal
C. I. V.	V. D.	A. Periférica		Onda precoz con T. A. disminuído.
	A. P.	A. Periférica		Curva normal
Ductus Arteriosus	A. P.	A. Periférica		Onda precoz con T. A. disminuído
	A. P. I.	A. Periférica		Curva normal

T. A. Tiempo de Aparición
 A. D. Aurícula derecha
 A. I. Aurícula izquierda
 A. P. I. Arteria pulmonar izquierda
 A. P. D. Arteria pulmonar derecha
 A. P. Arteria pulmonar
 T. A. P. Tronco de la arteria pulmonar

A. F. Arteria femoral
 A. Periférica Arteria Periférica
 V. D. Ventrículo derecho
 V. I. Ventrículo izquierdo
 V. C. I. Vena Cava inferior
 V. C. S. Vena Cava superior
 V. B. Vena Basílica
 V. S. Vena Subclavia
 C. I. A. Comunicación Interauricular
 C. I. V. Comunicación Interventricular

BIBLIOGRAFIA

- Haller, citado por Stewart, G. N.: J. Physiol. 15:1, 1893.
- Stewart, G. N.: Researches on the circulation time and on the influences which affect it. J. Physiol. 22:159, 1897.
- Stewart, G. N.: The pulmonary circulation time, quantity of blood in lungs and output on the heart. Am. J. Physiol. 58:20, 1921.
- Kinsman, J. M., Moore, J. W. and Hamilton, W. F.: Studies on the circulation. I. Injection method: Physical and mathematical consideration. Am. J. Physiol. 89:322, 1929.
- Knutson, J. R. B., Taylor, B. E., Ellis, E. J. and Wood, E. H.: Studies on circulation time with the aid of the oximeter. Proc. Staff Meet. Mayo Clin. 25:405, 1950.
- Seldinger, S. I.: Catheter replacement of the needle in percutaneous arteriography. Acta Radiol. 39:368, 1953.
- Dimond, E. G., Benchimol, A. and Crow, A. W.: The two catheter technique in indicator-dilution cardiovascular studies. Brit. Heart J. 23:621, 1961.
- Fox, I. J. and Wood, E. H.: Indicator dilution technics in the study of normal and abnormal circulation. In Glasser, O.: Medical Physics. Chicago, Year Book Publishers, Inc., 1960, Vol. 3, p. 163.
- Wood, E. H.: Diagnostic applications of indicator-dilution technics in congenital heart disease. Circulation Res. 10:531, 1962.
- Broadbent, J. C. and Wood, E. H.: Indicator-dilution curves in acyanotic congenital heart disease. Circulation 9:890, 1954.
- Carter, S. A., Bajec, D. F., Yannicelli, E. and Wood, E. H.: Estimation of left to right shunt from arterial dilution curves. J. Lab. & Clin. Med. 5:77, 1960.