

## *Determinación del gasto cardíaco mediante un método radioisotópico y conteos externos sobre el área precordial*

Por:

Lic. JUAN FRÁNQUIZ,\* Dr. ANGEL PANDO,\*\* ANTONIO CHIONG,\*®\* TERESA VALLADARES,I NELSON MIRANDA\*\*\*

Fránquiz, J. et al. *Determinación del gasto cardíaco mediante un método radioisotópico y conteos externos sobre el área precordial*. *Rev Cub Med* 14: 5, 1975,

Se plantea que la técnica para determinar gasto cardíaco, más simple y menos traumática para el paciente, es la que emplea conteos externos sobre el área precordial y administración endovenosa de un radiotrazador. Los valores obtenidos por esta técnica resultan ser ligeramente diferentes de un laboratorio a otro debido a factores técnicos del método. En el presente trabajo se describe la técnica seguida en nuestro laboratorio, así como la instrumentación empleada para determinar gasto cardíaco, y los resultados obtenidos en 22 pacientes sin patología cardiovascular diagnosticada. También se discuten la posible información acerca de la dinámica cardiopulmonar que permite obtener la radiocardiografía, y sus limitaciones debido a la geometría de determinación corazón-detector.

La técnica que permite determinar el gasto cardíaco y que resulta más simple, rápida y menos traumática para el paciente es aquella que se basa en la curva radiocardiográfica<sup>1</sup> obtenida mediante conteos externos sobre el área precordial luego de la administración, por vía endovenosa, de un radiotrazador.

La comparación entre los valores obtenidos para el gasto cardíaco a partir de la radiocardiografía con otros métodos

\* Físico del servicio de medicina nuclear. Instituto de Oncología y Radiobiología. 29 y F, Vedado, Habana. Cuba.

\*\* Cardiólogo. Jefe de la sala de cuidados especiales, Instituto de Oncología y Radiobiología. 29 y F, Vedado, Habana, Cuba.

(dilución de colorantes, principio de Fick) ha mostrado diferencias entre una técnica y otra;<sup>2,3</sup> los valores obtenidos por el método radioisotópico fueron siempre mayores, y algunos autores han informado aumentos hasta del 17%.<sup>4</sup>

La magnitud de estas diferencias, entre otros factores técnicos, depende, en gran medida, del área extracardiaca "vista" por el detector de radiaciones.<sup>5</sup> En el presente trabajo se describe detalladamente la técnica e instrumentación empleadas en nuestro laboratorio para determinar el gasto cardíaco a partir de la curva radiocardiográfica.

### MATERIAL Y METODO

Las variaciones de radiactividad sobre el área precordial se registran mediante un

detector de centelleo  $^{35}\text{Sf}$  con cristal de  $\text{INa(Tl)}$  de  $2''\times 2''$  y un colimador cilíndrico de 12 cm de profundidad y 4,5 cm de diámetro. Los pulsos que se obtienen a la salida del tubo fotomultiplicador pasan al través de un analizador de altura de pulsos monocanal  $\text{vPv-64}$  que selecciona, para el conteo radiactivo, solamente las radiaciones correspondientes a la energía de emisión del radioisótopo empleado.

Esta información es registrada en cinta magnética para su posterior obtención, en forma digital al integrar, para diferentes intervalos de tiempo, un contador VAG-120 acoplado a un impresor de datos VAG- 21A RFT.

El radioisótopo empleado es  $\text{In}^{113\text{m}}$  que se obtiene mediante un generador de Sn- In (suministrado por Radiochemical Centre. Amershan), y se prepara en suspensión en gelatina. La dosis inyectada es de 400  $\mu\text{Ci}$  en un volumen tan sólo de 0,25 cc para lo que se utiliza una jeringuilla desechable de 1 cc como capacidad máxima, que permite realizar una inyección prácticamente instantánea.

El paciente es colocado en posición decúbito supina y el detector de radiaciones se coloca sobre el área cardíaca, la cual se localiza por percusión; el radiotrazador se inyecta en la vena radial del brazo derecho. Luego que el radioisótopo se admi

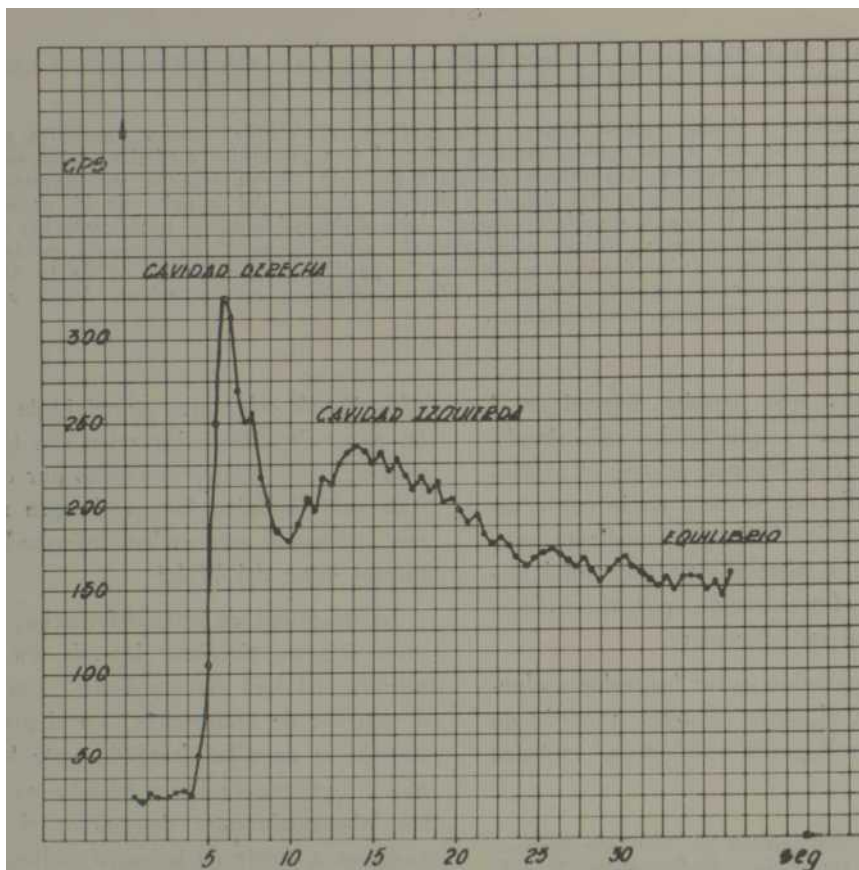


Gráfico 1.—Curva radiocardiográfica clásica en la que se encuentran bien definidos dos picos correspondientes al tránsito del radiotrazador al través de las cavidades cardíacas.

nistra, las variaciones de actividad en el área vista por el detector, toman la forma del gráfico 1: un aumento brusco de la actividad que corresponde a la llegada del trazador a las cavidades derechas, una disminución a continuación debido a la salida del trazador hacia pulmones junto con la sangre por la arteria pulmonar, luego una reentrada del trazador en el corazón al regresar de pulmones y por último el vaciamiento final al salir por la arteria aorta.

El gasto cardíaco se calcula de:

**ExV G.C.=**—

donde: E actividad en equilibrio que se toma a los tres minutos de realizada la inyección.

A = área bajo la curva radiocardiográfica, la cual se calcula en dos partes (gráfico 2). La primera parte no contempla el área extrapolada y se obtiene sumando los conteos por segundo, en cada punto, y multiplicando esta suma por el intervalo de tiempo entre cada punto. En nuestro caso obtenemos un dato cada 0,5 seg., pero debido al tiempo muerto del impresor de datos, la separación entre dos puntos resulta ser de 0.586 seg.

Para la segunda parte de la curva es necesario considerar el área extrapolada;

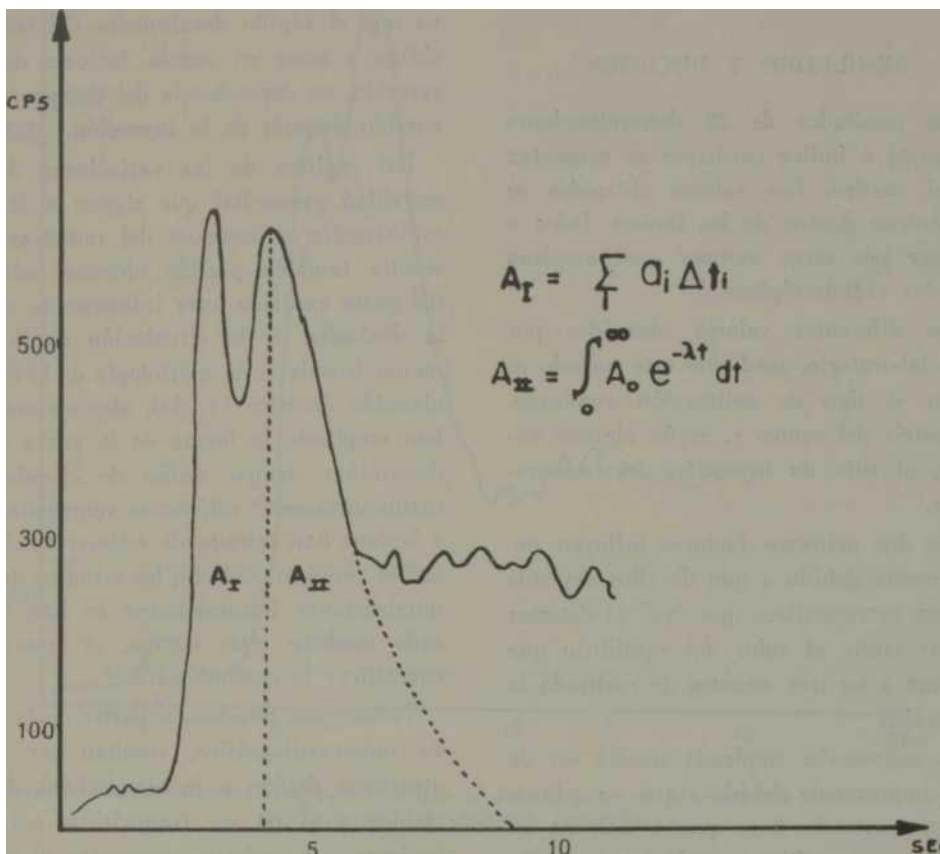


Gráfico 2.—Cálculo del área bajo la curva radiocardiográfica.

para ello se considera que el vaciamiento cardíaco obedece a una función monoexponencial:  $A_0 e^{-At}$ , y el área se obtiene en-

tonces de:  $\frac{A}{A_0}$  donde  $A_0$  = actividad al

comienzo del segundo pico y  $A$  = pendiente de la curva que se obtiene, ajustando por mínimos cuadrados, a una exponencial, los puntos obtenidos para el vaciamiento cardíaco.

$V$  = es el volumen de sangre circulante que se determina por la técnica conocida del mareaje de eritrocitos con  $Cr^{51}$  y se puede realizar antes o después de la radiocardiografía.<sup>8</sup>

Empleando la técnica anteriormente descrita se estudiaron 22 pacientes, a los cuales no se les había diagnosticado patología cardiovascular alguna.

#### RESULTADOS Y DISCUSION

Los resultados de 22 determinaciones del gasto e índice cardíacos se presentan en el cuadro. Los valores obtenidos se encuentran dentro de los límites dados a conocer por otros autores<sup>7</sup> que emplean métodos radioisotópicos.

Los diferentes valores obtenidos por cada laboratorio, mediante este método se deben al tipo de colimación empleada, geometría del conteo y, según algunos autores, al sitio de inyección del radiotrazador.<sup>7</sup>

Los dos primeros factores influyen notablemente debido a que de ellos depende el área extracardíaca que "ve" el detector y, por tanto, el valor del equilibrio que se toma a los tres minutos de realizada la inyección.

La colimación empleada resulta ser de gran importancia debido a que un colimador muy estrecho hace que la posición del detector sea crítica: cualquier pequeño desplazamiento del detector traerá consigo una gran variación en los conteos registrados. Por otra parte, un colimador con un amplio campo de registro

produce una gran contribución a los conteos, debido al área extracardíaca, lo cual es indeseable.

El empleo de  $In^{113m}$  como radiotrazador debido a su corta vida media (108 min.) permite administrar al paciente una dosis mayor de la que es posible emplear con otros trazadores utilizados en estos estudios (RHISA  $I^{131}$  por ejemplo), y además, repetir la prueba a intervalos de tiempo tan cercanos como se quiera. El  $In^{113m}$ , sin embargo, presenta el inconveniente de que el cálculo del volumen sanguíneo, simultáneamente con la determinación de las variaciones de radiactividad sobre el precordio, tal como hacen otros autores,<sup>8</sup> resulta muy complicado y sujeto a errores debidos a la manipulación de los datos, ya que el rápido decaimiento del isótopo obliga a tener en cuenta factores de corrección, en dependencia del tiempo transcurrido después de la inyección.

Del registro de las variaciones de la actividad precordial que siguen a la administración endovenosa del radiotrazador resulta también posible obtener, además del gasto cardíaco, otra información sobre la dinámica de la circulación cardiopulmonar basada en la morfología de la curva obtenida (gráfico 1). Así, algunos autores han empleado la forma de la curva para determinar tiempo medio de circulación cardiopulmonar,<sup>9</sup> volúmenes ventriculares<sup>10</sup> e incluso han tratado de estimar la circulación coronaria.<sup>11,12</sup> En los estudios de comunicaciones intracardíacas se han utilizado también estas curvas, al tratar de cuantificar la comunicación.<sup>13</sup>

Todos estos estudios, a partir de la curva radiocardiográfica, resultan ser muy atractivos debido a la simplicidad de la técnica y al no ser traumáticos para el paciente; sin embargo, presentan el grave inconveniente de que las condiciones geométricas bajo las cuales se realiza la de

tección son críticas en cuanto a la forma de la curva.<sup>12</sup> La forma clásica de la curva, tal como se presenta en el gráfico

1, no siempre se obtiene; la posición relativa corazón-detector afecta la curva de forma tal, que en algunos casos el primer pico correspondiente al tránsito del trazador, a través de las cavidades derechas, no se distingue (gráfico 3), y predominan solamente las cavidades izquierdas. En general, la

definición precisa de los dos picos no se obtiene (gráfico 4), y no es posible, por tanto, el estudio de parámetros y características de la circulación cardiopulmonar a partir de la curva radiocardiográfica en una forma confiable y reproducible. Un estudio minucioso de la relación entre la morfología de estas curvas y la posición relativa corazón-detector, en personas normales, permitiría quizás disponer de una mayor información útil en estudios clínicos acerca de la circulación cardiopulmonar.

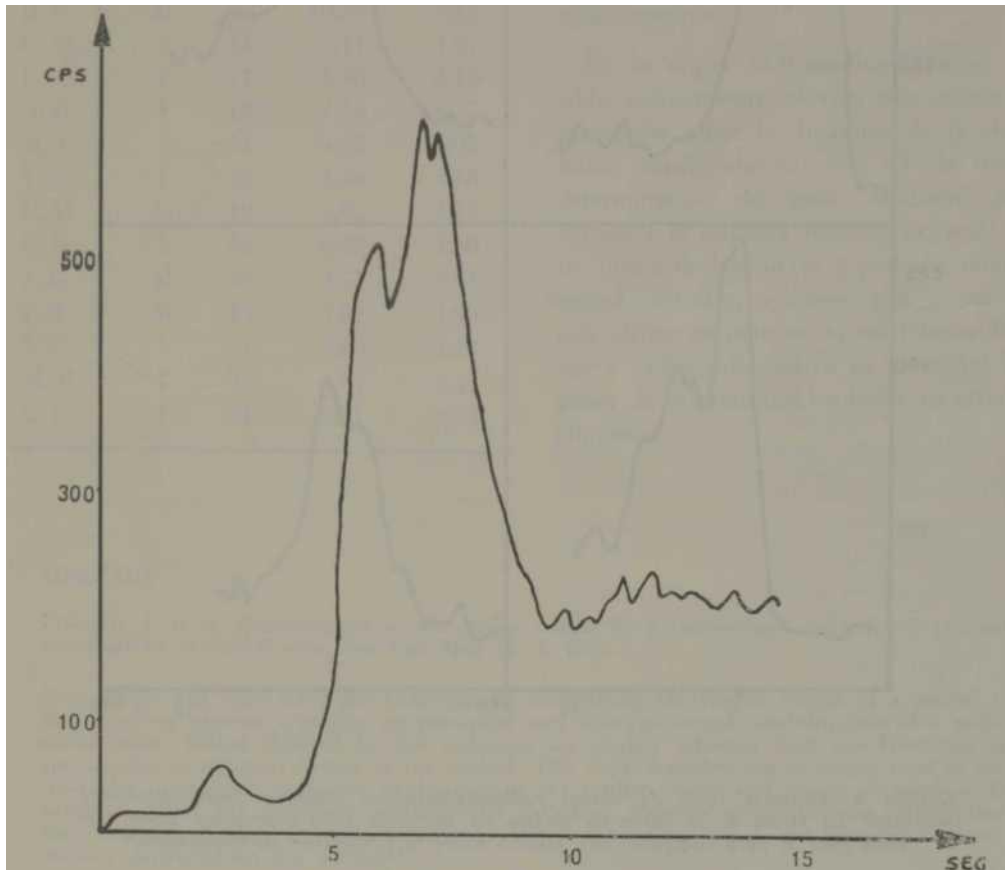


Gráfico 3.—Curva radiocardiográfica en la que el primer pico no se encuentra bien definido, predominando las cavidades izquierdas.

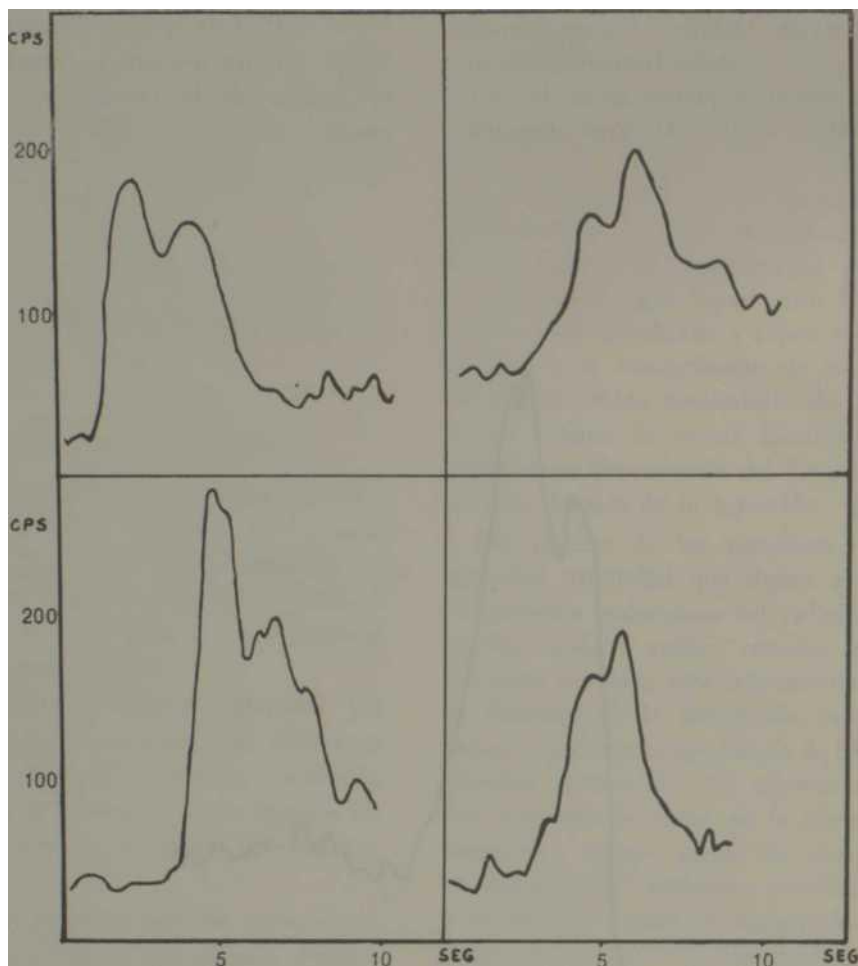


Gráfico 4.—Distintos tipos de curvas radiocardiográfica. ■> obtenidas para diferentes pacientes. La forma de la curva no resulta un obstáculo para determinar gasto cardiaco pero si para cualquier otro estudio sobre la circulación cardiopulmonar.

**CUADRO**

Paciente	Sexo	Edad	Gasto cardiaco L/min.	Indice cardiaco L/min. M <sup>2</sup>
R.P.	M	70	4,81	3,31
M.T.	F	35/	6,27	3,48
C.M.	F	70	6,07	3,79
B.L.	F	10	6,41	4,71
L. V.	M	78	8,77	4,87
B. V.	M	68	9,52	6,99
P. R.	F	52	8,91	4,84
N.M.	M	50	4,87	3,44
F. V.	M	34'	11,90	6,54
R.N.	M	46	10,55	5,12
C.M.	F	41	7,11	4,67
E. A.	F	17-	4,30	3,13
A.G.	F	19	7,54	4,77
M. V.	F	34	9,25	5,08
T. C.	F	18	4,26	3,18
P.M.	M	18	5,92	3,70
E. H.	F	46	6,29	" 3,60
Z.G.	M	40	4,71	3,31
J.G.	M	45	5,81	3,50
J.F.	F	37	5,80	3,27
M.R.	F	38	4,07	3,45
C.R.	F	44	3,51	2,34

**CONCLUSIONES**

La determinación del gasto cardíaco por el método descrito resulta ser simple, rápida y no traumática para el paciente, y tiene, además, la ventaja de que puede ser repetida tantas veces se quiera, y a intervalos de tiempo todo lo reducidos que se quieran.

Los valores obtenidos dependen de factores técnicos característicos de cada laboratorio; ello obliga a que antes de emplear esta técnica para uso clínico, se determine el valor del gasto cardíaco en una población de personas sanas, seleccionadas rigurosamente.

De la curva radiocardiográfica es posible, teóricamente, obtener una mayor información sobre la dinámica de la circulación cardiopulmonar que sólo la simple determinación del gasto cardíaco; pero debido a la estrecha relación existente entre forma de las curvas y posición relativa corazón-detector, a menos que se conozca esto último en detalles, la morfología de la curva radiocardiográfica no permitirá disponer de información confiable en estudios clínicos.

**SUMMARY**

Fránquiz, J. et al. *Determination of the cardiac output by a radioisotopic method and external countings on precordial area.* Rev Cub Med 14: 5, 1975.

Most simple and least traumatic technique for determining the cardiac output in a patient is that involving external countings on precordial area and endovenous administration of a radio-active tracer. Values obtained by this technique are slightly different from one laboratory to another due to technical factors of the method. This work describes the technique used in our laboratory, instruments employed in determining the cardiac output and results obtained in 22 patients without any diagnosed cardiovascular pathology. Possible information on cardiopulmonary dynamics obtained by radiocardiography and its limitations due to the geometry of heart-detector determination are discussed.

**RESUME**

Fránquiz, J. et al. *Determination du débit cardiaque au moyen (Fuite méthode radioisotopique et application du compteur sur l'aire precordiale.* Rev Cub Med 14: 5, 1975.

Le débit cardiaque est déterminé par la méthode radioisotopique et par l'application du compteur sur l'aire précordiale et l'administration endoveineuse d'un indicateur radioactif, pour con-

sidérer que celles-ci sont les méthodes les plus simples et les moins traumatiques pour le patient. Les valeurs obtenus par cette technique varient súfranteles facteurs techmques employes au laboratoire et cela est du aux facteurs techniques de la m.thode. Dans ce travail on décrit la technique suivb da 's notre laboraloire ainsi que les instrumenta employés pour détermner le débit cardiaque ct les résultats obtenus chez 22 patients sans pathologie cardiovascular dianostiquée. On discuio aussi la possible information á propos de la dynamique cardiopulmo- naire permettant d'obtenir la radiocardiographie et le.ir limitations dú á la geometrie de la détermination coeur-détec.eur.

**PEC CME**

**ípaHKHLi X., a ;T,p. OnponejieHHe MKHyTKoro ocitéMa cepjma no cpeflcTBOM pajmOH3OTOnH0rc Me\*rota h BHeuiHiix c'iéTOB Hay npejj,cepne\*iHOM y^acnce. Rev Cub Med 14:5,1975 •**

**C'ffiTaeTcs^To Ha&dojee npocTHM h MeHee 'TpaBMamecKitM jura nauneHTa MeTOfi onpejjgjjiaHiiH MHHymoro odiuMa cepjnia .hbjsgtch tot c nprn/iepmi eM c^éTa np3i;cepneiiioñ yqacTKH h BHyTpHB^H0sHoii uBeaeiue pajuo^epTés Horo annápaia úojijnéHHe noKa3aTejiei npH sto8 tghhrh HeMHomKo o - TjnraaiOTCH c ojmoro jiatioPaTopuH k spyryo no nosojij TexHEraecKiix Bonpo- co3 3Toro MeTOfla . B stom cTaTe onncyBaetch npimeHneMaH TexHEiu y Hac b JiadopaTopuB , Tanace ksk h hhcTpyMeHTH npimeHHeMHe jyia onpeae^eHHH tKHyTHoro odiéivía cepoa h nojjyqeHHe pe3yjn>TaTH 22 namieHTOB co cep- p.e^iHococyjiHCTHMH naTOjionsMH .Tarase codupaetCH KH\$opaaxai o cepae^o jieroHHoá p;HanTta nosBOJiHniiHñ otípaBOTKn pajmoKapsHorpa\$HD a ex. orpaag 'ieHKKH b cJiepcTBEHe reoMeTpnH onpenenjeHHH cepjme-^eTeKTOü ,**

**BIBLIOGRAFIA**

1. —Prinzmetal, M. y col. Radiocardiography: A new method for studying blood flow through chambers of the heart in human beings. *Science IOS*: 340, 1948.
2. —Pietila, K., J. Haktila. Studies of cardiac output and of pulmonary and intrathoracic blood volume; a comparison of the external and arterial dilution method using I<sup>131</sup> albumin. *Cardiologia* 36: 97, 1956.
3. —Mack, R. y col. An in vivo method for the determination of cardiac output. *Radiology* 68: 248, 1957.
4. —Umrenholdt, A. Radiocardiography: Validity and reproducibility. Blood flow through organs and tissues. W. Bain (editor) E&S Livingstone LTD. p. 67, 1967.
5. —Sevelius, G. Cardiac output. Radioisotopes and circulation. Sevelius, G. (editor) Little Brown and Company p. 118. 1965.
6. —Sterling, K., S. Gray. Determination of circulation red cell volume in man by radioactive chromium. *J Clin Invest* 29: 1614. 1950.
7. —Lorimer, A. y col. Clinical applications of praecordial counting. Blood flow through organs and tissues. W. Bain (editor) E&S Livingstone LTD. p. 79, 1967.
8. —Veall, N. y ti. Vetter. Radioisotope techniques in clinical research and diagnosis. Butterworth and Company. London p. 125, 1958.
9. —Donato, L. y col. Quantitative radiocardiography for the measurement of pulmonary blood volume. Dynamic clinical studies with radioisotopes. Proceedings of a symposium held at the oak ridge Institute of Nuclear Studies, 1963.
10. —Donato, L. y col. Selective quantitative radiocardiography. *Prog Cardiovasc Dis* 1: 1962.
11. —Sevelius, G. Myocardial blood flow determined by surface counting and ratio formula. *J Lab Clin Med* 54: 5, 1959.
12. —Fránquiz, J. y col. Estudio dinámico de la circulación coronaria mediante radioisótopos. *Rev Cub Med* (en imprenta).
13. —Tarolo, G. y col. Screening and evaluation of intracardiac shunts by external counting radioisotope detection. Proceeding of a Symposium in Dynamic Studies with Radioisotopes in Medicine. Rotterdam. IAEA, 1971.