

## *Aplicación de isótopos de radioactivo en el estudio de las cardiopatías congénitas*

Por el Dr. RENÉ CÁRDENAS(\*)

Aunque *Stewart* describió el principio de la dilución para medir el débito sanguíneo en 1897<sup>1</sup> y *Hamilton* y colaboradores, dedicaron posteriormente mucho tiempo a valorar su aplicación en las mediciones del gasto cardíaco en animales y el hombre,<sup>2</sup> el uso de este método en el estudio de las cardiopatías apenas se practicaba hasta después de la segunda guerra mundial.

En 1948 y 1949 *Prinzmetal*<sup>3,4</sup> y colaboradores describieron la radiocardiografía como un nuevo método para la evaluación del flujo sanguíneo a través del corazón. Ellos propusieron el uso del ( $Na^{24}$ ) como indicador, usando la técnica de dilución de *Hamilton-Stewart* y el uso de un detector precordial para medir la radioactividad en el corazón y los pulmones.

*Wood*<sup>3,4,5</sup> introdujo la técnica de dilución con ozimetro para el estudio de las cardiopatías congénitas.

*Goldring* en 1954<sup>6</sup> y *Greenspan* y colaboradores en el año 1957<sup>7</sup> fueron los que aplicaron la radiocardiografía al estudio de las cardiopatías congénitas.

Esta nueva aplicación vino como resultado de los perfeccionamientos tecnológicos que permiten ahora la práctica relativamente fácil de estos estudios

en el hombre y como resultado de los adelantos que hicieron posible la cirugía vascular.

Este trabajo comprende dos aspectos:

1. El análisis morfológico de las curvas de dilución precordiales y pulmonares, en niños normales y cardiopatas.
2. Determinación del gasto cardíaco en grupo de niños normales y comparar sus resultados con el *Fick*.

### MATERIAL Y MÉTODO:

**Equipo:** Fue usado un detector de centelleo de INa (Ta) (Fig. 1) de tres por cuatro centímetros. Colimado con ángulo ancho para las curvas precordiales y cilíndrico en las curvas pulmonares, acoplado a un rate-meter, y registrador fotográfico galvanométrico (Fig. 2), que usa placas radiográficas corrientes de 8 x 10 con una velocidad de papel de 1.5 cms. por segundo.

**Isótopos:** Se emplearon *Risa* o *Hippuran* marcados con I-131, de 8 días de vida media, usándose entre 5 y 15 microcuries dependiendo de la edad del paciente, lo que nos permitió repetir la investigación en el mismo día sin pasar de la dosis de 100 microcuries en las 24 horas.

**Método:** (Fig. 3) A través de un trocar con una llave de tres vías, se inyecta rápidamente el isótopo contenido en un volumen de menos de 0.5 cc. seguido

(\*) Jefe del Servicio de Medicina Nuclear del Hospital Oncológico de la Habana, D y 29, Vedado, Habana, Cuba.



*Fig. 1. Niño con el detector en posición para registrar una curva precordial.*

de un "Flush" de sol. salina. Al mismo tiempo el detector situado sobre el precordio va registrando los cambios que a su vez son procesados por el rate-meter el cual los envía al registrador fotográfico donde son impresionados en el

negativo a medida que el indicador va circulando a través de las cámaras cardíacas. Cuando se realizaron curvas pulmonares el detector fue situado sobre el vértice del pulmón derecho, por fuera de la línea media clavicular.



*Fig. 2. El equipo de la izquierda es el RATE-METER y el de la derecha es el registrador fotográfico.*

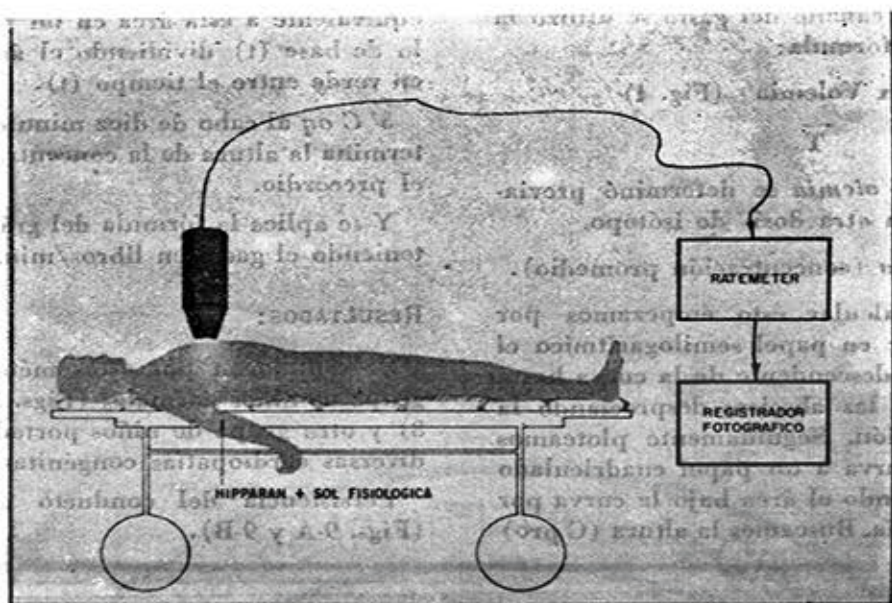


Fig. 3. Esquema explicativo del método.  
(Es HIPPURAN en vez de HIPPURAN,

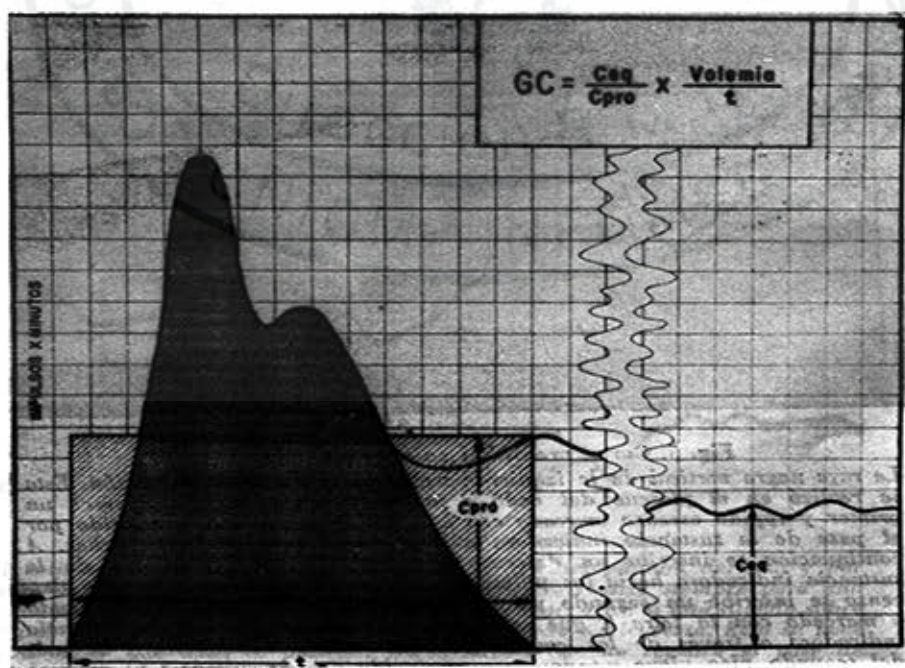


Fig. 4. Cálculo del gasto cardíaco usando radioisótopo.

Para el cálculo del gasto se utilizó la siguiente fórmula:

$$EC = \frac{c_{pro}}{c_{eq}} \times \frac{Volemia}{T} \quad (\text{Fig. 4})$$

1° La *Volemia* se determinó previamente con otra dosis de isótopo.

2° *C pro* (concentración promedio).

Para calcular esto empezamos por extrapolar en papel semilogarítmico el segmento descendente de la curva hasta el eje de las abscisas despreciando la recirculación. Seguidamente ploteamos toda la curva a un papel cuadrículado determinando el área bajo la curva por planimetría. Buscamos la altura (*C pro*)

equivalente a esta área en un rectángulo de base (*t*) dividiendo el área total en verde entre el tiempo (*t*).

3° *C eq* al cabo de diez minutos se determina la altura de la concentración en el precordio.

Y se aplica la fórmula del gráfico obteniendo el gasto en litros/min.

## RESULTADOS:

Se estudiaron por estos métodos un grupo de niños normales (Figs. 5, 6, 7 y 8) y otro grupo de niños portadores de diversas cardiopatías congénitas:

Persistencia del conducto arterioso (Figs. 9-A y 9-B).

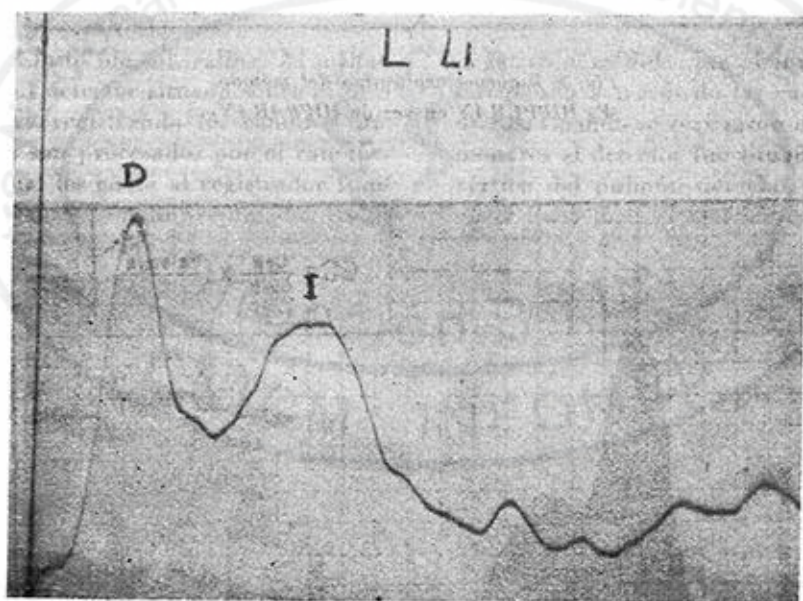


Fig. 5. Curva precordial en un niño normal.

La raya negra vertical de la izquierda marca el inicio de la inyección. Esta se realizó en el pliegue del codo e inmediatamente después aparece un primer y rápido ascenso marcado con la letra D y que está producido por el pase de la sustancia indicadora a través de las cavidades derechas. A continuación se inscribe un descenso producido por el alejamiento de la sustancia indicadora hacia los pulmones. Seguidamente después de este descenso se inscribe un segundo pico más bajo que el primero menos agudo y marcado con la letra I, que está producido por el pase de la sustancia indicadora a través de las cavidades izquierdas. Inmediatamente después del segundo pico viene un descenso producido por la sustancia al alejarse del corazón por la aorta. La pequeña onda producida en la base de este segundo descenso es debida a la recirculación.

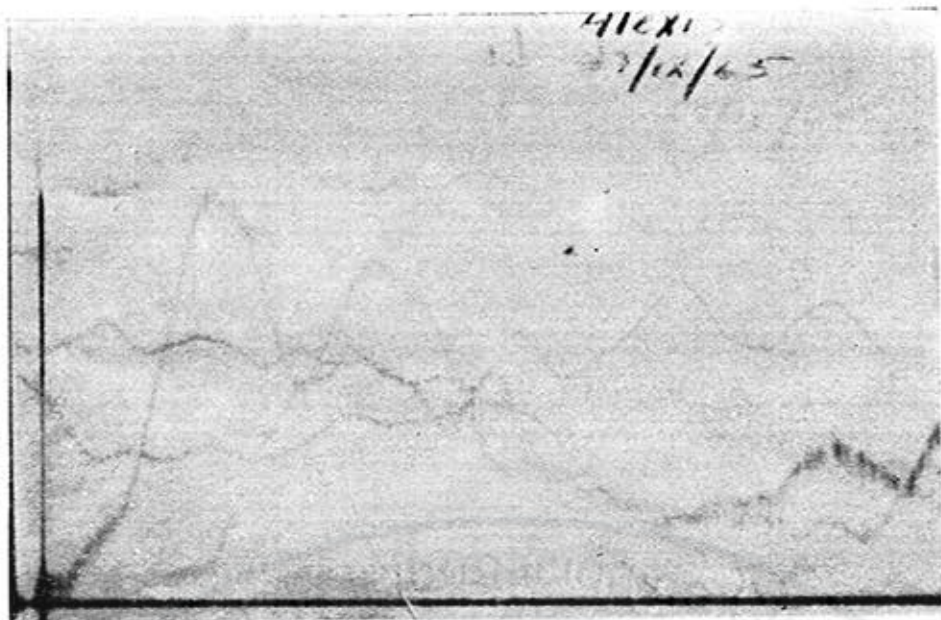


Fig. 6. Curva precordial en otro niño normal.

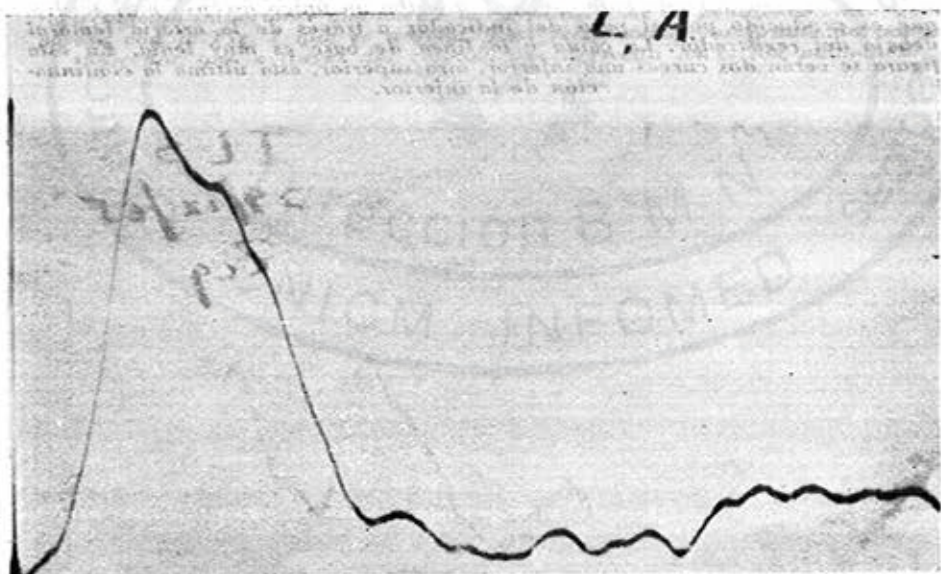
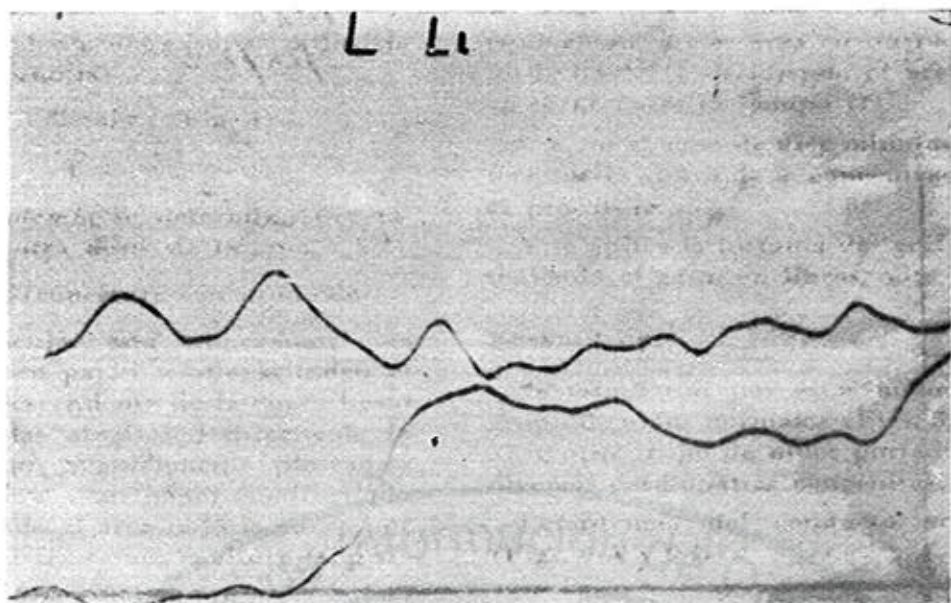


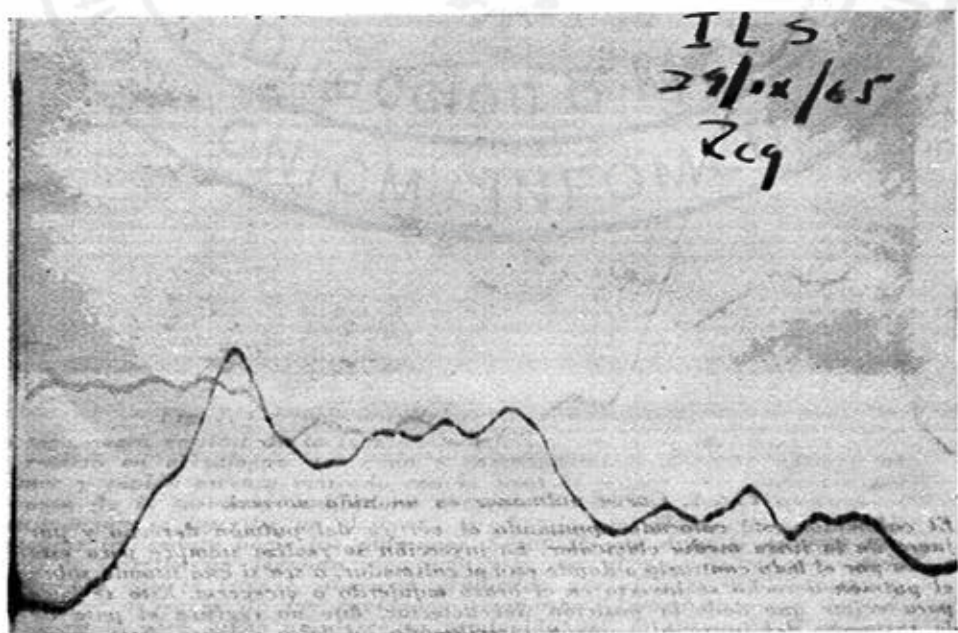
Fig. 7. Curva pulmonar en un niño normal.

El colimador está colocado apuntando al vértice del pulmón derecho y por fuera de la línea media clavicular. La inyección se realiza siempre para esta curva por el lado contrario a donde está el colimador, o sea si está situado sobre el pulmón derecho se inyecta en el brazo izquierdo o viceversa. Esto se hace para evitar que dada la posición del detector, éste no registre el pase de la sustancia del brazo al corazón inscribiendo un falso ascenso. Esta curva sólo registrará un único ascenso, ligeramente más tardío que el precordial y que obedecerá al pase del indicador a través del pulmón correspondiente, seguido de un descenso rápido a la línea de base producido al alejarse el indicador del área de registro. Al pie de la curva se observa una pequeña recirculación.



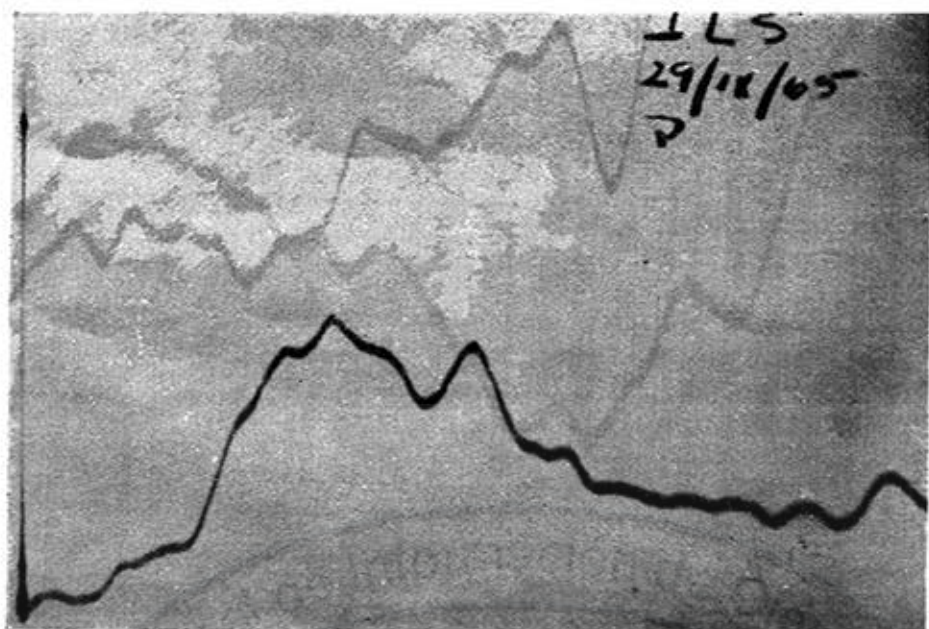
**Fig. 8. Curva arterial en un niño normal.**

El colimador es colocado en la ingle apuntando a la femoral o bien en el abdomen dirigido hacia la aorta abdominal. La inyección se realiza en un brazo cualquiera. En esta curva sólo se inscribe un único ascenso muy tardío, que es producido por el paso del indicador a través de la arteria femoral debajo del registrador. La caída a la línea de base es muy lenta. En esta figura se verán dos curvas una inferior, otra superior, esta última la continuación de la inferior.

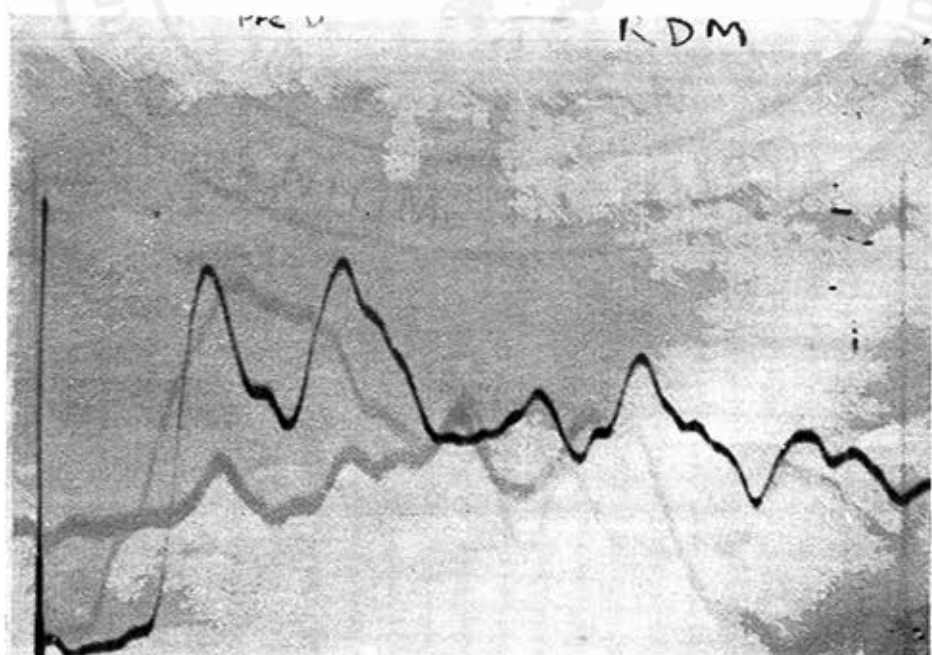


**Fig. 9-A. Curva precordial en un niño portador de una persistencia del conducto arterioso.**

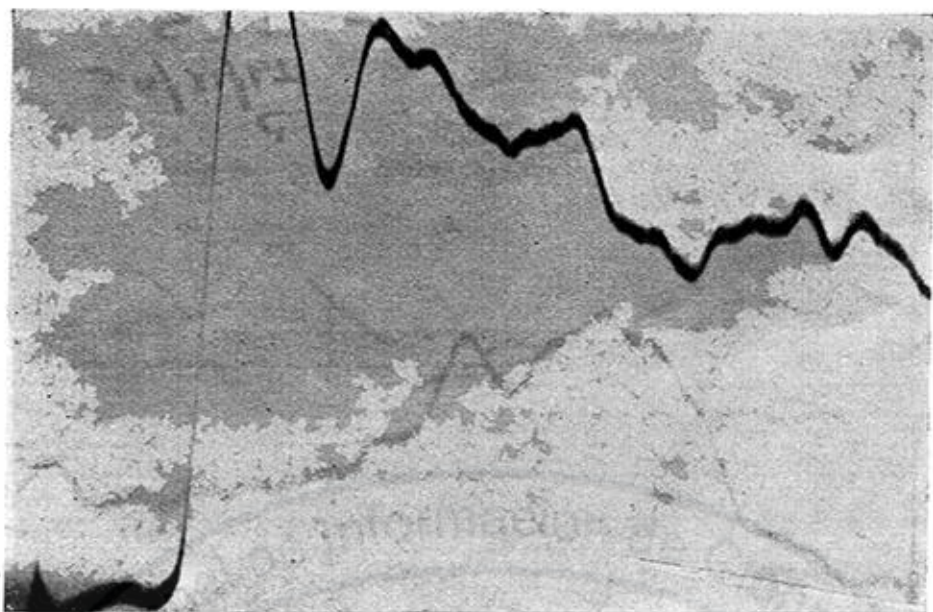
Aquí ya se nota una deformación de los patrones normales ya que el primer pico es seguido de una recirculación.



*Fig. 9-B. Curva pulmonar en el mismo paciente de la Fig. 9-A. (P.C.A.) Primer pico ligeramente retrasado con respecto a precordial seguido de una recirculación importante que hace a la curva declinar en pendiente suave, compárese con la Fig. 7 que es normal. Esta recirculación es producida por el indicador que a través del conducto es derivado hacia los pulmones.*

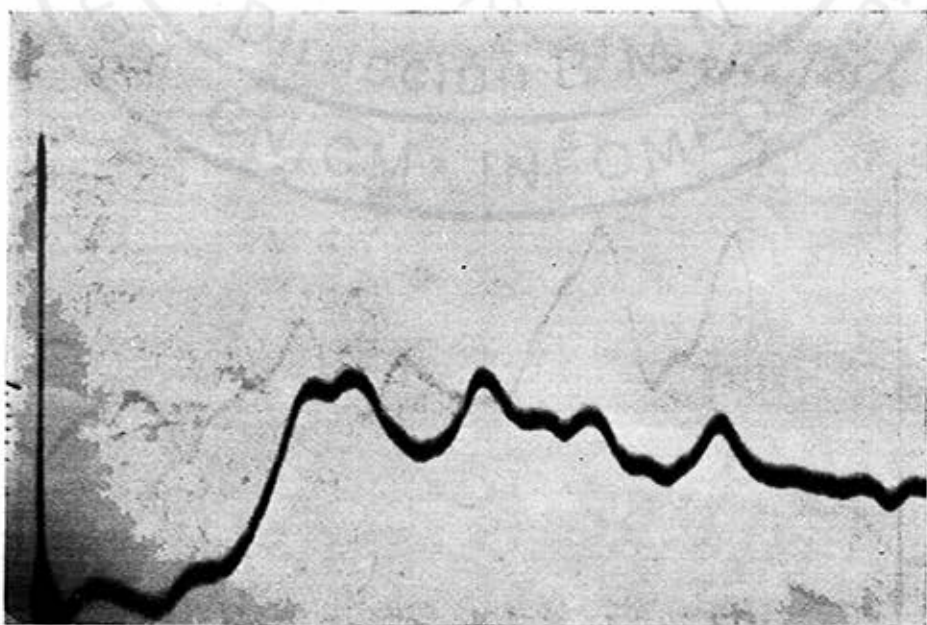


*Fig. 10. Curva precordial en una comunicación interauricular. Nótese la gran recirculación después del primer pico producida por la sustancia indicadora que a través del defecto septal es impulsada hacia las cavidades derechas donde es registrada nuevamente por el colimador.*



*Fig. 11-A. Curva precordial en una comunicación interventricular hipertensa por gran flujo pulmonar*

*Importante recirculación que casi se sale del papel de registro, producida por el indicador que al llegar al ventrículo izquierdo es derivada hacia el ventrículo derecho y nuevamente registrada por el detector.*



*Fig. 11-B. Curva pulmonar en el mismo paciente de la Fig. 11-A. (C.iv)*  
*Será igualmente en esta curva la caída suave por la circulación que provoca la C.iv. a través de los pulmones.*

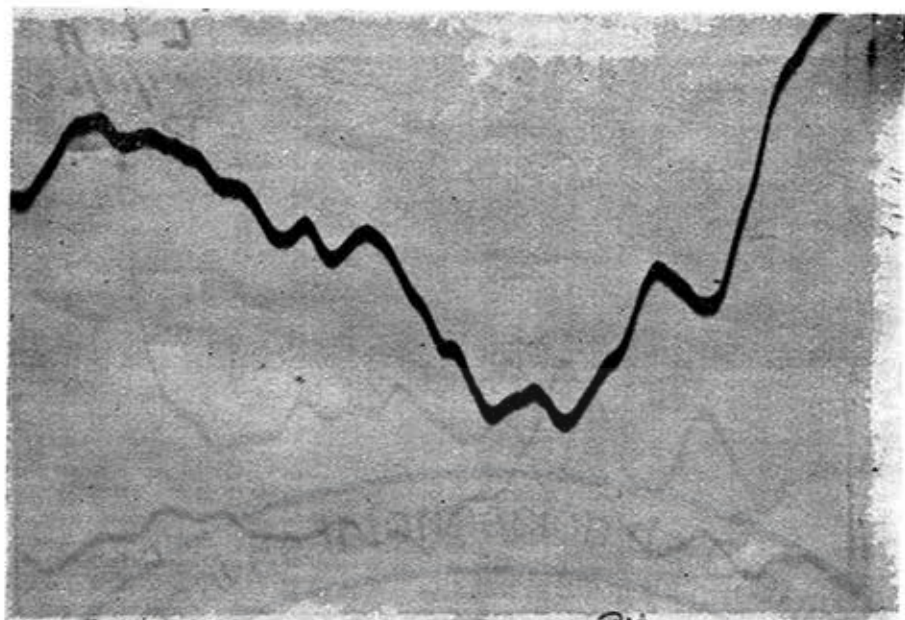


Fig. 12-A. Curva precordial en otra comunicación interventricular.  
Véase la caída suave por la recirculación.

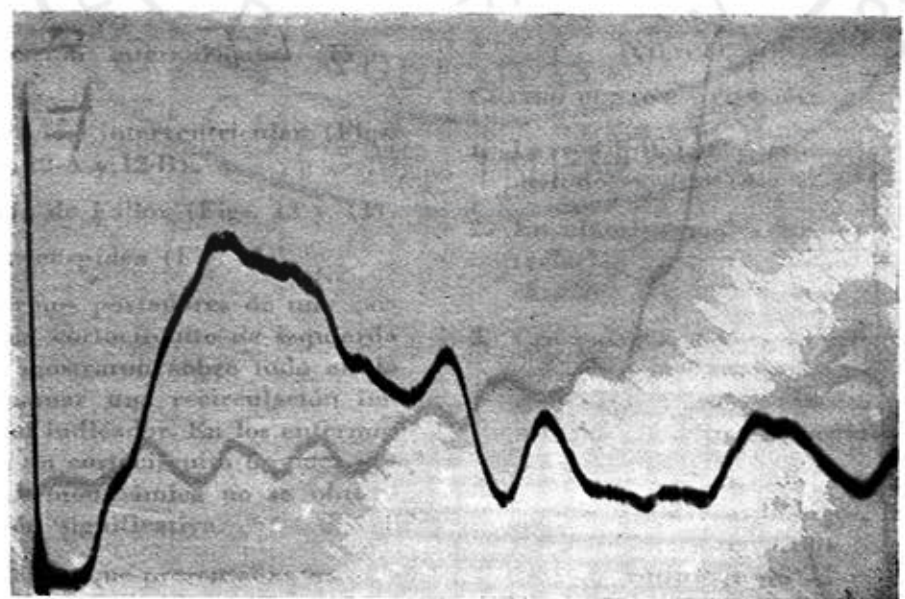
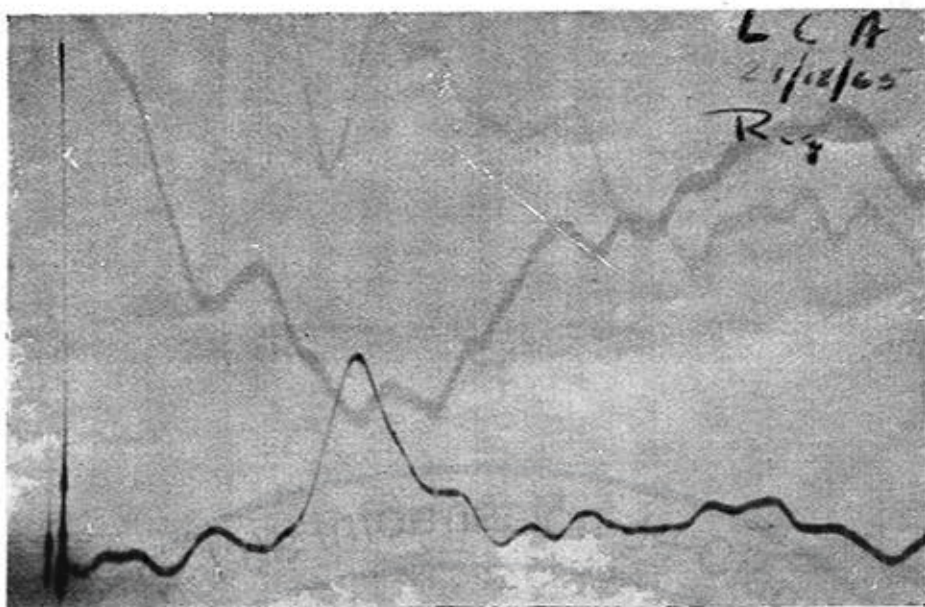
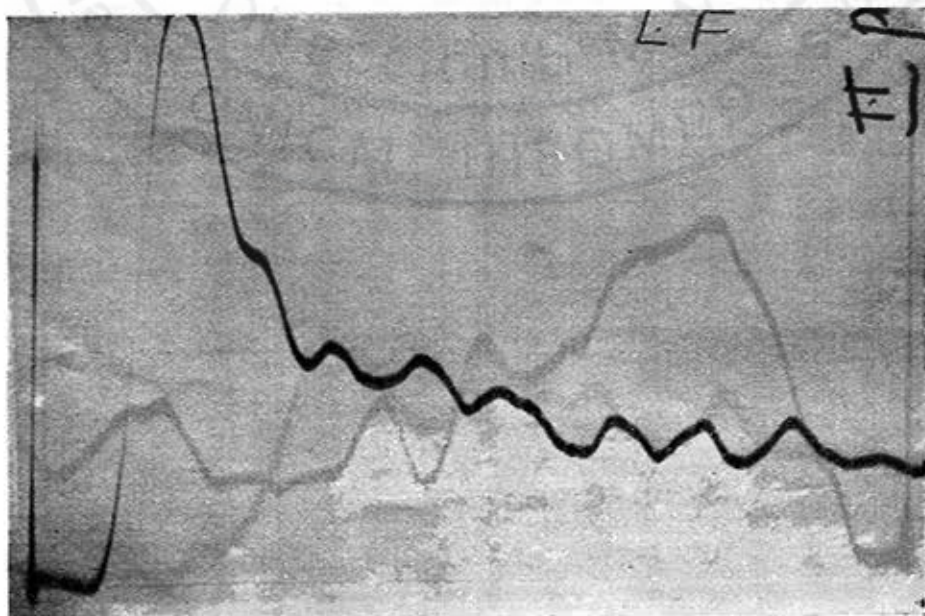


Fig. 12-B. Curva pulmonar en el mismo paciente de la Fig. 12-A. (C.iv)  
Obsérvese la recirculación



**Fig. 13. Curva precordial en una tetralogía de Fallot.**

La inyección ha sido realizada en la muñeca. Las curvas precordiales en enfermos que exhiben cortocircuito de derecha a izquierda predominante sólo exhiben un solo pico ya que la mayor parte del indicador se evacua rápidamente por la aorta alejándose del corazón. La pequeña onda al pie del descenso probablemente sea producida por el pase de alguna cantidad del indicador por las cavidades izquierdas.



**Fig. 14. Curva precordial en Fallot al que se le realizó un blalock**  
Se nota un único pico rápido y agudo seguido de la recirculación producida por la fistula.

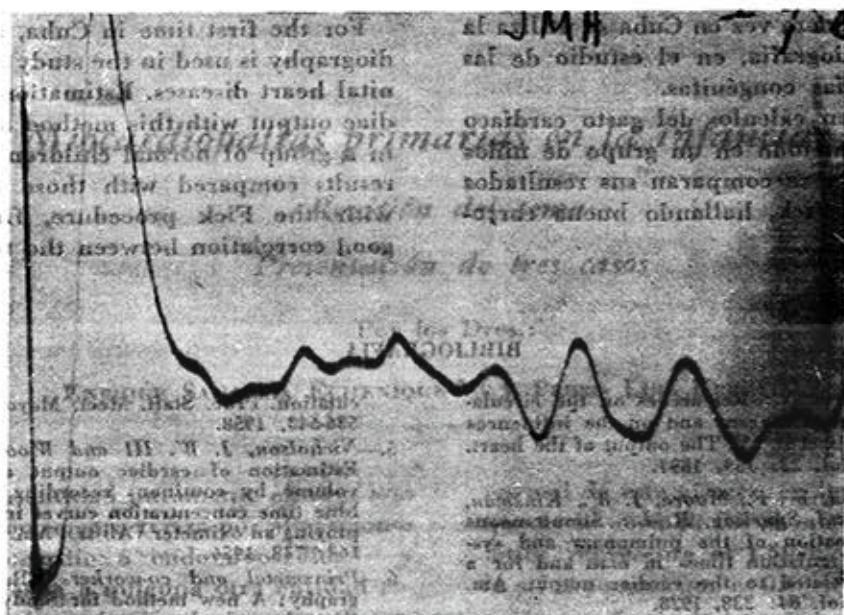


Fig. 15. Curva precordial en un enfermo portador de una atresia tricuspídea con P.C.A.

Se produce un solo pico rápido y agudo seguido de la recirculación. Nótese el parecido de esta curva con la de la Fig. 14.

Comunicación interauricular (Figura 10).

Comunicación interventricular (Figs. 11-A, 11-B, 12-A y 12-B).

Tetralogía de Fallot (Figs. 13 y 14).

Atresia tricuspídea (Fig. 15).

Los enfermos portadores de una cardiopatía con cortocircuito de izquierda a derecha mostraron sobre todo en la curva pulmonar una recirculación importante del indicador. En los enfermos que tenían un cortocircuito de poca importancia hemodinámica no se obtuvo recirculación significativa.

Los pacientes que presentaban un cortocircuito de derecha a izquierda mostraron un solo pico en la curva precordial.

## CONCLUSIONES

### CUATRO PUNTOS A CONSIDERAR:

1. La sensibilidad y especificidad del método es limitada.
2. En niños normales fue buena la correlación entre el cálculo del gasto cardíaco por este método y el Fick.
3. Creemos que este es un proceder sencillo, rápido e inocuo con que podemos valorar los resultados postoperatorios en cirugía cardiovascular.
4. Sometemos el método a la consideración de los cardiólogos, tratando de introducirlo en Cuba como práctica de rutina junto al cateterismo cardíaco y angiocardiógrafía, en el estudio de las cardiopatías congénitas.

## RESUMEN

Por primera vez en Cuba se utiliza la radiocardiografía, en el estudio de las cardiopatías congénitas.

Se hacen cálculos del gasto cardíaco por este método en un grupo de niños normales y se comparan sus resultados contra el Fick, hallando buena correlación.

## SUMMARY

For the first time in Cuba, radiocardiography is used in the study of congenital heart diseases. Estimations of cardiac output with this method are made in a group of normal children and the results compared with those obtained with the Fick procedure, finding a good correlation between the two.

## BIBLIOGRAFIA

- 1.—Stewart, G. N.: Researches on the circulation time in organs and on the influences which affect it. IV. The output of the heart. *J. Physiol.* 22: 159, 1897.
- 2.—Hamilton, W. F., Moore, J. W., Kinsman, J. M. and Spurling, R. L.: Simultaneous determination of the pulmonary and systemic circulation times in man and for a figure related to the cardiac output. *Am. J. Physiol.* 84: 338, 1928.
- 3.—Wood, E. H., Swan, H. J. C. and Helmholtz, H.F., Jr.: Symposium on diagnostic applications of indicator dilution technics recording and basic patterns of dilution curves: Normal and abnormal. *Proc. Staff Meet. Mayo Clin.* 32: 464-477, 1957.
- 4.—Hood, E. H. and Marshall, H. W.: Technic and diagnostic applications of dilution curves recorded simultaneously from the right side of the heart and from the arterial circulation. *Proc. Staff Meet. Mayo Clin.* 33: 536-543, 1958.
- 5.—Nicholson, J. W. III and Wood, E. H.: Estimation of cardiac output and blood volume by continuous recording of Evans blue time concentration curves in man, employing an oximeter (Abstr). *Am. J. Physiol.* 163: 738, 1956.
- 6.—Prinzmetal and co-workers: Radiocardiography; A new method for studying blood flow through the chambers of the heart in human beings. *Science*, 108: 340, 1948.
- 7.—Prinzmetal and co-workers: Radiocardiography and its clinical applications. *J.A.M.A.* 139: 617, 1949.
- 8.—Goldring, and co-workers: Radiocardiography on congenital heart disease. *J. Pediat.* 44: 392, 1954.
- 9.—Greenpan and co-workers: Isotopo circulation studies in congenital heart disease. *Radiology*, 69: 106, 1957.