

## TRABAJOS ORIGINALES

### HEMODINAMIA EN EL TRONCO ARTERIOSO VERDADERO - CONSIDERACIONES A PROPOSITO DE UN CASO CATETERIZADO \*

por los doctores

B. KREUTZER, J. A. CAPRILE, A. D. GONZALEZ PARENTE y G. G. BERRI

Siguiendo a otros autores, hemos considerado al tronco arterioso verdadero <sup>1</sup> como una malformación cardíaca congénita en la que un solo vaso, anormalmente grande, emerge del corazón y suple la circulación coronaria, pulmonar y sistémica. Recibe la totalidad de la sangre proveniente del corazón, cabalgando habitualmente sobre una comunicación interventricular, aunque puede estar totalmente dextropuesto, en ocasiones levopuesto o emerger de un ventrículo único.

De acuerdo a la manera como se realiza la circulación pulmonar, se reconocen varios tipos de tronco arterioso verdadero. Siguiendo a Mönckeberg <sup>2</sup>, en el trabajo anterior, aceptamos una forma "completa" y una forma "parcial", según que las ramas de la arteria pulmonar nazcan independientemente del tronco arterioso o a través de un tronco pulmonar rudimentario, reservando el nombre de "pseudotronco arterioso" o "tronco aórtico" <sup>3</sup> para los casos en que existe una atresia del tronco o de las ramas de la arteria pulmonar, realizándose la circulación pulmonar a través de las bronquiales.

Considerando embriológicamente esta malformación como causada por una detención en el desarrollo del sexto arco aórtico (que da origen a la arteria pulmonar), Collet y Edwards <sup>4</sup> describieron cuatro variedades anatómicamente reconocibles de tronco arterioso verdadero, que difieren en su dinámica y que pueden ser diagnosticadas clínicamente o con la ayuda de métodos de investigación complementaria. Los tipos dos y tres de estos autores, sólo difieren por el lugar de implantación de las arterias pulmonares en la porción

(\*) Trabajo realizado en el laboratorio de Cardiología "Dr. Martín R. Arana" del Hospital de Niños de Buenos Aires. Presentado a la Sociedad Argentina de Cardiología el 26-8-54.

ascendente del tronco arterioso y, por esta razón, ambos tipos pueden ser incluidos en uno solo.

*Tipo I:* Es, sin lugar a dudas, el más frecuentemente encontrado en las observaciones publicadas de tronco arterioso, y corresponde a un estadio relativamente avanzado del desarrollo embrionario, en tal forma que la aorta y la arteria pulmonar se han diferenciado, pero la división del tronco aorto-pulmonar aún no se ha llevado a cabo. La aorta ascendente y el tronco pulmonar rudimentario se originan en el tronco arterial en forma de V. Dada esta disposición anatómica, la corriente sanguínea llega al tronco arterioso desde ambos ventrículos y sigue indistintamente el camino de la aorta o la arteria pulmonar manteniendo, por lo tanto, durante su trayecto un flujo laminar. Edwards<sup>5</sup>, cree que esta variedad se comporta como un complejo de Eisenmenger y que para permitir la sobrevivencia del paciente, es necesario el aumento de la resistencia pulmonar. Observaciones de este tipo han sido descritas por nosotros<sup>1</sup>, habiéndose diferenciado algunos subtipos acompañados por otras anomalías, tales como la persistencia del ductus, la coartación de la aorta, etc.<sup>4</sup>.

*Tipo II:* En esta variedad no se reconocen ni vestigios de tronco de la arteria pulmonar y corresponde a una detención del desarrollo más precoz que en el tipo anterior. Al comenzar su desarrollo, ambas arterias pulmonares emergen horizontalmente a cada lado de la porción ascendente del tronco, para irse uniendo hacia la pared posterior del mismo y terminar juntándose para formar el tronco de la arteria pulmonar. Si la detención en el desarrollo se produce antes que se forme la arteria pulmonar, las ramas de la misma se originarán o a ambos lados de la porción ascendente del tronco o de la cara posterior y muy próximas entre sí. Esta disposición anatómica hace que la corriente sanguínea, que en el tronco arterioso sigue una dirección ascendente vertical, cambie bruscamente su dirección en un ángulo de 90°, produciéndose remolinos y cambios en la velocidad de la masa, con la consiguiente pérdida de su presión energética.

Es fácilmente comprensible que este tipo de tronco arterioso se pueda comportar hemodinámicamente como un ductus persistente, cuando las ramas de la arteria pulmonar son de gran calibre. Pero, si las ramas de la arteria pulmonar son de pequeño calibre, opondrían una gran resistencia al flujo de la corriente sanguínea y la

circulación pulmonar será insuficiente, asemejándose el cuadro clínico al de la Tetralogía de Fallot.

De acuerdo a las observaciones recopiladas por Collet y Edwards<sup>4</sup>, cuando las arterias pulmonares nacen de la cara posterior del tronco y muy próximas entre sí, la circulación pulmonar puede ser suficiente y la sobrevida prolongada. Pero, cuando las arterias pulmonares emergen a cada lado del tronco, no hay ninguna observación que haya sobrepasado los 14 meses de edad. Nuestra observación pertenece a esta última variedad, pero la falta de estudio necrópsico no nos permite asegurar si las arterias pulmonares nacen de la cara posterior del tronco o a ambos lados del mismo. De acuerdo a la literatura consultada, nuestro caso sería el segundo cateterizado. El primero es un caso de Gotzsche<sup>6</sup> de 17 años de edad, en que fué cateterizada la pulmonar izquierda a partir del tronco arterioso, encontrando igualdad de presiones en la arteria pulmonar y en el tronco, hecho que había sido sugerido por Bing<sup>7</sup> y repetido por Donzelot y D'Allaines<sup>8</sup>. Nuestros hallazgos discrepan con la presunción de estos autores y obligan a reevaluarlos (ver más adelante).

*Tipo III:* En este tipo, el sexto arco aórtico no se ha desarrollado y, en consecuencia, no existen arterias pulmonares. Las arterias coronarias son los únicos vasos que nacen de la porción ascendente del tronco. La sangre llega a los pulmones a través de las arterias bronquiales o de las colaterales que nacen de la porción descendente del tronco arterioso. Aunque en estos casos la circulación pulmonar es casi siempre insuficiente, existen observaciones de larga supervivencia incluyendo una de Simon y Lustberg<sup>9</sup>, de 19 años de edad, que tuvo un embarazo a término y falleció tres días después de un parto normal. En este tipo, no deben incluirse los casos de hiper Fallot con atresia del tronco o de la válvula de la pulmonar, y circulación pulmonar a través de un ductus, porque ello implica el desarrollo del sexto arco aórtico, que por definición no se halla presente en los casos de tronco arterioso verdadero tipo III.

### HISTORIA CLÍNICA

Nº 10.010 H. G., niña de 10 años de edad. Peso: 25.500 k. Talla: 1.27 m. La madre tuvo metrorragias en el primer mes del embarazo. Embarazo a término. Parto normal. Empezó a caminar a los 18 meses; tuvo dificultad, que aún persiste, para la pronunciación de la palabra, por lo que comenzó a hablar tardíamente.

A los 5 días de edad, le fué encontrado el soplo. Nunca ha tenido cianosis ni disnea, ni está incapacitada. En el examen se descubre: distrofia; dislalia y rinolalia, dudosa cianosis y dudoso hipocratismo digital. No hay disnea. Latidos arteriales (++) en cuello. Frémito sistólico y diastólico (++) en la fosa supra-esternal y en el foco aórtico. Se palpa la punta del corazón en el 5º espacio

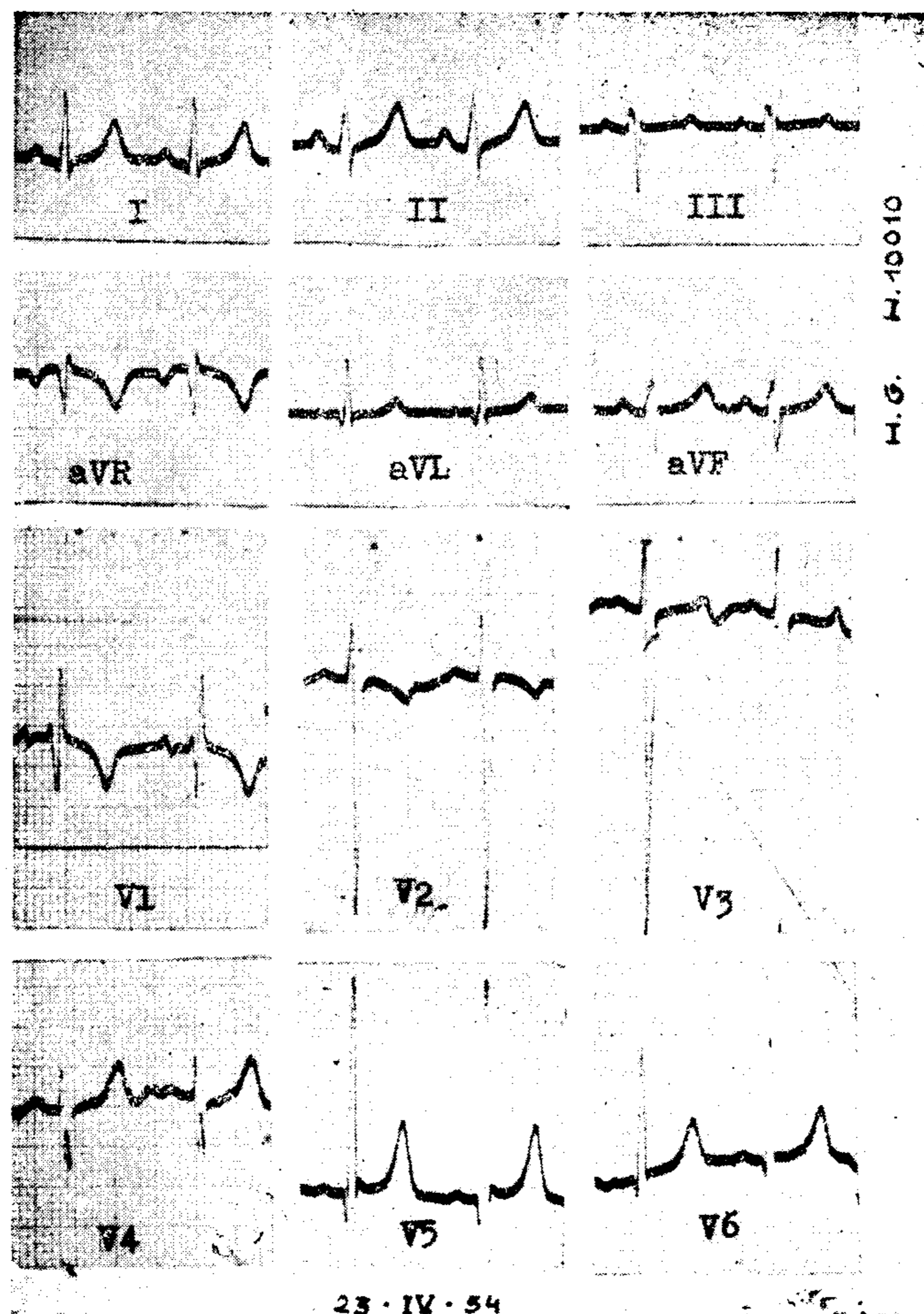


FIGURA 1. — Electrocardiograma.

intercostal izquierdo a 2 cm. por fuera de la línea hemiclavicular. Se ausculta un intenso soplo continuo (+++) en el 2º y 3er. espacio intercostal derecho cerca del esternón, que se percibe también, aunque con menos intensidad, en el foco de la pulmonar. El pulso femoral es fácilmente palpable. La T.A.: 110/70-60. El hígado se palpa a un través de dedo del reborde costal. El bazo no se palpa.

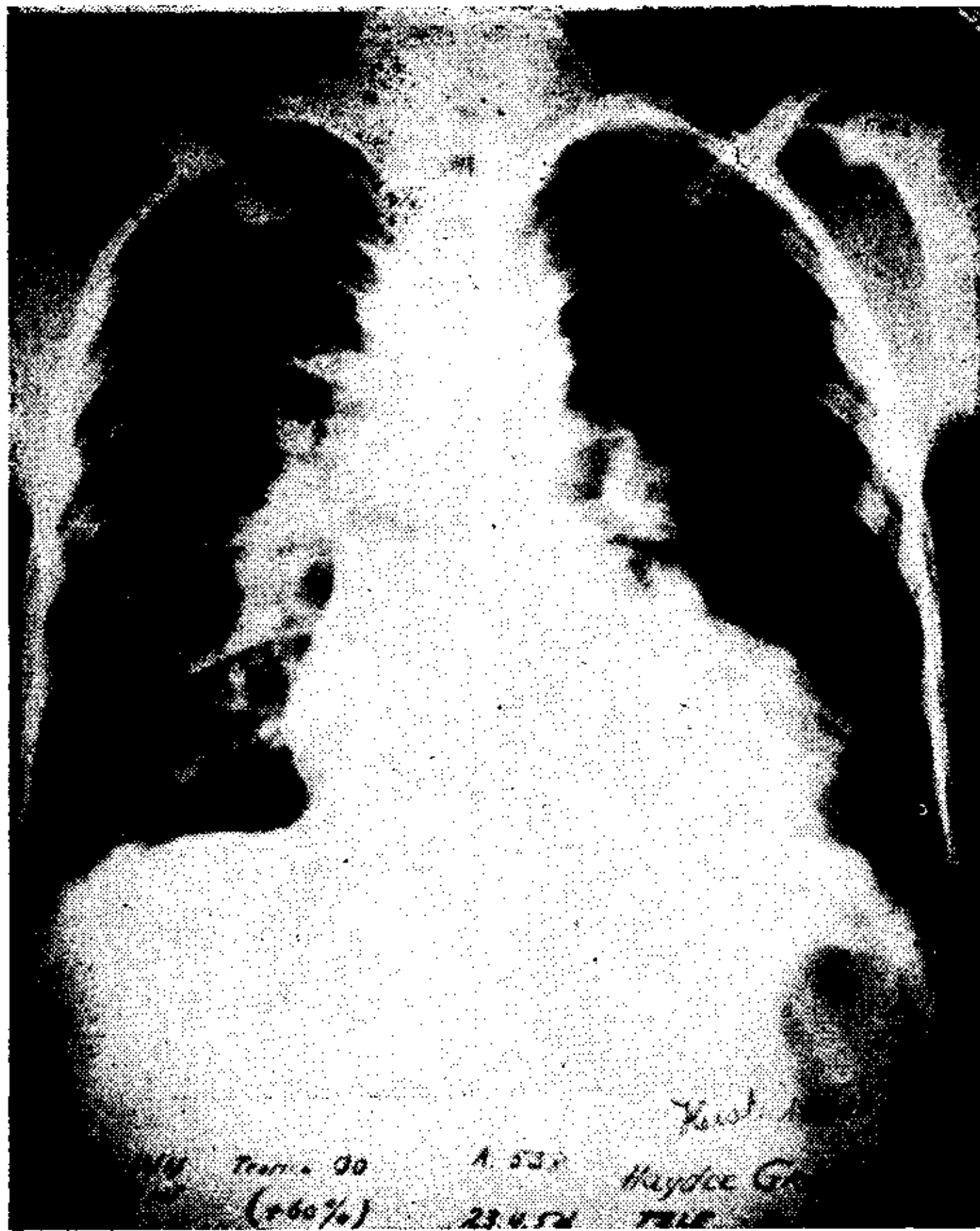


FIGURA 2. — Telerradiografía en frontal.

El e.c.g. (fig. 1) muestra: ritmo sinusal regular. AQRS a  $+23^\circ$ . rR en V4R y V1, rS en V2, qR en V6 con deflexión intrínseca a 0,04 seg. en V6. Ondas T altas y acuminadas en II, aVL, V4, V5 y V6.

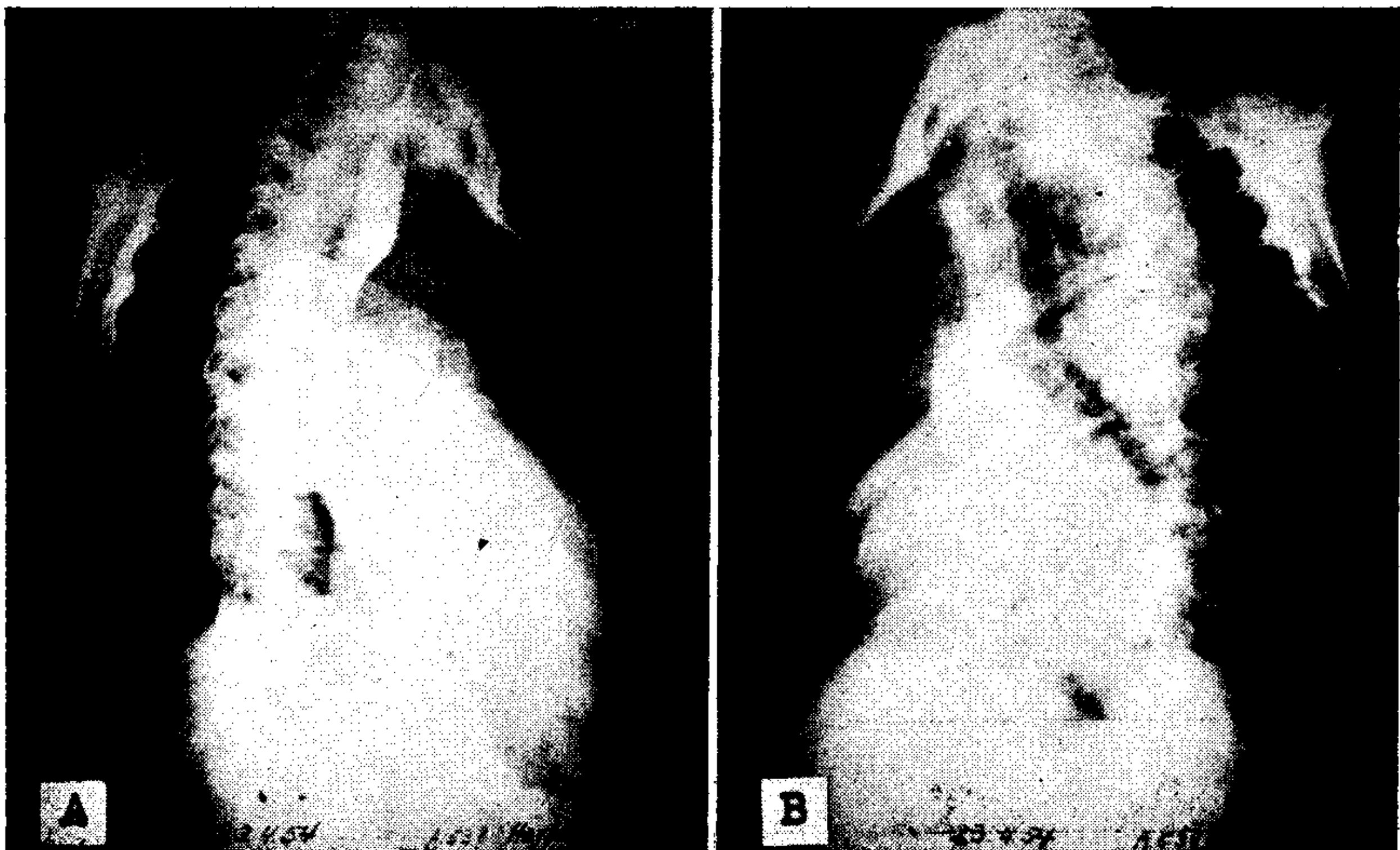
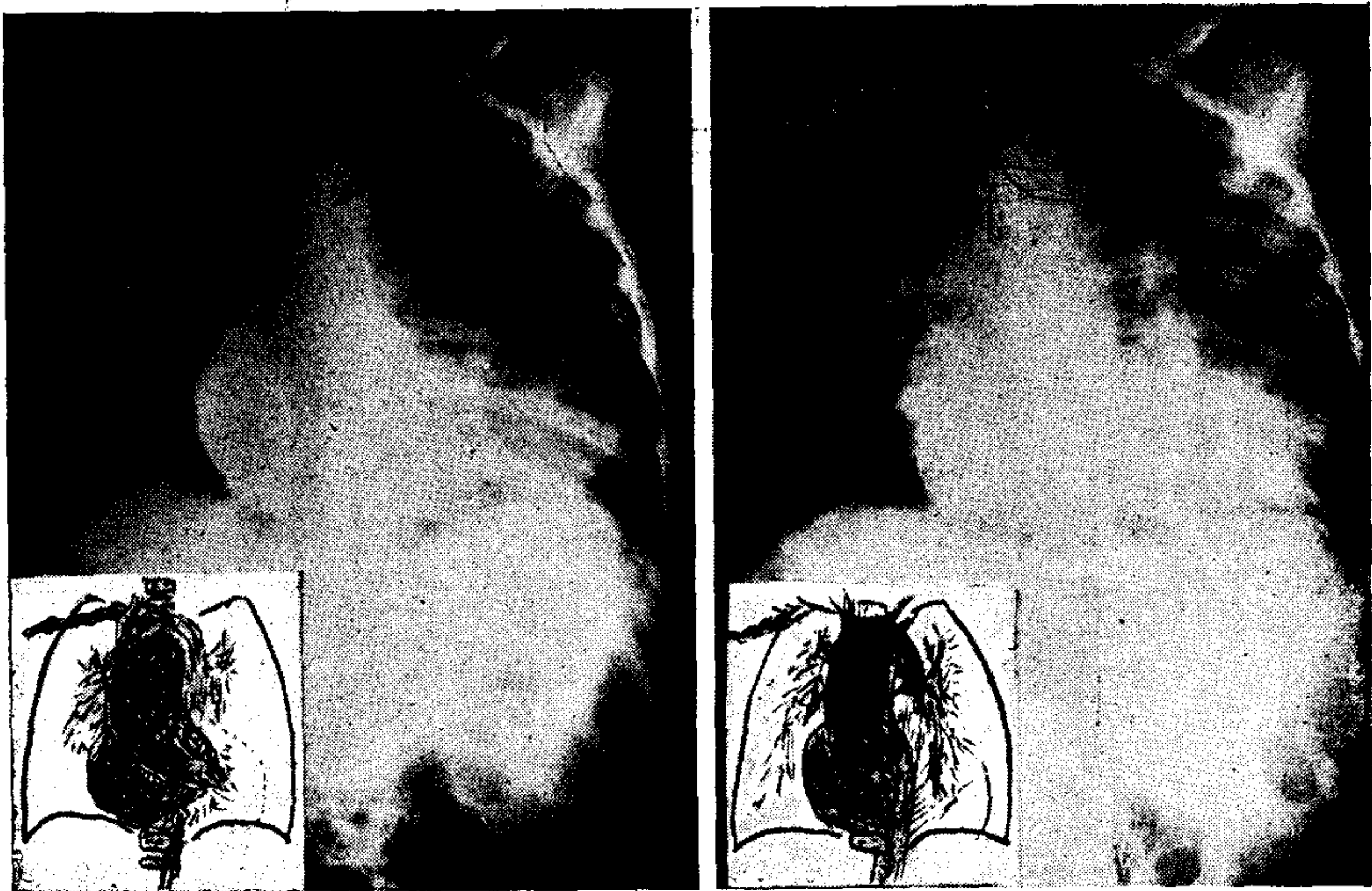


FIGURA 3. — A. Oblicua anterior derecha. B. Oblicua anterior izquierda.



Placa 1

Placa 2

FIGURA 4. — Angiocardiografía.

Radioscópicamente, se observa en frontal: agrandamiento cardíaco a expensas del ventrículo izquierdo, ausencia del arco medio con amplios latidos de ambas ramas de la arteria pulmonar que aparentemente están colocadas en posición más alta que la habitual. Circulación pulmonar, exagerada. Danza hiliar bilateral. La

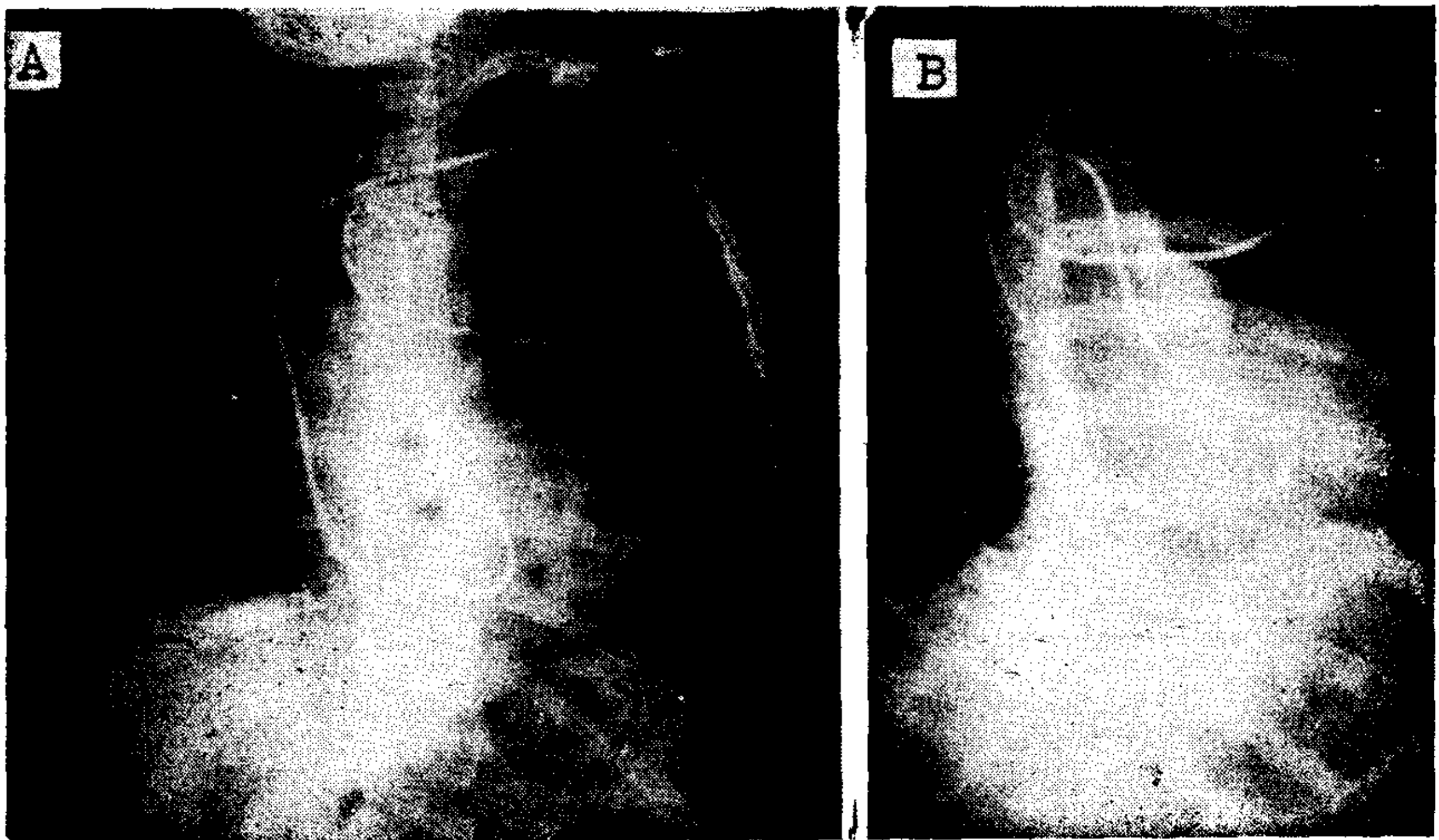


FIGURA 5. — Recorrido del cateter. A. en frontal. B. en oblicua anterior derecha.

## HEMODINAMIA EN EL TRONCO ARTERIOSO

telerradiografía (fig. 2) muestra una RCT de 67 %. En OAD, no se ve el arco medio que corresponde a la arteria pulmonar. En cambio, el arco aórtico es muy pronunciado (fig. 3, a). La rama derecha de la arteria pulmonar, muy grande, está animada de intensos latidos. En OAI, la rodilla anterior de la aorta, en flexión y animada de intensos latidos. El ventrículo izquierdo hipertrofiado tapa la columna (fig. 3 b).

La angiocardiógrafa (fig. 4) muestra en placa I un agrandamiento de la aurícula derecha, apareciendo opacificado el tracto de salida del ventrículo derecho y débilmente opacificada la aorta, mientras que el tronco de la arteria pulmonar, no es visible. En la placa II se visualizan las ramas de la arteria pulmonar,

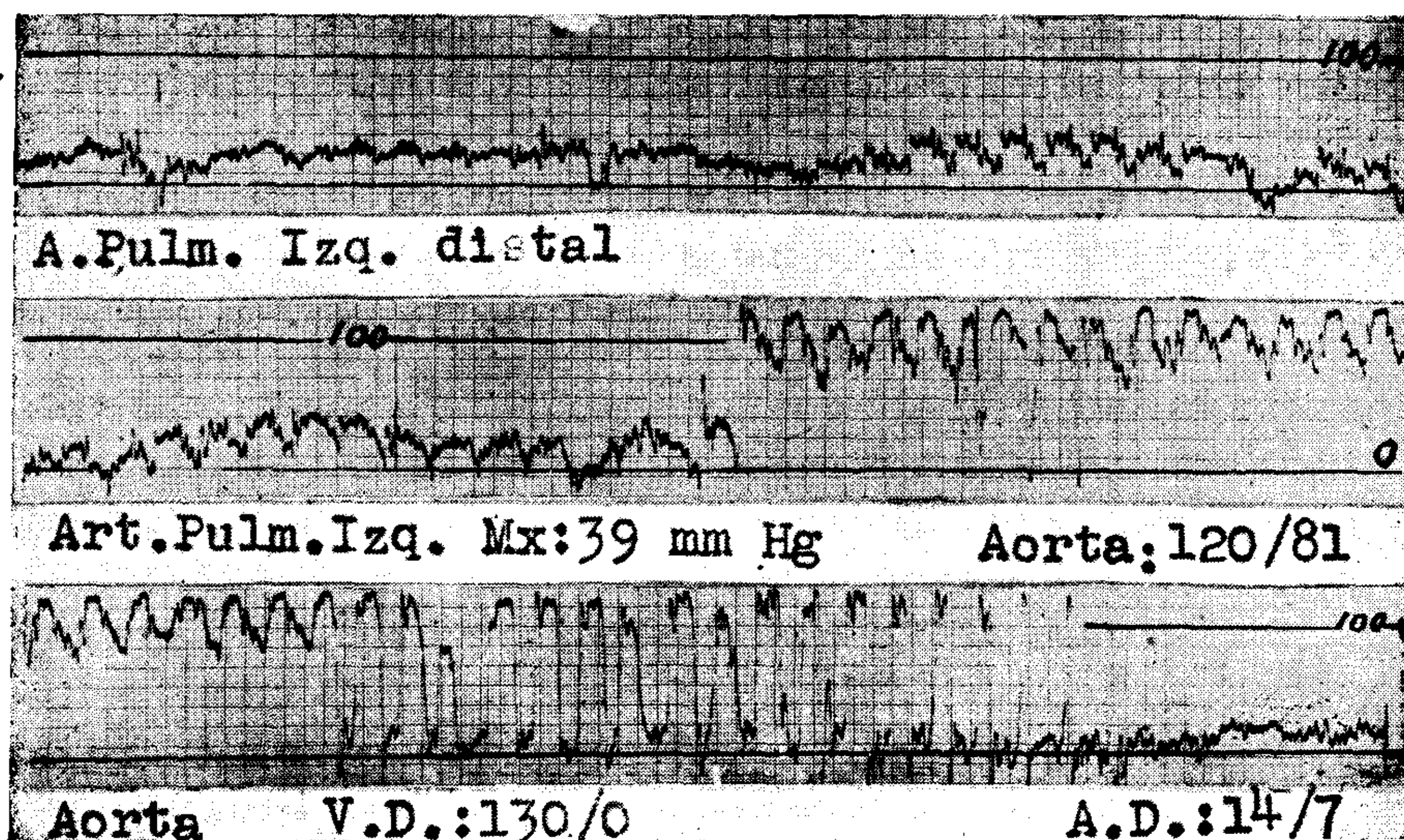


FIGURA 6. — Trazado continuo de presión desde rama distal izquierda pulmonar hasta aurícula derecha pasando por el tronco arterioso y el ventrículo derecho.

voluminosas, naciendo del tronco en una posición muy elevada. En la placa IV, persiste la opacificación del tronco arterial y de las ramas de la arteria pulmonar.

*Cateterismo cardíaco:* Se introdujo la sonda de Cournand nº 7 en la vena antecubital izquierda que después de varias tentativas, llega al ventrículo derecho, de donde pasa a la aorta. Desde este vaso, se cateterizó directamente la arteria pulmonar izquierda, describiendo el catéter un "looping" en el extremo superior del cayado, probando incontrovertiblemente la existencia de un tronco arterioso con pulmonares emergiendo del tronco (fig. 5a y 5b). Con trazado continuo de presión, se retira el cateter hasta la aurícula derecha (fig. 6); las muestras de sangre recogidas y el registro de presiones fué el siguiente:

<i>Posición del catéter</i>	<i>Vol. O<sub>2</sub> %</i>	<i>Sat. %</i>	<i>Presiones mm Hg</i>		
			<i>Mx</i>	<i>Mn</i>	<i>Md</i>
Vena cava inferior .....	10.92	56.4			
Aurícula derecha media .....	11.80	60.8	14	7	8.6
Ventrículo derecho .....	11.78	60.8	130	0	68
Tronco arterioso .....	17.07	88.2	122	81	93
Arteria pulmonar izquierda .....	coagulada		39	10	27
Capacidad .....	19.40				

En resumen, este cateterismo certificó el diagnóstico clínico y angiocardio-gráfico de tronco arterioso, tipo II, probando también que no había un ventrículo único, que el vaso está levopuesto y que hay un cortocircuito de izquierda a derecha a su nivel en comparación con el ventrículo derecho.

#### DISCUSIÓN DE LOS HALLAZGOS HEMODINÁMICOS

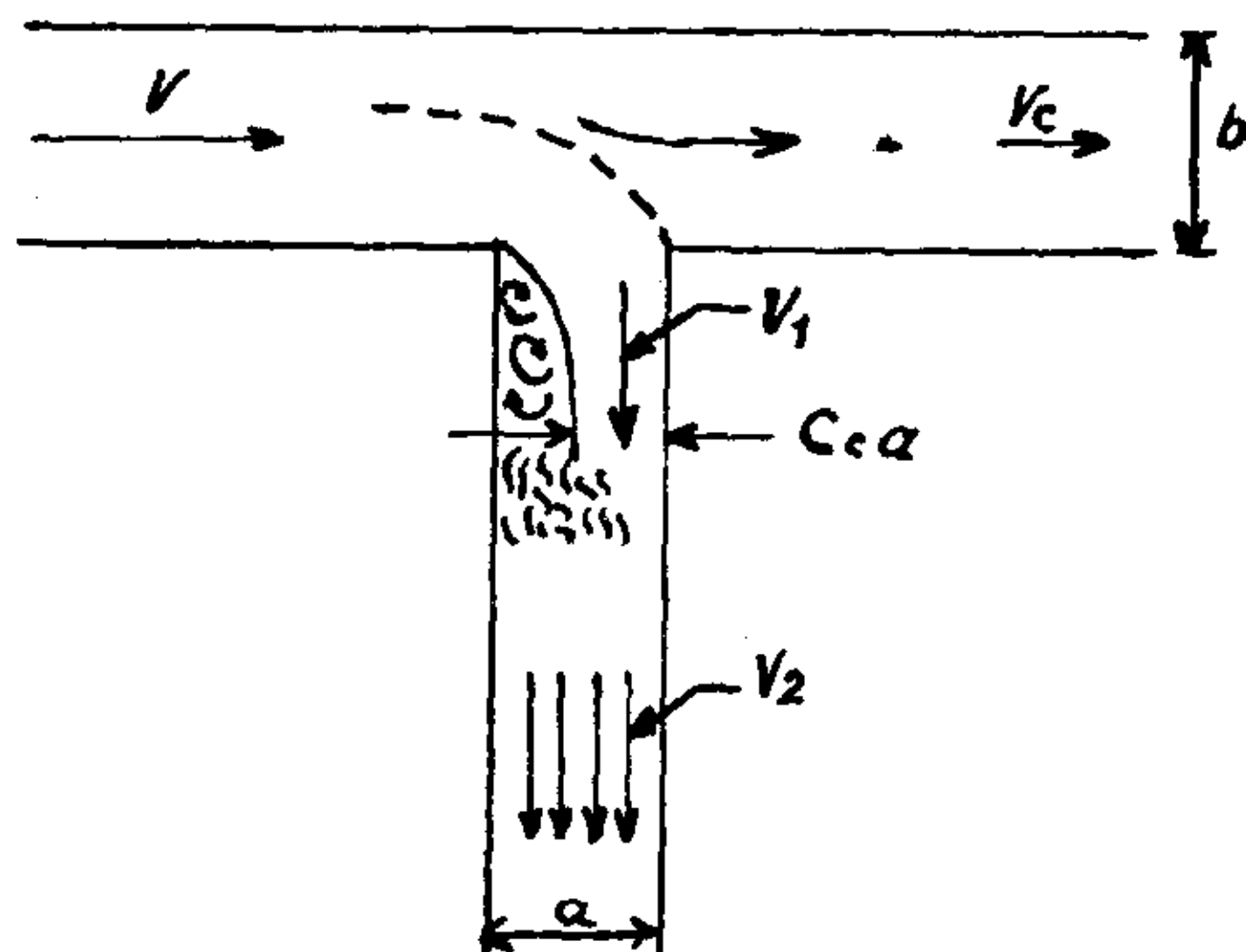
El cateterismo probó que la presión en la arteria pulmonar, aunque muy elevada, es muy inferior a la del tronco. Esta diferencia de presiones explica el soplo continuo idéntico al auscultado en la persistencia del ductus. La escasa cianosis (al punto de que no había sido percibida por los padres), se debe a que la circulación pulmonar es adecuada, a causa del amplio calibre de las arterias pulmonares.

Aunque en nuestro caso no hemos probado que la arteria pulmonar derecha nazca directamente del tronco, parece obvio que así debe de ser en razón de que era en el lado derecho donde se auscultaba el soplo continuo con mayor intensidad. La circunstancia de haber introducido el catéter en la arteria pulmonar nos permitió hacer un trazado continuo de presión desde el extremo distal de la rama izquierda de la arteria pulmonar hasta la aurícula derecha, pasando por el tronco arterioso y el ventrículo derecho. El gradiente de presiones encontrado al pasar de la arteria pulmonar hasta el tronco arterioso puede ser explicado de dos maneras:

1) Por la existencia de una estenosis a nivel de la embocadura de la rama de la arteria pulmonar en el tronco. Esta hipótesis es difícilmente aceptable —pese que es la que surge a primera vista— en razón del gran calibre de las ramas de la arteria pulmonar y del hecho de haber podido cateterizar la rama izquierda, lo que hubiera sido muy difícil si la embocadura era pequeña.



2) Por la particular forma de implantación y el gran calibre de las ramas de la arteria pulmonar. La dinámica de las corrientes fluídas en tubos rígidos<sup>10</sup>, muestra que si existe una derivación en



ESQUEMA N° 1 — Ejemplo típico de flujo en un ramal en derivación en T.

T (ver esquema N° 1, tomado de McNown), el cambio de dirección de la corriente a ese nivel produce turbulencias, tanto mayores cuanto mayor es la velocidad de la corriente, para una densidad y viscosidad fija del líquido. Estas turbulencias implican una importante pérdida energética *gráficamente demostrada por una disminución de la presión*, suponiendo que la velocidad sea la misma en el tubo principal y en la rama.

Existe una fórmula inferida del teorema de Bernouilli que nos da una idea aproximada de esta importante pérdida de energía en relación con la velocidad de la corriente:

$$H = C \frac{V^2 *}{2g}$$

Cuando el diámetro de los tubos es diferente y también es diferente la velocidad de la corriente, la fórmula sería:

$$H = C \frac{(V^2 - V_1)^2}{2g}$$

En esta fórmula  $V_1$  es la velocidad de la corriente en el tubo principal y  $V^2$  la velocidad de la corriente en el ramal.

(\*) H: pérdida de energía o gradiente de presión.

C: coeficiente determinado experimentalmente y cuyo valor depende del ángulo formado por el ramal con el tubo principal. Cuando el ángulo es muy abierto su valor oscila alrededor de 0.15. Para las derivaciones en T y los ángulos de 90°, su valor es alrededor de 1.

g: Valor de gravedad.

V: Velocidad de la corriente sanguínea.

Se comprende que si el coeficiente es 1 para las derivaciones en T o en ángulo de 90°, la pérdida de energía aumenta en proporción geométrica cuanto mayor sea la diferencia de velocidad de la corriente entre el tubo principal y el ramal. Mientras que si el ángulo es muy abierto, el coeficiente C es prácticamente 0 y, en consecuencia, la pérdida de energía es insignificante.

Aplicando estos conceptos a los diferentes tipos de tronco arterioso tenemos que en el tipo I el coeficiente C es prácticamente 0 y, en consecuencia, la presión en ambos vasos es la misma, hecho característico del complejo de Eisenmenger.

En el tipo II, el ángulo formado por los vasos es prácticamente de 90°, por lo que el coeficiente es 1, debiendo destacarse que el valor numérico de la pérdida de energía es importante y tanto mayor cuanto mayor es la velocidad de la corriente, o, en otras palabras, tanto mayor cuanto mayor sea la diferencia en diámetro entre la boca de implantación de la pulmonar con el tronco arterioso y el diámetro de la rama de la pulmonar en su porción distal\*. Esta condición hemodinámica explica el soplo continuo causado por el gradiente de presión entre el tronco arterioso y la rama de la arteria pulmonar.

En el tipo III, el pequeño calibre de los vasos que mandan la sangre al pulmón originan que la masa sanguínea que pasa por ellos sea muy reducida y, en consecuencia, la presión pulmonar decrece, pero la velocidad de la corriente en el interior de los vasos tiene un número Reynolds inferior que el que produce turbulencias y, por lo tanto, no habrá signos auscultatorios. Los síntomas serán los mismos que los encontrados en la Tetralogía de Fallot.

La enorme dificultad práctica para medir la velocidad de la corriente en el interior de los vasos<sup>11</sup>, hace imposible expresar el valor numérico de las fórmulas arriba mencionadas. Sin embargo, estas fórmulas son expresiones experimentales de la hidráulica clásica<sup>12</sup> y nos parece que pueden explicar los hechos observados en el

(\*) Desde luego, este fenómeno se produce cuando la velocidad de la corriente es tal que su relación con el diámetro de los vasos y la viscosidad cinética excede un cierto valor numérico que se expresa en números Reynolds, repre-

sentados por la fórmula siguiente:  $R_e = \frac{Vd}{\nu}$  (donde V es la velocidad del líquido;

d, el diámetro del tubo y  $\nu$  la viscosidad cinética del líquido. El sistema es siempre laminar, cuando el número Reynolds ( $R_e$ ) es menor de 1.500 y siempre turbulento cuando  $R_e$  es mayor de 3.000.

tronco arterioso verdadero de una manera racional y sin contradicciones aparentes, en la esperanza de que puedan verificarse experimentalmente en la medida de las posibilidades a desarrollarse en el futuro.

## RESUMEN

1) Se refiere la observación de una niña de 10 años de edad con ligera cianosis y soplo continuo, donde se diagnosticó clínica y angiocardiógráficamente un tronco arterioso verdadero, variedad completa, o sea con ramas de la pulmonar emergiendo del tronco.

2) La pulmonar fué cateterizada a través del tronco mostrando por primera vez en la literatura médica una considerable diferencia de presión entre ellas, contrariamente a lo que había sido sugerido de que en esta variedad había igualdad de presiones en el tronco arterioso y en las ramas de la arteria pulmonar.

3) Este gradiente de presión es sólo explicable sea por: 1) una estenosis de la pulmonar en su embocadura en el tronco, lo que no es aceptado por los autores y 2) por la forma de implantación de las ramas de la arteria pulmonar y el gran calibre de las mismas.

4) Esta hipótesis es aceptada por los autores, quienes aplicando los conocimientos derivados de la hidrodinamia prueban que los diferentes tipos de tronco arterioso verdadero pueden presentarse clínicamente como: a) complejo de Eisenmenger, b) como una persistencia del conducto arteriovenoso y c) como una Tetralogía de Fallot, dependiendo esto del calibre y del modo de implantación de las arterias pulmonares en el tronco, que produce un sistema laminar con igualdad de presiones en el tipo I; un sistema turbulento con gradiente de presiones en el tipo II y un sistema laminar con flujo pulmonar reducido en el tipo III.

## BIBLIOGRAFIA

1. *Kreutzer, R., Caprile, J. A., Wessels, F. y Berri, G. G.* — "Tronco arterioso persistente verdadero". *Arch. Arg. de Ped.* 1951, 36, 25.
2. *Mönckeberg, J. G.* — "Die Missbildungen des Herzens". En el libro de Henke, F. y Lubarsch, O.: *Handbuch der speziellen pathologischen Anatomie und Histologie*, Berlin. J. Springer, 1924, vol. 2, pág. 38.
3. *Taussig, H. B.* — "Congenital Malformations of the Heart". *The Commonwealth Fund*. New York, 1947, pág. 247.
4. *Collet, R. W. y Edwards, J. E.* — "Persistent Truncus Arteriosus: A Classification according to Anatomic Types". *Surg. Clinics of North Am.* 1949, 29, 1245.
5. *Edwards, J. E.* — En el libro de Gould, S. E. — "Pathology of the Heart." Ch. Thomas Springfield, 1953, pág. 339.

6. *Gotzsche, H.* — "Congenital Heart Disease". H. P. Hansens Bogtrykkeri, Copenhagen, 1952, pág. 192.
7. *Bing, R. J.* — En el libro de Levy, R. L.: "Disease of the Heart and Circulation". Th. Nelson & Sons, New York, 1951, pág. 280.
8. *Donzelot, E. y D'Allaines, F.* — "Traité des Cardiopathies Congenitales". Masson & Cie. Paris, 1954, pág. 897.
9. *Simon, D. L. y Lutsberg, A.* — "A case of truncus arteriosus communis compatible with full-term pregnancy". Am. Heart J. 1951, 42, 617.
10. *McNown, J. S.* — "Mechanics of manifold flow. Convention Preprint." Paper N° 55. Centennial Convocation. Am. Soc. of Civil Engineers. Chicago Sep. 3-13, 1952.
11. *Peterson, L. H.* — "The dynamics of pulsatile blood flow". Circulation Research, 1954, 2, 127.
12. *Addison, H.* — "Tratado de hidráulica aplicada". G. Gili, Barcelona, 1954, pág. 107.

### R E S U M E

On confirma dans une petite fille de 10 ans, le diagnostique clinique et angiocardio-graphique de tronc-artériel vrai (branches de la pulmonaire sortant du tronc) par le cathétérisme de la pulmonaire à travers le tronc. Pour la première fois dans la littérature médicale on démontra l'existence d'une différence considérable de pression entre les deux vaisseaux. Les auteurs ne croient pas que ce gradient de pression est du à la sténose de la pulmonaire dans son embouchure dans le tronc, mais à la forme de l'implantation des branches de la pulmonaire et à son grand calibre.

En se basant sur les faits hydrodynamiques connus, les auteurs arrivent à cette conclusion, que selon le calibre et forme d'implantation de l'artère pulmonaire dans le tronc, les différents types de tronc artériel vrai peuvent se présenter comme, a) complex d'Eisenmenger (système circulatoire laminaire avec égalité de pressions), b) persistance du canal artériel (système circulatoire turbulent avec gradient de pressions) et c) tétra-logie de Fallot (système circulatoire laminaire avec flux pulmonaire réduit).

### S U M M A R Y

A 10 years old girl under observation with mild cyanosis and continuous murmur, where a clinical and angiocardio-graphic diagnosis of true truncus arteriosus, complete variety, had been expressed, that is, with pulmonaries merging from the trunk.

The left pulmonary branch was catheterized through the truncus showing for the first time in the medical papers a considerable difference in pressures amongst them, contrary to what had been suggested that in this variety, the pressure had to be the same in the truncus as in the branches of the pulmonary artery.

This pressure gradient can be explained only by: 1) a pulmonary stenosis in the mouth of the truncus, that is not accepted by the authors, and 2) by the particular shape of implantation of the branches of the pulmonary artery and its great calibre.

This last hypothesis is accepted by the authors. Applying the knowledge

## HEMODINAMIA EN EL TRONCO ARTERIOSO

from liquid dynamics, the authors prove that the different types of truncus arteriosus may be presented clinically as a Eisenmenger complex, or as a patent ductus, or as a tetralogy of Fallot, this depending upon the calibre and the manner of implantation of the pulmonary arteries in the truncus which would produce a laminar system with equal pressures in Type I; a turbulent system with differences in pressures in Type II and a laminar system with reduced pulmonar fluid in Type III.

### ZUSAMMENFASSUNG

Bei cinen 10 jährigen Mädchen Wurde die Klinische und angiokardiographische Diagnose von echter Truncus-Missbildung (die Pulmonaräste entspringen aus dem Stamm) durch Katheterisierung der Pulmonararterie durch den Stamm hindurch bestätigt. Zum ersten Mal in der medizinischen literatur wurde das Bestehen einer erheblichen Druckdifferenz zwischen beiden Gefässen nachgewiesen. Die autoren glauben nicht, dass dieses Druckgefälle auf eine Stenose der Pulmonararterie bei ihrer Einmündung in den Stamm, sondern auf die Form des Ansatzes der Äste der pulmonararterie and ihren grossen Kaliber zurüchzuführen sei.

Von hydrodynamischen Erwägungen ausgehend kommen die Verfasser zu dem Schluss, dass je nach kaliber und Ansatzform der Pulmonararterie an den Stamm die verschiedenen Formen von echter Truncus-Missbildung auftreten können wie: a) Eisenmenger'sche Komplex (Laminäres Kreislaufsystem bei Druckgleichheit); b) Persistenz des arteriovenösen Ductus (Wirbelndes Kreislaufsystem mit Druckgefälle), und c) Tetralogie von Fallot (Laminäres Kreislaufsystem mit verringerter Pulmonarströmung.)