

# REVISTA ARGENTINA DE CARDIOLOGIA

ORGANO DE LA SOCIEDAD ARGENTINA DE CARDIOLOGIA

Tomo XXVI

Julio a Diciembre de 1959  
Publicado en Junio de 1961

Nos. 4-5-6

DIRECCIÓN Y ADMINISTRACIÓN: CORRIENTES 2763 - 7º piso of. 1 — T. E. 89 - 4409

EDITORES: REVIMED S. R. L.

## Aplicaciones Diagnósticas de las Técnicas de Dilución con un Indicador<sup>(\*)</sup> <sup>(\*\*)</sup>

Por el doctor Earl H. Wood <sup>(\*\*\*)</sup>

En Alemania, en 1936, Matthes<sup>1</sup> demostró por primera vez la posibilidad de aplicar los métodos de oximetría en el registro continuo de la concentración y las variaciones de un indicador dentro del torrente sanguíneo. Posteriormente, a partir de 1950<sup>2, 3, 4</sup> se llevaron a cabo en la Clí-

nica Mayo, extensas investigaciones con los oxímetros de oreja y de cubeta, efectuando también registros continuos de las curvas de dilución de un colorante. Estos métodos fotométricos con registro continuo de las curvas de dilución fueron objeto de estudio por otros investigadores<sup>5, 7</sup>.

### CONSIDERACIONES GENERALES

Para un uso tan especial del oxímetro es necesario disponer de un colorante que pueda ser inyectado por vía intravenosa sin ninguna alteración del funcionamiento orgánico y cuya espectro de absorción y otras características físicas sean tales que permitan su registro continuo en la sangre por medio del aparato.

Los colorantes usados hasta ahora como el azul de metileno<sup>\*</sup>, el azul de Evans y el índigo carmín<sup>♦</sup>, son poseedores de

<sup>\*</sup> Trabajo presentado en sesión especial de la Sociedad Argentina de Cardiología, en Buenos Aires, septiembre 8 de 1957.

<sup>\*\*</sup> Este trabajo fue costado parcialmente por el subsidio para investigación N° H3125 del "National Institute of Health - United States Public Health Service".

<sup>\*\*\*</sup> "Mayo Clinic and Mayo Foundation" pertenecientes al "Graduated School of the University of Minnesota". Rochester, Minnesota, U.S.A.

<sup>\*</sup> Warner-Chilcott Laboratories. Morris Plain - New Jersey.

<sup>♦</sup> Provisto gentilmente por el Dr. John H. Brewer, Hynson, Wescott & Dunning, Inc., Baltimore, Maryland.

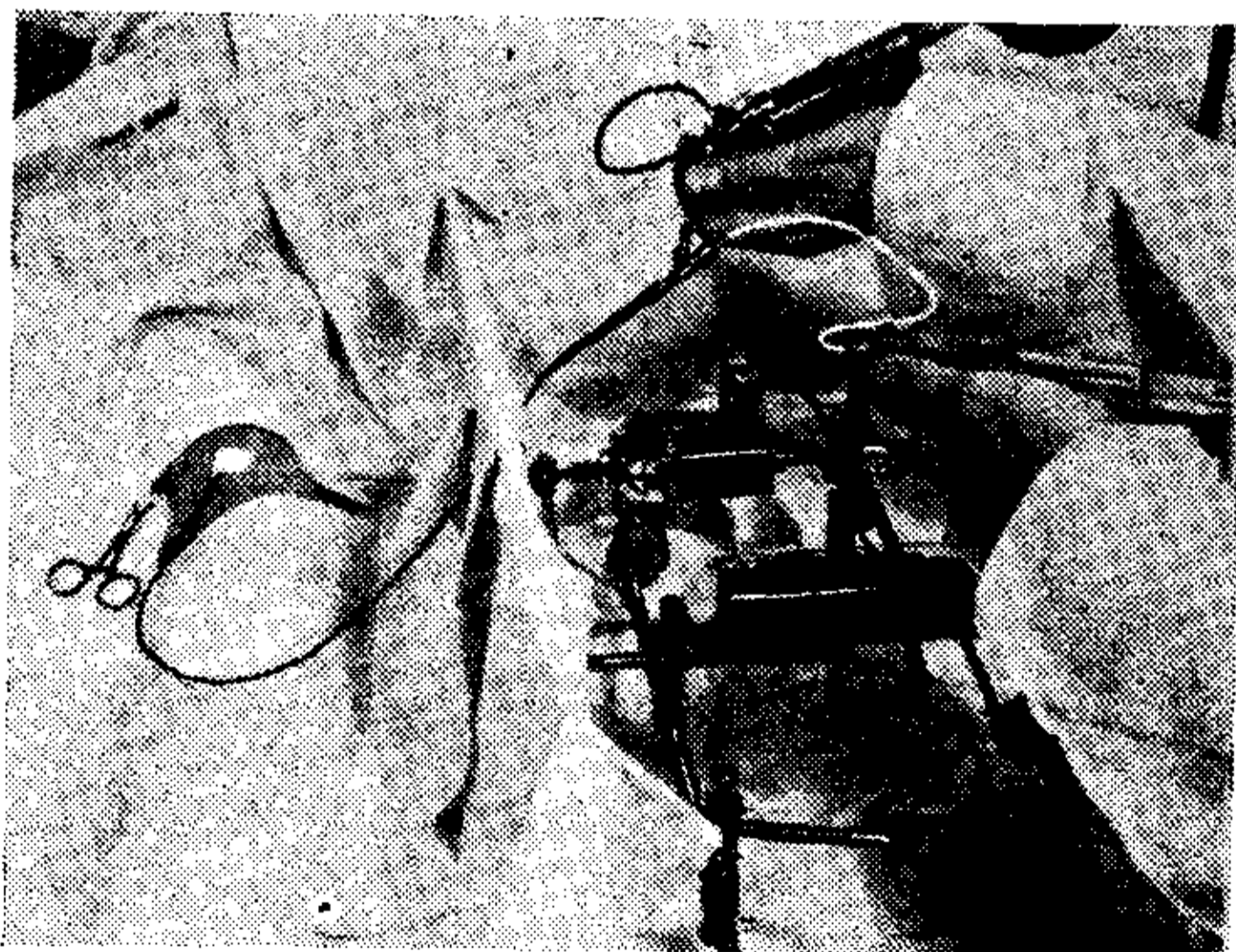


FIG. 1. — Conjunto instrumental para inyectar colorante por un catéter cardíaco. Ya la punta del catéter ha sido conducida a la posición deseada en las cavidades derechas, desconectado del oxímetro y manómetro y conectada a dos jeringas por una llave en Y. La jeringa más alta ha sido calibrada para inyectar determinada cantidad de colorante mientras que la inferior tiene solución salina para impulsar a la circulación, lo que puede haber quedado en el catéter. El momento y la prolongación de la inyección son marcados por un tercer operador.

una gran absorción espectral en zona del rojo del espectro visible, zonas de longitud de onda para las que, justamente, la célula roja del oxímetro tiene gran sensibilidad.

En la mayoría de las situaciones diagnósticas, el colorante se inyecta en determinados lugares del aparato circulatorio, en dosis única, tan rápidamente como sea posible. Habitualmente es inyectado a través de un catéter cardíaco por medio de una jeringa, acoplada a otra llena de solución salina (fig. 1). Por la primera jeringa se inyecta una cantidad conocida del colorante, e inmediatamente, por medio de la segunda jeringa se lava la sonda, introduciendo así a la sangre el colorante que hubiera quedado en ella.

Previamente se van tomando muestras de sangre por medio de una sonda o de una aguja, a una velocidad uniforme y haciéndola pasar a través de un oxímetro

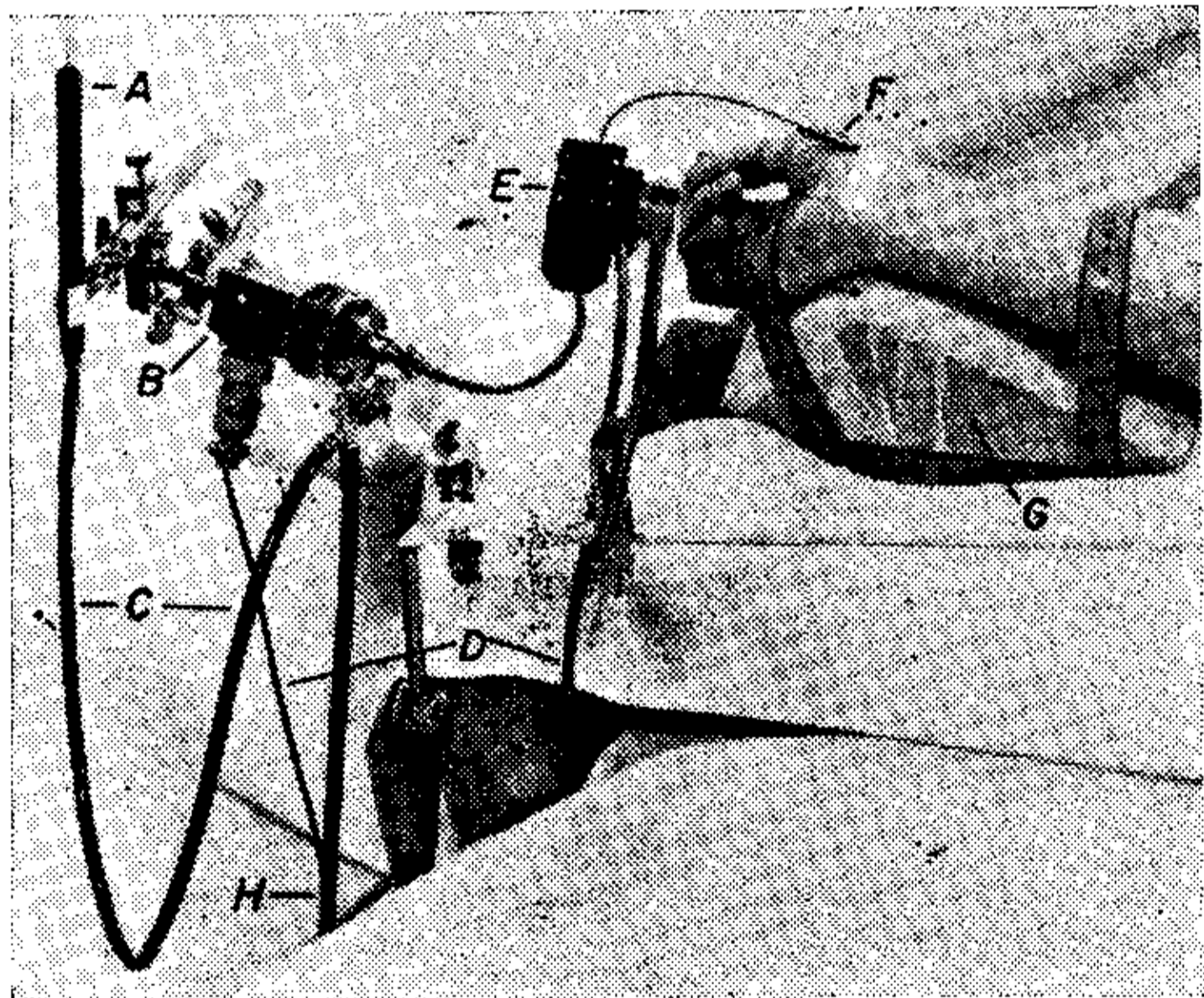


FIG. 2. — Sistema del oxímetro a cubeta. Una aguja en la radial derecha (F) está conectada a un manómetro "strain-gauge" (B) por un sistema de tubos del oxímetro (E) a través de dos llaves de dos vías las cuales posibilitan el pasaje de la sangre a través de tubuladuras plásticas (C) hasta una bureta (A) para medir el flujo por minuto a través del sistema mientras se registra la curva de dilución o sino conectan el sistema al "strain-gauge" para el registro de presión arterial. Las variaciones eléctricas del oxímetro o del "strainingauge" van a un fotoquimógrafo que se coloca en un cuarto vecino. El tubo (H) que conecta el sistema con un frasco de Ringer estéril permite lavar y calibrar los sistemas. Un sostén especial para el brazo (G) fija la mano y el antebrazo con la muñeca en flexión dorsal moderada para facilitar la punción radial.

de cubeta agregado al extremo de la sonda o de la aguja. Dichas muestras también se siguen tomando durante y después de la inyección. El lugar de extracción de las muestras de sangre puede ser cualquiera del sistema vascular, aunque por lo general se usa la arteria radial como puede verse en la figura 2. La aguja así insertada en la arteria radial está conectada con un oxímetro de cubeta el cual a su vez está conectado por una llave de tres vías con un manómetro "strainingauge", para registro continuo de la presión arterial en los intervalos libres durante el procedimiento de dilución. Durante el registro de la curva de dilución la llave se coloca en posición tal que la sangre que fluye de la arteria pase a través del oxímetro y se almacene en una bureta, señalándose cada milímetro cúbico de flujo en el registro fotoquimográfico. Simultáneamente, por medio de un oxímetro de oreja, se registra el contenido en colorante de la sangre que pasa por el lóbulo de la misma<sup>2</sup>.

En la figura 3 se muestra un diagrama del oxímetro de cubeta y sus tubuladoras de polietileno, con la luz necesaria y otras medidas.

Las características respuestas dinámicas del instrumental usado pueden afectar el registro fiel de los rápidos cambios de concentración. Fox y colaboradores<sup>9</sup> estudiaron estas respuestas dinámicas particulares de varios equipos de oximetría a cubeta (fig. 4). Así, con una frecuencia de diez ciclos por minuto, estos equipos muestran una definida disminución de la respuesta. Esta relativamente escasa respuesta de los instrumentos tales como el oxímetro de cubeta está principalmente determinada por los componentes hidráulicos del sistema, especialmente, el volumen de la cámara detectora, longitud y diámetro interno y la velocidad lineal del flujo sanguíneo, a través de los tubos conectores, más que por las características de la respuesta dinámica de los elementos eléctricos del sistema traductor y registrador.

Sin embargo, y en forma general, debe admitirse que la respuesta relativamente

pobre de este sistema hidráulico no es habitualmente un obstáculo para la aplicación de nuestro equipo en el hombre, debido a que los cambios de concentración del indicador ocurren a velocidad escasa en los adultos. En otros casos de cortocircuito, particularmente en niños, el sistema puede no producir con exactitud los bruscos y breves cambios de la concentración del colorante ocurridos en el

Cuando un indicador es inyectado bruscamente en el aparato circulatorio se mezcla con la sangre y es transportado por ella de una manera bastante característica. La figura 6 ilustra en forma de diagrama cómo el indicador, a posteriori de una inyección brusca en la arteria pulmonar, se dispersa durante el primer pasaje a través de un sistema circulatorio completo como podría ser el pulmón, y cómo

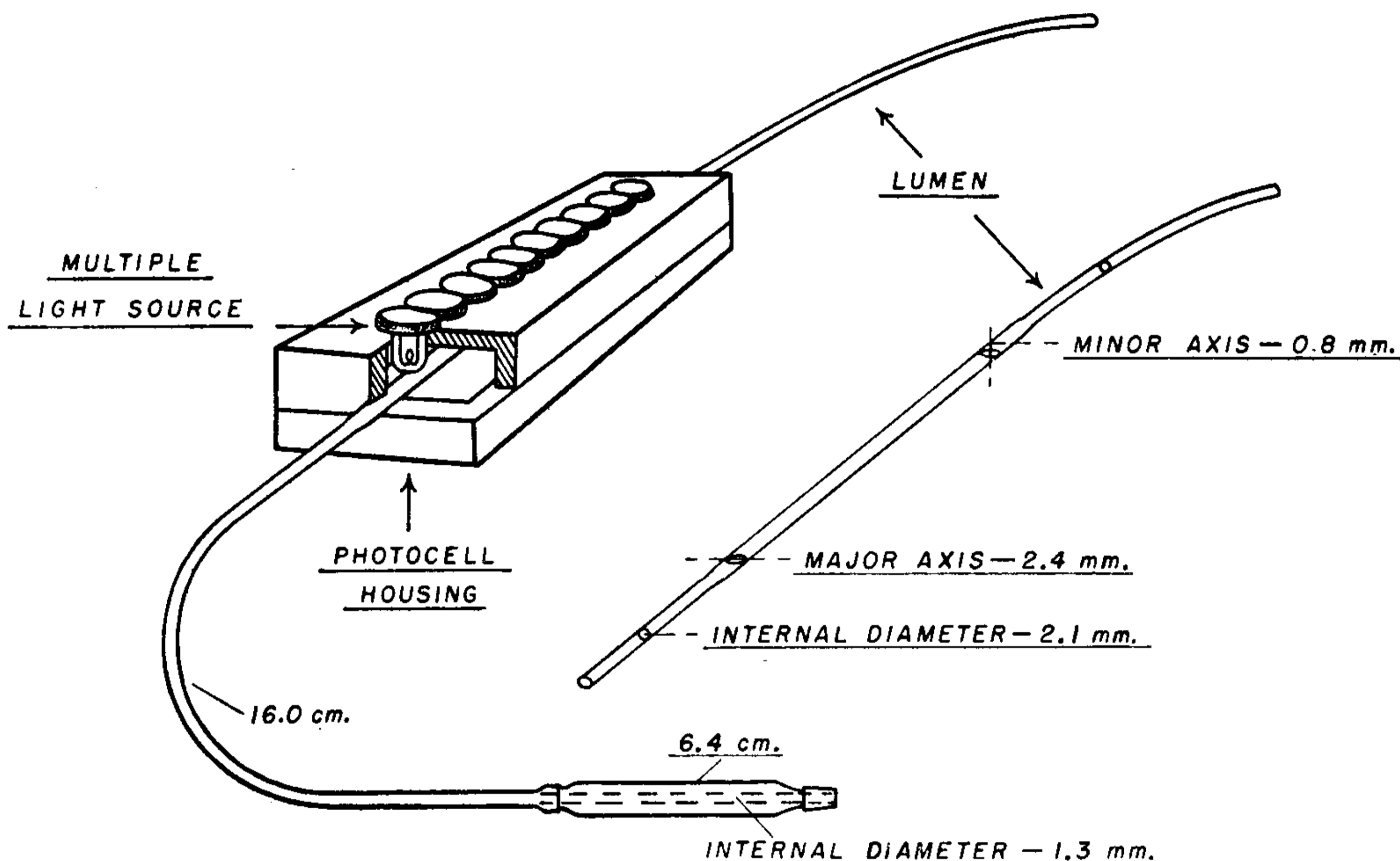


FIG. 3. — El oxímetro de cubeta mostrando los diámetros internos de las tubuladuras. La luz se comprime de tal modo que toma una forma elíptica al corte en las partes donde la atraviesa la fuente luminosa que va a las células fotoeléctricas. El espesor de la película sanguínea transluminada en el oxímetro es de 0.8 mm. Para conseguir una mejor respuesta dinámica debe mantenerse una distancia mínima entre la radial y el oxímetro así como un pasaje sanguíneo lo más veloz posible.

momento de la circulación cortocircuitada.

Las curvas de dilución registradas por el oxímetro de oreja son, a veces, versiones amortiguadas de aquellas registradas con la cubeta directamente con sangre arterial. La existencia de importantes discrepancias entre ambas curvas es particularmente frecuente en la infancia y niñez. Debido a esto, no puede darse un gran crédito a las curvas de dilución obtenidas por el oxímetro de oreja. En la figura 5 se puede ver la notable diferencia entre las curvas de dilución registradas en la oreja y directamente en la cubeta.

aparece en concentraciones progresivas en las muestras obtenidas desde una arteria sistemática. La forma de la curva obtenida depende: del volumen y la velocidad del flujo sanguíneo a través del sistema vascular, del volumen del sistema vascular incluido entre el lugar de la inyección y el lugar de la extracción de muestras, la presencia de cortos o largos circuitos a través del sistema considerado<sup>11</sup>, y de otros factores ya analizados en otros trabajos<sup>10</sup>. Para comprender la trascendencia que estas curvas de dilución tienen en fisiología cardiovascular, puede afirmarse

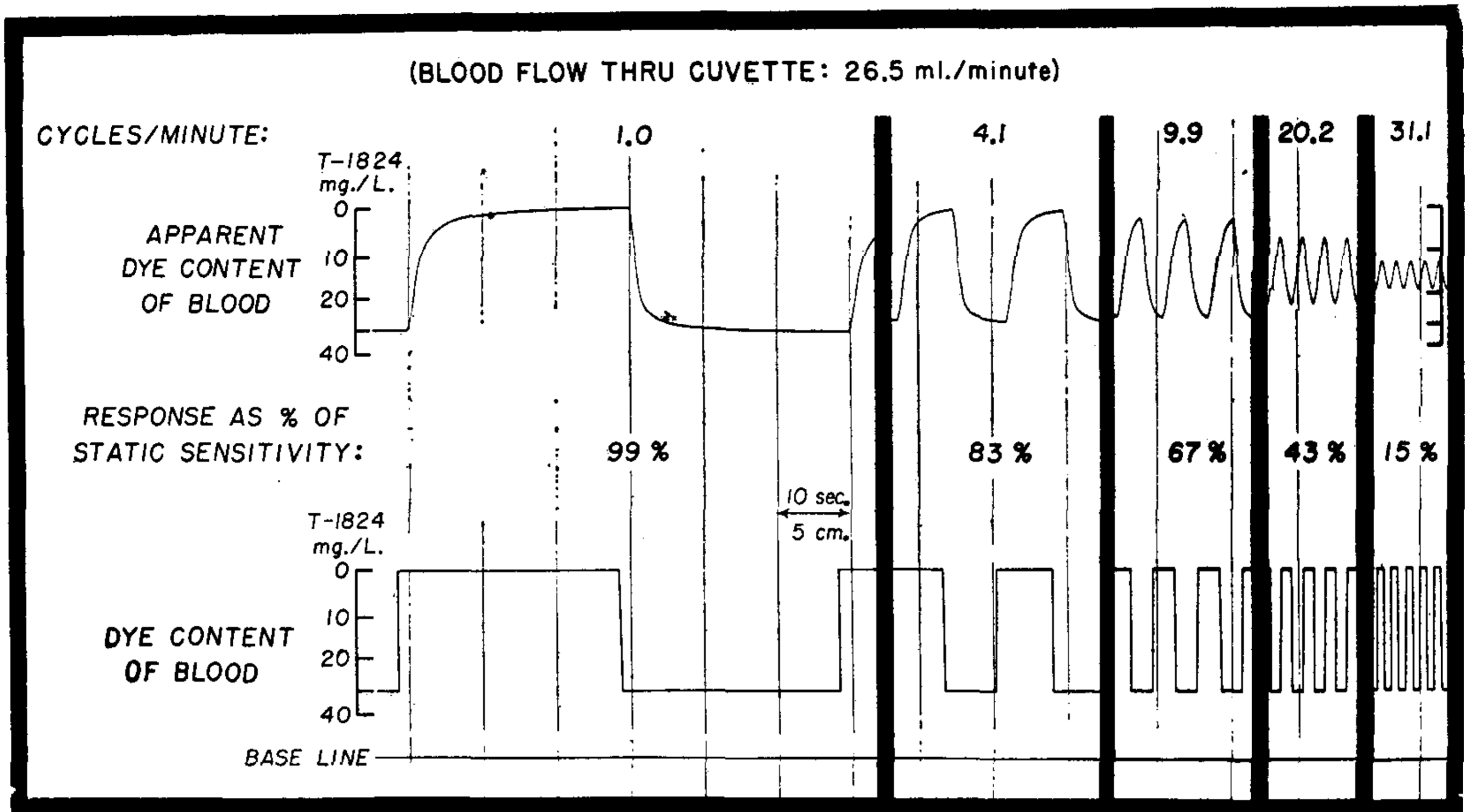


FIG. 4. — Las repuestas del oxímetro de cubeta a variaciones en el contenido del colorante de sangre total. La superficie de las ondas de variación son debidas al pasaje de sangre a una velocidad constante por medio de un sistema de válvulas de dos posiciones<sup>9</sup>. En una posición de la válvula se extrae sangre que contiene 30 mg de azul de Evans por litro y en la otra posición, sangre pura sin colorante. Entre estas dos posiciones extremas consideradas 100% y 0%, el contenido aparente de colorante de la sangre analizada se muestra en la parte superior. Llámase la atención sobre a) el retraso y distorsión de la curva como respuesta del sistema de cubeta a los cambios de contenido del colorante y b) la disminución en la amplitud de las repuestas del sistema ante cambios iguales del colorante; lo mismo ocurre con los aumentos. El flujo sanguíneo a través de la cubeta por una aguja 20 (longitud 5 cm, diámetro interno 0,6 mm) fue de 26,5 ml por minuto. El sistema usado en este trabajo es igual al de curvas de dilución arteriales (fig. 2).

que el registro del paso inicial del colorante provee al médico de mayor información acerca del estado de la circulación que el que permita cualquier otro método aislado. Usando las curvas de dilución es posible determinar el volumen y la velocidad del flujo a través del sistema cir-

culatorio, el volumen del sistema entre los lugares de inyección y de extracción de muestras, los tiempos de circulación más rápidos y más lentos a través del sistema, la presencia o ausencia de vías anormales de la circulación y otras mediciones importantes.

#### TIPOS BASICOS DE CURVAS DE DILUCION ASOCIADOS CON VARIAS CONDICIONES CIRCULATORIAS

El efecto de un notable cambio del volumen minuto cardíaco obtenido por medio de la compresión manual de un aneurisma arteriovenoso femoral en un hombre por otra parte sano, está ilustrado en las curvas de dilución de la figura 7. La deflexión de la curva cuando el aneurismo está ocluido, es completamente normal. Una primera deflexión hacia abajo aparece cuando llega el colorante y una se-

gunda después que el mismo dio una vuelta completa por el árbol circulatorio. El intervalo de diez y ocho segundos señalado entre los dos puntos más negativos es el tiempo medio de circulación, esto es, un promedio del tiempo requerido por la sangre para dar una vuelta completa en el aparato circulatorio.

La curva superior de la figura 7, registrada con la fístula en funciones, mues-

tra los efectos de un volumen minuto cardíaco elevado. La reducción de amplitud se debe a que el indicador se diluye en una mayor cantidad de sangre y la reducción del tiempo de circulación a que, por el aumento de volumen minuto, el tiempo de circulación es del cincuenta por ciento menor.

En la figura 8 están las curvas de dilución registradas antes y después de la corrección quirúrgica de una estenosis

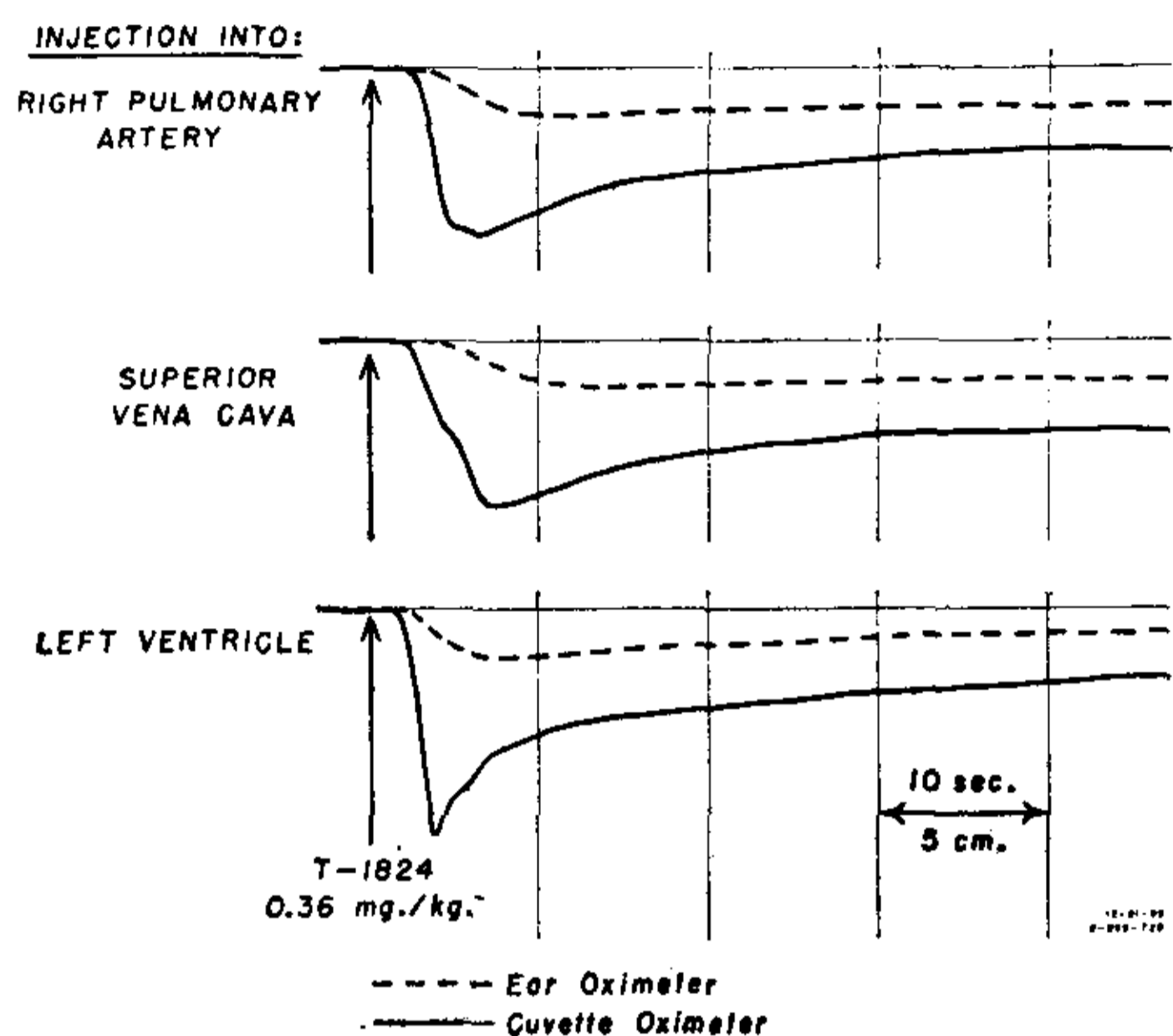


FIG. 5. — Diferentes aspectos de las curvas de dilución obtenidas por oxímetro de cubeta y de oreja en una niña de 10 meses, portadora de un canal atrioventricular común (el diagnóstico se confirmó en la operación). El registro radial muestra una rápida circulación pulmonar. La más rápida circulación pulmonar fue de 1 segundo y se registró entre la arteria pulmonar y el ventrículo izquierdo. El tiempo medio, medido entre intervalos que separan picos poco definidos, fue de 2 segundos. A pesar de estos rendimientos aparentemente pobres de los componentes rápidos de las curvas, resultan de gran valor diagnóstico. Cuando se inyecta en la vena cava superior la curva muestra recirculación pulmonar y cortocircuito de derecha a izquierda más allá del lugar de la inyección. Si se inyecta en ventrículo izquierdo desaparecen las anomalías y muestran que el cortocircuito de izquierda a derecha está en ventrículo izquierdo o distal de él. Una reproducción exacta de lo que sucede con los componentes de la curva de dilución es imposible de obtener debido a la dispersión longitudinal (características de respuesta dinámica pobre) que ocurre durante la travesía del colorante mezclado con sangre desde el corazón-pulmón y grandes vasos, antes de llegar a la radial, aguja y tubuladuras del oxímetro. Por su parte, las curvas con el oxímetro de oreja (reproducidas en líneas punteadas en la figura) son prácticamente iguales en los tres casos y no pueden servir para un diagnóstico,

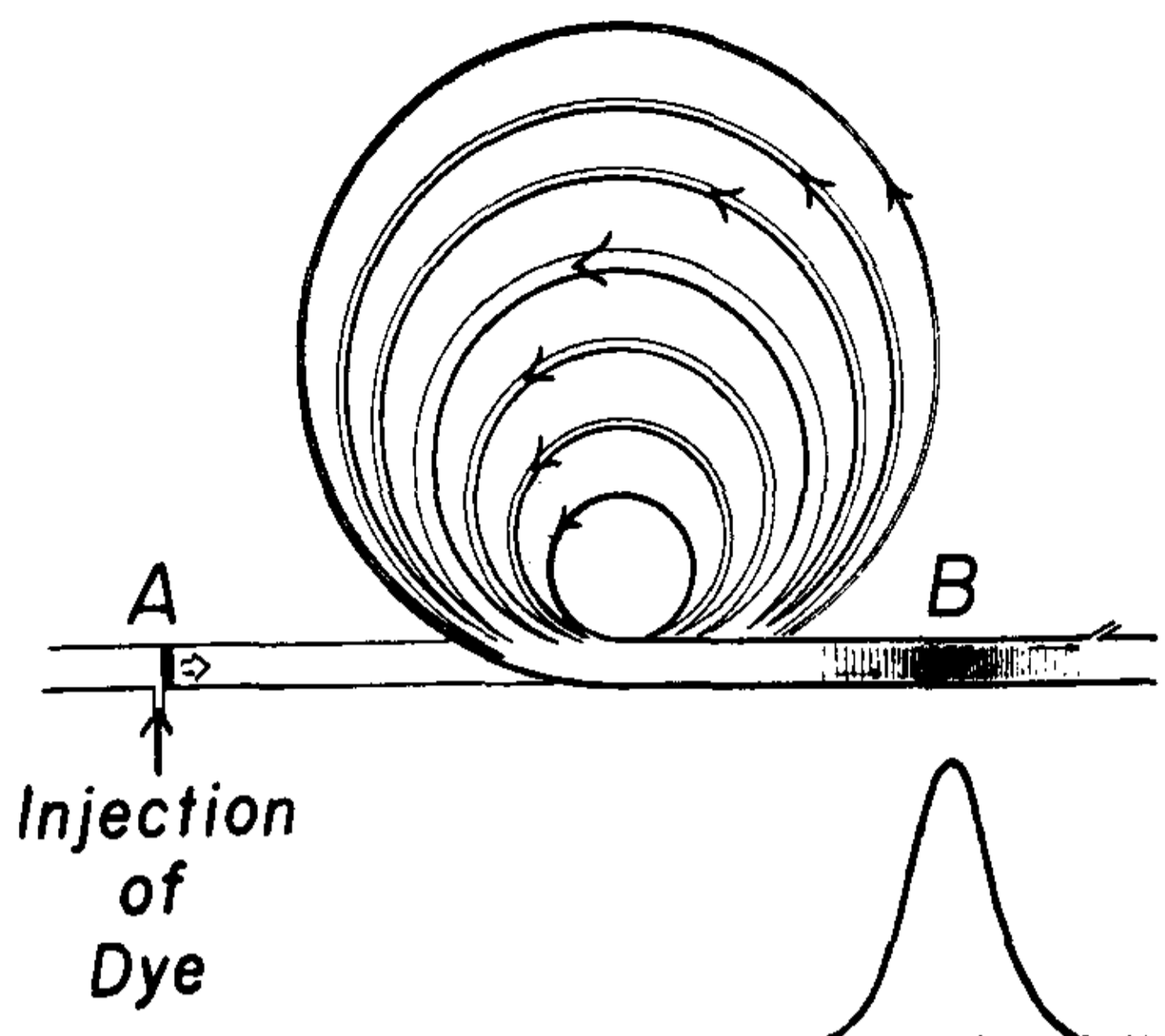


FIG. 6. — Efecto de los diferentes tiempos de travesía del colorante por la circulación pulmonar. Inyectando la sustancia en el punto A, para llegar al punto B donde se obtendrá la curva, deberá pasar por caminos cortos, medianos o largos de tal manera que se va a producir una dispersión del mismo, de tal forma que la concentración en B será progresiva y dará una curva de dilución que se ilustra en la parte de abajo de la figura. Aun si se tratara de un solo vaso, se produce una dispersión laminar del colorante. La duración de la curva representa el intervalo de tiempo requerido para que pase la porción de sangre dentro de la cual el indicador está diluido. Las curvas de dilución se registran siempre en función del tiempo y de la concentración.

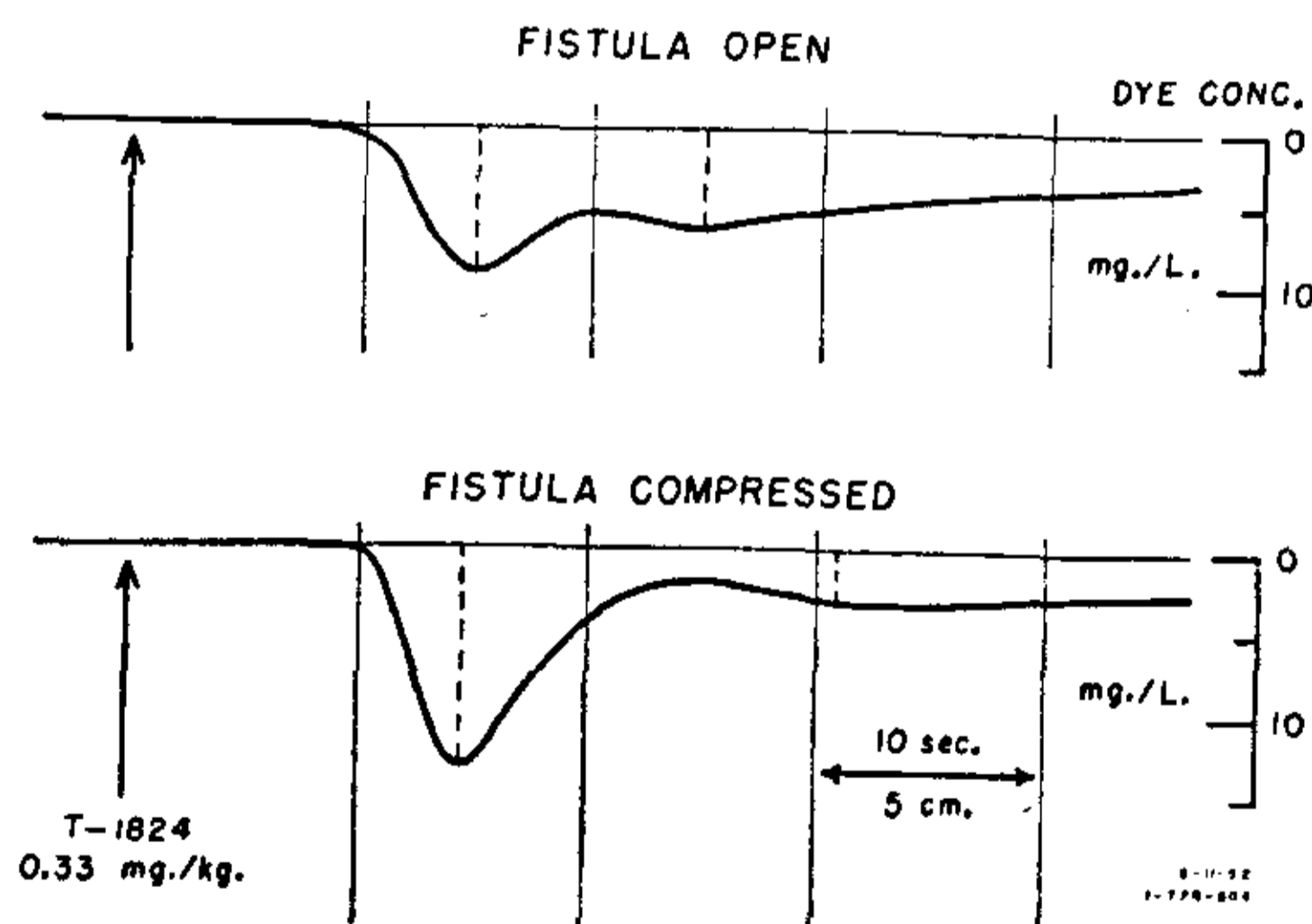


FIG. 7. — Curvas de dilución obtenidas después de inyectar colorante en un joven de 15 años con una fístula arteriovenosa femoral. La curva superior se registró en la fístula abierta y la inferior cerrándola por compresión manual. Debe hacerse notar los tiempos de aparición similares y las marcadas diferencias entre los picos de concentración y entre los tiempos de recirculación sistémica (intervalo entre líneas punteadas verticales). La curva superior es la expresión del aumento de volumen minuto y de la velocidad circulatoria debidos al rápido flujo sanguíneo a través del cortocircuito por la fístula.

mitral e ilustra acerca de los efectos sobre la circulación de la enfermedad estenosante y la insuficiencia cardíaca consecuente. En la parte superior está evidenciada la lentitud con que se inscriben los componentes de la curva, siendo esto debido a la insuficiencia cardíaca, mientras que después de la operación (abajo), la curva es normal.

de sangre donde se ha de diluir el colorante durante su primera pasada por el corazón, a consecuencia de lo cual se reduce la amplitud de la curva de dilución.

También el reflujo retrasa la onda de desaparición del colorante durante el primer pasaje a través del corazón con lo que causa una prolongación desproporcionada de la misma.

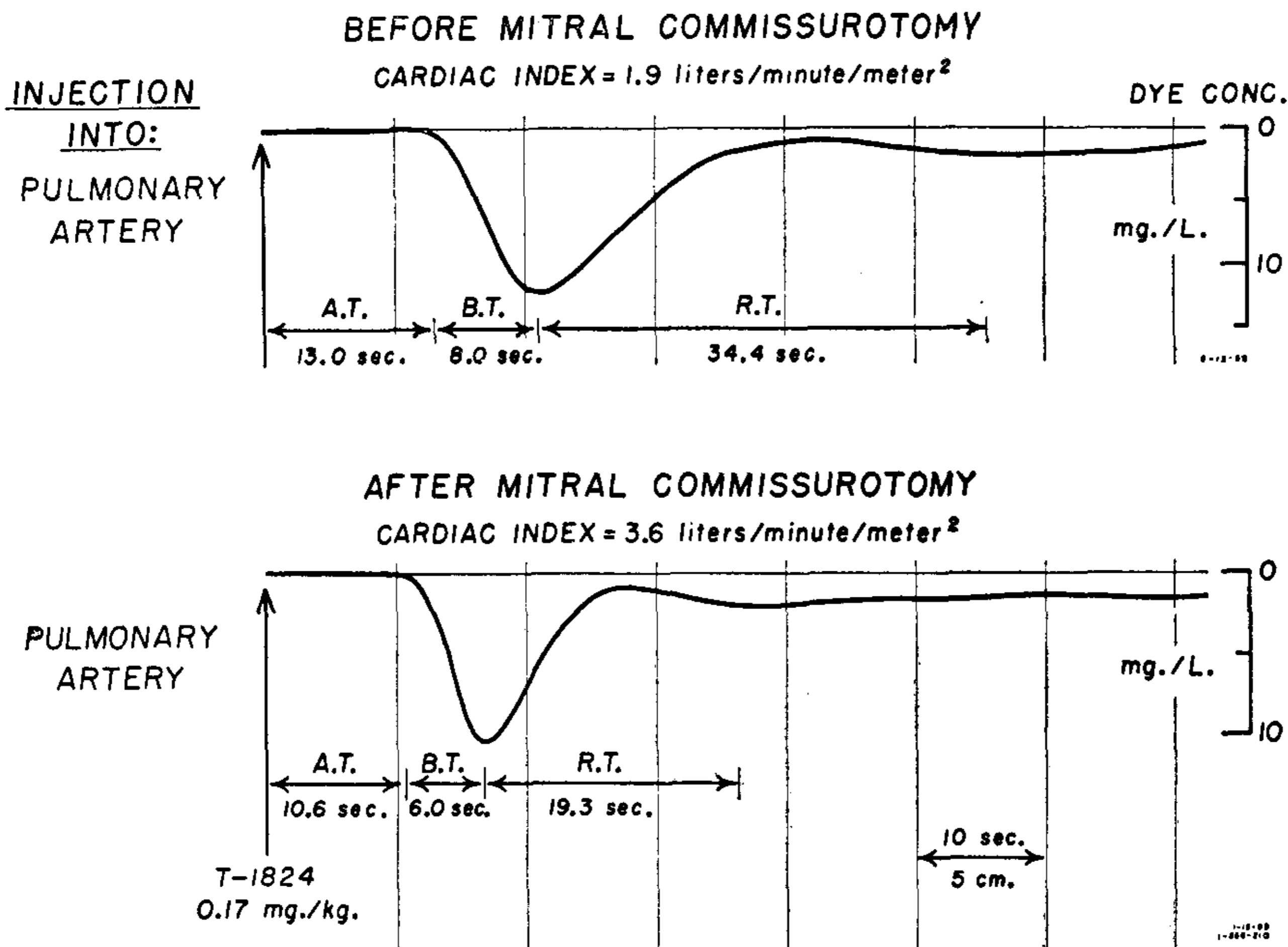


FIG. 8. — Cambios en la curva de dilución debidos a la insuficiencia cardíaca congestiva en un hombre de 41 años de edad, portador de una estenosis mitral. La curva fue obtenida inyectando T-1824. Los registros se efectuaron antes y 6 meses después de una comisurotomía mitral exitosa hecha por el Dr. J. W. Kirklein. Antes de la operación, el índice cardíaco estaba por debajo del promedio normal, mientras que posteriormente se normalizó. La curva de abajo tiene forma y tiempo normales. (A.T., tiempo de aparición; BT, tiempo de crecimiento; RT, tiempo de recirculación). Lo característico de la curva superior es la prolongación de los tiempos, como se ve en los individuos con volumen minuto reducido. En particular es digno de hacerse notar el franco cambio en el tiempo de recirculación (RT) que, de 34,4 segundos bajó a 19,3 segundos después de la operación.

Las afecciones del corazón caracterizadas por insuficiencias valvulares cambian no solamente el flujo sanguíneo y el volumen del lecho vascular, sino que también producen un registro de flujo anormal, debido al flujo y reflujo a través de la válvula insuficiente. Esto está ilustrado en forma de diagrama en la figura 9. El reflujo anormal aumenta el volumen

Las cardiopatías congénitas con comunicaciones anómalas entre las cámaras cardíacas o los grandes vasos se asocian funcionalmente con cortocircuitos de izquierda a derecha, o de derecha a izquierda, o combinación de ambos. Tal como podría esperarse, estas vías circulatorias anormales producen alteraciones características de las curvas de dilución que son

perfectamente registrables<sup>12</sup>. Tanto las curvas típicas como las razones de su producción se muestran en forma de diagrama en la figura 10. La parte superior del grabado representa un esquema de lo normal. El colorante inyectado en el sistema venoso atraviesa un lecho pulmonar normal y al llegar al sistema arterial permite registrar una curva normal.

La parte media de la figura 10 expone lo que sucede en un cortocircuito de izquierda a derecha como podría ser una comunicación interauricular, interventricular o aortopulmonar. El flujo a través del pulmón está aumentado debido a la recirculación de sangre por el defecto. La curva de dilución resultante es de baja amplitud a causa de que el colorante se diluye en una mayor cantidad de sangre perteneciente al elevado flujo pulmonar.

Se aprecia también una exagerada prolongación de la curva hasta su desaparición, a causa de la recirculación del colorante dentro de los pulmones<sup>13</sup>. Este tipo de curva resulta similar a aquellas que se

mencionaron a propósito de las insuficiencias valvulares (fig. 9).

La parte inferior de la figura 10 explica lo que sucede en un cortocircuito de derecha a izquierda, hecho frecuente cuando los defectos septales se asocian a estenosis pulmonar. Cuando la mezcla colorante-sangre llega a la comunicación

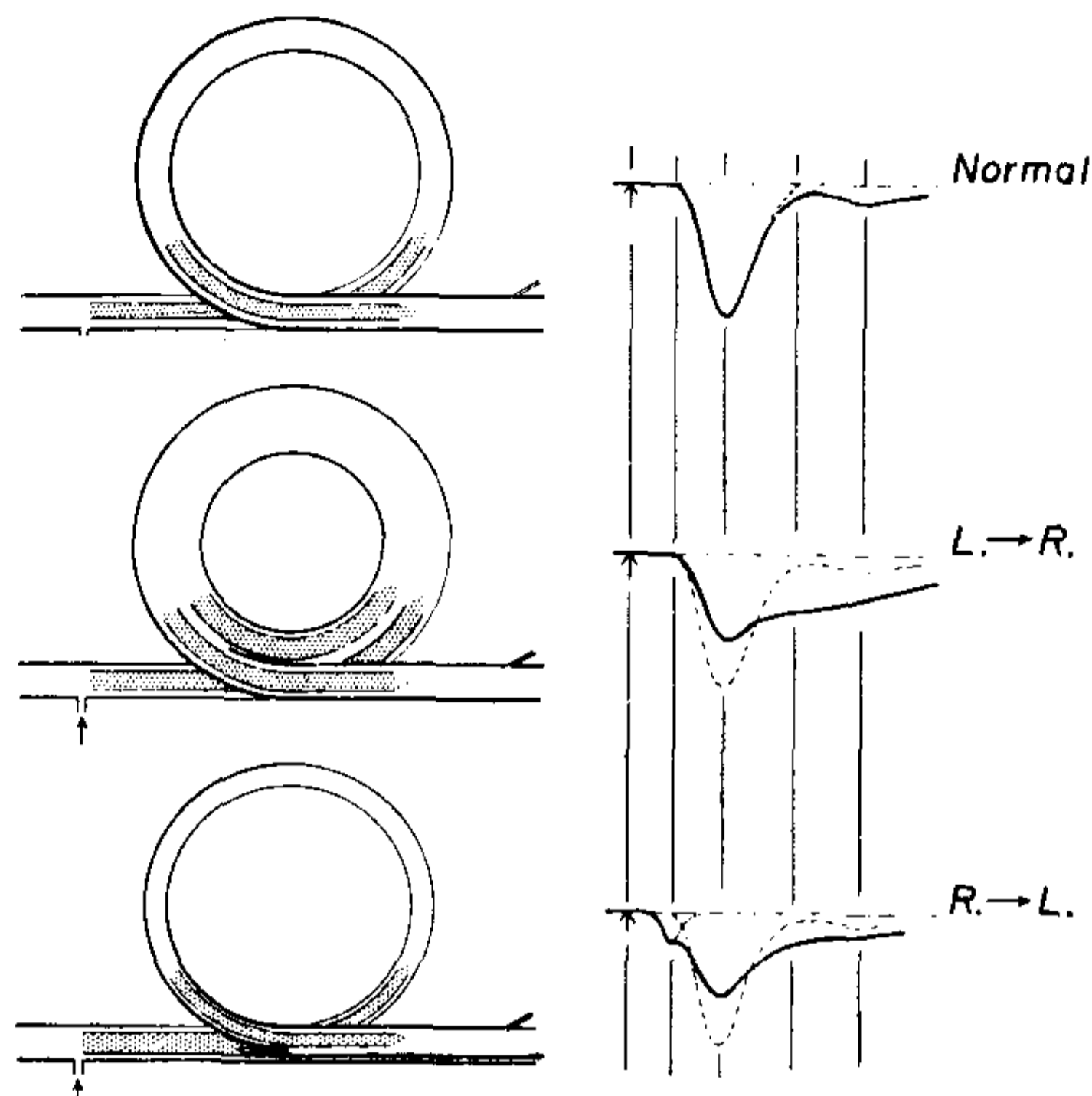


FIG. 10. — Ilustración de las principales diferencias entre una curva de dilución normal y aquellas de cortocircuitos de izquierda a derecha y de derecha a izquierda.

Parte alta: Los diferentes caminos pulmonares de la figura 6 se han simplificado en uno solo. La curva obtenida inyectando en el lado venoso y recolectando muestras en el lado arterial se muestra a la derecha.

Parte media: El aumento del flujo pulmonar caracteriza a los cortocircuitos de izquierda a derecha. El indicador no desaparece rápidamente a causa de que recircula por el defecto. Una fracción más o menos constante (dependiente de la magnitud del cortocircuito y del flujo sistémico) deja la zona circulatoria central en cada latido. La curva de dilución inscripta a la derecha contrasta con la normal (línea punteada). La deflexión máxima aparece reducida debido a que el indicador se diluye en un mayor volumen de sangre central y en un elevado flujo pulmonar. La fase de desaparición se prolonga por el lento desteñido del colorante en la sangre central.

Parte baja: Cuando hay cortocircuito de derecha a izquierda el flujo pulmonar es habitualmente reducido. Además, una porción del indicador pasa directamente al lado arterial sin tocar el pulmón y por lo tanto su arribo se registra mucho antes que el segundo. La curva inscripta a la derecha muestra: el arribo precoz del colorante cortocircuitado con un acortamiento del tiempo de inscripción con una deflexión previa a la porción de crecimiento normal.

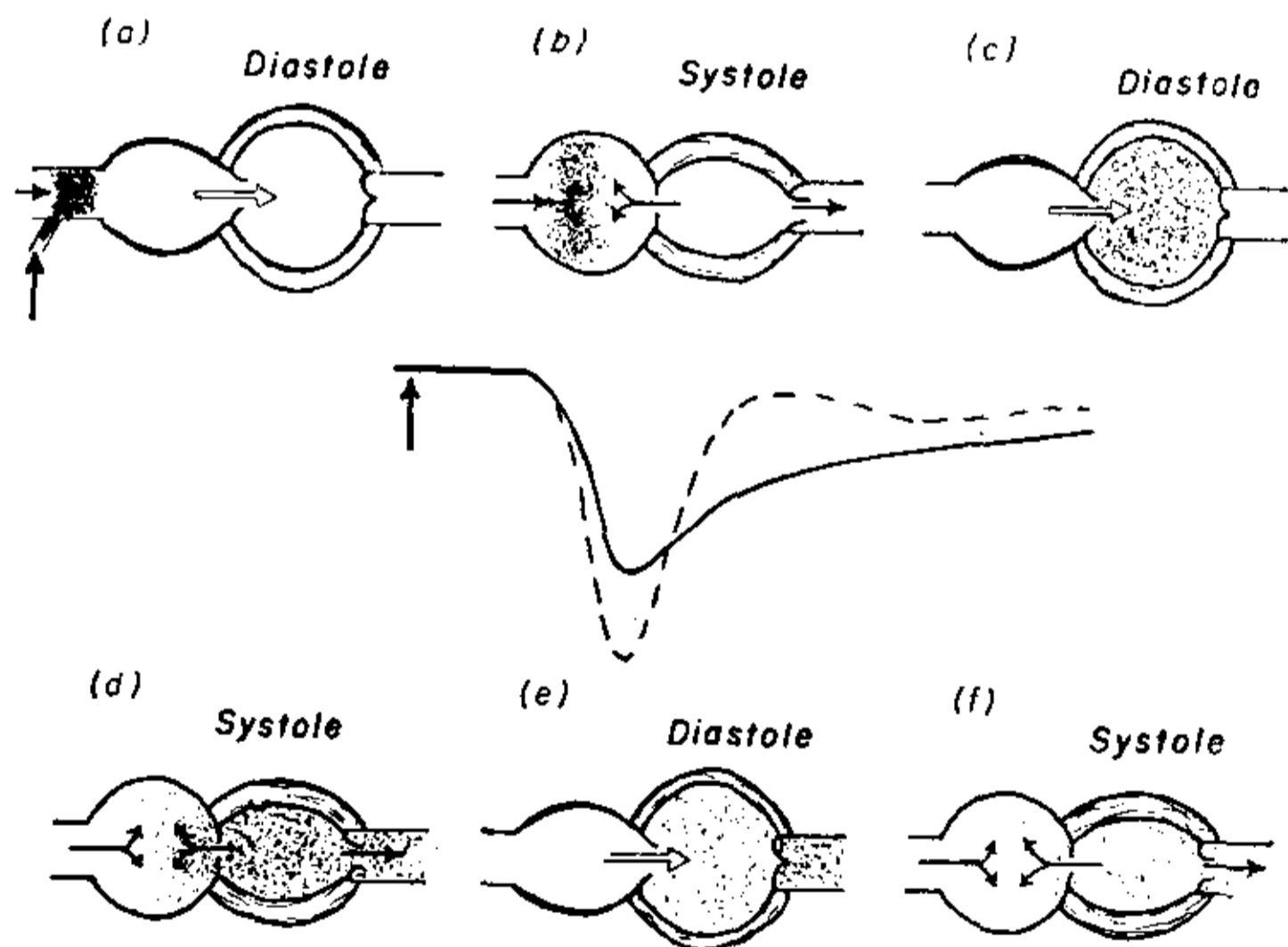


FIG. 9. — Efecto de una insuficiencia valvular sobre el pasaje de un indicador a través de las cavidades cardíacas. En el centro de la figura hay una curva normal representada con líneas punteadas, y una curva de reflujos, representada por líneas llenas. El indicador es inyectado a la entrada de las cavidades cardíacas (a). Cuando viene la próxima sístole (b) la sangre refluye a la aurícula y lo diluye. Luego, en la próxima diástole la mezcla sangre-colorante pasa al ventrículo, en su totalidad para ser enviada parte hacia adelante y parte hacia atrás; en este caso se diluye nuevamente con la sangre sin colorante que llega a la aurícula (d). Este proceso se repite en sucesivos ciclos cardíacos (e y f) de tal manera que el tiempo requerido para hacer desaparecer el colorante de las cámaras cardíacas se prolonga exageradamente.

anómala, una porción pasa por ella y entra en cortocircuito a la circulación sistemática. Dicha porción, por lo tanto, llega al lugar de tomas de muestras antes que el resto que deberá pasar previamente por el largo camino a través del pulmón. A causa de ello se aprecia una deflexión inicial anormal y precoz que, sumada a la otra, hace una onda con doble contorno<sup>14</sup>.

Una de las primeras y todavía muy importante aplicación de las técnicas de dilución en el cateterismo cardíaco es el uso de estos caracteres de las curvas para diag-

nosticar el lugar donde se efectúa el corto circuito de derecha a izquierda<sup>15</sup>, tal como se ilustra en el diagrama de la figura 11. Un enfermo con cortocircuito de derecha a izquierda debería tener una curva de dilución normal si el colorante se inyectara en un sitio más adelante que la comunicación. Además, si se repite la inyección con el catéter colocado por detrás del defecto, aparecerán las modificaciones características del cortocircuito. La diferencia entre las dos curvas de la figura 11 indica el lugar del cortocircuito.

### EFFECTOS DE LA VARIACION EN LA SATURACION SANGUINEA DE OXIGENO SOBRE LA CURVA DE DILUCION

El gran valor de las técnicas de dilución en el diagnóstico de los cortocircuitos de derecha a izquierda se ve amenguado cuan-

do éste es muy grande, a causa de que las fluctuaciones en la saturación de O<sub>2</sub> repercuten sobre las curvas, tal como se ve en la parte superior de la figura 12. La interpretación de los variables contornos de este trazado, perteneciente a una paciente con tetralogía de Fallot, no puede

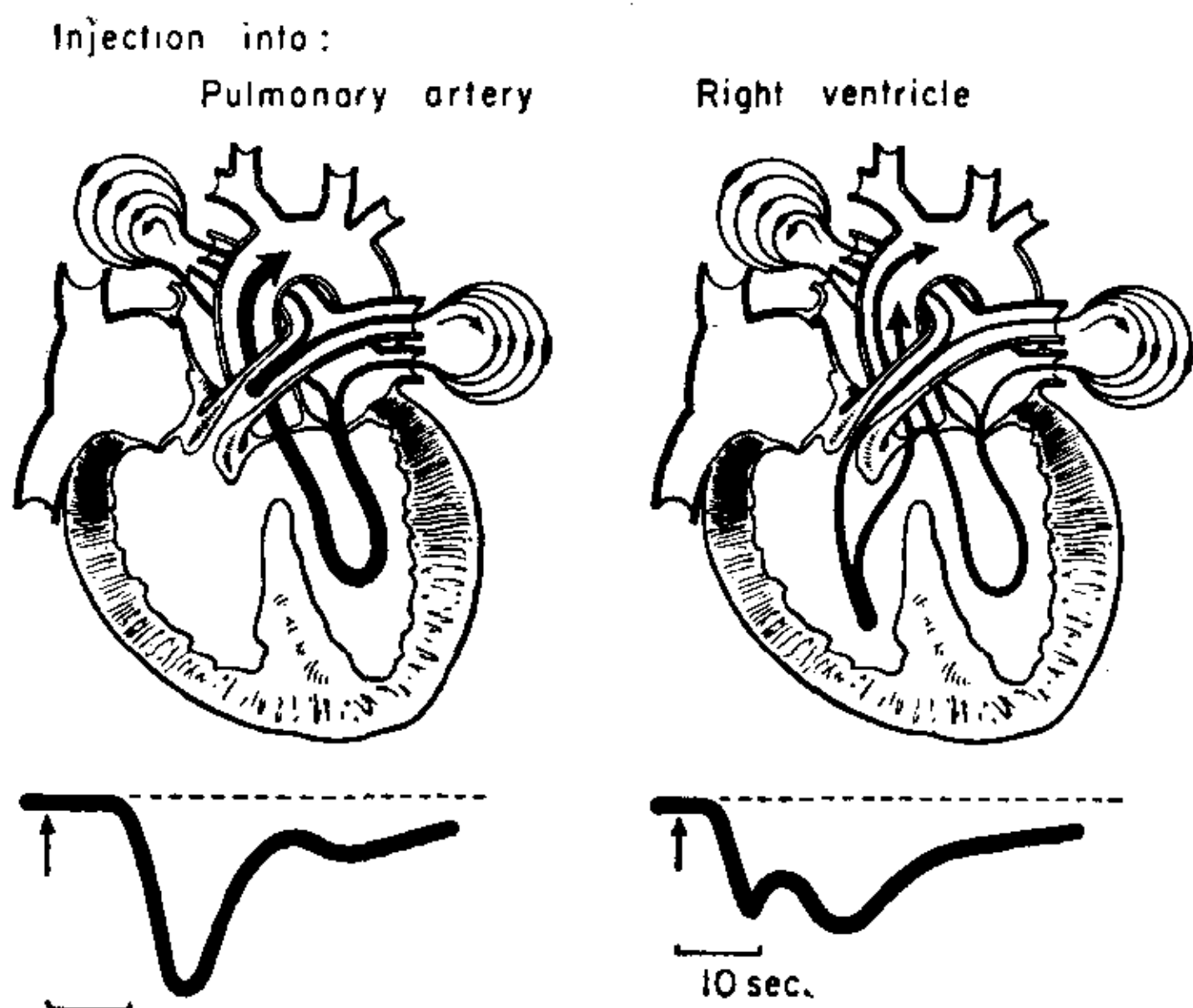


FIG. 11. — Localización de los cortocircuitos de derecha a izquierda por medio de las curvas de dilución variando el sitio de la inyección del colorante. En ambos diagramas se trata de una estenosis pulmonar y un cortocircuito de derecha a izquierda por una comunicación interventricular. Debajo del diagrama están las curvas obtenidas inyectando en la arteria pulmonar y en el ventrículo derecho. Cuando el colorante se inyecta en A.P. (distal del cortocircuito) la curva es normal. Cuando la inyección se hace en el lugar del cortocircuito (ventrículo derecho) parte se escapa hacia la circulación izquierda a través del defecto y aparece prematuramente en las arterias sistémicas, produciendo la curva anormalmente precoz ya señalada. Como el colorante no cortocircuitado aparece en tiempos normales, resulta así una curva bifida. Las diferencias entre estos dos lugares de inyección localiza el lugar del cortocircuito como el ventrículo derecho.

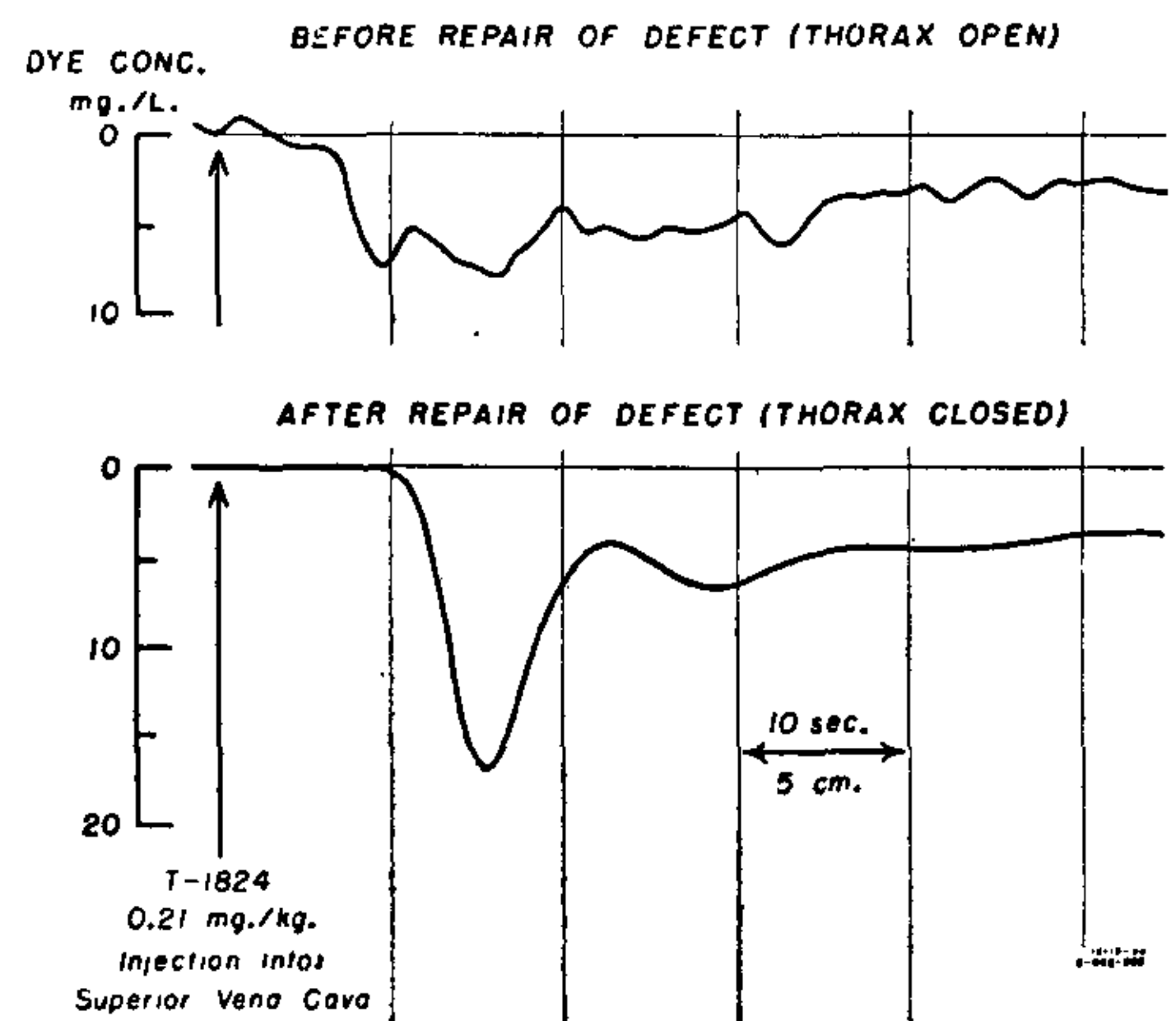


FIG. 12. — Curvas de dilución registradas en la arteria radial después de inyectar azul de Evans en la vena cava superior durante una operación para reparar una tetralogía de Fallot en una niña de 6 años. La operación fue realizada por el Dr. J. W. Kirklein usando circulación extracorpórea. La curva superior, obtenida antes de la corrección muestra un tiempo de aparición de 7 segundos y en apariencia hay dos picos de concentración. Los detalles son imposibles de observar a causa de las variantes en la saturación de O<sub>2</sub> arterial. La curva inferior es normal y resulta una prueba objetiva del éxito quirúrgico obtenido.



ser hecha con exactitud por las numerosas fluctuaciones de la saturación de  $O_2$ , originadas en un cortocircuito variable. En la parte inferior de la figura 12 se aprecia la normalización de la curva después de haber corregido quirúrgicamente el defec-

#### El problema de registrar curvas de dilución en presencia de un cortocircuito de derecha a izquierda

Hace tiempo<sup>12</sup> se ha reconocido la necesidad de contar con un indicador que permita registrar una curva satisfactoria en los casos cortocircuitados de derecha a izquierda. Los ensayos incluyeron soluciones salinas<sup>17,18</sup>, indicadores radiactivos<sup>19,20</sup> y más recientemente soluciones de dextran<sup>21</sup> en intentos de evitar deformaciones que la insaturación de  $O_2$  produce en las curvas de colorantes. Sin embargo, el uso de sustancias detectables por las células fotoeléctricas oximétricas tiene la ventaja de la mayor disponibilidad de estos aparatos y de poder registrar simultáneamente la saturación de  $O_2$  en la sangre.

*Propiedades físicas de los colorantes indicadores y de los instrumentos de registro:* Se comprende mejor todo el problema cuando se conocen las propiedades físicas de los indicadores y los instrumentos. Siendo el oxímetro<sup>3</sup> el aparato preferido en nuestro laboratorio es interesante examinar la transmisión espectral de la Hb, base de dicho instrumento (fig. 13). En la zona de los 640 milicrones las diferencias en la transmisión de la luz entre la oxihemoglobina y la hemoglobina reducida es la máxima o casi la máxima. Esta última casi no transmite la luz de esta longitud de onda (absorción máxima) mientras que aquélla lo hace en una gran proporción. El elemento detector del oxímetro es un conjunto de célula fotoeléctrica y filtro, cuya máxima sensibilidad también está en la zona de los 640 milimicrones.

La electricidad que emite esta célula fotoeléctrica roja es función de la cantidad de luz que llega la que a su vez depende de las relativas cantidades de oxihemoglobina y hemoglobina reducida presentes de la sangre analizada. Así, cuando menor sea

to, permitiendo su nítido trazo una interpretación exacta.

Recientemente<sup>16</sup> se ha descrito un nuevo indicador que evita estas dificultades y permite registrar curvas de dilución independientes de la oximetría.

el contenido de  $O_2$  de esta sangre, tanto menor será la cantidad de luz transmitida a la célula fotoeléctrica y tanto menor a su vez la emisión de corriente eléctrica por parte de ésta. Es evidente, pues, que si esta emisión de corriente eléctrica puede ser calibrada para que exprese saturación de  $O_2$  en sangre, se podrá usar el instrumento como oxímetro.

En longitud de onda de 800 milimicrones, tanto la oxihemoglobina como la hemoglobina reducida no muestran diferencias en la transmisión de la luz, la que sólo se verá afectada por la cantidad total de Hb y no por su saturación de  $O_2$ . El oxímetro que usamos tiene, en consecuencia, una segunda célula fotoeléctrica con su respectivo filtro, cuyo máximo de sensibilidad está en 800 milimicrones, en la zona del infrarrojo, usándose esta parte

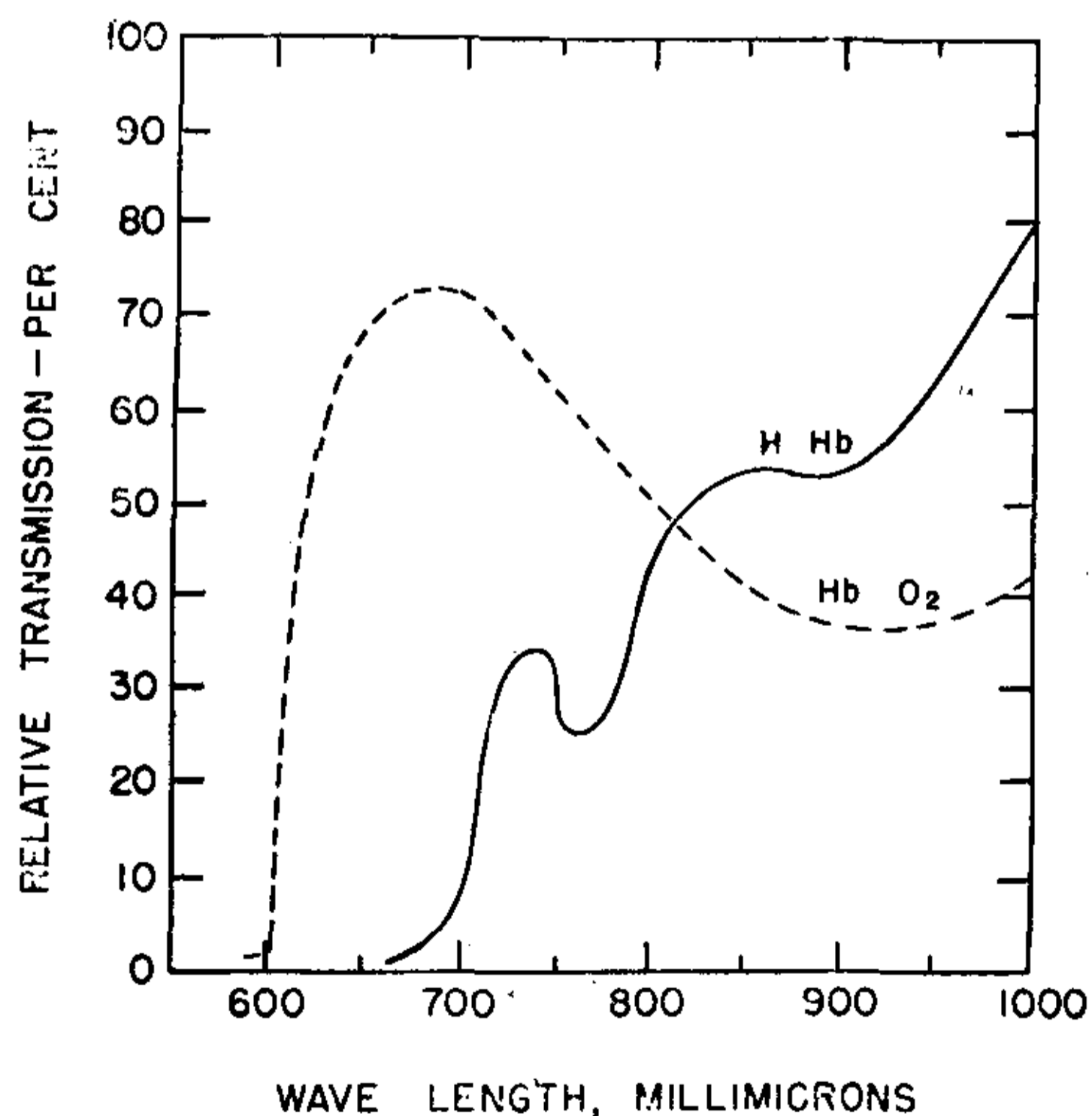


FIG. 13. — Comparación entre la transmisión del espectro por parte de la oxihemoglobina ( $HbO_2$ ) y la hemoglobina reducida ( $HHb$ ). Son evidentes las marcadas diferencias en la longitud de onda de 640 milimicrones y la igualdad en la longitud de 800.

del aparato para conocer las variaciones totales del contenido de Hb en la sangre que fluye a través del oxímetro.

En la figura 14 se han inscripto las curvas de sensibilidad de las células roja e infrarroja y la transmisión espectral de Hb reducida y la oxiHb. Nótese lo afirmado anteriormente de que las diferencias entre ambas hemoglobinas que son máximas en la célula roja, desaparecen, en cambio, en la infrarroja.

Retornando al problema original acerca de la dificultad para registrar las curvas de dilución en sujetos con grandes cortocircuitos de derecha a izquierda, vemos que el azul Evans, indicador usado en los primeros estudios, absorbe preferentemente la luz en los 640 milimicrones, tal como lo hace a su vez la Hb reducida. Ello hace que la célula no pueda establecer diferencias entre el colorante y la Hb reducida (fig. 15). Cualquier variación en la cantidad de esta última debida a variaciones funcionales del cortocircuito de derecha a izquierda se registrará en la curva del colorante transformándola en difícil de interpretar, ya que no habrá forma de reconocer si se deben al colorante o a la Hb reducida. Puede decirse que, desde el pun-

to de vista de la célula fotoeléctrica roja, la Hb, reducida actúa como si fuera un indicador.

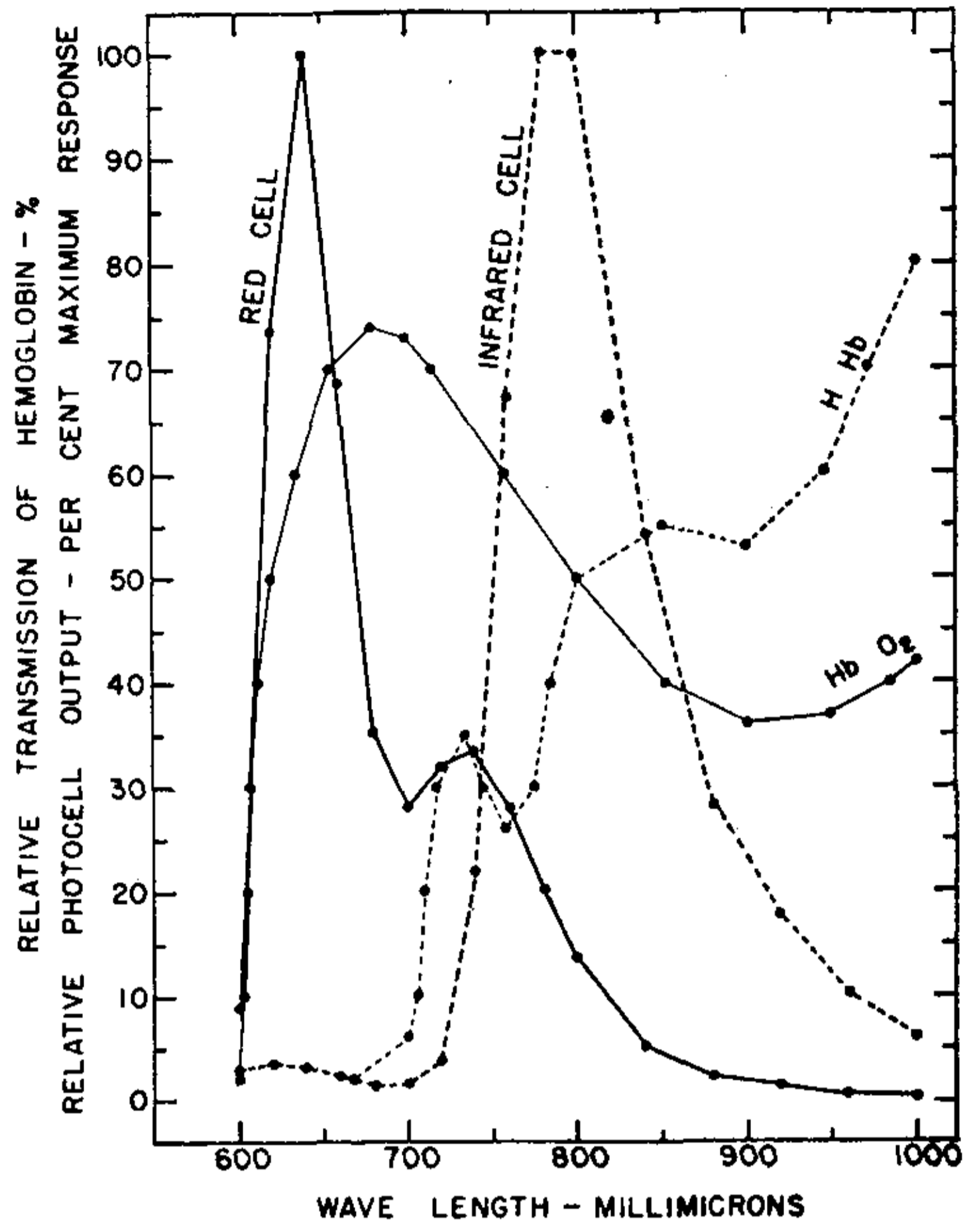


FIG. 14. — Comparación entre la transmisión del espectro de la hoxihemoglobina y la hemoglobina reducida y la sensibilidad espectral de las células fotoeléctricas del oxímetro (ver texto).

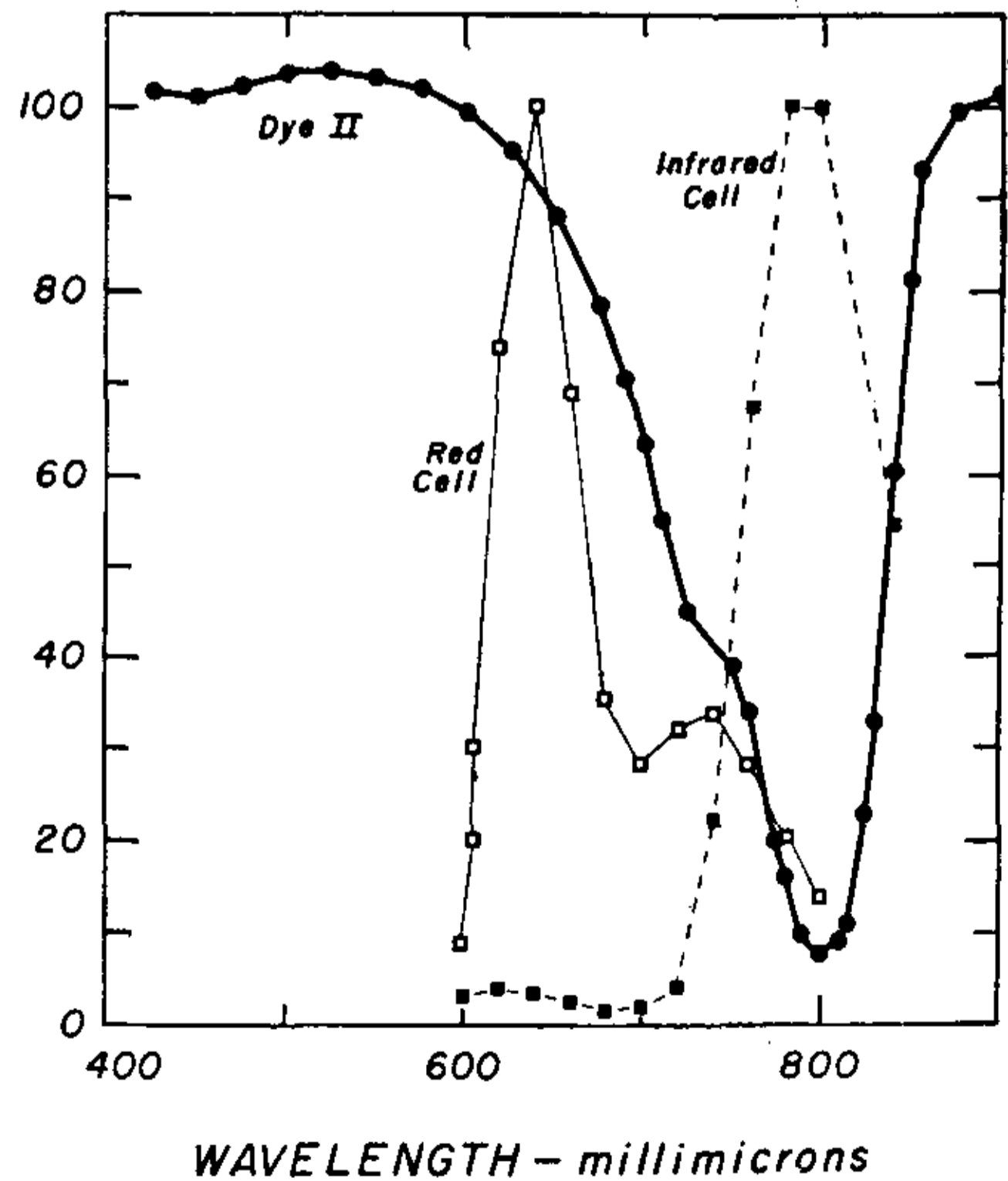
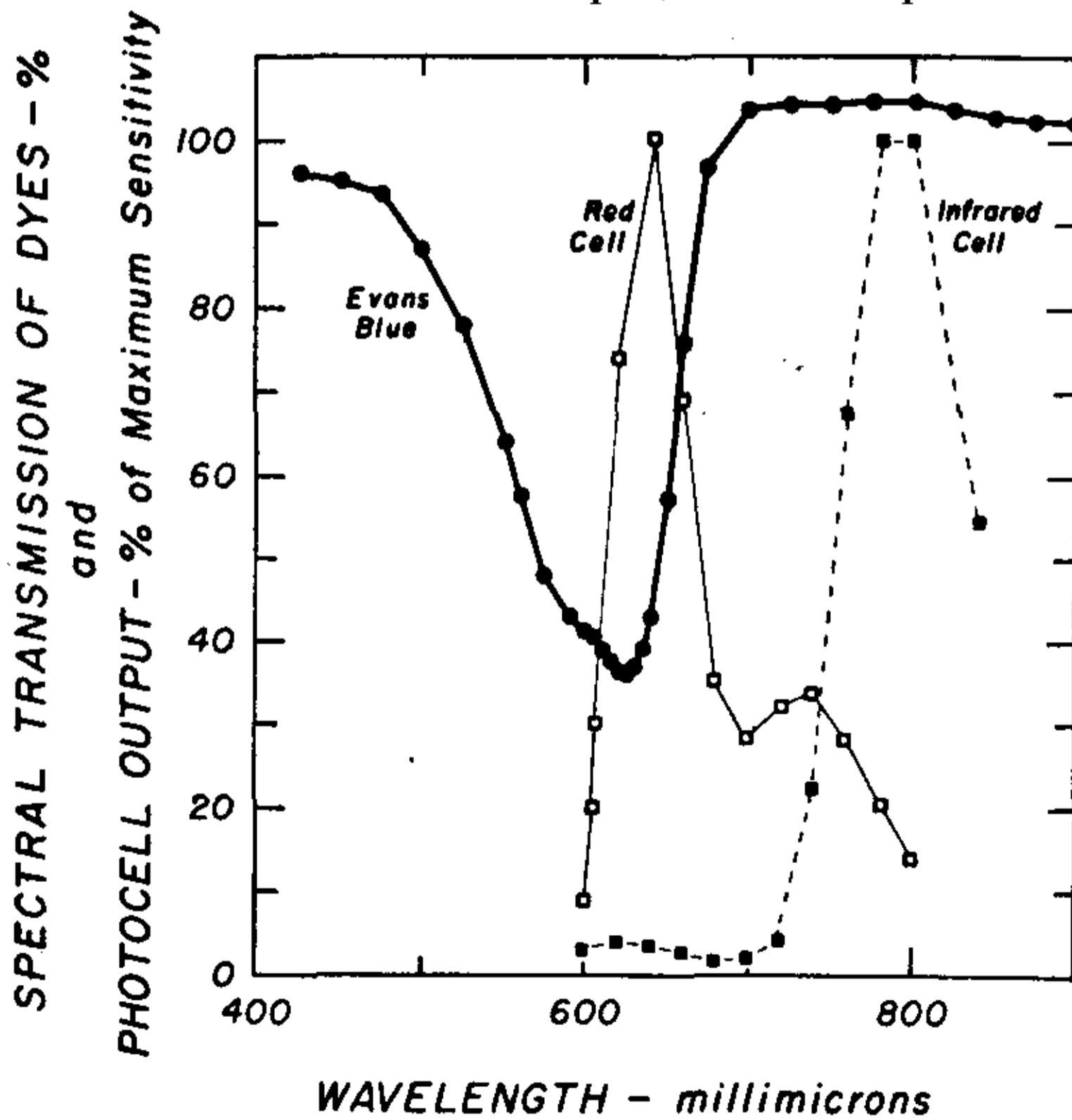


FIG. 15. — Comparación en las transmisiones de luz por parte del azul de Evans y el Indocyanine (dye II) a iguales concentraciones en plasma (5 mg por litro) y la sensibilidad espectral de las células fotoeléctricas del oxímetro. El azul de Evans absorbe preferentemente la luz en la longitud de onda de 640 milimicrones, mientras que el "dye II" lo hace a 800 milimicrones. Los picos de sensibilidad están: para la célula roja en 640 milimicrones y para la infrarroja en 800 milimicrones.

Se ve, pues, cuan necesario era encontrar un indicador que tenga su absorción preferente en una longitud de onda de 800 milimicrones (célula fotoeléctrica infrarroja), sector donde no influye la oxigenación de la Hb.

*El nuevo colorante.* — Recientemente<sup>16-22</sup> un nuevo indicador llamado “tricarbo-cyanine” ha sido perfeccionado en este sentido por cuanto su espectro de absorción reúne las condiciones antedichas. Investigadores alemanes también han informado acerca del uso de colorantes similares para estos fines, aunque a veces presentan desventajas por precipitar sus soluciones<sup>23</sup>. En la figura 15 se compara la sensibilidad

espectrométrica de las células fotoeléctricas del oxímetro usando azul Evans y este nuevo colorante (verde indocyanine) en el plasma. El azul Evans absorbe, preferentemente la luz en la longitud de 640 milimicrones, mientras que transmite prácticamente toda a 800 milimicrones. Inversamente, el verde “indocyanine” absorbe la luz preferentemente a los 800 milimicrones, mientras que transmite casi toda a 640 milimicrones. Por otra parte es evidente también que este último, miligramo por miligramo, tiene una capacidad de absorción de la luz superior a la del azul Evans.

En la figura 16 se muestran curvas de dilución registradas después de sucesivas

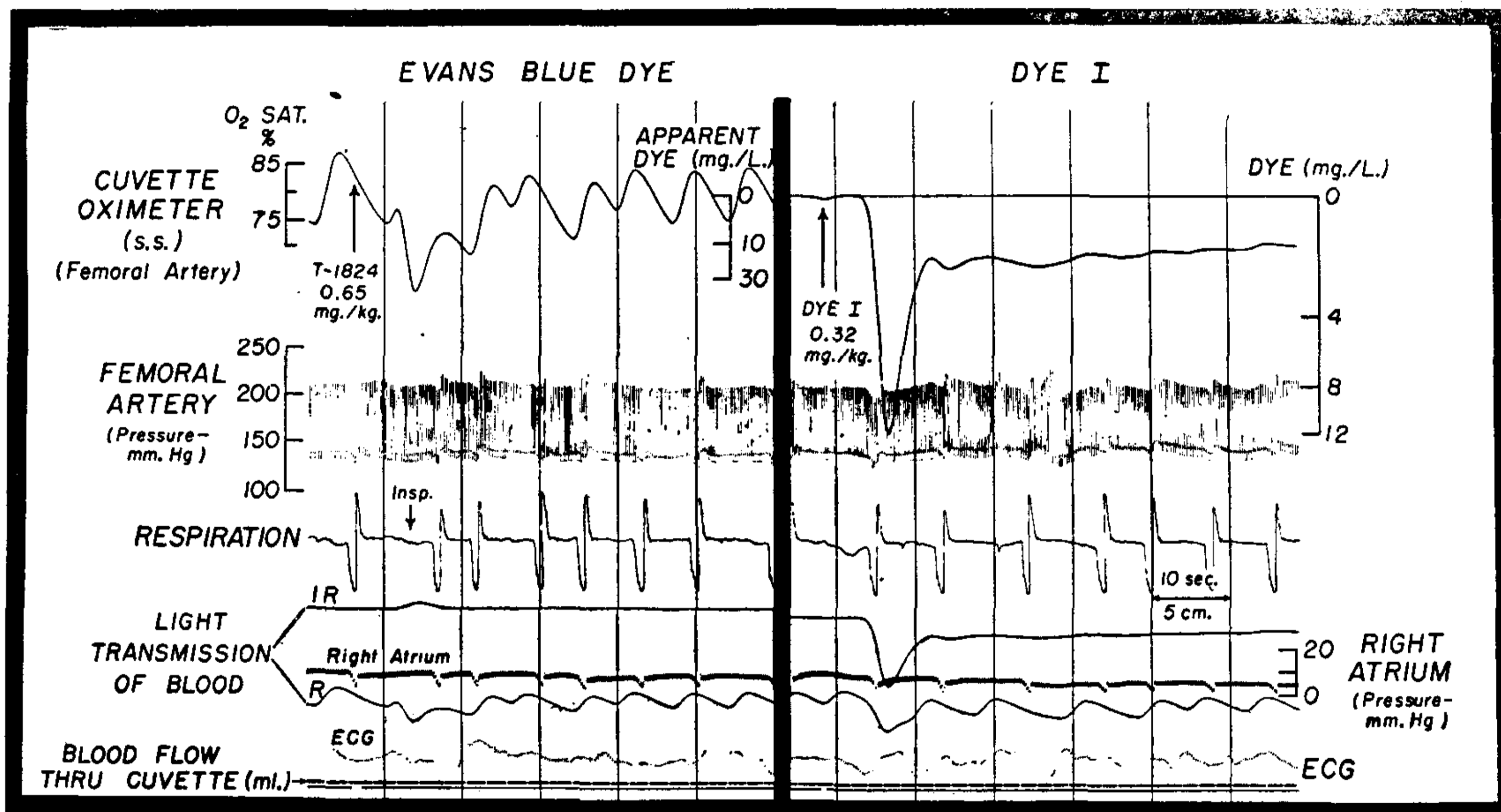


FIG. 16. — Curvas de dilución registradas después de sucesivas inyecciones de azul de Evans y verde Indocyanine (dye 1) en la arteria pulmonar en un perro anestesiado de 15,5 kg que respira aire de la habitación. Las variaciones de la saturación arterial que son las usuales en estas circunstancias producen grandes variantes en la transmisión de la luz roja (R) durante el registro de ambas curvas. La escala simple (S.S.) del oxímetro produce para el azul Evans una curva ininterpretable a causa de las anotadas fluctuaciones; en cambio, con el circuito modificado y usando el “Dye I” (ver texto) la curva es perfecta.

inyecciones de azul Evans y de “Dye I” una antigua versión no soluble en agua del verde “indocyanine” en la arteria pulmonar del perro. Este perro anestesiado, respirando el aire de la sala de experimentación, mostraba fluctuaciones en el oxígeno arterial que guardaban relación con el ciclo respiratorio. Digamos, por otra

parte, que esto es un hallazgo frecuente. Es así cómo estas variaciones de la saturación de O<sub>2</sub>, que a la postre son variaciones de la cantidad de Hb reducida, se manifiestan en la transmisión de la luz roja y son las responsables de las grandes fluctuaciones en la curva registrada cuando se inyecta el azul Evans, haciéndola im-

sible de interpretar. Por esto, para registrar las curvas de dilución con los nuevos colorantes, se ha modificado el circuito del oxímetro de modo que sólo se inscriba la salida del sector infrarrojo. La curva obtenida después de la inyección de "dye I", usando esta modificación del oxímetro no sufre cambios con las variantes de saturación de  $O_2$  sanguíneo.

Este nuevo colorante\* se ha utilizado para efectuar curvas de dilución en más de 350 pacientes con cardiopatías congénitas o adquiridas, sin haber observado el menor efecto tóxico. En la figura 17 se

muestran las curvas obtenidas después de inyectar el verde "indocyanine" y azul de Evans en el mismo sitio de la circulación en un paciente con cortocircuito de derecha a izquierda. Las curvas con azul Evans son imposibles de interpretar en vista de las enormes fluctuaciones sincrónicas con la respiración; no ocurre lo mismo con el verde "indocyanine" inyectado pocos minutos después pero registrado con la célula infrarroja. El nuevo colorante es aconsejable de usar además, cuando el paciente respira aire atmosférico, aunque no haya

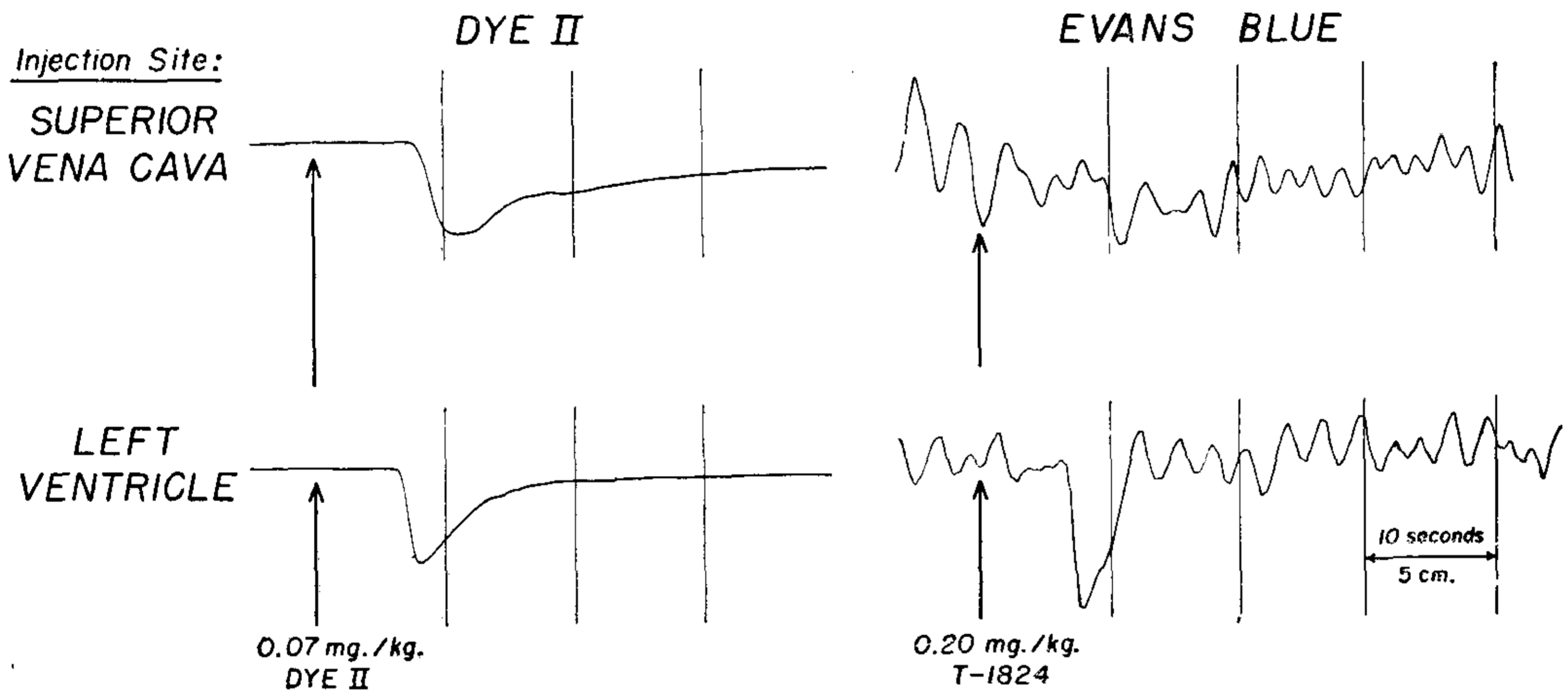


FIG. 17. — Comparación entre las curvas de dilución arteriales registradas después de inyectar azul Evans y verde indocyanine (dye II) en un mismo lugar de la circulación en un sujeto de 21 años de edad con comunicación interauricular e interventricular, asociados a una severa hipertensión pulmonar. Las curvas del azul Evans están distorsionadas por las grandes fluctuaciones de la saturación del oxígeno causadas por el cortocircuito variable de derecha a izquierda. Las curvas del "dye II" dos de las cuales se muestran, fueron registradas en los minutos siguientes a las anteriores y son satisfactorias. La serie completa de curvas indica, además de un cortocircuito de derecha a izquierda en la C.I.A., otro de izquierda a derecha entre los ventrículos.

cortocircuito de derecha a izquierda, porque el aparato es suficientemente sensible como para ser distorsionado por las pequeñas variaciones de saturación arterial.

A la utilidad en el diagnóstico de las cardiopatías cianóticas se agrega la que puede prestar en investigaciones sobre hipoxia y otras sobre sangre venosa<sup>25</sup>.

#### APLICACIONES ESPECIALES DE LAS TECNICAS DE DILUCION EN CARDIOPATIAS CONGENITAS Y ADQUIRIDAS

Desde que en 1950<sup>12,26</sup> fueron introducidas las técnicas de registro continuo en las curvas de dilución para el diagnóstico

de anomalías cardiovasculares, se han desarrollado varias aplicaciones especiales de las mismas, en particular la combinación con el cateterismo cardíaco de las cavidades derechas<sup>15</sup> o izquierdas<sup>27,28</sup> o el sistema arterial. En este procedimiento se usan inyecciones únicas o múltiples y recolec-

\* Conocido comercialmente como "Cardio-green". Eastman Kodak Laboratories. Rochester - New York, U.S.A., y Hyson, Westcott, Inc., Baltimore, Md., U.S.A.

ción de muestras en varios lugares distintos para demostrar la localización del defecto en estudio. Estas aplicaciones especiales se basan siempre en los contornos de la curva fundamental del cortocircuito ya descrito para los venoarteriales o arteriovenosos, del reflejo valvular o de la insuficiencia cardíaca. Luego comparará este contorno básico con las variaciones según el lugar, lo cual ha de permitir, sin dudas, el diagnóstico exacto de la localización.

Muchas de estas aplicaciones diagnósticas, tales como identificar desembocaduras venosas anómalas en aurícula o ventrículo derecho, tronco arterioso común, conexiones anómalas de la vena pulmonar<sup>29</sup>, demostración de cortocircuito de izquierda a derecha en el ventrículo, en los casos de interauricular coexistente, han sido usados en combinación con el sondeo cardíaco derecho durante años. Otros, como el estudio de los reflejos valvulares, es más reciente, y data del uso de los cateterismos combinados izquierdo y derecho. Warner y Toronto<sup>31</sup> describieron una técnica para demostrar el reflujo en la válvula aórtica insuficiente, inyectando el indicador dentro de la aorta torácica a distancias progresivamente mayores de la válvula y registrando el flujo retrógrado en la radial izquierda y en la oreja derecha. Más recientemente Braunwald y colaboradores<sup>32</sup> han confirmado el valor de estas técnicas y ampliaron la experiencia con inyecciones en aurícula y ventrículo izquierdos. Lo que sigue es para exponer los principios en que se basan estas aplicaciones especiales del método durante el sondeo cardíaco, pasándose revista a los principales.

*Localización de los cortocircuitos de izquierda a derecha.* — En la mayoría de los casos basta el sondeo cardíaco para localizar correctamente estos cortocircuitos, especialmente si cuando el oxímetro de cubeta demuestra el aumento de la saturación de  $O_2$  en muestras tomadas distalmente del defecto. La inyección de un indicador sólo interesa cuando la sonda no ha progresado hasta llegar a las partes distales útiles y por lo tanto no puede hacerse la oximetría de las mismas.

Una posibilidad diagnóstica interesante

sucede cuando en un sondeo cardíaco de cavidades derechas, el extremo del catéter ha llegado hasta el ventrículo izquierdo por una comunicación interauricular o por un foramen oral valvulado eficientemente. La inyección del colorante en el ventrículo izquierdo (fig. 18) puede mostrar una cur-

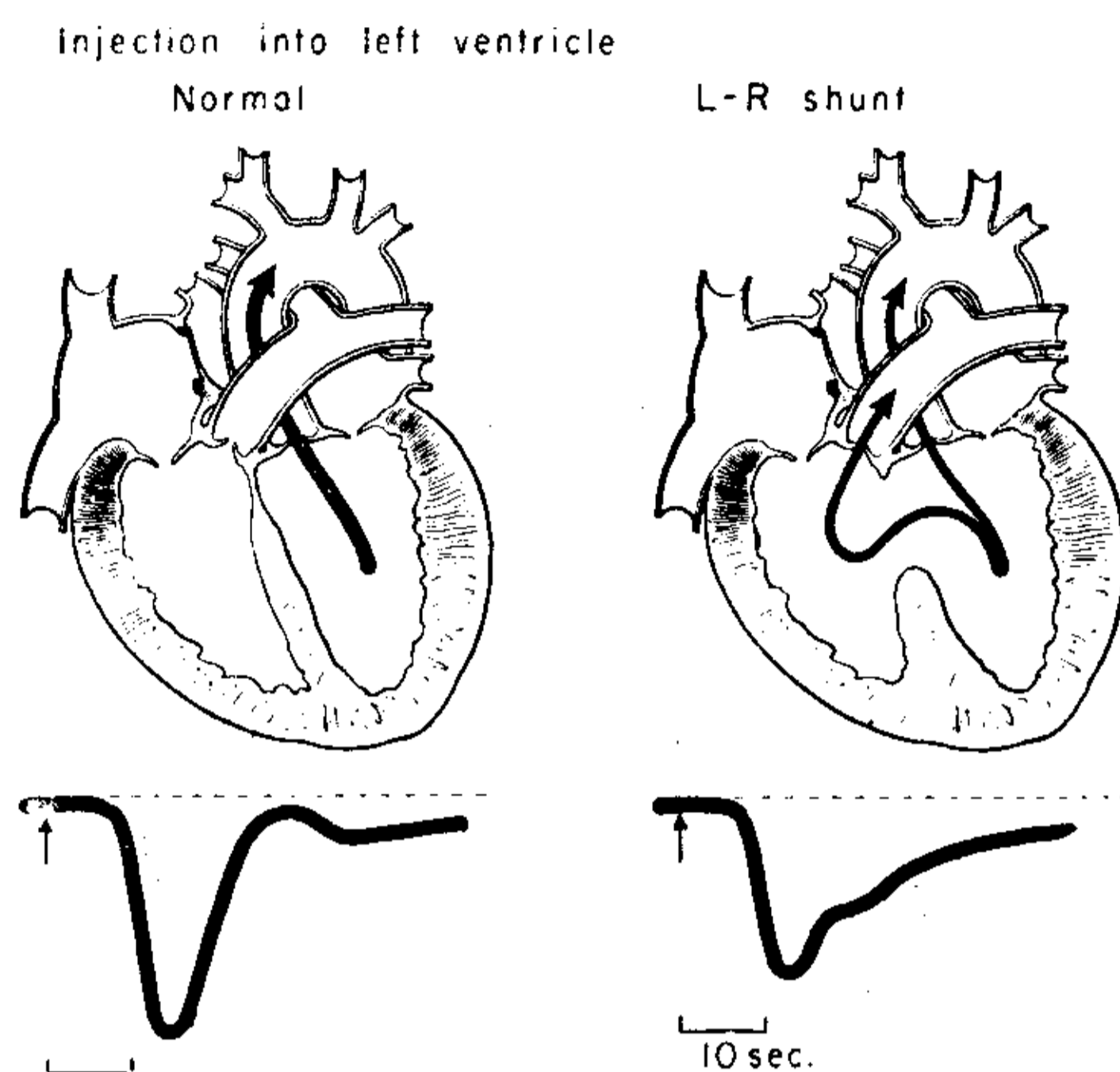


FIG. 18. — Demostración de la presencia o ausencia de cortocircuito de izquierda a derecha a la altura del ventrículo izquierdo o posición distal del mismo. El camino tomado por el colorante inyectado está indicado por la flecha. La curva inscripta inmediatamente por debajo de cada esquema es la que se registraría en un sitio de la circulación sistémica y la flecha vertical marcada sobre la curva indica el momento de la inyección. En el lado izquierdo el tabique interventricular está intacto y la curva de dilución resultante es normal. En el lado derecho, en cambio se trata de una C.I.V. con cortocircuito de izquierda a derecha y la curva de dilución obtenida presenta las anomalías características de esta anomalía.

va normal, sin rastros de cortocircuito distal a V.I. y con válvulas aórticas y mitral normales.

Si se obtuviera una curva anormal caracterizada por un pico de concentración reducido y una prolongación en el tiempo, significaría que estamos en presencia de un cortocircuito de izquierda a derecha o una insuficiencia de las válvulas aórticas o mitral. Las curvas de dilución que se registran en los casos de reflejos valvulares se caracterizan por la prolongación en el tiempo y el aplanamiento general de los picos de concentración. En presencia de un cortocircuito de izquierda a derecha,

por el contrario, a pesar de la prolongación en el tiempo, se aprecian picos de flúidos de concentración dependientes del tiempo que tarda la sangre cortocircuitada en recorrer todo el lecho pulmonar para reingresar a la circulación sistémica. Estas curvas, cuando se registran desde una arteria sistémica, no pueden localizar el defecto puesto que son iguales para todos los defectos con el cortocircuito de izquierda a derecha.

Es evidente, pues, que para localizar el defecto, la inyección del colorante deberá hacerse en un punto distal a la cámara donde está el cortocircuito y exige que las válvulas sean competentes. En la figura 19 se

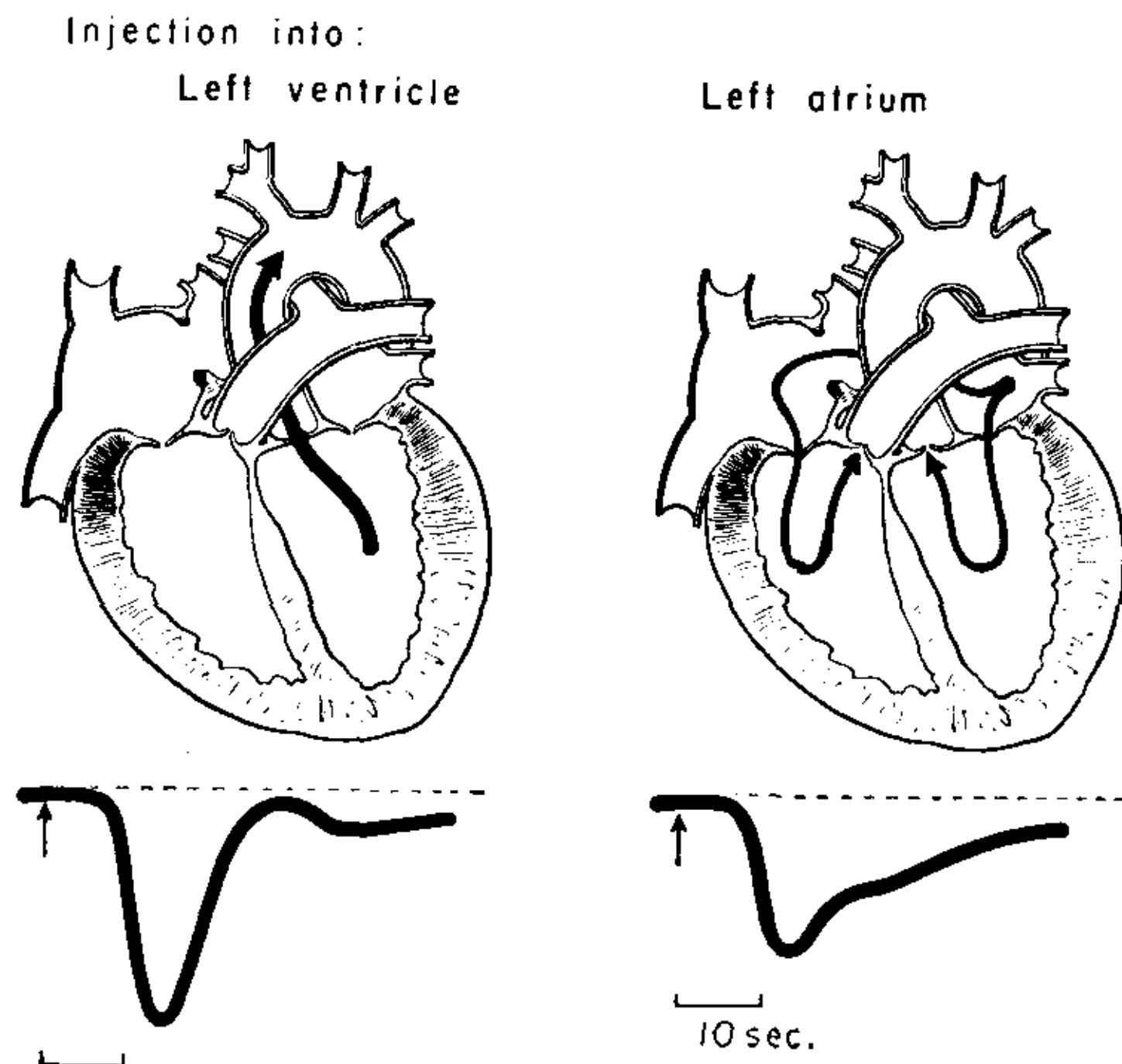


FIG. 19. — Localización de un cortocircuito de izquierda a derecha a través de una C.I.A. En el lado izquierdo se muestra el trayecto del colorante inyectado en ventrículo izquierdo que no refluye porque la mitral es eficiente y por lo tanto no se mezcla con la sangre que cortocircuita en la aurícula. La curva resultante es normal. En el lado derecho de la figura la punta del catéter está en aurícula izquierda desde donde la sangre pasa a aurícula derecha en cortocircuito por la comunicación. La demostración de este circuito se hace obteniendo la curva de dilución anormal que se reproduce abajo del esquema.

muestra un caso de cortocircuito de I. a D. por comunicación interauricular que es uno de los casos más frecuentes. A la izquierda puede verse cómo la inyección en ventrículo izquierdo, que no recibe sangre cortocircuitada, da una curva normal en el registro arterial. A la derecha, se ha re-

tirado el catéter hasta la aurícula izquierda y como su sangre sigue dos caminos, el normal y el cortocircuito, la curva ha sufrido las modificaciones conocidas.

Esta importante aplicación de nuestra técnica ha servido para separar los casos simples<sup>1</sup> de aquéllos con defectos múltiples, tal como lo hicieron notar Callahm y colaboradores<sup>30</sup> en 1955, con respecto a la asociación de las comunicaciones interauriculares, o un canal atrioventricular común<sup>3</sup>. Recientemente<sup>32</sup> Braunwald y colaboradores han confirmado el valor de los principios en que se basan estas aplicaciones prácticas.

Para confirmar la presencia del cortocircuito de izquierda a derecha entre aorta pulmonar o entre ambos ventrículos la inyección debe ser hecha en la aorta. Esto implica, desde luego, un cateterismo retrógrado. Para ello se inserta una aguja calibre 15 en la femoral y a través de ella se pasa un catéter N° 5, cuyo avance se controla radioscópicamente hasta llevarlo a la aorta ascendente frente a la válvula aórtica. Los registros que se obtienen con esta inyección en los casos de comunicación interventricular difieren francamente de aquéllos obtenidos inyectando en el ventrículo izquierdo (fig. 20). Para las fis-

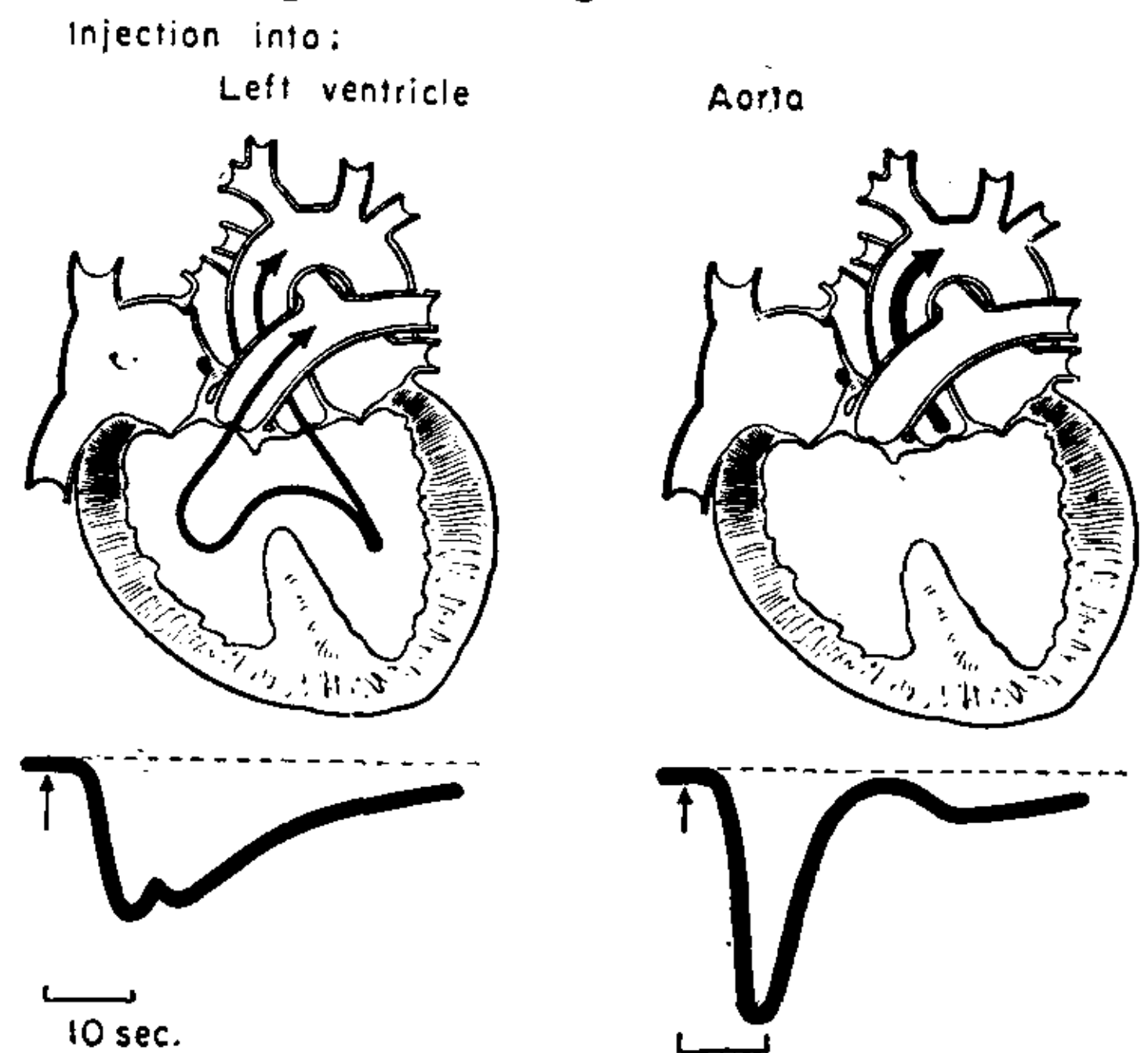


FIG. 20. — Localización de un cortocircuito de izquierda a derecha a través de una C.I.V. En el lado derecho se muestra lo que sucede al inyectar el colorante en la aorta, lo que por haber sigmoideas competentes, da una curva de dilución normal. En cambio, si la inyección se efectuó en ventrículo izquierdo (parte izquierda de la figura) la curva mostrará las características de un cortocircuito de izquierda a derecha.

tulas aortopulmonares (fig. 21) se procederá en forma similar, inyectando el colorante antes y después del defecto y registrando sus curvas de dilución en zonas distales. Lo mismo para el aneurisma del seno de Valsalva roto en V.D. Curvas estrechamente similares se obtienen en la persistencia del conducto arterioso (fig. 22).

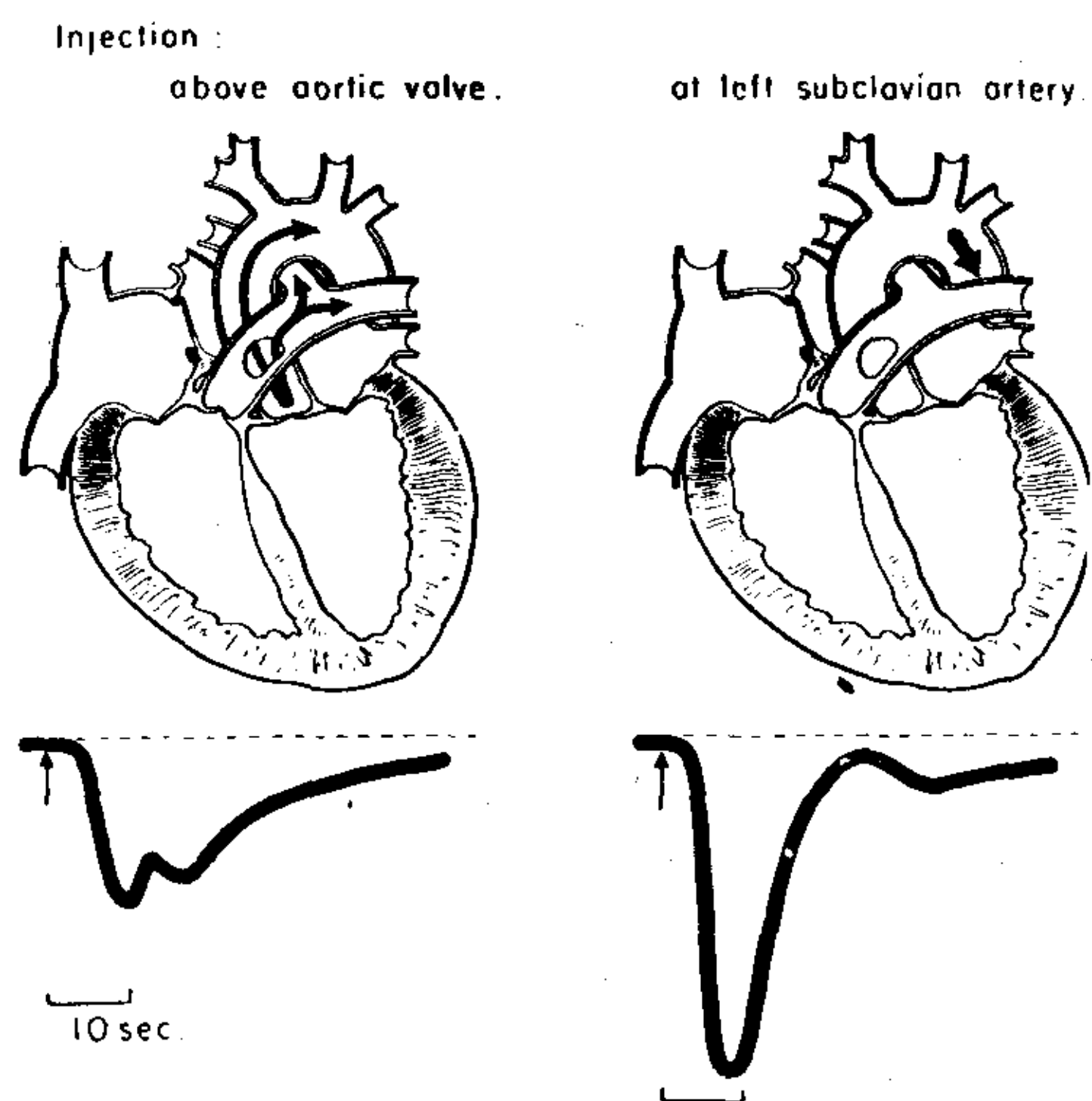


FIG. 21. — Localización de un cortocircuito de izquierda a derecha en la aorta tal como sucede en la ventana aortopulmonar o el aneurisma del seno de Valsalva roto. En la parte izquierda de la figura se ve la curva anómala típica, después de inyectar en la aorta frente a la lesión. En cambio, en la parte derecha, se ve la curva normal que se obtiene si se inyecta en el lugar del nacimiento de la subclavia izquierda.

Si el indicador se hubiera inyectado en una cámara cardíaca o vaso sanguíneo donde no hay cortocircuito o que se encuentre por delante del mismo, la curva de dilución resultante representa claramente una imagen del flujo de esa cavidad o vaso donde fue hecha la inyección. Por otra parte, si la inyección se hace en el lugar del cortocircuito, o en un punto de división de un vaso, la curva puede no representar una imagen exacta del drenaje del mismo. Ello es debido principalmente a que el colorante puede caer cerca o lejos de la corriente cortocircuitada y haber una falla en la mezcla entre ambas, con lo que el registro de la curva representa la imagen del flujo de esa cámara.

Tales consideraciones deben ser tenidas muy en cuenta por su valor práctico en la localización de los cortocircuitos hacia la derecha o la izquierda a través de la interpretación de notables diferencias en las curvas obtenidas con inyecciones en sitios ligeramente diferentes. El efecto del factor mala mezcla debe ser tenido en cuenta siempre que se esté considerando el

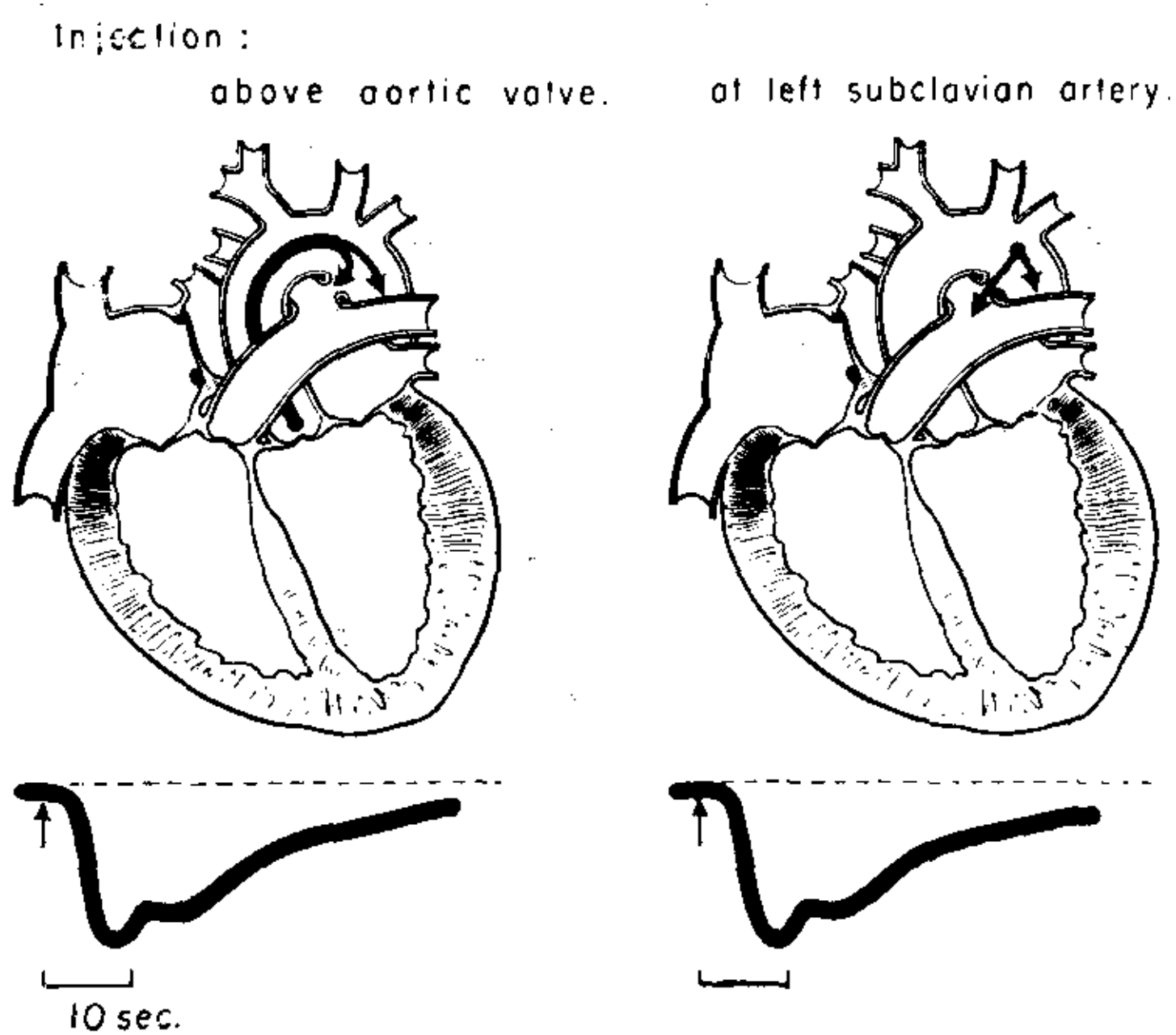


FIG. 22. — Localización de un cortocircuito de izquierda a derecha a través de un conducto arterioso persistente. La estrecha similitud entre las curvas periféricas obtenidas tanto si se inyecta en el nacimiento de la aorta (parte izquierda de la figura) como a la altura del nacimiento de la subclavia izquierda (parte derecha) indica que el defecto se halla todavía más alejado de dichos lugares, y que el diagnóstico es un ducto arterioso y no una ventana aórtico-pulmonar.

valor de curvas recogidas después de inyecciones en el lugar del cortocircuito o lugares vacíos.

*Localización del reflujo valvular.* — Tanto los reflujo valvulares como los cortocircuitos de izquierda a derecha se caracterizan por curvas de dilución de un pequeño pico, prolongación de la misma en el tiempo y no inscripción de la curva de recirculación.

Para los cortocircuitos se puede complementar la técnica con el sonda cardíaca y las inyecciones del indicador y curvas de dilución en (1º) sitios de inyección múltiples y apropiados; (2º) sitios de muestra múltiples y apropiados (3º) buena combinación de ambas cosas.

Para localizar un reflujo valvular por

medio del registro de curvas de dilución con un solo lugar de tomas de muestra para varios sitios de inyección se requiere: a) Que sea normal la curva obtenida inyectando el indicador en la cámara que sigue a la válvula competente más próxima; y b) que la curva sea anormal si la inyección se hizo por detrás de la válvula o inmediatamente por delante.

Para la localización del reflujo valvular usando una sola inyección y una recolección múltiple (varios sitios) hay que saber que: a) La curva de dilución es normal en muestras recogidas antes de la válvula insuficiente; b) la curva es anormal en muestras recogidas después de la válvula insuficiente.

La insuficiencia aórtica permite la más simple aplicación de estos principios. En la figura 23 la curva de la izquierda mues-

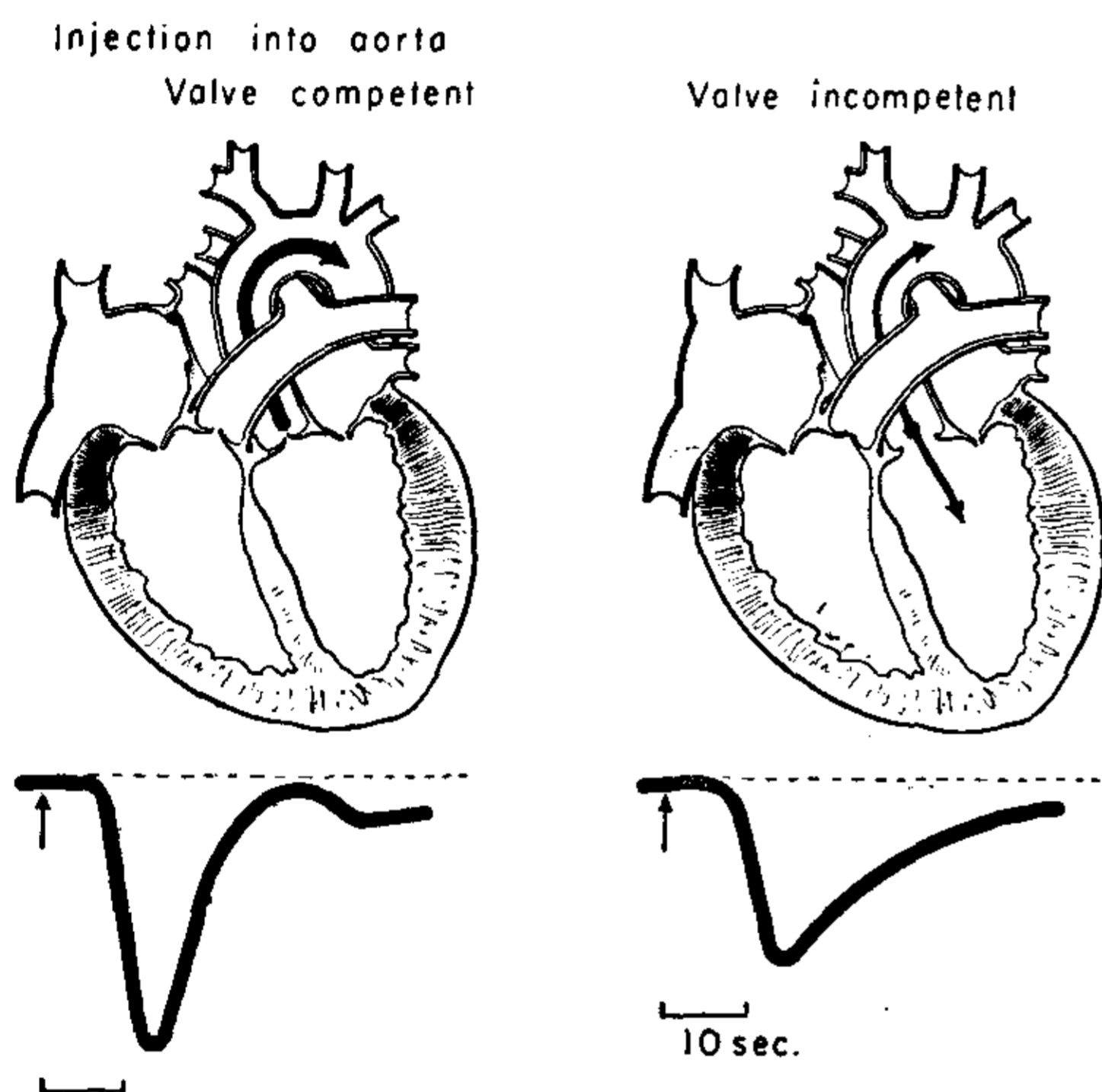


FIG. 23.—Localización de un reflujo a través de la válvula aórtica. El camino que sigue el colorante inyectado más adelante de una válvula aórtica competente y la curva registrada es normal, tal como se ve en la parte izquierda de la figura. En la parte derecha, la válvula insuficiente altera el camino normal en tiempo y concentración, dando una curva anómala en la arteria.

tra un contorno normal con una válvula competente. La curva de la derecha, en cambio, es claramente anormal, y por la ausencia de cortocircuito de izquierda a derecha en la aorta, no surge otro diagnóstico que el de insuficiencia aórtica. Como ya quedó dicho más arriba, las caracte-

rísticas de la curva de insuficiencia valvular son una deflexión inicial menor, una prolongación en el tiempo porque la mezcla y lavado del colorante se demoran a causa del reflujo y la ausencia del pico de recirculación.

La válvula aórtica resulta muy particular a causa de que por ser la más distal de las cuatro, permite que una sola inyección por delante de ella muestra su incompetencia, desde luego que excluido el cortocircuito de izquierda a derecha en la aorta (ductus y ventana aorto-pulmonar).

Ahora bien, si el colorante es inyectado en una cavidad o sector entre dos válvulas, por ejemplo el V.D. y la curva de dilución registrada en el sector arterial es normal, ello significa no solamente que la tricúspide es normal, sino también la competencia de todas las demás. En cambio, si la curva es de reflujo valvular, puede decirse que el mismo estará ubicado en cualquier válvula. Para localizar el reflujo, es necesario registrar: a) una curva normal después de inyectar el colorante en la primera cavidad distal con válvula competente por detrás; b) una curva anormal

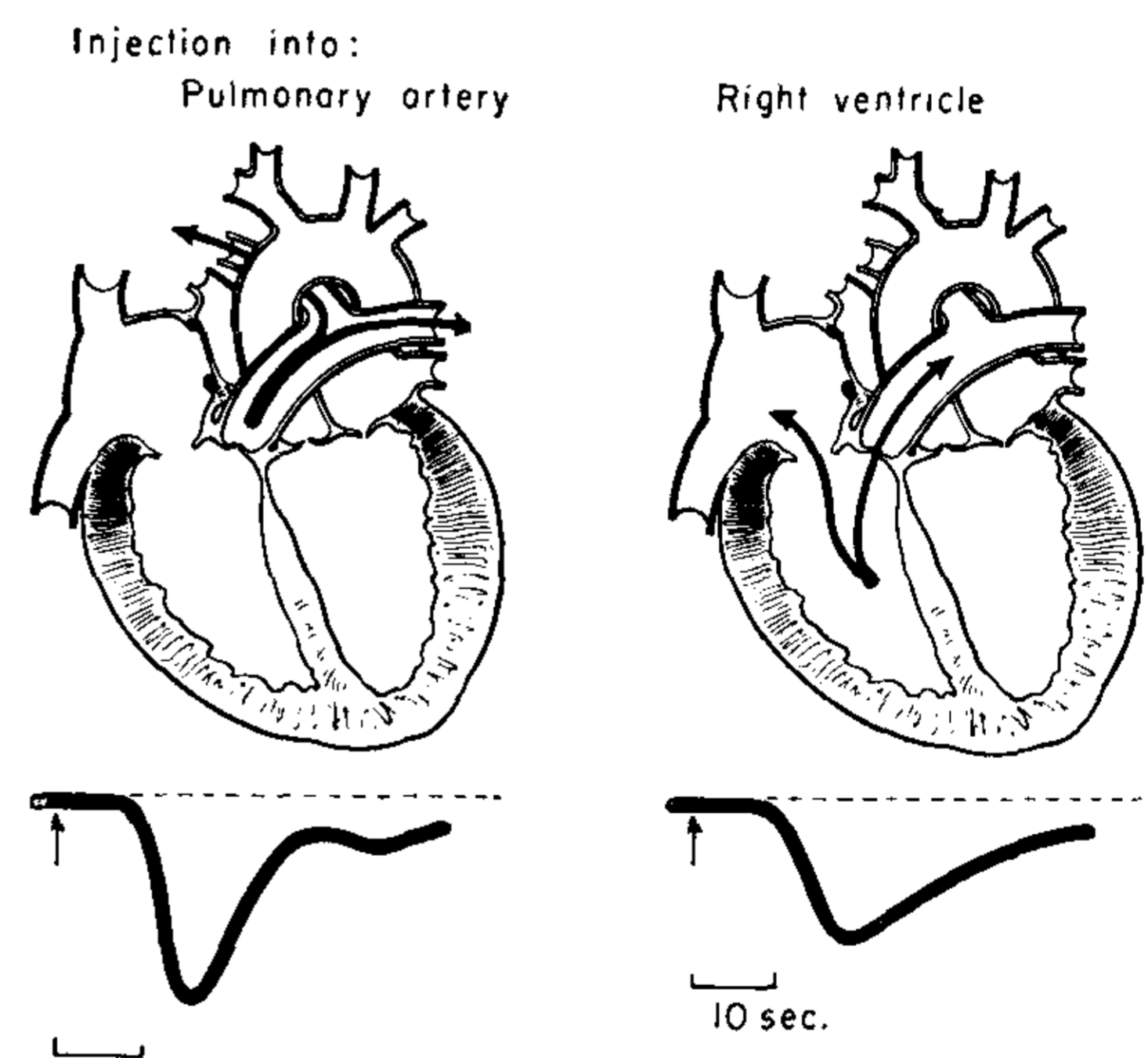


FIG. 24.—Localización de reflujo a través de la válvula tricúspide. En la parte izquierda de la figura se muestra una curva normal después de inyectar el colorante en la arteria pulmonar, de lo que se desprende que las válvulas mitral y aórtica son normales. En la figura de la derecha, la inyección se efectuó en ventrículo derecho y el registro en una arteria sistémica. Las anomalías del trazado se deben al reflujo tricúspide, localización que surge de la comparación de estos dos trazados.



inyectando en la cámara inmediata siguiente a la de la válvula insuficiente, es decir, entre las válvulas competente e incompetente.

En la figura 24 se ilustra en forma de diagrama una insuficiencia valvular tricúspidea. La forma del registro periférico (izquierda abajo) después de la inyección en la arteria pulmonar competente, es normal. La curva registrada después de la inyección en el ventrículo derecho (derecho abajo) muestra las anomalías del reflujo valvular. Entre las dos curvas se ha podido localizar el defecto.

En la figura se 25 muestran las ventajas

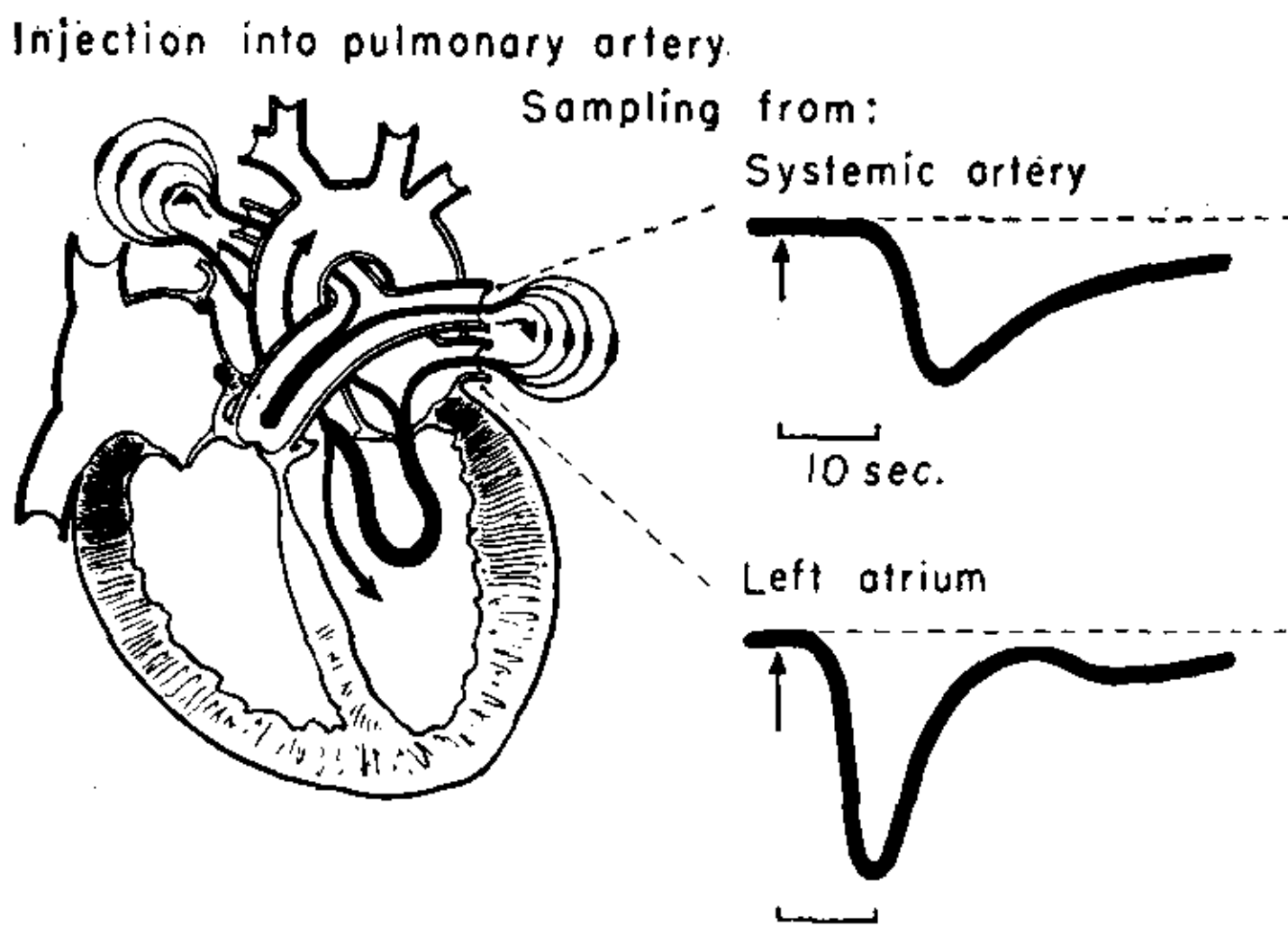


FIG. 25. — Localización del reflujo aórtico usando curvas de dilución registradas simultáneamente en dos lugares, uno proximal (aurícula izquierda) y otro distal (radial), durante el cateterismo combinado de ambos lados izquierdo y derecho del corazón. Siguiendo la inyección del colorante en arteria pulmonar se registra una curva normal de aurícula izquierda (curva inferior) lo que indica que son normales las válvulas mitral y pulmonar. La curva anormal (parte alta), registrada en la radial indica el reflujo aórtico (la presencia de cortocircuito de izquierda a derecha ya había sido excluida por cateterismo cardíaco).

de recoger las muestras en dos lugares. Allí se representa la localización de una insuficiencia aórtica por medio del cateterismo combinado de ambos lados de la circulación. El colorante ha sido inyectado en la arteria pulmonar y las curvas de dilución registradas simultáneamente en la aurícula izquierda y en la arteria radial. Como la curva registrada en la aurícula izquierda es normal, puede deducirse que las válvulas tricúspide y pulmonar son normales.

En cambio, la curva registrada en la radial muestra las anomalías propias del reflujo debido a que a causa de éste, el total del colorante permanece más tiempo que el normal en el ventrículo izquierdo. Con esto, la localización aórtica es indudable.

*Identificación de conexiones anómalas entre las venas pulmonares y sistémicas.* — A veces es difícil afirmar sólo por el examen radiológico, si un catéter que está en una vena pulmonar lo hizo desde el lado derecho, o desde el izquierdo a través de una comunicación interauricular. Cuando el catéter entra en tales venas por encima de la ligera prominencia lateral de la aurícula derecha, es probable que sig-

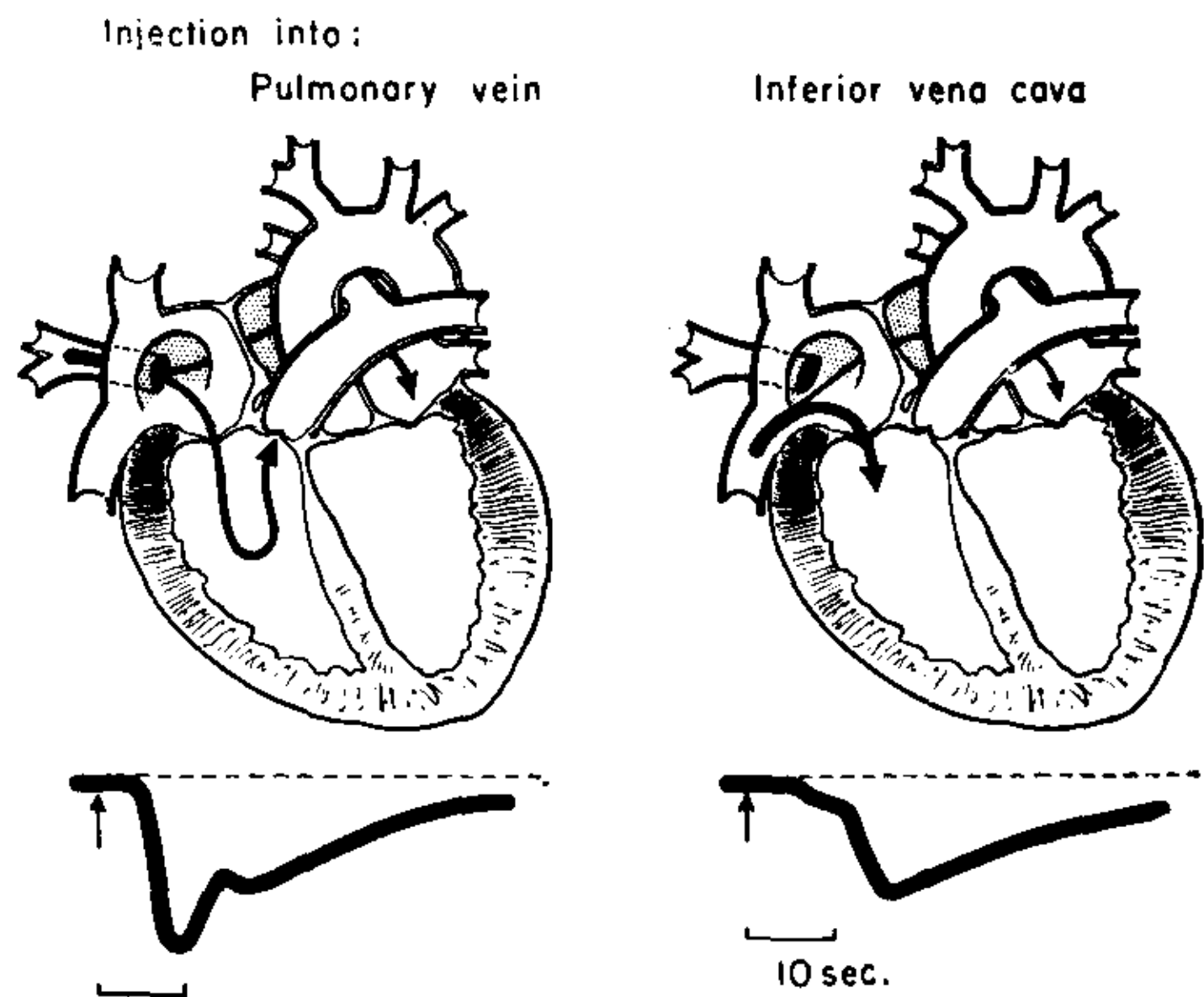


FIG. 26. — El corazón y la circulación en la comunicación interauricular. Como las venas pulmonares derechas pasan por detrás de la aurícula derecha y desembocan normalmente en aurícula izquierda, la vía circulatoria de las venas pulmonares (parte izquierda de la figura) es fundamentalmente diferente de la de la cava inferior (parte derecha de la figura) y la inyección en ambos sitios muestra curvas diferentes. A la izquierda, una parte considerable del colorante llega rápidamente a ventrículo izquierdo dando lugar a una deflexión inicial importante. El resto del colorante se cortocircuita de izquierda a derecha y entrando en ventrículo derecho y arteria pulmonar produce una distorsión de la fase de desaparición de la curva. A la derecha de la figura, sólo una pequeña parte de la mezcla sangre-colorante pasa a través de la C.I.A., y el resto circula y recircula por el pulmón. La curva resultante se caracteriza por una pequeña deflexión inicial y una gran onda que alarga la fase de desaparición, esta última por la recirculación pulmonar. Estas dos curvas también demuestran que no hay desembocaduras venosas anómalas.

nifique un drenaje de los lóbulos superior y medio derechos y por lo tanto sea necesario una comunicación interauricular alta<sup>33</sup>. Cuando el catéter entra en la parte media o baja de la aurícula derecha antes de pasar a las venas pulmonares puede haber pasado primero a través de un comunicación interauricular. La demostración de si estas venas pulmonares son anómalas o no, puede ser hecha en un cateterismo solamente con la radiología<sup>29</sup>.

A veces, sin embargo, las variantes de estas anomalías (venas pulmonares anómalas y comunicación interauricular) sólo pueden diagnosticarse con curvas de dilución.<sup>34</sup> Las bases para ello se muestran en la figura 26 donde hay una vena pulmonar derecha terminando en la aurícula derecha y una comunicación interauricular en la región de la fosa oval. Cuando el catéter ha avanzado por la vena pulmonar se inyecta el colorante por la sonda y se registra curva de dilución. Luego se colocó el catéter en la vena cava inferior y se efectuó una segunda inyección del indicador. Las curvas de dilución fueron diferentes entre sí.

Cuando hay una conexión venosa anó-

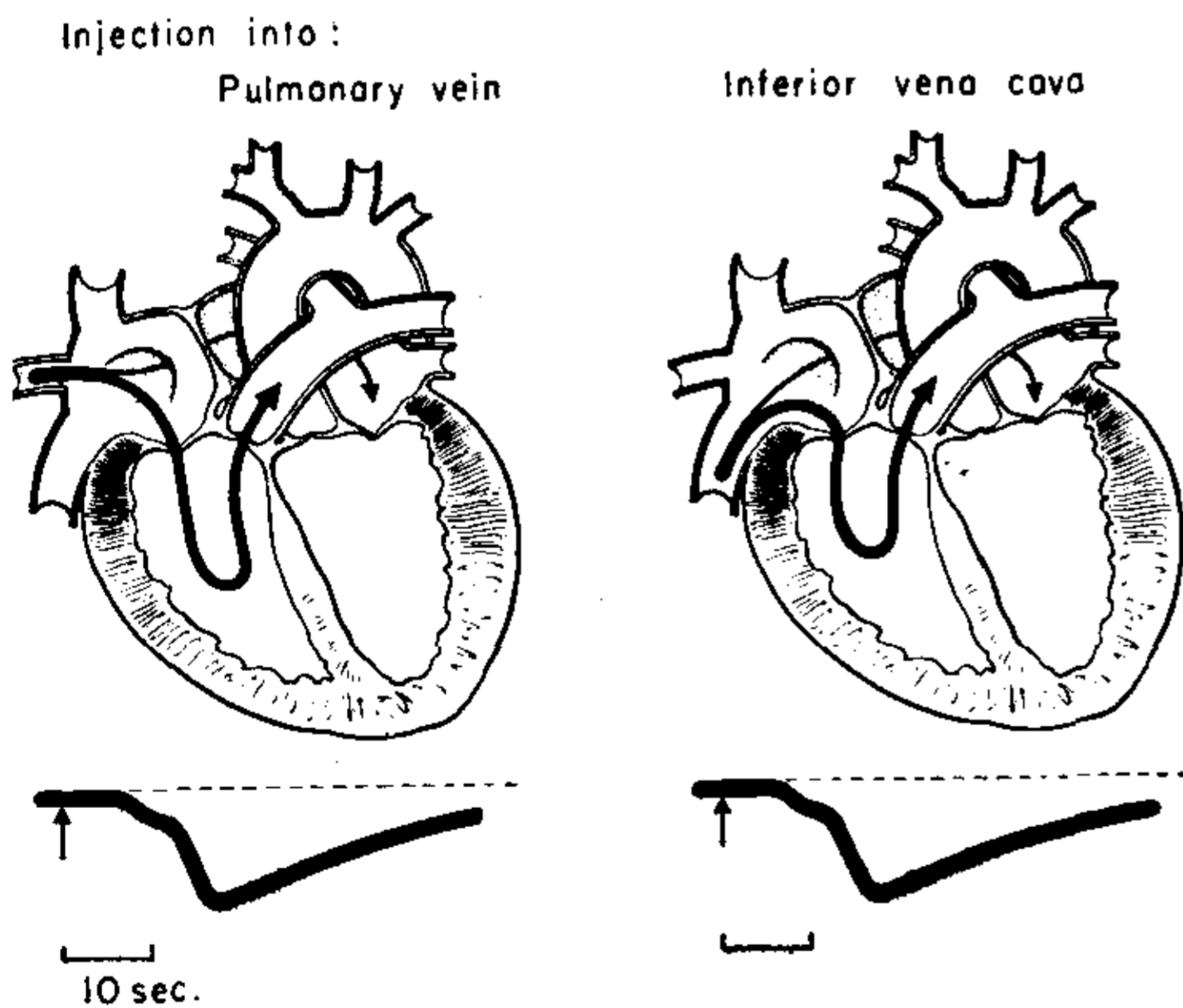


FIG. 27.—El corazón y la circulación en un caso de comunicación interauricular con retorno venoso pulmonar anómalo en aurícula derecha. Las curvas por inyección en vena cava y vena pulmonar son idénticas, debido a que el contenido de ambas se mezcla libremente en aurícula derecha. La pequeña deflección inicial se debe a un pequeño cortocircuito de derecha a izquierda a través del defecto interauricular y la prolongación de la fase de desaparición al gran cortocircuito de izquierda a derecha con recirculación pulmonar.

mala entre las pulmonares y la aurícula derecha (fig. 27) las curvas inyectando en vena sistémica y vena pulmonar son normales. En la práctica la curva de dilución obtenida después de la inyección del colorante en la vena pulmonar se compara con curvas obtenidas después de inyectar el colorante en cualquiera de las dos cavas, puesto que el defecto interauricular tiende a comunicar ambos sectores y a hacerlos diferir de otros registros<sup>35</sup>.

Por lo tanto, para identificar con certeza una desembocadura venosa anómala hay que obtener una curva idéntica o casi idéntica inyectando el colorante en ambos sistemas venosos (pulmón o sistémico). Si las curvas pulmonares difieren francamente de las de venas cavas, es muy probable que esa vena esté conectada normalmente con la aurícula izquierda y que se ha entrado a ella a través de una comunicación interauricular.

Usando esta técnica sobre estas bases ha sido posible diferenciar los casos de interauricular con venas pulmonares anómalas, y de interauricular con venas pulmonares normales. Ocasionalmente puede fallar este aserto en casos de gran comunicación interauricular con ausencia del septum posterior en que la curva parece ser de la de venas anómalas y sin embargo pueden estar normalmente conectadas a A. izquierda.

En aquellos casos en que el catéter no entró a la vena pulmonar, pueden compararse las curvas de dilución obtenidas después de inyección de colorante en las ramas izquierda y derecha de la arteria pulmonar, con las que se puede demostrar que el pulmón derecho total o parcial tiene desembocadura venosa anómala<sup>35</sup>. Este diagnóstico es bastante certero.

Las curvas de dilución sirven y han sido usadas, para identificar malformaciones de venas sistémicas desembocando en aurícula izquierda. En el ejemplo de la figura 28 las venas del brazo izquierdo desembocan en la aurícula izquierda y las del brazo derecho en la aurícula derecha. Esto fue demostrable a través de la notable diferencia entre ambas curvas de dilución obtenidas en una arteria, después de

inyecciones en cada brazo. Ambas curvas aparecen pronto. La marca "I" significa el cortocircuito venoarterial, mientras que la "II" significa lo que llega luego de pasar por el pulmón. Estas curvas demuestran que la sangre del brazo derecho pasa normalmente a la cava superior donde una pequeña porción (marcada con "I") cortocircuita hacia la izquierda a través de un defecto interauricular. Por el contrario, la sangre proveniente del brazo izquierdo sigue un camino anatómico muy diferente. Al llegar directamente a la aurícula izquierda, una gran parte de este flujo sigue al ventrículo izquierdo, y una parte menor cortocircuita hacia la aurícula derecha. Una curva similar se obtuvo en el mismo paciente después de inyectar colorante en una vena pulmonar derecha que desembocaba en esta vena cava izquierda anómala conectada a su vez con la aurícula izquierda.

*Identificación de los grandes vasos centrales.* — Puede suceder que en el curso de un cateterismo cardíaco en casos de defectos congénitos muy complejos, la sonda penetre en un vaso central difícil de identificar como aorta o pulmonares a

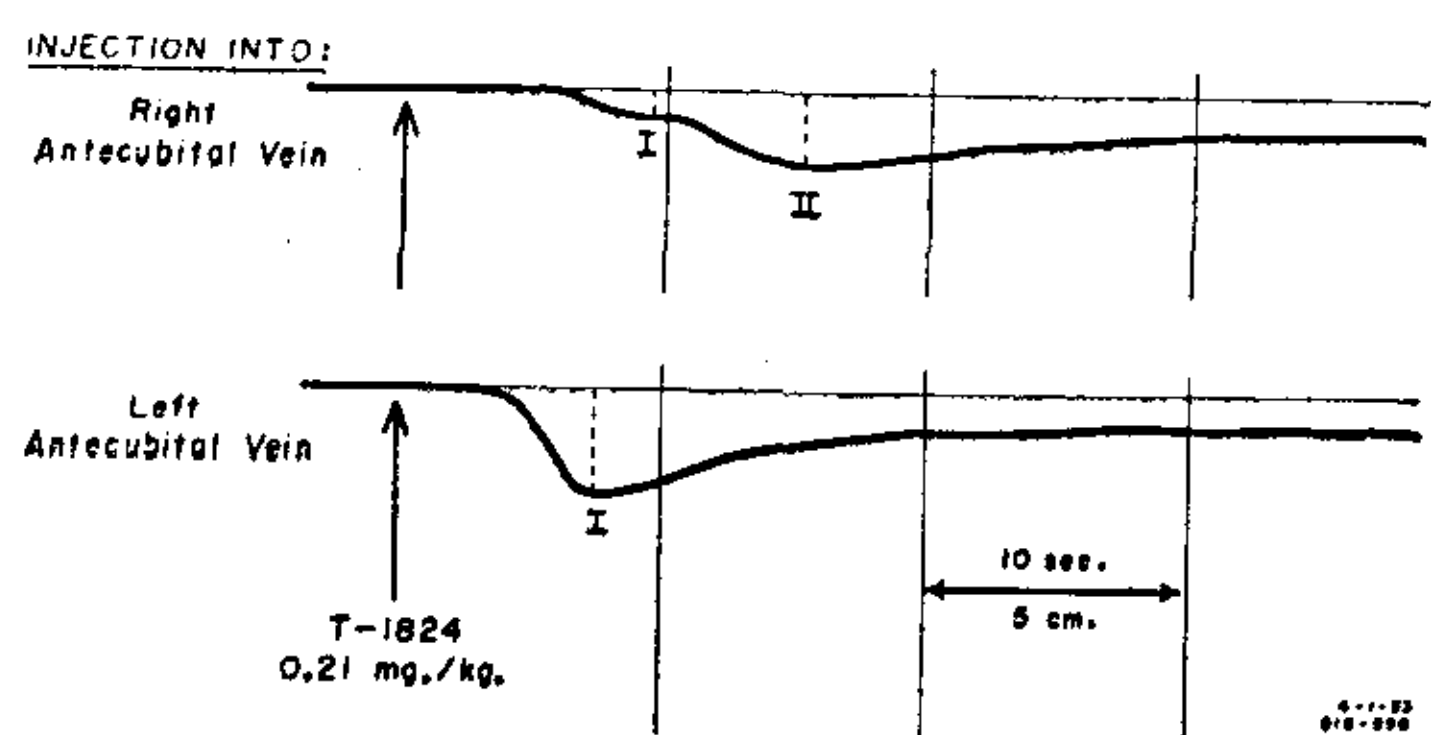


FIG. 28. — Curva de dilución registrada en una arteria sistémica después de inyectar T-1824 (flecha vertical) en la vena del codo derecho (curva superior) y en la vena del codo izquierdo (curva inferior) en un muchacho de 17 años con un defecto complejo, consistente en: venas pulmonares derechas y vena subclavia izquierda desembocando en una vena cava superior izquierda que a su vez desemboca en la aurícula izquierda. Las curvas muestran una enorme diferencia con ambas inyecciones, debido a que la sangre del brazo izquierdo va a parar a la aurícula izquierda por el camino anómalo. La reflexión inicial marcada como "I" es debida a la sangre que llega a la aorta y sus ramas sin pasar por pulmón. En cambio la deflexión II está dada por la que recorre este último cortocircuito (ver el texto).

causa de que tanto la presión como la saturación de oxígeno difieren fundamentalmente de las registradas en una arteria periférica.

Una manera de identificar al catéter consiste en hacerlo avanzar hasta que la punta salga de la silueta cardíaca y aún del tórax. Como esto no es siempre posible debido a que puede tratarse de transposición completa de los grandes vasos, puede recurrirse al método de dilución. La curva obtenida después de la inyección con el catéter en tal posición demostrará la vía seguida por la corriente sanguínea, con lo que el diagnóstico se aclarará acerca de si está en la aorta, en la pulmonar, o en un tronco único.

En la figura 29 se ilustra el caso de una transposición de grandes vasos con un ventrículo único y su identificación con la técnica de dilución. A la izquierda con la inyección introaórtica se ve la aparición precoz y la deflexión profunda caracterís-

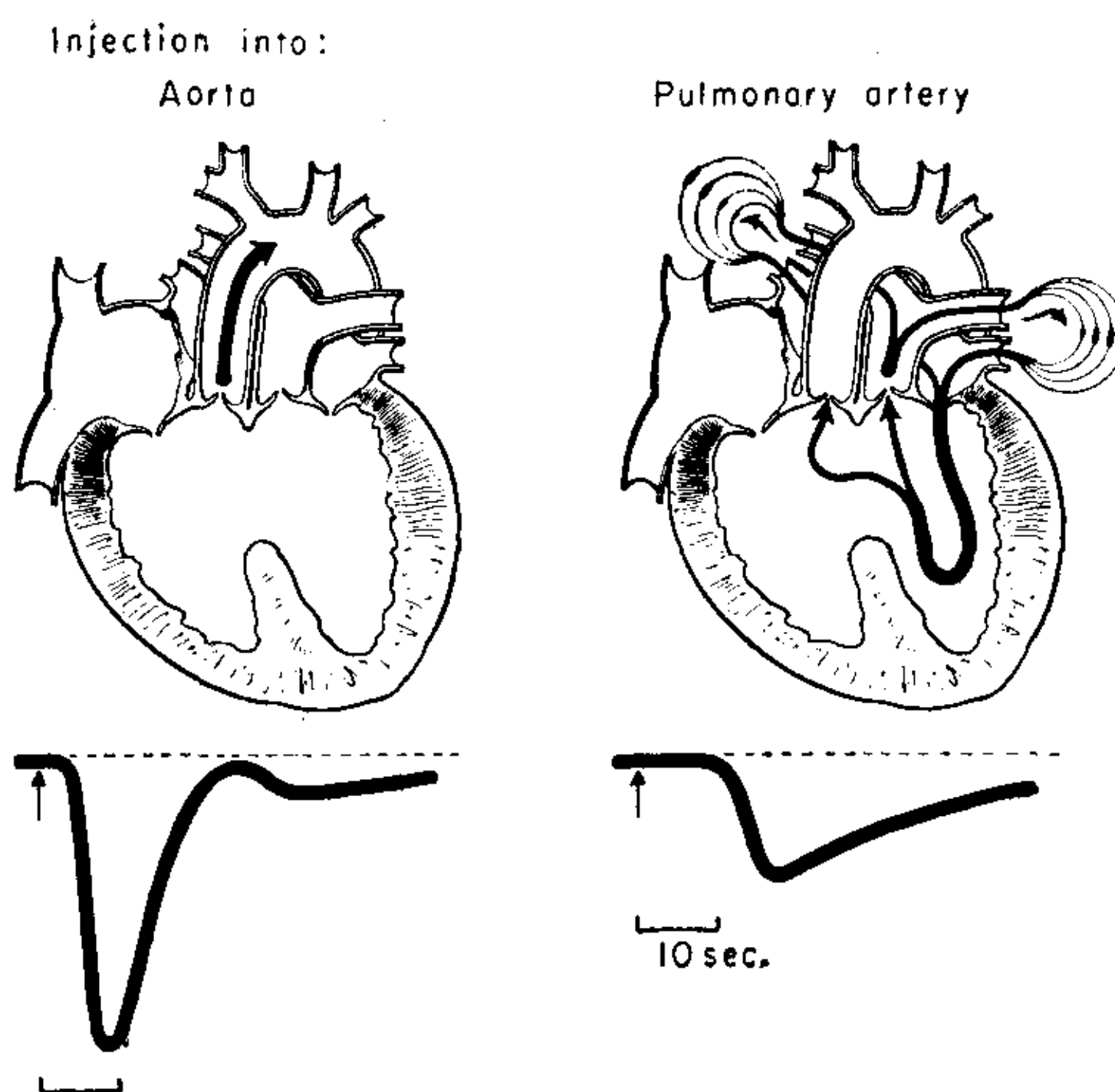


FIG. 29. — El corazón y los grandes vasos en un caso de transposición con ventrículo único. La aorta nace en el lugar que normalmente le corresponde a la pulmonar y si no hay un defecto interauricular o interventricular, sería necesaria una comunicación aorto pulmonar para sobrevivir ya que sólo a través de ellos puede la sangre venosa llegar hasta el pulmón y la sangre pulmonar a la aorta. El diagrama de la izquierda muestra la curva obtenida inyectando el colorante en la aorta, distal del defecto. El de la derecha, con inyección en la arteria pulmonar muestra la recirculación pulmonar por el cortocircuito (ver el texto y la figura 30 para ampliar la interpretación).

ticas, mientras que a la derecha con la inyección en el ventrículo la curva es menos profunda y más prolongada y permite identificar el segundo vaso como la pulmonar. Si la curva es notablemente prolongada cuando el colorante se ha inyectado en la arteria pulmonar, ello indica un alto grado de recirculación pulmonar, esto es, un cortocircuito de izquierda a derecha. En cambio, si la declinación es normal, inyectando el colorante en la aorta ello demuestra la ausencia de dicho cortocircuito en cualquier zona vital a la válvula aórtica y excluye, por consiguiente, toda comunicación aortopulmonar.

Durante un cateterismo de un hombre de 27 años (fig. 30) que se sospechaba

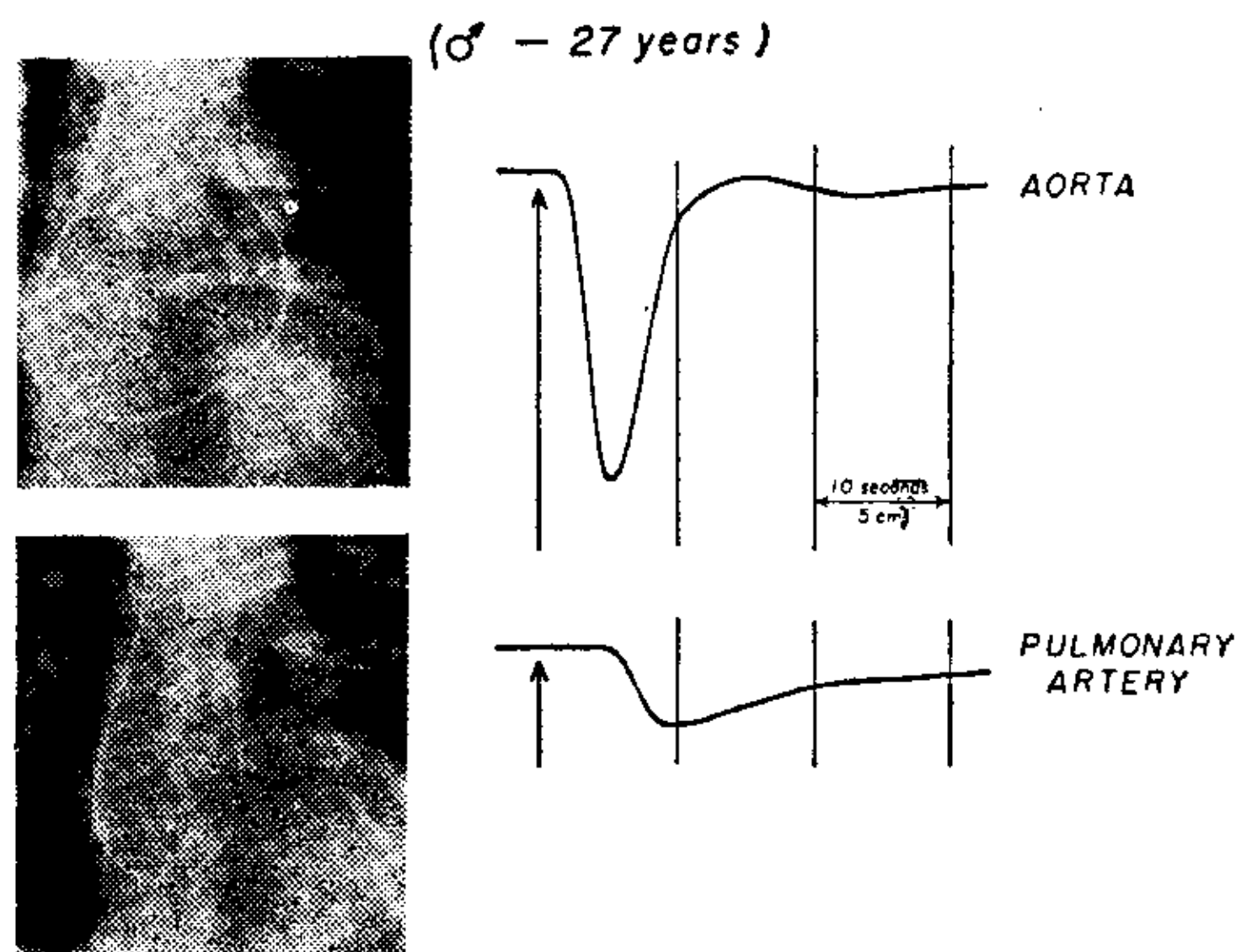


FIG. 30. — *Transposición de grandes vasos y ventrículo único. Las curvas de dilución se han obtenido inyectando el indicador a través de un catéter cuya posición se indica en las radiografías adjuntas. La de arriba muestra al catéter ubicado en la posición después de inyectar en este punto, demuestra que este vaso es la aorta. La placa de abajo muestra al catéter en posición "aórtica", pero a causa de una aparición tardía y el borrado prolongado de la curva, y deflexiones pequeñas —lo que evidencia recirculación a través del pulmón— debe hacerse el diagnóstico de arteria pulmonar.*

tenía una comunicación interventricular, el catéter ocupó una posición que parecía la típica de la arteria pulmonar, pero la curva de la dilución obtenida inyectando colorante a través del catéter (fig. 30 arriba) identificó a este vaso como la aorta por sus caracteres de profundidad y aparición precoz. En otra posición (fig. 30 abajo) el catéter parecía estar en la aorta,

pero otra inyección en este lugar mostró que la curva demoraba en su aparición y que la deflexión era pequeña con evidencia de recirculación pulmonar, por lo que se trataba de una arteria pulmonar transpuesta. En este caso, la saturación de  $O_2$  en la arteria pulmonar era bastante similar a la de la aorta, por lo cual este método no fue útil para la identificación. El diagnóstico de transposición de los grandes vasos con recirculación pulmonar por defecto interauricular o interventricular estuvo basado en el análisis de las radiografías y de las curvas de dilución de la figura 30. En cambio la localización del cortocircuito a nivel del ventrículo no puede hacerse en base a estas curvas de dilución.

Otras condiciones congénitas en las que la naturaleza del vaso central no puede hacerse, por los habituales medios de medir la presión y la saturación son los siguientes: atresia tricuspídea, ventrículo único, tronco arterioso único, transposición de los grandes vasos con comunicación interauricular o interventricular, transposición corregida con defecto interventricular y drenaje venoso anómalo total con hipertensión pulmonar.

*Demostración de la vía de eyección del ventrículo derecho.* — Durante el sondeo cardíaco en pacientes con cuadros en los que la naturaleza del vaso central es incierta, el catéter puede avanzar con facilidad desde el ventrículo derecho hacia la aorta, a través de una comunicación interventricular. Por otra parte, como las tentativas para avanzar por la pulmonar pueden ser infructuosas, resulta que la existencia de esta vía no es demostrable por este método. En tal caso las curvas de dilución son de gran utilidad para indicar si el ventrículo derecho vierte o no parte de sangre en el pulmón.

En casos de atresia pulmonar la sangre llega a los pulmones por medio del circuito sistémico a través de un conducto arterioso persistente o una hipertrofia del sistema brónquico (figura 31). Así toda la sangre que sale del ventrículo derecho pasa a la aorta y se mezcla con la vertida por el ventrículo izquierdo. Posteriormente

te por el ductus una porción de ella pasa al pulmón. Las curvas de dilución inyectando en ventrículo derecho y en aorta son idénticas demostrando la vía única.

En la tetralogía de Fallot (figura 32) existe una vía directa entre el ventrículo derecho y la arteria pulmonar. Existen por lo tanto dos vías de salida desde el V. D.,

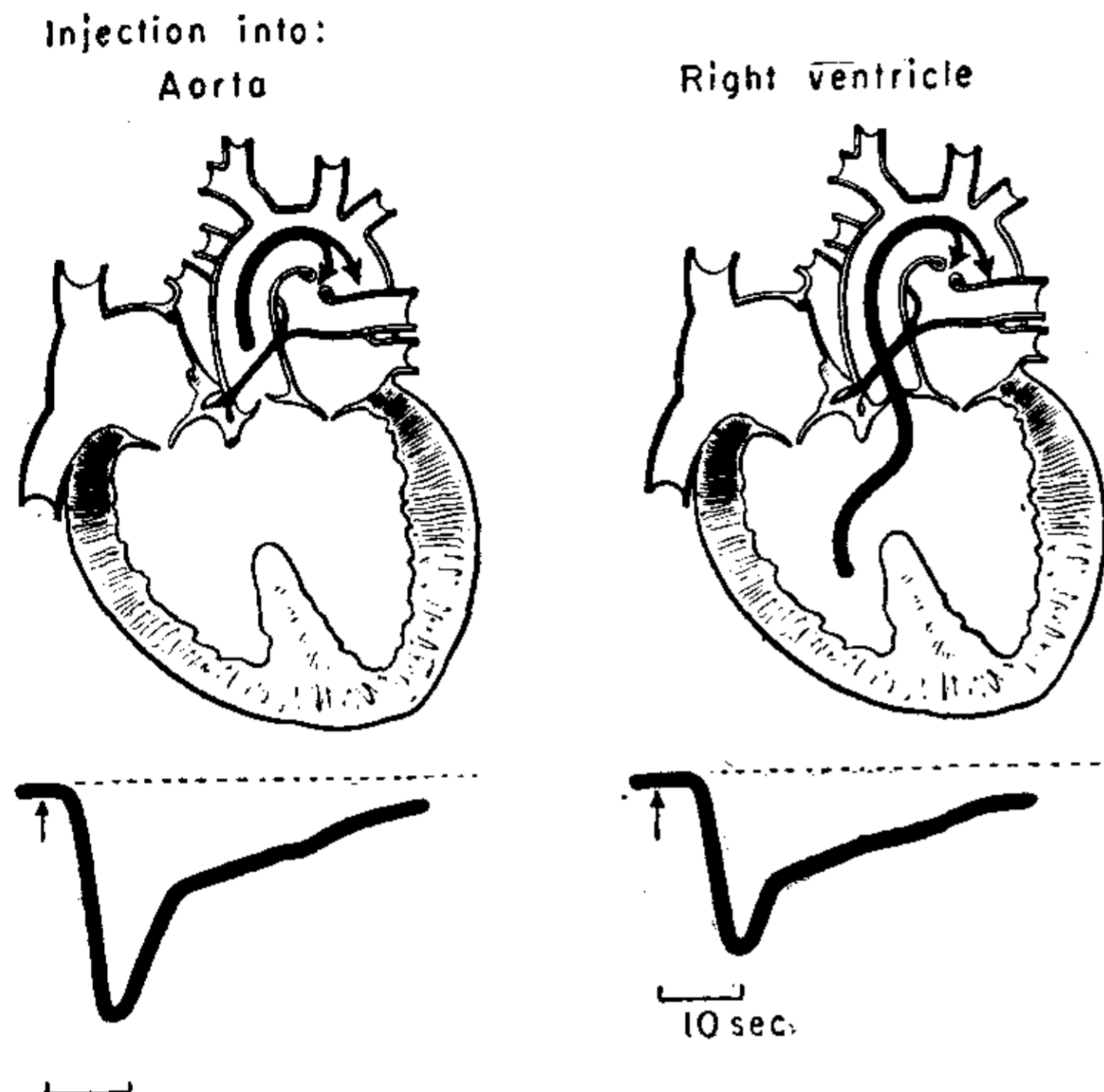


FIG. 31.— La circulación en los casos de atresia pulmonar con comunicación interventricular y persistencia del conducto arterioso. La ausencia de una vía directa entre ventrículo derecho y arteria pulmonar está demostrada por la similitud de las curvas obtenidas inyectando en ventrículo derecho y en aorta.

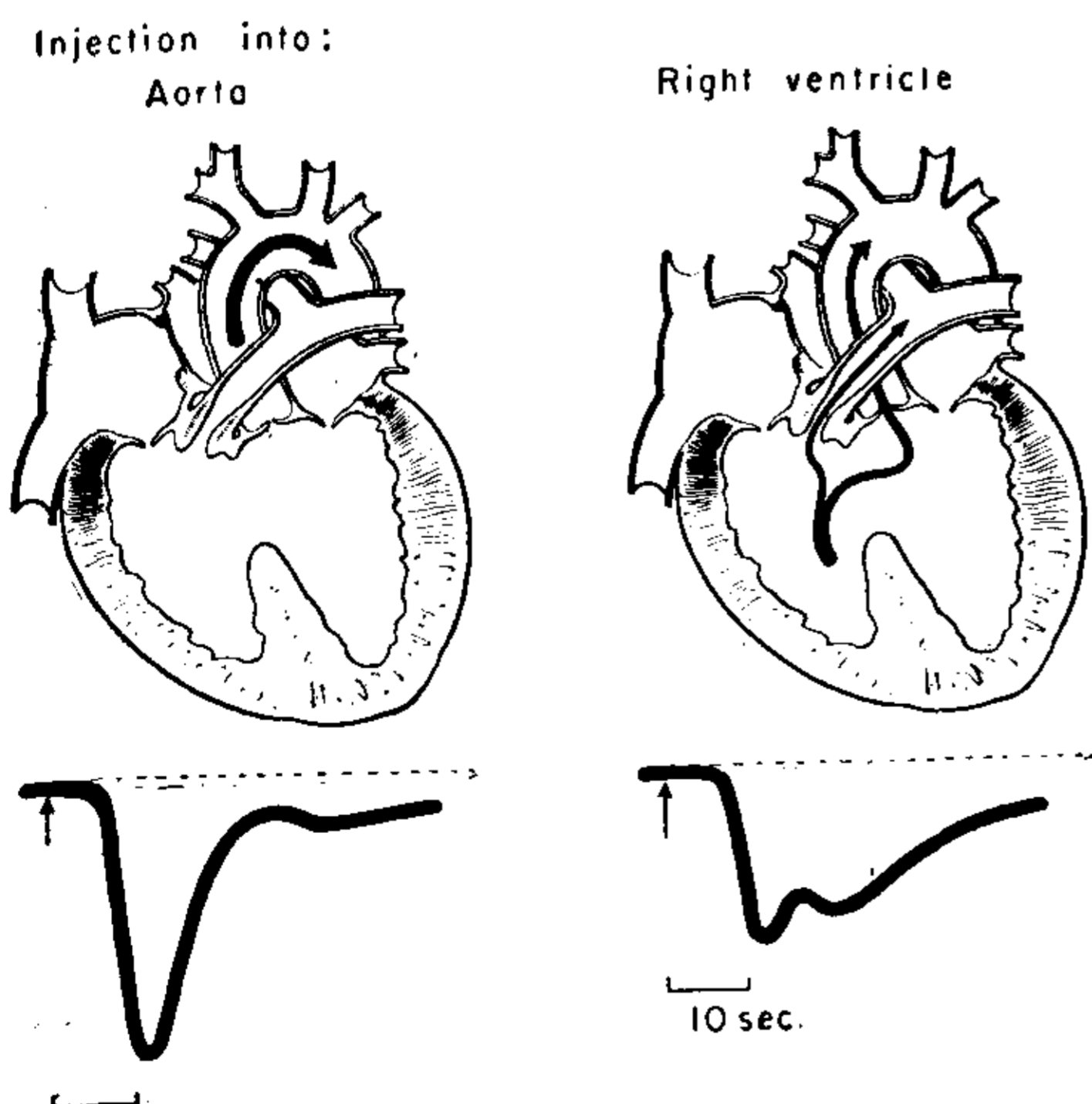


FIG. 32.— Tetralogía de Fallot. La demostración de la existencia de una comunicación entre ventrículo derecho y arteria pulmonar se hace inyectando el colorante en ventrículo derecho y en aorta, y obteniendo estas curvas completamente diferentes.

una por la pulmonar y otra por la aorta. La curva que se obtiene inyectando el indicador en la aorta (fig. 32 izquierda) tiene aparición precoz y una deflexión única profunda, característica de este lugar. Por el contrario la inyección en V.D. (fig. 32 derecha) tiene dos picos de concentración, el primero por la sangre cortocircuitada hacia la aorta simultáneo con la deflexión anterior tipo aórtico, y un segundo, tardío, cuando el colorante llega después de recorrer todo el camino pulmonar normal. Esta diferencia entre las curvas desde aorta y ventrículo derecho demuestra la existencia de una vía directa entre este último y la pulmonar, y excluye, por lo tanto, la presencia de atresia pulmonar.

El diagnóstico de atresia tricuspídea y de la estenosis pulmonar severa. — En algunos cateterismos sucede que la punta no pasa a través de la tricúspide y en cambio cruza fácilmente una comunicación interauricular y entra en la aurícula y el ventrículo izquierdo. En tal caso es muy difícil asegurar si hay o no una atresia tricuspídea. Las curvas de dilución habitualmente resuelven este problema, demostrando si existe o no una vía funcional a través de V.D. y arteria pulmonar.

La figura 33 muestra en forma de dia-

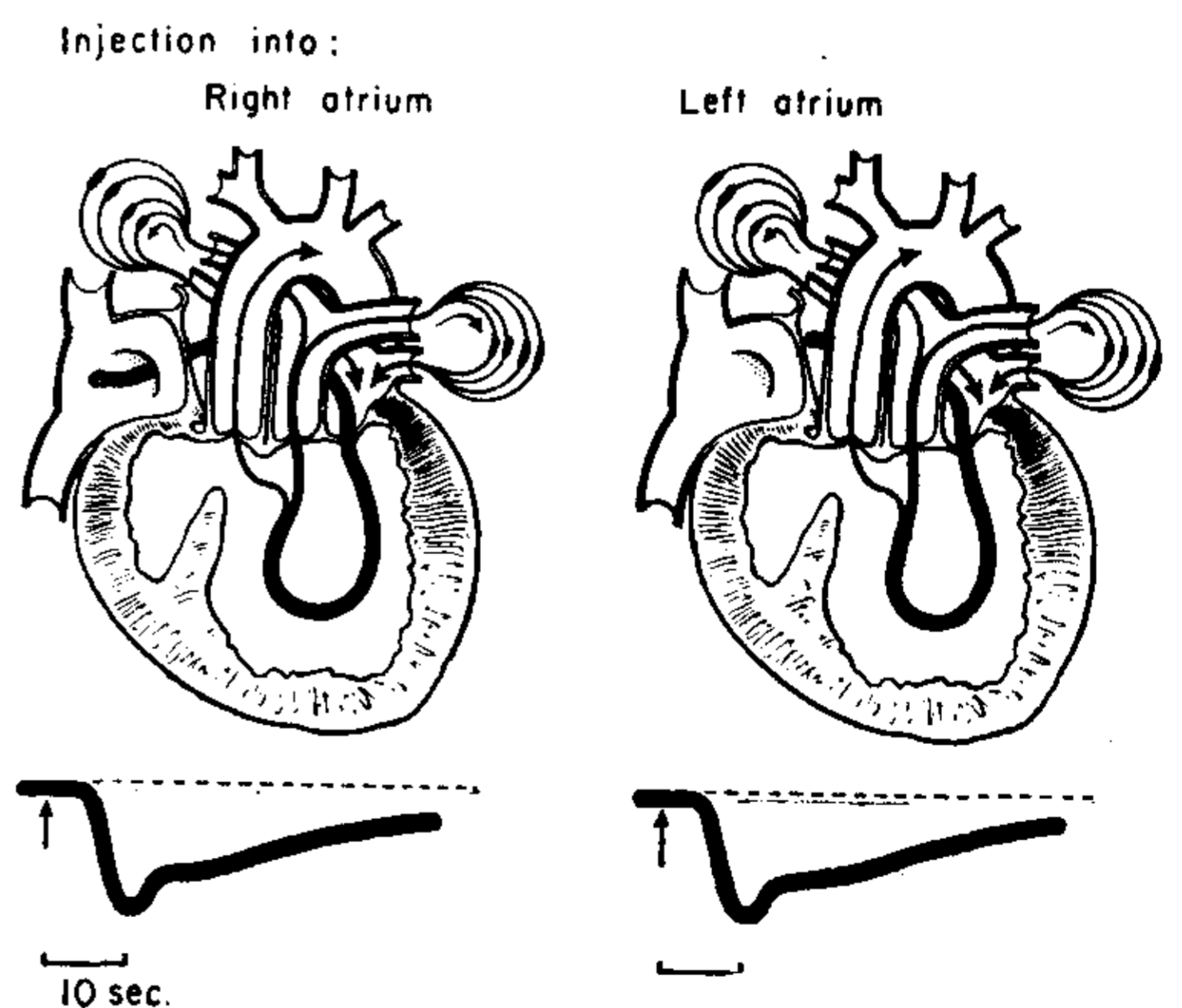


FIG. 33.— Atresia tricuspídea y transposición de los grandes vasos con demostración de la comunicación interauricular de derecha a izquierda. Debajo de los diagramas están las curvas de dilución registradas en una arteria inyectando el colorante en aurícula derecha y aurícula izquierda. Las curvas son similares (detalles en el texto).

grama la vía circulatoria en un enfermo con atresia tricuspídea en el cual el colorante se inyectó en una y otra aurícula. Toda la sangre sale de la A. D. por la comunicación hacia A. I. y entra así en la circulación sistémica. De ahí que las curvas de dilución en ambas inyecciones sean iguales en su forma y en el tiempo de aparición. La similitud de estas curvas es, pues, el hecho que indica que toda la mezcla sangre-colorante sigue caminos idénticos en los dos casos, para llegar a la arteria periférica donde se recogen las muestras. Con lo que se demuestra la falta de comunicación entre A.D. y V.D. y, por lo tanto, la atresia tricuspídea.

En la figura 34 se muestra el caso de

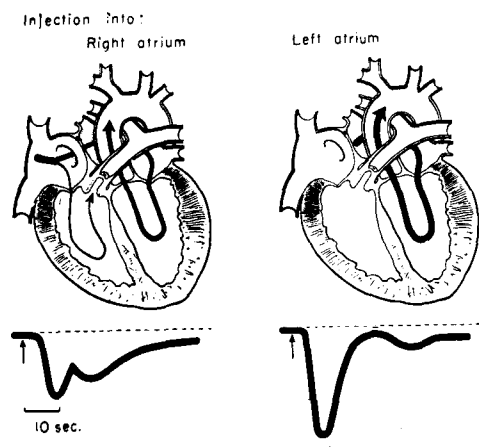


FIG. 34. — Las vías de la circulación en un caso de estenosis pulmonar severa con comunicación interauricular. Las inyecciones del colorante fueron hechas en los mismos sitios que la figura 33. Las diferencias anotadas prueban que la aurícula derecha se vacía en dos sentidos, hacia aurícula izquierda y ventrículo derecho, poniéndose así en evidencia una válvula tricúspide permeable (detalles en el texto).

una severa estenosis pulmonar en comunicación interauricular y cortocircuito de derecha a izquierda. Esta condición puede ser confundida con la atresia tricuspídea si el catéter no pasara a ventrículo derecho. No obstante, inyectando colorante en una y otra aurícula, aparecen curvas diferentes. Dos caminos distintos ha seguido la sangre desde la A.D., uno a través de V.D. hacia los pulmones y otro hacia la aorta por el defecto interauricular y la

curva tiene dos picos de concentración, uno debido a la vía anómala del cortocircuito y otro a la vía normal por los pulmones. Cuando la inyección se efectuó en la A.I., la causa es muy diferente, consistiendo en un pico único muy marcado y coincidente en tiempo con el primero de los picos de la curva anterior.

La aplicación de esta técnica fue ilustrativa en dos enfermos, cuyo diagnóstico clínico fue atresia tricuspídea. En ambos casos el catéter atravesaba repetidas veces la comunicación interauricular, pero no la válvula tricúspide. El primer paciente (figura 35, diagrama) se aclaró al comprobar la marcada diferencia entre las curvas inyectando en la A.D. y en el ventrículo izquierdo. En el segundo paciente (fig. 35 derecha) las dos curvas fueron similares en su forma y tiempo indicando la existencia de un solo camino, lo que confirmó la atresia tricuspídea.

*Uso en clínica quirúrgica.* — Como es posible hacer determinaciones de volumen sanguíneo central y total, tiempo circulatorio, volumen minuto cardíaco y cortocircuitos circulatorios, esta técnica es de gran utilidad para fines anestesiológicos y quirúrgicos. A ello debe agregarse que todas estas determinaciones pueden hacerse aún durante el acto operatorio sin incrementar los riesgos del mismo.

Se han seleccionado tres de las muchas aplicaciones posibles para ilustrar acerca del valor de los indicadores en cirugía. Ellas son: 1º) el estudio de los efectos sobre la circulación de la inducción anestésica y de la profundidad de la anestesia<sup>36-39</sup>; 2º) el estudio de si una corrección quirúrgica ha sido completa o no, comparando distintos procedimientos quirúrgicos<sup>40-41</sup> y 3º) el estudio de los fenómenos hemodinámicos al cerrar una comunicación intercardíaca, que hablará de la eficiencia de procedimientos como la circulación extracorpórea, especialmente cuando se va a establecer criterios para selección de pacientes sometidos a la misma<sup>42</sup>.

Un ejemplo del primer punto, tomado de un estudio de Thompson y colaboradores<sup>39</sup> (figura 36) muestra el efecto de las

ciã del método de dilución para el diagnóstico de los defectos pudo ser obtenida comparando los resultados funcionales con las necropsis practicadas en sujetos muertos en el posoperatorio y cuyas curvas se habían normalizado con la operación<sup>44-45</sup>. En el cuadro 1 se presentan 14 casos de comunicación interventricular en los que el método de la dilución determinó el diagnóstico de cortocircuito y en los que se practicó la inyección después de la corrección. Dichos resultados fueron cotejados con el examen necrópsico, demostrando que en los pacientes en quienes se habían registrado curvas posoperatorias normales, la comunicación interventricular estaba cerrada total o casi totalmente, o la presión de la arteria pulmonar había aumentado tanto como para llegar a un nivel capaz de impedir el cortocircuito de izquierda a derecha (casos 1 y 4). En estos dos pacientes la relación entre las presiones sistólicas de la pulmonar y la aorta posoperatoria fue de 1,0 y 1,3 respectivamente (cuadro 1).

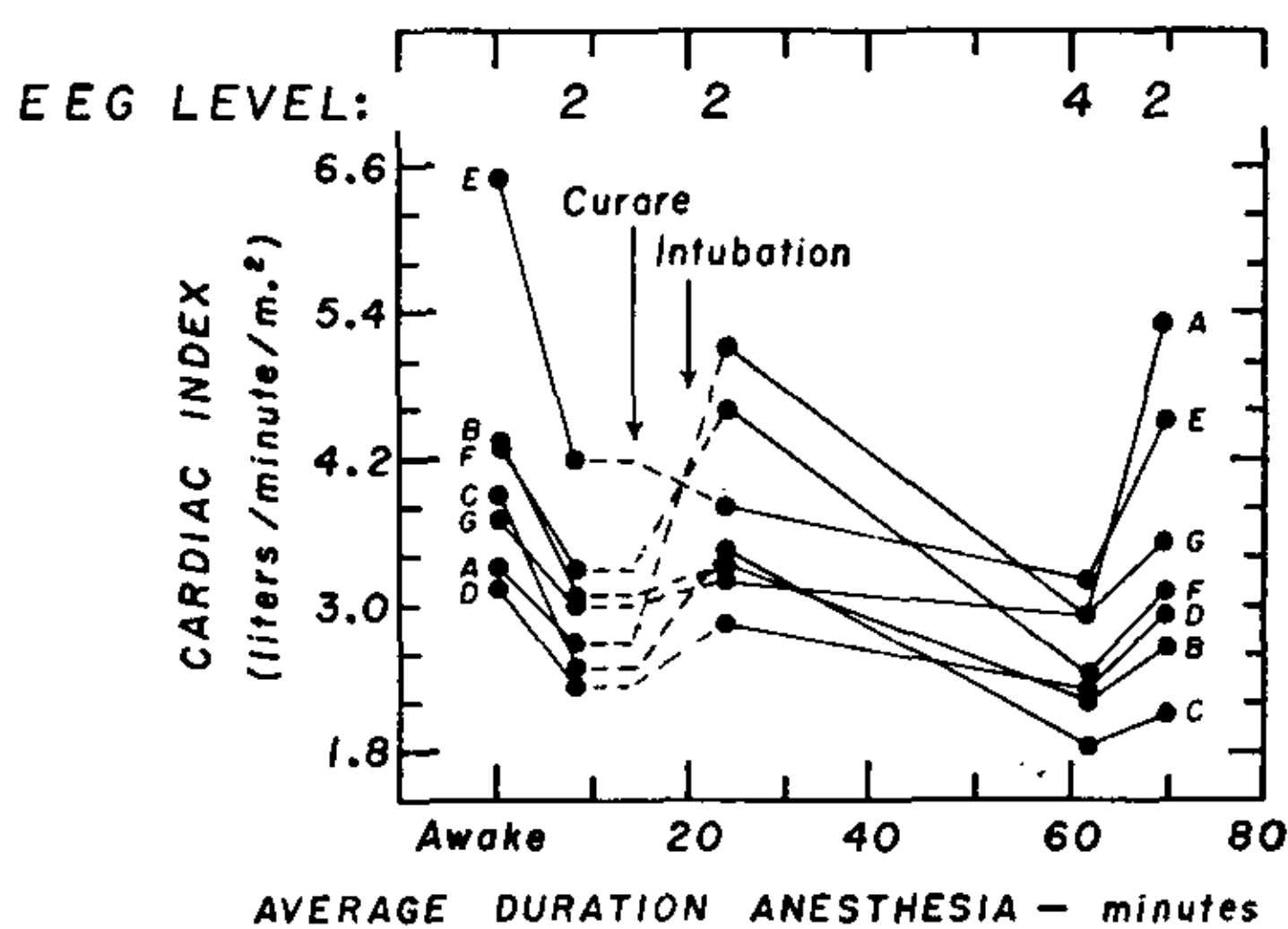


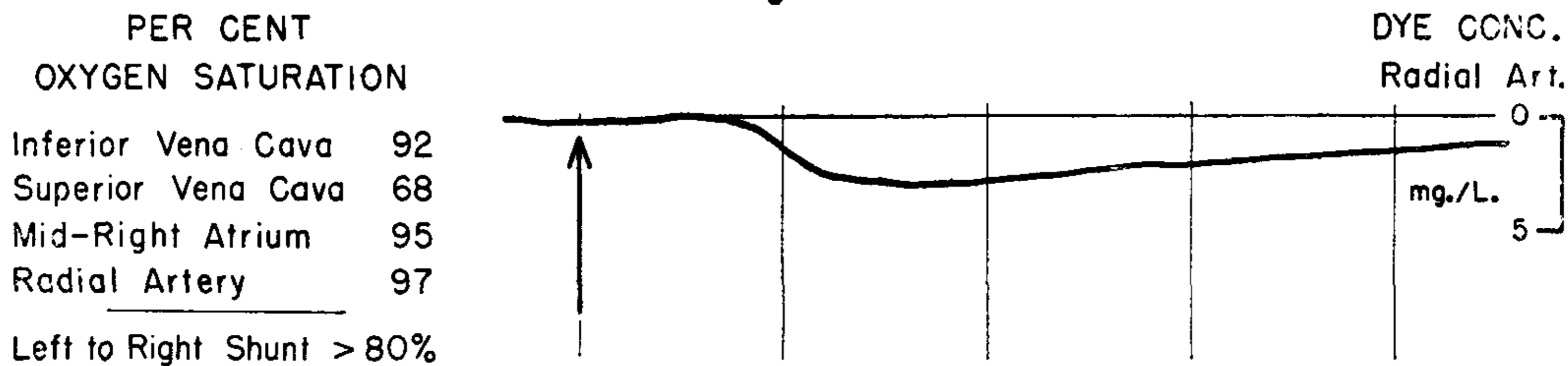
FIG. 36. — Cambios del índice cardíaco determinado por curvas de dilución durante una anestesia con ciclopropano en una colecistectomía. Las letras desde "A" hasta "G" representan casos individuales. Los puntos negros indican el momento de las determinaciones y el nivel anestésico está mencionado arbitrariamente según el estado electroencefalográfico. Los valores de volumen minuto se muestran en cada caso individual. Las líneas de puntos representan el tiempo usado en administrar el curare e intubar al paciente. Mientras las otras condiciones permanezcan constantes, se verá descender el volumen minuto a medida que se aumenta el nivel anestésico. (Reproducido con autorización de "Thompson M.C., Patrick R.T. y Wood E.H.: Effects of Cyclopropane anesthesia on the circulations of human beings. J.A.M.A. 1957. 164,389).

Con respecto a los cortocircuitos de derecha a izquierda las comprobaciones con el colorante son similares a las anteriores (cuadro 2). Los casos con este cortocircuito posoperatorio tenían todos un foramen oval valvulado y una comunicación interventricular con severa hipertensión pulmonar. En tales casos, la corrección del defecto ventricular disminuyó el flujo y la presión en la aurícula izquierda y, por vía del foramen oval, desarrollarse el cortocircuito de derecha a izquierda en sentido inverso a la competencia de la válvula. Una disminución similar de la presión en la aurícula izquierda se ha encontrado después de la oclusión de un conducto arterioso persistente.

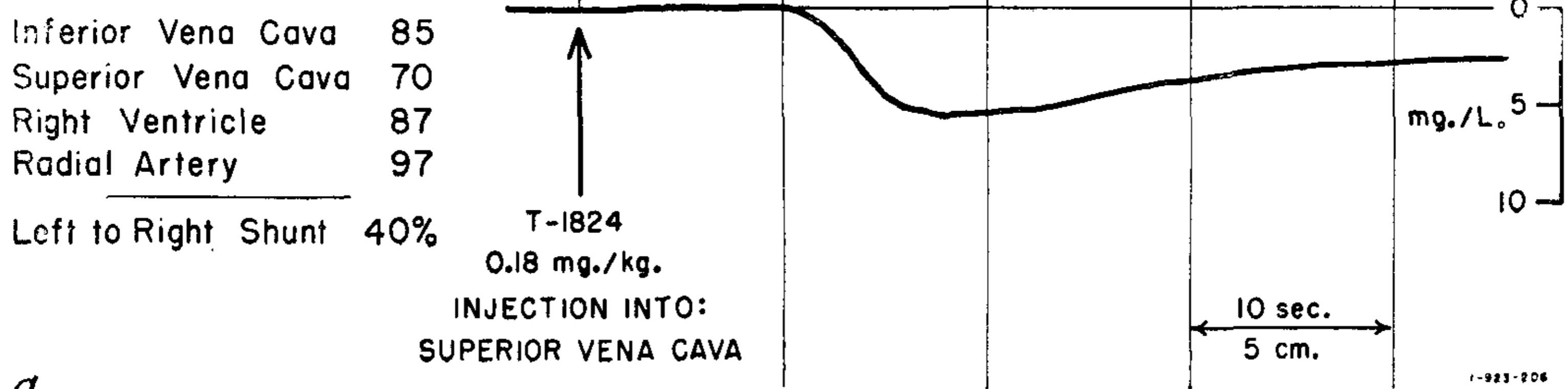
En la figura 38 se muestra también cómo el método es útil cuando se combina con registros de presión, para comprobar los efectos hemodinámicos del cierre de los defectos y también para seleccionar pacientes que serán tratados con el equipo corazón-pulmón. En ambos casos de la figura 38 que tenían defectos del septum interventricular, se obtuvieron curvas de dilución y presiones aórticas y pulmonar, mostrando que la relación entre estas últimas fue de alrededor de 1, lo cual configura una severa hipertensión pulmonar. En el primer caso (figura 38a lado izquierdo) habrá un gran cortocircuito de derecha a izquierda, como lo muestra la curva de dilución. El flujo sistémico, por lo tanto, superaba al pulmonar y la resistencia pulmonar vascular era muy elevada. Después de la operación persistió un pequeño cortocircuito de derecha a izquierda (cuadro 1 y 2, caso 4) que sólo se evidenciaba con las curvas de dilución (fig. 38a derecha). En tal momento posoperatorio, ha aumentado el flujo pulmonar; la presión pulmonar será mayor y la presión aórtica algo menor, de tal modo que la relación entre ambas aumenta. Si bien mejora la oxigenación arterial debido al menor cortocircuito venoarterial, estas variaciones de presión impedirán esperar mejorías hemodinámicas y el pronóstico de sobrevivencia ha probado ser bastante malo.

En el segundo caso (fig. 38b izquier-

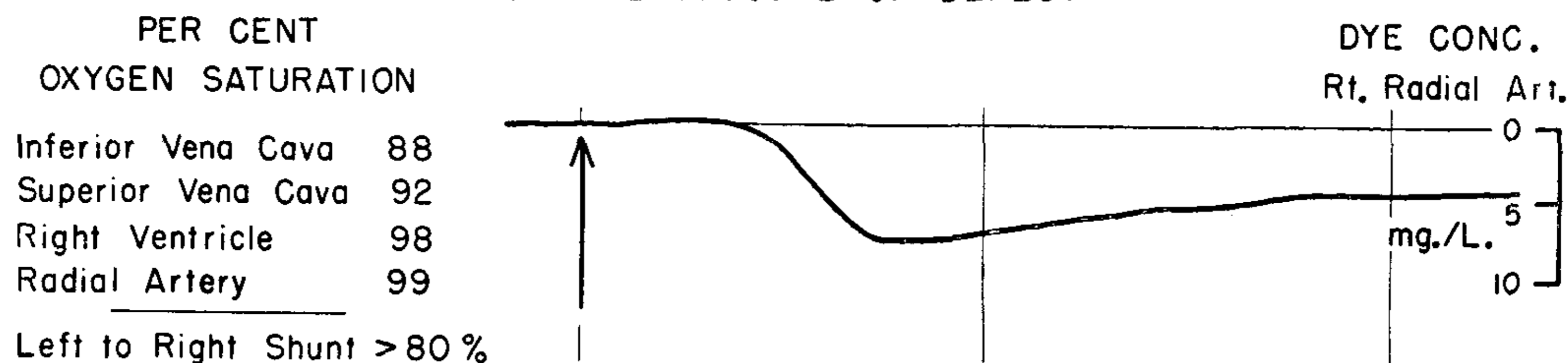
CATHETERIZATION - 2 1/2 MONTHS PREOPERATIVE



CATHETERIZATION - 7 MONTHS POSTOPERATIVE



BEFORE CLOSURE OF DEFECT



AFTER CLOSURE OF DEFECT

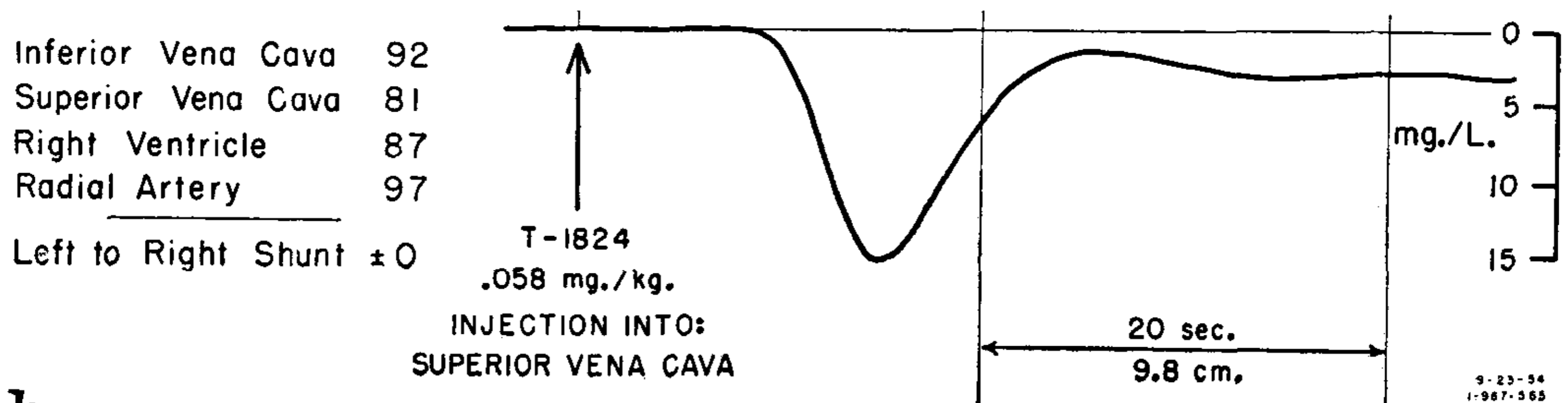


FIG. 37. — Demostración del cierre completo de un defecto interauricular por medio de las curvas de dilución. Registro en arteria radial e inyección de T. 1824 en vena cava superior usando un catéter. Parte superior: preoperatorio; parte inferior: posoperatorio. Algunos datos de oximetría del ventrículo derecho y ambas cavas están consignados a la izquierda.

a) Cierre incompleto en una mujer de 27 años. Las curvas pre y posoperatorias son similares e indican que persiste el cortocircuito de izquierda a derecha, aunque la mayor profundidad de la curva inferior indica a su vez, que dicho cortocircuito ha sido reducido desde un 80% a un 40% del volumen minuto pulmonar, según se aprecia por los datos aportados por la oximetría.

b) Cierre completo en un hombre de 23 años. La curva superior indica un importante cortocircuito calculado por oximetría en un 80%. La curva de dilución posoperatoria es normal demostrando un perfecto cierre de la comunicación. La saturación de O<sub>2</sub> con el catéter en A.D. muestra el cierre completo<sup>40</sup>.



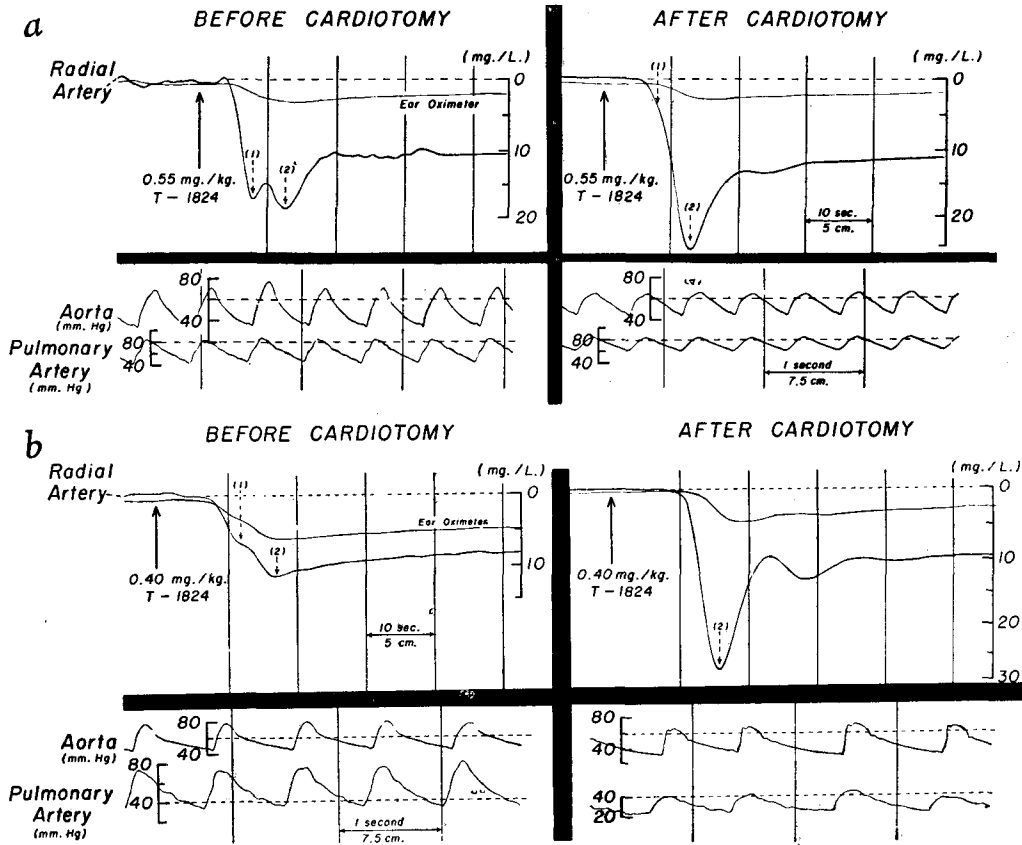


FIG. 38. — El uso de las curvas de dilución y de presiones aórticas y pulmonares para estudiar y pronosticar resultados en el cierre de una comunicación interventricular. Las curvas de dilución se registraron en la arteria radial derecha y en la oreja y la inyección de T-1824 se efectuó en cava superior por medio de catéter. Los trazados son fotografías del original.

a) Respuesta desfavorable. En el preoperatorio hay la curva doble que indica cortocircuito de derecha a izquierda, y la relación entre presiones pulmonares y aórtica es de 1.2 (por hipertensión pulmonar). Estos datos precisan que la hipertensión pulmonar no se debe a aumento de flujo por el pulmón, sino a aumento de las resistencias.

Un cuidadoso examen de la curva muestra cortocircuito de derecha a izquierda, mientras que no hay clara evidencia de cortocircuito de izquierda a derecha. En el posoperatorio se produce un aumento del índice a 1.3, tal vez por aumento del flujo pulmonar o descenso del sistémico o ambos a la vez. La respuesta desfavorable al cierre de la comunicación septal era predecible antes de la operación teniendo en cuenta los datos de presión y curvas de dilución. La paciente, una niña de 12 años, figura como caso N<sup>o</sup> 4 de los cuadros 1 y 2.

b) Respuesta favorable. La curva preoperatoria indica cortocircuito en ambas direcciones. Sin embargo, el de derecha a izquierda (pequeña onda precoz) no es importante, y en cambio sí lo es el de izquierda a derecha. La relación entre presiones sistólicas pulmonar y aórtica es de 0.9. En este paciente, el aumento de la presión pulmonar se debía al elevado flujo pulmonar y no al aumento de las resistencias, por lo que la disminución de aquél permitiría bajar las cifras manométricas. En el posoperatorio, la curva de dilución es normal indicando un cierre completo del defecto y, tal como se preveía, la presión en arteria pulmonar bajó en forma marcada. El paciente, un niño de 12 años en el momento de operarse, vive en excelentes condiciones.

Las pequeñas deflecciones y variaciones de base de la curva registrada en la oreja son frecuentes cuando estos estudios se hacen en niños o durante el acto quirúrgico.

CUADRO 1

Correlaciones entre un defecto residual interventricular posoperatorio determinado por necropsia y el cortocircuito de izquierda a derecha demostrado por curvas de dilución \*

Caso	Edad (años) y sexo	Diagnóstico <sup>1</sup>	Preoperatorio		Posoperatorio		
			Relación de presión sistólica en art. pulmonar y la aorta	Cortocircuito de izq. a der. por curva de dilución	Relación de presión sistólica en art. pulmonar y la aorta	Porcentaje de defectos residual por necropsia	Cortocircuito de izq. a der. por curva de dilución
1	6 ½ F	CIV PCA	1.0	Leve	1.0	100 <sup>2</sup>	Ninguno
2	1/4 M	CIV PCA	0.9 <sup>3</sup>	Leve	—	100 <sup>4</sup>	Moderado
3	6 F	CIV CIA	0.7	Grande	0.8	75 <sup>5</sup>	Grande
4	12 F	C.I.V.	1.2.	Ninguno	1.3	10	Ninguno (?)
5	11 F	C.I.V.	1.0 <sup>3</sup>	Grande	—	5	Moderado
6	2 ½ M	C.I.V.	0.7	Moderado	0.35	5	Ninguno
7	37 F	C.I.V.	0.9	Grande	0.3	0 <sup>6</sup>	Moderado
8	2 M	C.I.V.	0.6	Ninguno	0.3	0	Ninguno
9	1/2 M	C.I.V.	0.8	Grande	0.5	0	Ninguno
10	5/12 M	C.I.V.	0.8 <sup>3</sup>	Ninguno	—	0	Ninguno
11	1/2 M	C.I.V.	1.0 <sup>3</sup>	Moderado	—	0	Ninguno
12	2 M	C.I.V.	0.7 <sup>3</sup>	Grande	0.4	0	Ninguno
13	1 F	C.I.V.	0.6 <sup>3</sup>	Ninguno	—	0	Ninguno
14	7 ½ M	C.I.V.	0.9	Grande	1.2	0	Ninguno

\* Casos arreglados en orden respecto al tamaño decreciente del defecto residual interventricular.

<sup>1</sup> C.I.V. Comunicación interventricular.

<sup>2</sup> P.C.A. Persistencia del conducto arterioso.

<sup>3</sup> C.I.A. Comunicación interauricular.

<sup>4</sup> No se usaron la circulación extracorpórea y la cirugía a cielo abierto.

<sup>5</sup> Medida en el preoperatorio durante un cateterismo cardíaco.

<sup>6</sup> Defecto cerrado por sutura directa. Puntadas sacadas de la musculatura del tabique.

<sup>7</sup> Múltiples defectos, tabique fenestrado.

<sup>8</sup> Insuficiencia tricuspídea presente.

da) se registraron cortocircuitos: uno pequeño de derecha a izquierda, y uno mayor de izquierda a derecha. El flujo pulmonar era alto, de tal manera que a pesar de su presión elevada, las resistencias vasculares eran menores que las de la sistémica aórtica. Después de la operación la curva de dilución se normalizó indicando el cierre efectivo del orificio. La eliminación del cortocircuito de izquierda a derecha redujo el flujo pulmonar tanto que, como podría haberse anticipado, la presión pulmonar bajó y la relación entre las presiones pulmonares y aorta bajó a 0,44. El paciente vive, en excelente estado, dos años después de la operación.

Estudios de este estilo llevados a cabo en 32 casos de comunicación interventricular con hipertensión pulmonar seve-

ra permitieron conocer la magnitud del cortocircuito predominante y pronosticar si valía la pena efectuar la corrección quirúrgica. En 29 de estos casos usando registro de curvas preoperatorias se comprobó un gran aumento del flujo pulmonar debido al cortocircuito de izquierda a derecha ya solo, aunque acompañado de un pequeño cortocircuito de derecha a izquierda. De estos 29, después de operados, 27 mostraron un significativo descenso de la presión pulmonar. Los dos casos sin gran descenso evidenciaron que el defecto no había desaparecido totalmente. Los tres casos restantes, hasta completar 32, que no habían mostrado en el preoperatorio un aumento del flujo pulmonar, tampoco señalaron descensos de presión pulmonar posoperatorio.

CUADRO 2

Correlaciones entre el cortocircuito de derecha a izquierda mostrado por curvas de dilución efectuadas durante la operación después de corregir el defecto, y la comunicación interventricular residual o un foramen oval con válvula eficiente demostrado en la necropsia <sup>1</sup>

Caso	Preoperatorio		Posoperatorio		
	Cortocircuito de der. a izq.	Presiones en aurícula izq.	Presiones en aurícula izq.	Foramen oval persist. <sup>2</sup>	Cortocircuito de der. a izq.
1	5	—	—	O	25 <sup>3</sup> <sup>4</sup>
14	34	—	—	O	18 <sup>4</sup>
4	34	13/7	10/8	O	14 <sup>3</sup> <sup>4</sup>
5	5	—	—	O	10 <sup>3</sup>
12	5	15/8	9/2	O	10
9	0	—	—	VO	7
10	0	28/17	9/7	VC	7
2	0	—	—	VC	5 <sup>3</sup>
8	0	15/6	8/4	VC	5
3	0	25/15	14/5	VC	<sup>3</sup>
13	0	—	—	VC	0
6	0	22/10	12/7	VC	0 <sup>3</sup>
7	0	15/10	14/7	VC	0
11	0	12/7	8/5	VC	0

<sup>1</sup> Casos arreglados en orden decreciente de cortocircuito de derecha a izquierda determinados por curvas de dilución después de ser corregidos quirúrgicamente. La numeración de los casos es igual a la del cuadro N<sup>o</sup> 1. El autor agradece al doctor J. E. Edwards por la supervisión de los exámenes de los corazones en la necropsia.

<sup>2</sup> V.C. Foramen oval con válvula competente.

<sup>3</sup> Defecto residual interventricular. Ver Cuadro 1 para detalles.

<sup>4</sup> Severa hipertensión pulmonar; relación de presión sistólica en la arteria pulmonar con la de la aorta igual o superior a 1.0.

Las comparaciones entre estos datos con observaciones hechas a intervalos cada vez más largos después de la corrección quirúrgica aumentará sustancialmente el conocimiento y comprensión de la circulación y sus anomalías, tanto en congénitos como en adquiridos.

*Utilidad en el diagnóstico del reflujo valvular.* — En la figura 39 se ilustran las marcadas diferencias que caracterizan las curvas de dilución de sujetos normales y con sujetos con severa enfermedad de la válvula mitral. Contrastando con lo normal, la curva del paciente con insuficiencia cardíaca congestiva originada en una estenosis mitral, muestra una prolongación proporcionada de todos sus componentes.

En la insuficiencia mitral severa, a la prolongación de todos los accidentes se agrega una marcada prolongación del

tiempo de desaparición, ausencia del pico de recirculación y disminución del pico inicial de concentración.

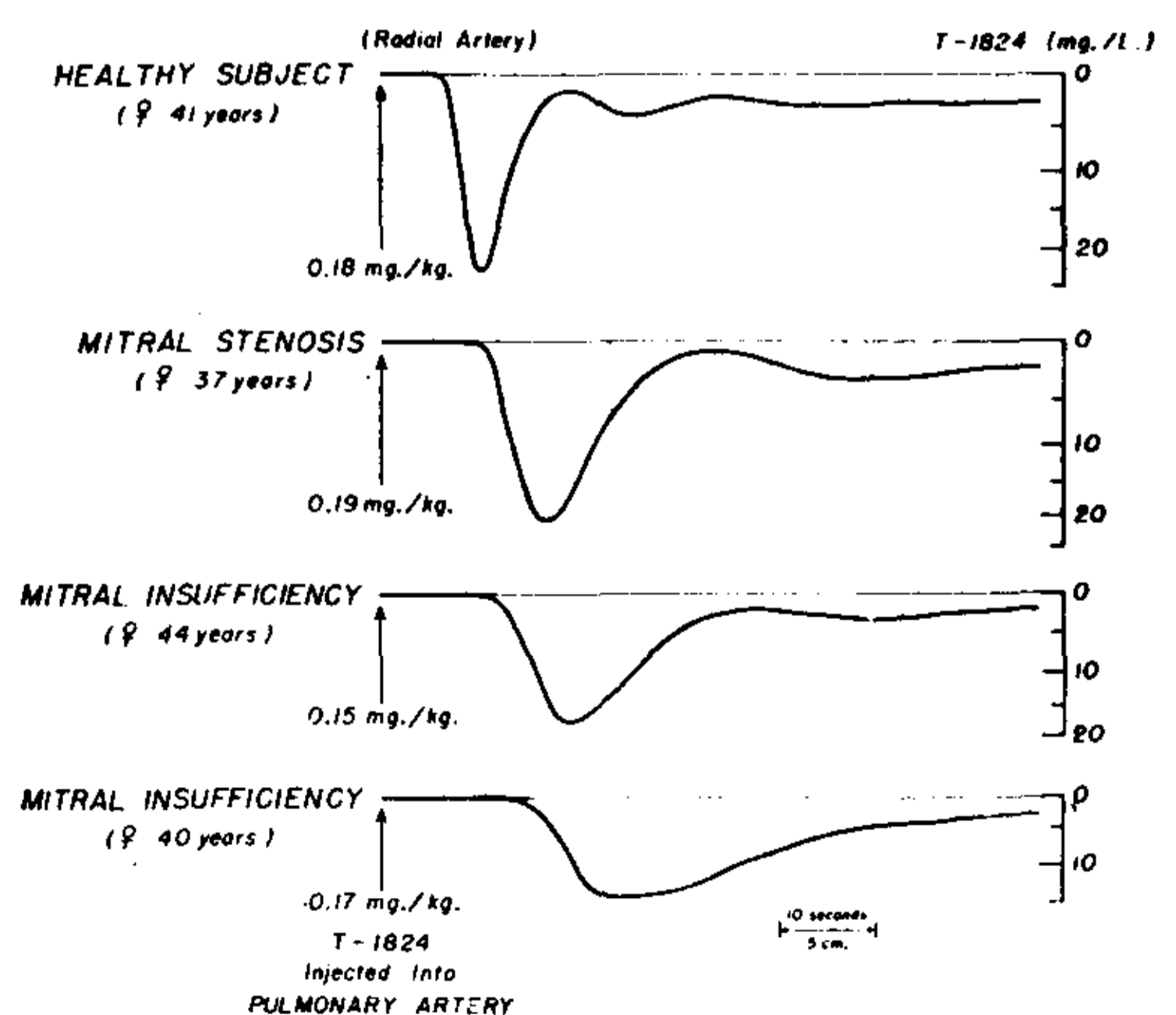


FIG. 39. — Alteraciones en las formas de las curvas de dilución en sujetos con enfermedades de la válvula mitral.

CUADRO 3

*Comparación entre los valores de los flujos pulmonar y sistémico y el cortocircuito de izquierda a derecha en un paciente con comunicación interventricular.*

	Valores del flujo Sanguíneo (L/min.) calculados por	
	Curvas de dilución <sup>1</sup>	Fick directo
Flujo pulmonar	7.6	8.0
Flujo Sistémico	6.0	6.0
Cortocircuito de izquierda a derecha	1.6	2.0

<sup>1</sup> Las curvas de dilución de las cuales se han tomado estos valores se muestran en la figura 5.

CUADRO 4

*Comparación entre los valores de los flujos pulmonar y sistémico y el cortocircuito de izquierda a derecha en un paciente con un retorno venoso pulmonar anómalo derecho y comunicación interauricular.*

	Valores de los flujos sanguíneos (L/m) calculados por	
	Curvas de dilución <sup>1</sup>	Fick directo
Flujo pulmonar	19.8	19.5
Flujo sistémico	8.3	5.7
Cortocircuito de izquierda a derecha	11.5	13.8

<sup>1</sup> Las curvas de dilución de las cuales se han tomado estos valores se muestran en el tercer panel de la parte superior de la figura 46.

CUADRO 5

*Comparación de valores de los flujos pulmonar y sistémico y el cortocircuito de izquierda a derecha en un paciente con un aneurisma del seno de Valsalva abierto en ventrículo derecho.*

	Valores de los flujos sanguíneos (L/min.) calculados por	
	Curvas de dilución <sup>1</sup>	Fick directo
Flujo pulmonar	11.4	9.6
Flujo sistémico	7.4	7.3
Cortocircuito de izquierda a derecha	4.0	2.3

<sup>1</sup> Las curvas de dilución de las cuales se han tomado estos valores se muestran en la figura 47.

CUADRO 6

*Comparación de valores para los flujos pulmonar y sistémico y el cortocircuito de izquierda a derecha en un paciente de insuficiencia aórtica y comunicación interventricular.*

	Valores del torrente sanguíneo (L./min.) calculados por	
	Método de curva de dilución <sup>1</sup>	Método directo de Fick
Corriente pulmonar	7.0 <sup>2</sup>	5.9
Corriente sistémica	5.2 <sup>2</sup>	3.5
Cortocircuito de izquierda a derecha	1.8	2.4

<sup>1</sup> Las curvas de dilución de las cuales se han tomado estos valores se muestran en la parte de arriba a la derecha del diagrama de la figura 49.

<sup>2</sup> Estos valores de los flujos podrían esperarse que sean enormemente falsos por la distorsión de la curva de la arteria sistémica causada por la regurgitación aórtica. Véase el texto para aclarar.

Si se comparan las curvas de dilución en pacientes con estenosis y con insuficiencias mitrales severas, las modificaciones debidas a ambas lesiones son muy marcadas. No obstante cabe admitir casos limítrofes en los que estas modificaciones no se evidencian fácilmente a un simple examen visual.

En efecto, los componentes de la curva modificados por el reflujo valvular son afectados también en una gran medida por los diferentes volúmenes sanguíneos y flujos cardíacos que comúnmente existen de uno a otro paciente. Por lo tanto, para obtener una perfecta discriminación dentro de las curvas se hace necesario corregir los efectos del volumen minuto y del volumen sanguíneo tal como fue reconocido por Broadbent y Wood <sup>48</sup> y Korner y Shillingford <sup>49</sup>.

La aplicación de varias técnicas de curvas de dilución para la detección del grado de severidad de las lesiones de reflujo valvular ha sido discutida en otro trabajo <sup>50</sup> y no creemos necesario incluirla aquí.

La existencia de muchos factores que escapan a nuestro control ha dificultado el desarrollo de una sola técnica con adecuado grado de sensibilidad para informar sobre las lesiones de reflujo. Incluimos en estos factores, como uno de los más importantes, la falta de uniformidad de la

mezcla inyectada y regurgitada y el volumen de las cámaras que están por delante y detrás de la válvula lesionada. Cuando estas cámaras son pequeñas y el flujo sanguíneo elevado, el grado de distorsión que puede sufrir la curva normal es tan pequeño que puede no ser medida una regurgitación enorme.

*Aplicación de las curvas de dilución registradas en las cavidades derechas o en la circulación venosa.* — Bing y colaboradores <sup>51</sup> fueron los primeros en intentar el registro continuo de las curvas de dilución recogiendo muestras de las cavidades derechas. El colorante usado para estos propósitos fue el azul Evans (T-1824) y las lecturas se efectuaron con un densitómetro que tenía su máximo de sensibilidad en la zona roja del espectro. La calibración de su instrumento registrador para el colorante partía del supuesto de que la saturación del oxígeno venoso fuera constante durante el período de 45 segundos que duraba la prueba, lo cual es casi imposible de obtener <sup>52</sup> (fig. 16). Por otra parte, en el trabajo no se mencionan problemas vinculados a la calibración del aparato que tiene variaciones con la sangre venosa, ni como se resolvió el problema. Thielen y colaboradores <sup>53</sup> desarrollaron una técnica anaerobia para la calibración del densitómetro usado en el registro

continuo de las concentraciones de colorante en sangre venosa. De todos modos, si se mantiene una oxigenación adecuada es posible que las saturaciones venosas sean constantes. Con el uso de indicadores radiactivos<sup>54-55</sup> para registrar curvas de dilución en la sangre venosa se puede obtener un resultado exacto aunque se agregue una cantidad enorme de problemas técnicos sin contar con el riesgo eventual de las radiaciones. Eventualmente resulta útil la técnica de las muestras discontinuas aunque lleva a una gran pérdida de tiempo.

Si la concentración de un indicador es registrada continuamente en sangre extraída de la arteria pulmonar principal, habiendo sido inyectada en una rama pulmonar lobar, aparecerá precozmente el colorante en la primera, siempre que haya un cortocircuito de izquierda a derecha, vía defecto o interauricular, fístula aorto-septal, venas pulmonares anómalas o comunicación interventricular. El lugar del cortocircuito puede ser perfectamente localizado en el corazón o grandes vasos, variando el lugar donde se recojen las muestras que pueden ser la pulmonar, ventrículo, aurícula o cavas. Se procede de la siguiente manera: Se hacen sucesivas y súbitas aplicaciones de un indicador (verde indiocianin\*)<sup>57</sup> en una rama lobar de la arteria pulmonar y la concentración del mismo se registra en muestras de la arteria pulmonar primero y luego en las sucesivas inyecciones en el V.D., A.D. y venas cavas. Cuando está presente un cortocircuito de izquierda a derecha (ductus fistula aorto pulmonar) el colorante cortocircuitado será reconocido precozmente en el tronco de la pulmonar, esto es, antes de que haya transcurrido el tiempo para que atraviese la circulación sistémica y llegue de retorno al corazón. Si se retrocede para sacar las muestras, se encontrará un lugar donde la aparición precoz no se registra, lo cual quiere decir que el cortocircuito está inmediatamente por delante.

Para demostrar que la primer apari-

ción del colorante en la pulmonar es realmente precoz es conveniente hacer un registro simultáneo con muestras de una arteria sistémica. Con ello es posible hacer una estimación cuantitativa de los flujos sanguíneos pulmonar y sistémico de cuya diferencia surge la magnitud del cortocircuito. En la figura 40 se muestran

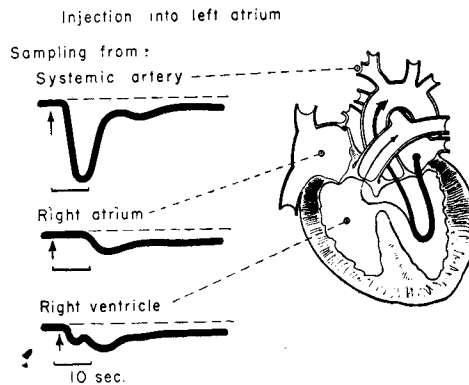


FIG. 40. — Un método para localizar cortocircuitos de izquierda a derecha por medio de curvas registradas en sitios seleccionados del corazón derecho y sistema arterial. El indicador se inyecta en un lugar de cavidades derechas o izquierdas que sea distal del sitio de registro, pero proximal con respecto al lugar del defecto. Las curvas de la izquierda fueron registradas en arteria radial, aurícula derecha y ventrículo derecho y la inyección efectuada en aurícula izquierda. Nótese que: a) el colorante es registrado en ventrículo derecho antes que en la radial demostrando el cortocircuito de izquierda a derecha, y b) la aparición precoz no se ve en aurícula derecha, lo que localiza el cortocircuito en ventrículo derecho. Si se tiene en cuenta que por lo general no se cateteriza cavidades izquierdas en estos casos de C.I.V., la inyección puede hacerse en arteria pulmonar con el mismo resultado.

los fundamentos para localizar un cortocircuito de izquierda a derecha. También puede localizarse el cortocircuito de izquierda a derecha si se varía el lugar donde se efectúa la inyección. Esta variante de la técnica se debe usar solamente en pacientes con defectos cardíacos múltiples y complejos. La curva de dilución se registra con muestras extraídas de la arteria pulmonar y de una arteria sistémica simultáneamente, mientras que la inyección se efectúa en la aorta, por encima de

\* Comercialmente: "Cardiogreen". Hynson, Wescott y Dunning, Inc., Baltimore 1. Maryland, U.S.A.

las sigmoideas y luego retrocediendo en sitios sucesivos (es decir V. Izq., A. Izquierda, y aún en una rama lobar de la pulmonar cuando se sospecha de una vena pulmonar anómala). Una aparición precoz del colorante en la arteria pulmonar sólo puede ocurrir después de inyecciones efectuadas en el sitio del cortocircuito o más atrás.

En ausencia de insuficiencia aórtica, por supuesto, puede ser localizado un cortocircuito de izquierda a derecha ubicándolo en la cámara cardíaca en la cual, por delante de ella, una inyección del colorante no permite su registro claro y pre-

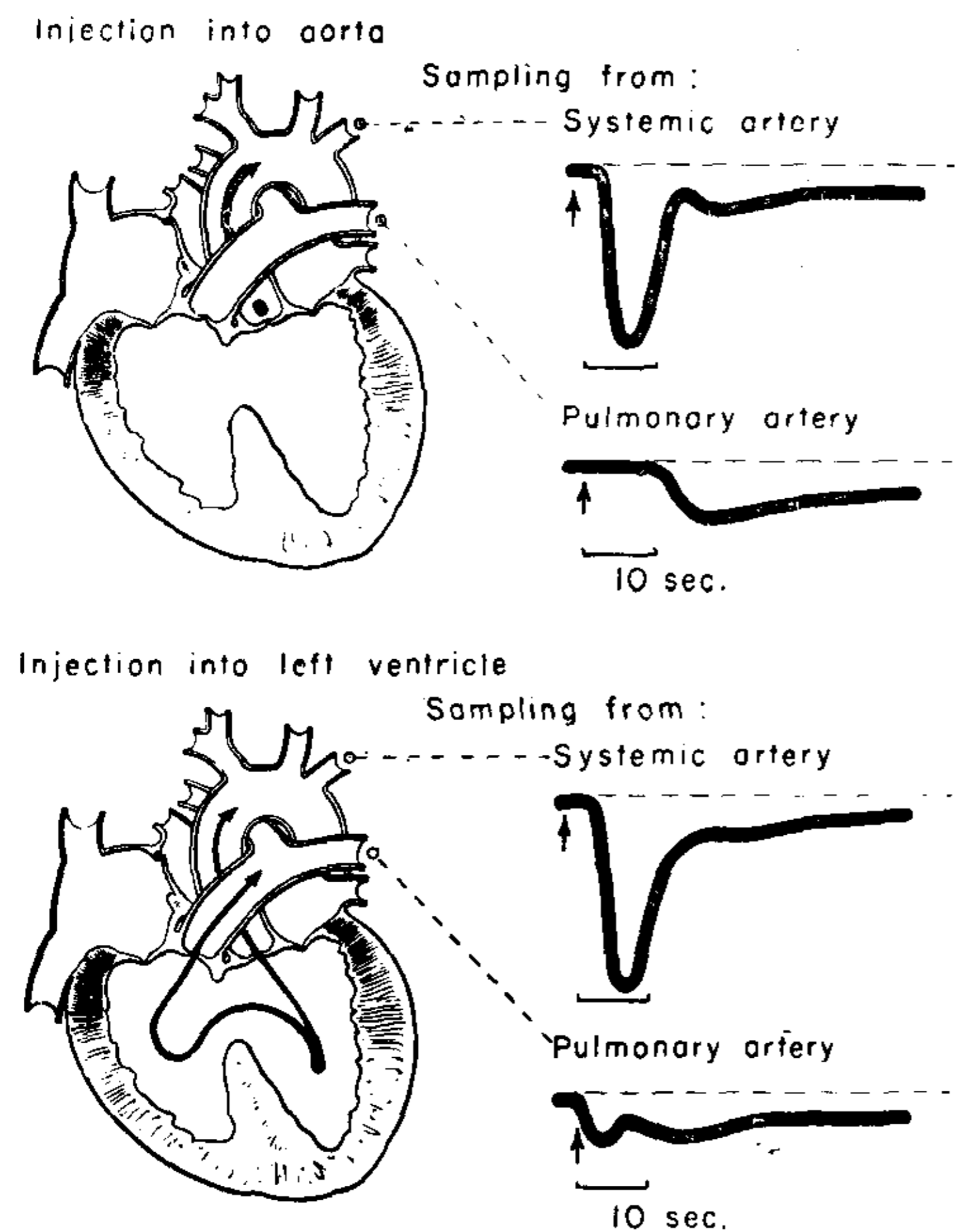


FIG. 41. — El método para localizar un cortocircuito de izquierda a derecha variando el lugar de la inyección, con registro en cavidades derechas. Las curvas de dilución de la derecha fueron registradas en arteria pulmonar y radial y la inyección efectuada en la aorta y en ventrículo izquierdo.

Después de inyectar en ventrículo izquierdo (parte inferior) el colorante aparece en arteria pulmonar antes que en aorta, lo que demuestra el cortocircuito de izquierda a derecha. Si la inyección es intraaórtica (parte superior) el colorante no aparece precozmente en arteria pulmonar, lo cual localiza el cortocircuito de izquierda a derecha a nivel de los ventrículos.

Este método no es habitual, ya que no es necesario llegar al cateterismo izquierdo en estos casos y sólo se llevara a cabo cuando el catéter atraviesa el defecto,

coz en la arteria pulmonar. En la figura 41 se muestran en forma de diagrama los fundamentos para localizar el lugar del cortocircuito de izquierda a derecha.

*Cálculo del flujo pulmonar, del cortocircuito de izquierda a derecha y del flujo sistémico.* — El cálculo del flujo pulmonar por medio de la curva de dilución registrada por muestras desde una arteria sistémica en sujetos con cortocircuito de izquierda a derecha ha sido descrito y verificado en un trabajo anterior<sup>58</sup>. Este cálculo se basa en la demostración de que el área subtendida por la parte inicial o triángulo delantero de la curva de dilución de una persona normal o de cardiopatas sin cortocircuito o reflujo valvular está estrechamente relacionada con el área subtendida por la curva total. Esta última es medida por la extrapolación de la curva de desaparición tal como lo describieran Kinsman, Moore y Hamilton.

La ecuación para calcular el flujo pulmonar es una variante de la ecuación standard para el cálculo del volumen minuto según el método de Stewart-Hamilton:

$$Q_p = 60 \frac{I}{A} \frac{SA}{PA} \quad (1)$$

En esta ecuación  $Q_p$  representa el flujo pulmonar en litros por minuto,  $I$  representa la cantidad en miligramos del colorante inyectado y  $A_{SA \times PA}$  representa las áreas subtendidas por la curva de dilución registrada en una arteria sistémica (SA) después de una inyección en la arteria pulmonar (P.A.). Esta área se calcula desde el triángulo delantero de la curva por medio de la siguiente ecuación:

$$A_{SA \times PA} = 2.70 \frac{BT \cdot C_p}{2} \quad (2)$$

en el cual  $BT$  representa el tiempo de inscripción en la curva en segundos, y  $C_p$  el pico de concentración máxima en miligramos por litro. La cifra 2.70 es un factor proporcional ya definido por Hetzel y colaboradores<sup>60</sup> quienes relacionan el área del triángulo delantero o inicial de la curva con el área total de la misma

que se obtendría en caso de que la fase de desaparición no se viera distorsionada por la temprana aparición del colorante cortocircuitado de izquierda a derecha por el defecto cardíaco. Los valores de  $C_p$  y  $BT$  ya han sido muy bien definidos previamente por medio de registros de personas normales<sup>61</sup> y de pacientes con cortocircuito de izquierda a derecha<sup>62</sup>.

1. La magnitud del cortocircuito de izquierda a derecha puede calcularse comparando el área del triángulo delantero de curvas registradas simultáneamente en la arteria sistémica y arteria pulmonar. Esta estimación se basa en la ecuación siguiente:

$$F_{L-R} = A \frac{SA}{PA} \cdot \frac{1}{PA} \quad (3)$$

en la cual  $FL-R$  representa un cortocircuito de izquierda a derecha expresado como una fracción del flujo pulmonar total:

$$\frac{A}{PA} \cdot \frac{PA}{SA}$$

es el área del triángulo delantero de la curva con muestras de una arteria pulmonar y  $A$

$SA$  es el área del triángulo delantero de la curva con muestras de una arteria sistémica con inyección en la pulmonar (después del cortocircuito). Las áreas de estos triángulos delanteros se deberán calcular con la ecuación 2 mostrada más arriba tal como lo describieron Ramírez de Arellano y Hetze y colaboradores<sup>58-60</sup>.

2. *El flujo sistémico* en pacientes con cortocircuito unidireccional de izquierda a derecha es igual al flujo pulmonar menos la sangre que pasó por el defecto. Por lo tanto, usando la ecuación:

$$QS = Q_p (1 - F_{L-R}) \quad (4)$$

en la cual  $QS$  representa el flujo sistémico en litros por minutos,  $Q_p$  puede ser calculado por la ecuación 1 y  $F_{L-R}$  por la

ecuación 3, se puede obtener el flujo sistémico.

La aplicación de esta ecuación se basa en los mismos elementos que el principio de Stewart-Hamilton para la medición del volumen minuto<sup>63</sup> más los agregados siguientes: 1) Que se produzca una mezcla uniforme entre la sangre y el colorante que recirculó por el cortocircuito de izquierda a derecha; 2) que no se use un colorante capaz de desplazarse contra corriente a suficiente distancia como para ser captado más atrás, de modo que su aparición sólo signifique recirculación pulmonar y 3) que se mezclen uniformemente el aporte sangre-colorante que viene por el cortocircuito, con la sangre sin colorante de las cavidades derechas, antes de que llegue colorante por las venas sistémicas.

Puede calcularse el cortocircuito de izquierda a derecha inyectando colorante en la aurícula derecha o venas cavas y registrando simultáneamente las curvas con muestras de la arteria pulmonar y una arteria sistémica y usando la ecuación:

$$F_{L-R} = A \frac{RA}{PA} \cdot \frac{1}{PA} \quad (5)$$

en la cual los términos  $F_{L-R}$  y  $A$

representan para nosotros un significado conocido y  $A$  representa el área del triángulo inicial de la curva de dilución en la arteria pulmonar después de inyectar en la aurícula derecha (RA-right atrium) o en las cavas. A causa de que este método usa un solo instrumento detector (muestras en arteria pulmonar) no es necesario efectuar los muy engorrosos nuevos calibrados del oxímetro indispensables cuando se toman muestras de lugares diferentes<sup>64</sup>. En cambio, es condición necesaria para la aplicación de la ecuación 5, que el volumen minuto cardíaco no sólo se mantenga constante durante la determinación, sino que tampoco varíe entre las dos inyecciones.

Otro método alternable con el ya men-



cionado, a aplicar en el cálculo del flujo pulmonar, inyectando el colorante en A.D. o cavas y registrando la curva de dilución

en la arteria pulmonar ha sido descripto, tanto en casos sin cortocircuito intracardíacos<sup>53-65</sup> como en otros con ellos<sup>66</sup>.

## CURVAS DE DILUCION REGISTRADAS SIMULTANEAMENTE EN UNA ARTERIA SISTEMICA Y EN CAVIDADES DERECHAS

### Técnicas y Aplicaciones

Ya se han descripto más arriba los procedimientos para registrar curvas de dilución en el sector arterial durante inyecciones efectuadas en distintos lugares centrales del aparato circulatorio, usando el cateterismo de cavidades derechas<sup>15-67</sup> o el combinado con el izquierdo<sup>68</sup>. La combinación de estos procedimientos exige dos canales para inyectar y extraer muestras del lado derecho. Tres técnicas diferentes se pueden usar para conseguir este doble canal y serán presentadas a continuación.

*Catéter de doble luz para cavidades derechas.* — Comercialmente (\*) se consiguen catéteres de doble luz contruidos con el propósito de registrar la presión simultánea de dos lugares del sector central circulatorio. Los catéteres de este tipo también pueden usarse para inyección y extracción de muestras en forma simultánea, pero no es este el método de elección.

En efecto, razones abundan para ello:

1) Para extraer muestras a una velocidad adecuada a través de los 100 a 130 c. de largo del catéter<sup>9</sup>, se requeriría una luz de 1 mm. que es la que tiene el N<sup>o</sup> 6 de la nomenclatura francesa. Es imaginable que para una sonda de doble luz hace falta el doble de diámetro, la cual no siempre es factible de pasar a través de una vena periférica.

2) La manipulación de un catéter de doble luz dentro del corazón es habitualmente más difícil que el de una sola luz. Además el uso de este catéter tan grande aumenta en algo el riesgo de un sondeo derecho.

3) La distancia fija entre las dos aberturas de la sonda limita considerablemente las posibles combinaciones de lugares

para la inyección y la extracción de las muestras.

*Técnica de dos catéteres en cavidades derechas.* — En sujetos con buenas venas periféricas es posible insertar a través de gruesas agujas dos catéteres, ya sea en el mismo brazo o en opuestos. Esta técnica de los dos catéteres resulta de elección a causa de la gran posibilidad de combinaciones entre los lugares de inyección y muestra, especialmente cuando se sospechan defectos múltiples.

Sin duda que las dificultades y el riesgo aumentan con el manipuleo de dos sondas en las cavidades derechas. A pesar de ello, en una serie de más de doscientos casos con dos catéteres no hubo ninguna secuela seria.

El conjunto de instrumentos colocados cerca del paciente se muestra en la figura 42. En la figura 43 se muestran radiografías con los dos catéteres en el tórax y la posibilidad de variadas combinaciones.

*Un catéter para el corazón derecho que contiene en su interior otro pequeño para la inyección del indicador:* se puede usar un catéter 6 ó 7 del tipo Lehman, con la punta en "ojo de pájaro" (\*\*), que significaría un diámetro 1,2 mm y 1,4 mm, respectivamente. La sonda usada lleva agregada por medio de un adaptador especial una llave de tres vías que permite tomar presiones o extraer muestras para la curva de dilución a registrar con el oxímetro de cubeta en los distintos lugares de las cavidades derechas. Otro adaptador especial (figura 44) que se halla interpuesto entre el catéter y la llave de tres vías tiene una salida lateral por la que se puede introducir un tubo plástico de

\* Manufacturados por la "United States Catheter Co.", Glen Falls, Nueva York, U.S.A.

\*\* Estos catéteres pueden conseguirse en la "Unites States Catheter" Co., Glen Falls, New York, U.S.A.

medidas mínimas (diámetro exterior 0,6 mm diámetro interno 0,3 mm (\*)) que queda fijado firmemente por un ajustador a rosca. Este tubo interior se hace avanzar hasta que llega al extremo del catéter exterior. Luego, cuando se ajusta

firmemente su punto de entrada, el cierre queda tan hermético que se puede usar para registrar presiones intercavitarias, ya sea por el tubo interior o por la luz, todavía libre, del catéter exterior. Generalmente, el extremo externo del tubo intraca-

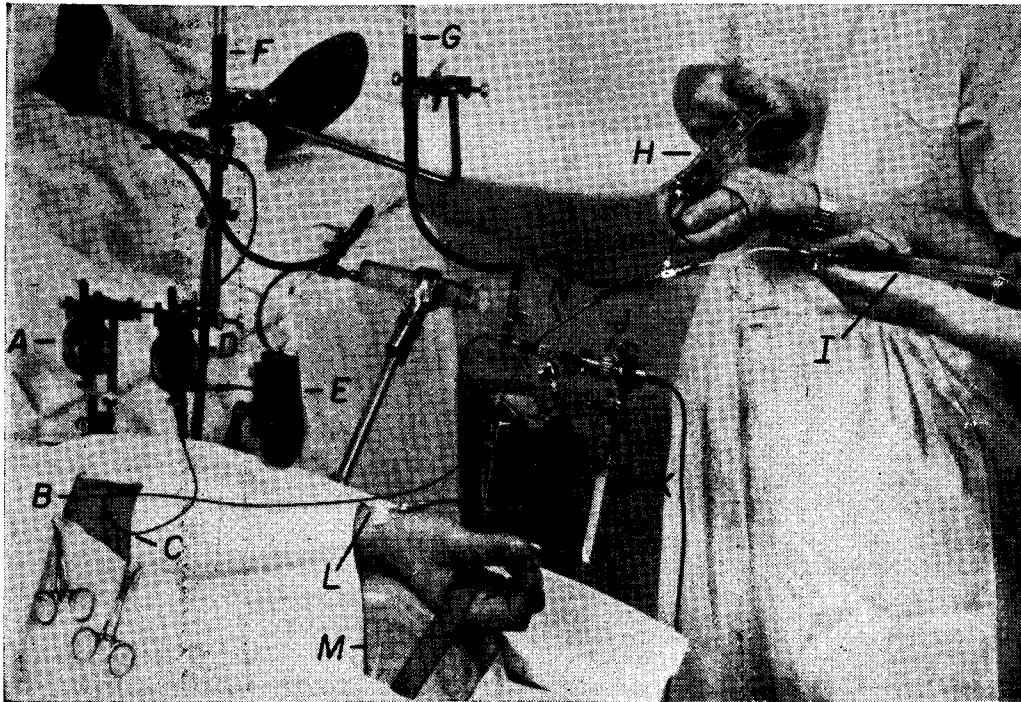


FIG. 42. — Conjunto instrumental usado durante un cateterismo derecho en que se introducen por vía percutánea dos catéteres que sirven para efectuar simultáneamente la inyección y registro en sitios centrales. También se ve el instrumental para registro radial. Además, el manómetro "strain-gauge" (A) para presiones intracavitarias que se desconecta momentáneamente para inyectar el indicador contenido en la jeringa (H) y el líquido de Ringer de la jeringa (I); el catéter de cavidades derechas (C) con una llave de dos vías para una conexión indistinta con un manómetro (D) o un oxímetro (E), este último registrador de saturación de  $O_2$  o de la dilución del colorante. En la bureta F se recolecta la sangre que salió durante el registro de la curva con lo que se mide el flujo sanguíneo. La parte superior de la bureta se halla conectada a un sistema de vacío constante (no se ve en la figura).

La aguja (L) inserta en la arteria radial conecta por medio de un oxímetro a cubeta (K) con una llave de tres vías que va a un manómetro (J) para registrar la presión arterial, o a la bureta (G) que mide el flujo igual que el catéter de cavidades derechas. La sangre que va a las buretas se mantiene estéril para ser inyectada después del registro. También se usa un dispositivo de sostén del antebrazo para facilitar la punción radial.

téter es conectado con manómetro "Strain Gauge" P23G (\*\*).

Se procede de la siguiente manera: el

\* Estos tubos se consiguen en Alberto Afford Co., Barrington, New Jersey, U.S.A.

\*\* En el comercio lo provee "Statham Instrument Company, 12401 West Olympic Boulevard, Los Angeles 64, California, U.S.A.,

catéter 6 ó 7 ya preparado con el tubo en su interior se introduce en una vena del codo por vía percutánea de acuerdo con una técnica que ya fue descrita<sup>69</sup>. Para ello se usa una aguja especial calibre 12 ó 13, de paredes muy delgadas. El conjunto de elementos usados se ve en la figura 44. En los casos en que las venas del

codo sean muy pequeñas, puede hacerse una venotomía para introducir el catéter con su tubo plástico especial contenido en su interior.

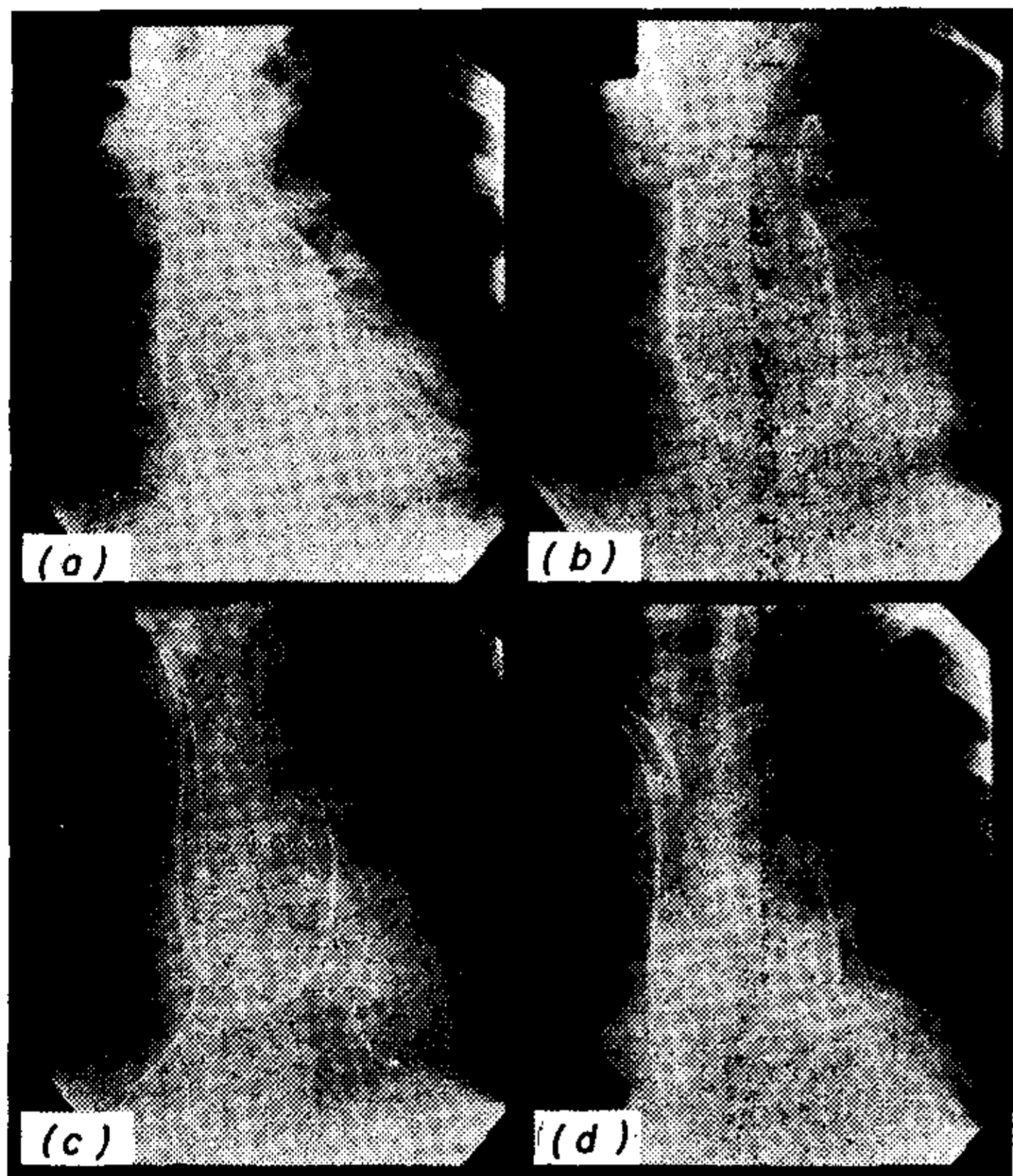


FIG. 43. — Posición de dos catéteres usados para inyección de un indicador en un sitio elegido y extracción de muestras en sitios también de elección. En cada figura el catéter para inyectar está fijo en ventrículo derecho por debajo de la válvula pulmonar, mientras que el de extracción de muestras está en sitios variables: a) en la arteria del lóbulo derecho mediano; b) arteria pulmonar izquierda; c) vena cava inferior y d) vena cava superior. Estas placas corresponden al caso que se relata en la figura 48.

#### Lugar de inyección

1. Arteria pulmonar derecha rama lobar
2. Arteria pulmonar izquierda rama lobar.
3. Tronco pulmonar
4. Ventrículo derecho
5. Aurícula derecha

#### Lugar del registro

- Tronco pulmonar y arteria radial
- Tronco pulmonar y arteria radial
- Ventrículo derecho, tracto de salida y arteria radial
- Aurícula derecha y arteria radial
- Vena cava superior y arteria radial

El procedimiento rinde mucho más en el diagnóstico si se usa un equipo que inscriba las curvas y permita su inmediato análisis después de la inyección. Así, sobre la base de esta información el plan puede ser modificado o ampliado en lo necesario para establecer un diagnóstico con certeza,

Después que el extremo del catéter ha sido manipulado en las cavidades cardíacas y colocado en la posición deseada (generalmente en una de las ramas principales, ya sea izquierda o derecha de la arteria pulmonar) se afloja el tornillo de seguridad del tubo interno y se procede a avanzarlo 5 ó 7 centímetros de la punta del catéter grande. Nuevamente se ajusta el tornillo con lo que se asegura su permanencia en esa posición. En esta situación es ahora posible inyectar el indicador a través del tubito interno, mientras se recogen muestras para hacer su curva de dilución por el catéter exterior. Cada inyección de indicador consiste en 0.1 miligramo de verde de indocianina (cardio-green) por kilogramo de peso corporal, disuelto en un volumen de 0,5 cm<sup>3</sup> a 1 cm<sup>3</sup>. Para poder inyectar rápidamente esta cantidad por el tubo interno puede ser necesaria una gran presión (neumática o mecánica) por medio de un inyector como los usados para el radiopaco durante las angiocardiógrafías selectivas (70-71).

*Localización de los cortocircuitos intracardíacos por curvas de dilución registradas simultáneamente en una arteria sistémica y en las cavidades derechas.* — Para localizar o excluir los cortocircuitos de izquierda a derecha, o de derecha a izquierda, generalmente se planea el registro de las siguientes curvas de dilución:

A continuación se ilustra cómo puede usarse este procedimiento para excluir o no un defecto cardíaco en un paciente con alguna evidencia, aunque equívoca, de moderada lesión congénita.

Si después de la inyección en las ramas izquierda y derecha de la pulmonar no hay aparición precoz del colorante en la

rama principal de la arteria pulmonar, podemos asegurar que no hay los siguientes cortocircuitos de izquierda a derecha: fístula aortopulmonar, defecto septal, o venas pulmonares anómalas. A partir de ese momento, se comienza a retirar el catéter de la pulmonar registrando presiones continuamente con el objeto de excluir una estenosis pulmonar o de la tricúspide o una hipertensión pulmonar o de ventrículo derecho.

Los cortocircuitos de derecha a izquierda pueden ser excluidos o demostrados por el registro de curvas de dilución después de inyectar colorante en las venas cavas. Se descarta su existencia cuando no hay aparición precoz del colorante en una arteria sistémica después de una inyección en las cavas, particularmente si se usa la vena cava inferior<sup>34</sup>. Un cortocircuito de derecha a izquierda de menos del 5 % de la sangre sistémica ya puede ser comprobado por esta técnica<sup>34-72</sup>.

En circunstancias favorables, usando esta técnica, se necesitará aproximadamente una hora, para afirmar o negar en un sujeto la existencia de cortocircuitos intracardiaco o de los grandes vasos, alteraciones significativas de las válvulas pulmonar o tricúspide e hipertensiones de las cavidades derechas. Además la exactitud para excluir cortocircuitos de izquierda a derecha o de derecha a izquierda es muy superior a la oximetría y aparentemente igual a la exactitud obtenida con óxido nítrico<sup>73</sup> y gases radiactivos<sup>74-75</sup>.

Además esta información está disponible de inmediato sin necesidad de aparato manométrico de Van Slyke ni cooperación activa del paciente. Así determinar los flujos pulmonar y sistémico como otros datos funcionales circulatorios es posible con las curvas de dilución sin necesidad de determinar el consumo de oxígeno<sup>67-76</sup>.

La secuencia completa de curvas en las posiciones mencionadas, localiza y demuestra el cortocircuito intracardiaco o de los grandes vasos. Cuando las curvas de dilución indican un defecto poco común o defectos múltiples, la exactitud diagnóstica se mejora considerablemente aumentando las combinaciones de los sitios de inyec-

ción y toma de muestras con lo que se obtiene una información crítica que permite excluir o demostrar los defectos presentes.

*Demostración de cortocircuito de izquierda a derecha en el ventrículo.*—La demostración y localización de un corto circuito de izquierda a derecha en el ventrículo exige que haya una aparición precoz del colorante en V.D. cuando la inyección del colorante se efectuó en la arteria pulmonar. Asimismo, la falta de una aparición precoz del indicador si la inyección se hizo en arteria pulmonar y la muestra se recoge en aurícula derecha, tiene el mismo valor.

En la figura 45 se ilustra cómo se hizo la localización de un corto circuito de izquierda a derecha en el ventrículo, en un muchacho de 14½ años usando los métodos de dilución. Utilizando las ecuaciones de 1 a 4, ya mencionadas, con datos obtenidos por curvas de dilución inyectando en la arteria pulmonar y recogiendo muestras de ventrículo derecho y arteria radial, se calculó el cortocircuito y los flujos pulmonares y sistémico. En la tabla 3 se comparan los valores obtenidos por este método y por el Fick directo, observándose una correlación bastante satisfactoria. El flujo pulmonar resultante de tres curvas de dilución obtenidas en arteria radial y tractus de entrada y salida del ventrículo derecho y aurícula derecha (figura 45), dio valores de 7.6, 8.6 y 8.3 litros por minuto respectivamente, mientras que el método de Fick permitió calcular 8 litros por minuto.

*Demostración de un cortocircuito de izquierda a derecha a través de un defecto septal más venas pulmonares anómalas.*—Ya se ha descrito cómo se usan las curvas de dilución registradas en una arteria sistémica para demostrar las desembocaduras anómalas totales o parciales<sup>29,77</sup> de las venas pulmonares, de preferencia derecha en pacientes con defectos interauriculares<sup>36</sup>. Para dilucidar la naturaleza de los defectos presentes es necesario hacer determinaciones de los flujos pulmonar y sistémico por medio de registros simultáneos de curvas de dilu-

ción en una arteria sistémica y en lugares seleccionados de las cavidades derechas.

En la figura 46 se demuestra, en un hombre de 22 años, por las curvas de dilución que tiene venas anómalas en pulmón derecho y parcialmente del lado izquierdo con una corrección por un defecto interauricular.

En el cuadro N<sup>o</sup> 4 se hace una comparación de los valores de volumen minuto obtenidos por el método de la dilución y

por el Fick directo. Una correlación bastante satisfactoria se obtuvo con los dos métodos. Esto es particularmente útil si se trata de encarar casos que por sus cortocircuitos dificultan la obtención de una verdadera sangre venosa mezclada. Las determinaciones efectuadas con ambos métodos se muestran en la figura 48. El flujo pulmonar con curvas de dilución de ventrículo derecho y de arteria radial dio 16.8 y 18.7 para la primera y 16.2 y 18.5 para la segunda, mientras que los

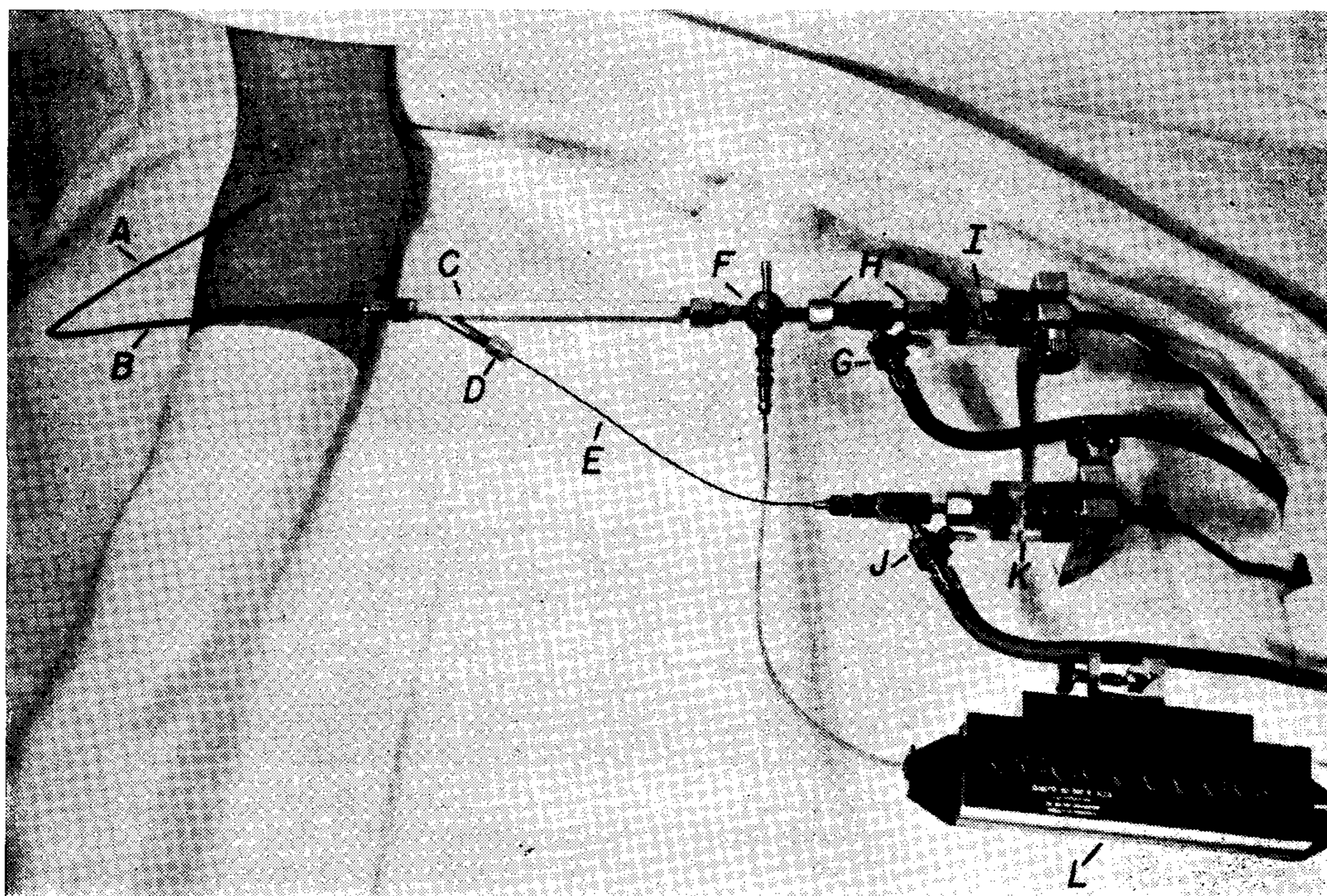


FIG. 44. — Conjunto instrumental usado cuando se inyecta por un tubo plástico que pasa a través del catéter por el que se sacan las muestras. Un catéter N<sup>o</sup> 7, tipo Lehman (A) (longitud 1,30 m; diámetro exterior 2 mm; diámetro interior 1,2 mm) ha sido introducido a través de una aguja de punción (B) en una vena del codo. Esta aguja ha sido retirada de la piel durante las manipulaciones siguientes, hasta llegar a V.D. Para insertar el tubo plástico (E) (longitud 1,50 m; diámetro externo 0,6 mm; diámetro interno 0,3 mm) se usa un dispositivo especial que está colocado lateralmente en la sonda (D). El extremo de la misma (F) se conecta con un manómetro de modo que registre presiones que le llegan por el remanente de luz que no ocupa el tubo plástico. Tanto la saturación de O<sub>2</sub> como la concentración del indicador pueden ser medidas por el oxímetro (L) intercambiándolo con el manómetro (I), por medio de una llave de tres vías (F). Un tubo de goma con entrada lateral (G) dentro de la sonda permite lavarla con solución de Ringer heparinizada impidiendo la coagulación. Todas estas conexiones están ajustadas a tornillo al igual que las de las jeringas. Es preferible lavar directamente, y no a través del "strain-gauge" porque las variaciones de temperatura de la solución de Ringer modifica la sensibilidad de la cápsula. Otro manómetro (K) P23G, con su correspondiente sistema de lavado (J) para mantener la luz del tubo plástico (E), se usa simultáneamente. Cuando se registran las curvas de dilución con un dispositivo similar al de la figura 2, el tubo plástico se desconecta del manómetro y se conecta a una jeringa de alta presión o a un inyector para la inyección rápida a través de un tubo tan fino.

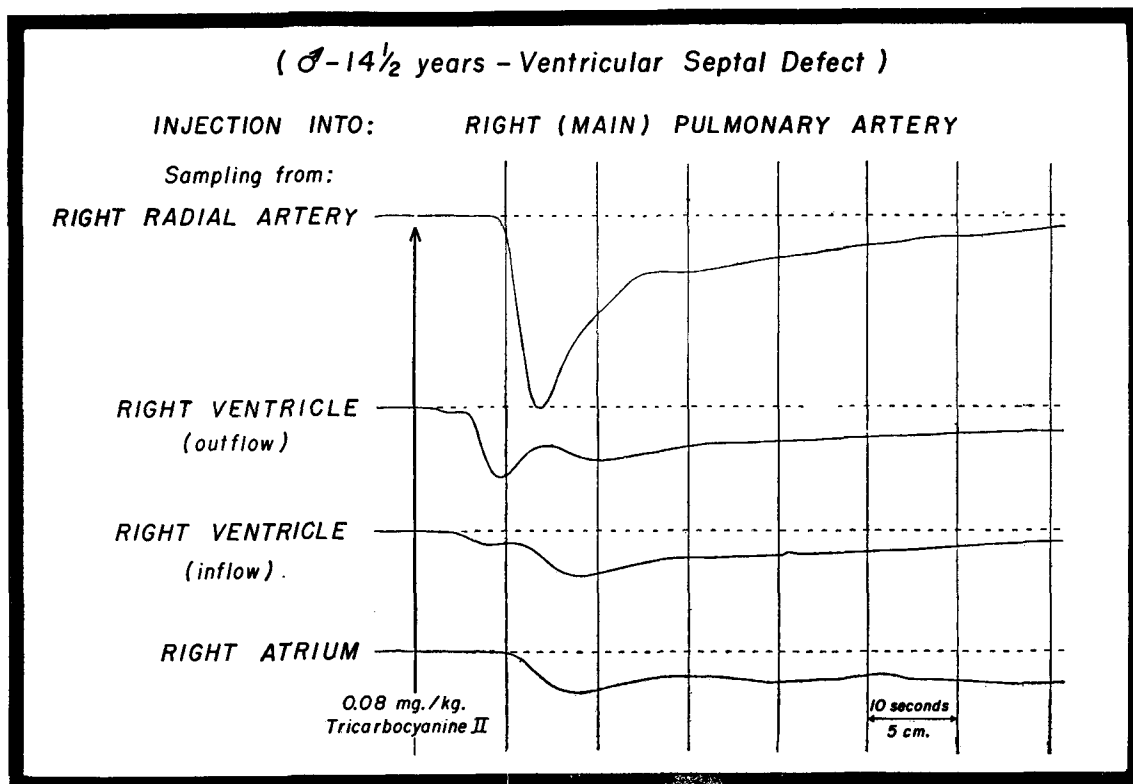


FIG. 45. — La utilidad de una curva de dilución registrada en diferentes lugares, para diagnosticar una comunicación interventricular del tracto de salida. El colorante aparece en ventrículo derecho antes que en la radial, lo que indica la presencia de un cortocircuito de izquierda a derecha a ese nivel. Por otra parte, el tiempo de aparición en aurícula derecha es normal. El menor cortocircuito detectado en el tracto de entrada de ventrículo derecho es un hallazgo habitual cuando estos defectos se hallan ubicados en el tabique membranoso. La magnitud del cortocircuito, así como los flujos pulmonar y sistémico pueden calcularse partiendo de esas curvas. Los valores obtenidos son los dados en el cuadro 3.

valores obtenidos por el Fick directo fueron de 19.5 litros por minuto. Este grado de relación puede considerarse aceptable si se piensa en la facilidad con que varía el flujo pulmonar aún usando el principio de Fick, debido al error más o menos grande que puede haber en la medida de pequeñas diferencias en el contenido de O<sub>2</sub> de la arteria y las venas cuando el paciente tiene un flujo pulmonar elevado.

*Demostración de un cortocircuito de izquierda a derecha desde la aorta al ventrículo derecho.*— Los signos físicos de un erectismo aórtico en pacientes con metabolismo basal normal pueden ser debidos a insuficiencia aórtica, persistencia

del conducto arterioso, fistula aortopulmonar y aneurisma roto en el seno de Valsalva. Cuando cualquiera de estos defectos está aislado, el diagnóstico es fácil de hacer por los medios clínicos habituales. No obstante, a veces se necesitan los datos de un cateterismo derecho concernientes al contenido de O<sub>2</sub> y a las presiones intercavitarias para establecer un diagnóstico con certeza.

Quando se sospecha un defecto aortopulmonar, este puede ser diferenciado de un ductus arterioso por medio del cateterismo combinado de las cavidades derechas y de la aorta, más las curvas de dilución obtenidas en una arteria sistémica, la arteria pulmonar y el ventrículo

derecho, habiendo inyectado el indicador en diferentes lugares de la aorta<sup>78-79</sup>. Los problemas diagnósticos son mucho más serios en los casos en que estos defectos están asociados con insuficiencia de la pulmonar o comunicación interventricular, lo cual produce, como es lógico, un aumento en el contenido de  $O_2$  de la sangre venosa del ventrículo derecho, comparada con la de la aurícula derecha.

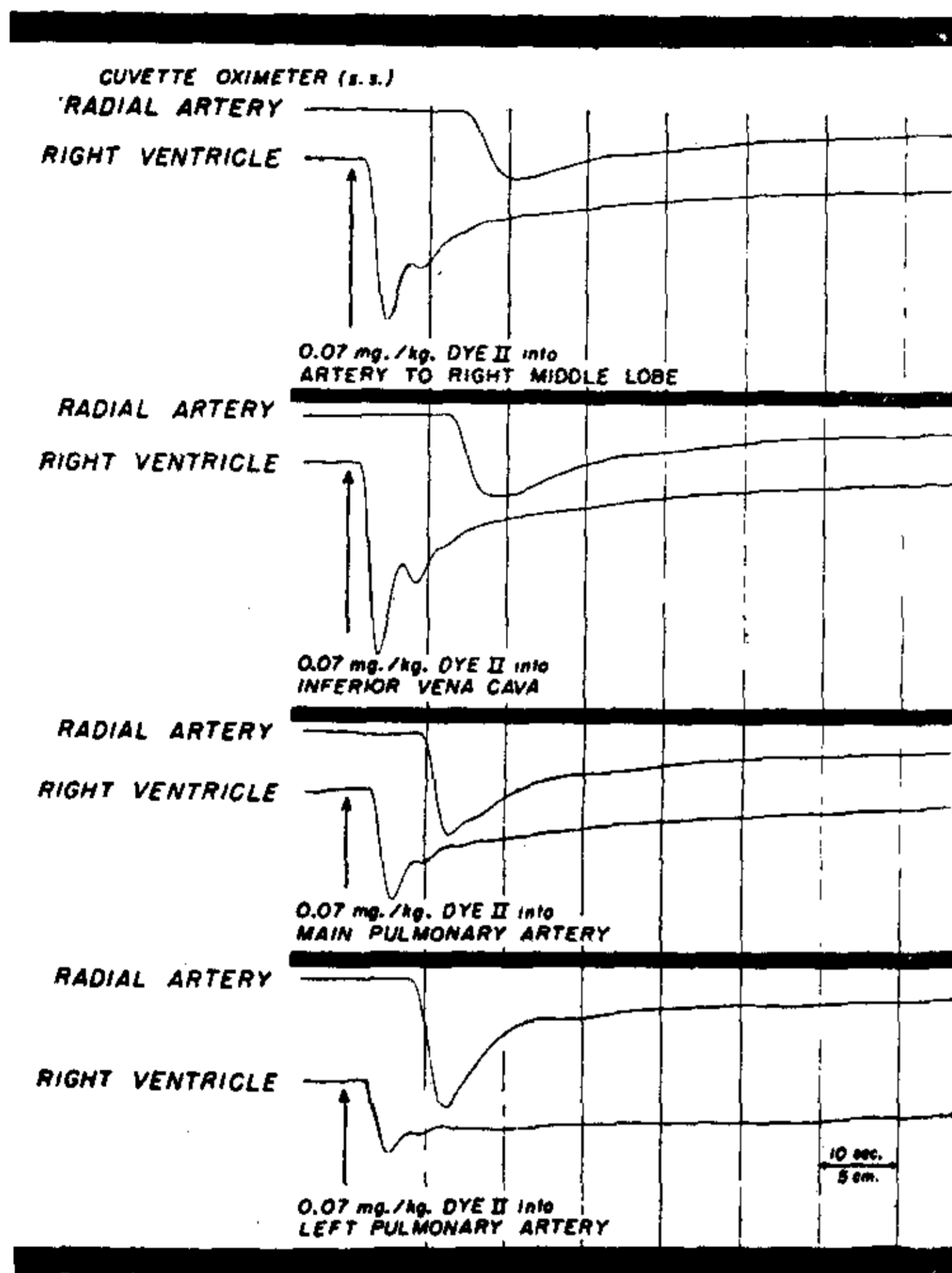


FIG. 46. — El uso de las curvas de dilución registradas en el tracto de salida del ventrículo derecho para establecer el diagnóstico de venas pulmonares anómalas con C.I.A. El paciente es un hombre de 22 años.

El diagnóstico de retorno venoso anómalo está basado en una curva de dilución de contornos similares a la obtenida inyectando en arteria pulmonar derecha y en vena cava inferior.

Las anomalías de la curva al inyectar en pulmón izquierdo demuestran el drenaje venoso anómalo de dicho pulmón hacia aurícula derecha, pasando por aurícula izquierda. Los porcentajes del cortocircuito se obtienen relacionando las áreas de la porción inicial de las curvas de ventrículo derecho con inyección en arteria pulmonar derecha o izquierda, con las áreas de las curvas registradas también en ventrículo derecho, pero inyectando en aurícula derecha o sus tributarios.

Las magnitudes de los flujos pulmonar y sistémico y el cortocircuito de izquierda a derecha calculados sobre estas curvas están en el cuadro N<sup>o</sup> 4 y el texto.

Este aumento en el contenido de  $O_2$  en el ventrículo derecho generalmente se debe a un cortocircuito de izquierda a derecha por una comunicación interventricular. Sin embargo, si esto sucede en un sujeto con signos físicos de erectismo aórtico es necesario dilucidar entre fístula aortopulmonar más insuficiencia pulmonar o más comunicación interventricular o más ruptura de la aorta en ventrículo derecho, o menos probablemente ruptura en ventrículo izquierdo con C.I.V. y por último la extraña situación de una arteria coronaria aberrante que se abre en V.D. A causa de las posibilidades quirúrgicas de algunas de estas combinaciones y la falta de posibilidades de otras, es muy importante que estas combinaciones de defectos puedan ser diagnosticadas.

Las curvas de dilución ofrecen esta certeza diagnóstica, usando la inyección en la aorta a diferentes alturas y registrando la curva en la circulación central. Ejemplos de estas aplicaciones se describirán en los capítulos venideros.

*Aneurisma del seno de Valsalva roto en ventrículo derecho.* — Si un indicador es inyectado en la aorta inmediatamente por arriba de las sigmoideas, en estos pacientes, debe ser reconocido en el ventrículo derecho casi instantáneamente después de la inyección. Con ello se localiza el cortocircuito de izquierda a derecha desde la aorta. La repetición de la inyección, pero ahora registrando en la aurícula derecha y luego en la arteria pulmonar, demostraron que el cortocircuito ocurre en el ventrículo derecho, ya que si no hay insuficiencia tricuspídea no puede haber aparición precoz del colorante en la aurícula derecha, en tanto que en la arteria pulmonar sería similar la curva a la de V.D.

En la figura 47 se muestra cómo se procede en estos casos en un paciente de 33 años de edad, del sexo femenino, con un aneurisma aórtico roto en V.D. Los valores del cortocircuito y de los flujos pulmonar y sistémico están en el cuadro N<sup>o</sup> 5, comparados con los obtenidos por el Fick directo. Repetidas determinaciones del flujo pulmonar por medio de las

curvas de dilución obtenidas en la radial o pulmonar, dieron cifras de 11.4, 12.5, 11.8 y 12.7 en tanto que el Fick directo dio 9.6 litros por minuto. Desde que esta última determinación se hizo después del largo procedimiento de las curvas de dilución, con la inserción de un catéter aórtico y demás maniobras, este grado de divergencia entre los dos métodos no puede considerarse inesperado.

También en la figura 47 se muestra cómo la presencia de una fístula aorto-pulmonar y una insuficiencia pulmonar,

pueden alterar la interpretación de las curvas de dilución. En un paciente con estos defectos, el diagnóstico correcto debería ser sugerido por la aparición menos precoz del colorante en el tracto de salida de V.D. con inyecciones en la aorta, que es lo que ocurriría si la comunicación es con la pulmonar y debe descender el colorante por la insuficiencia valvular.

Sobre la base de las curvas de la figura 47 no puede excluirse que el paciente tenga una insuficiencia aórtica más una comunicación interventricular. La ex-

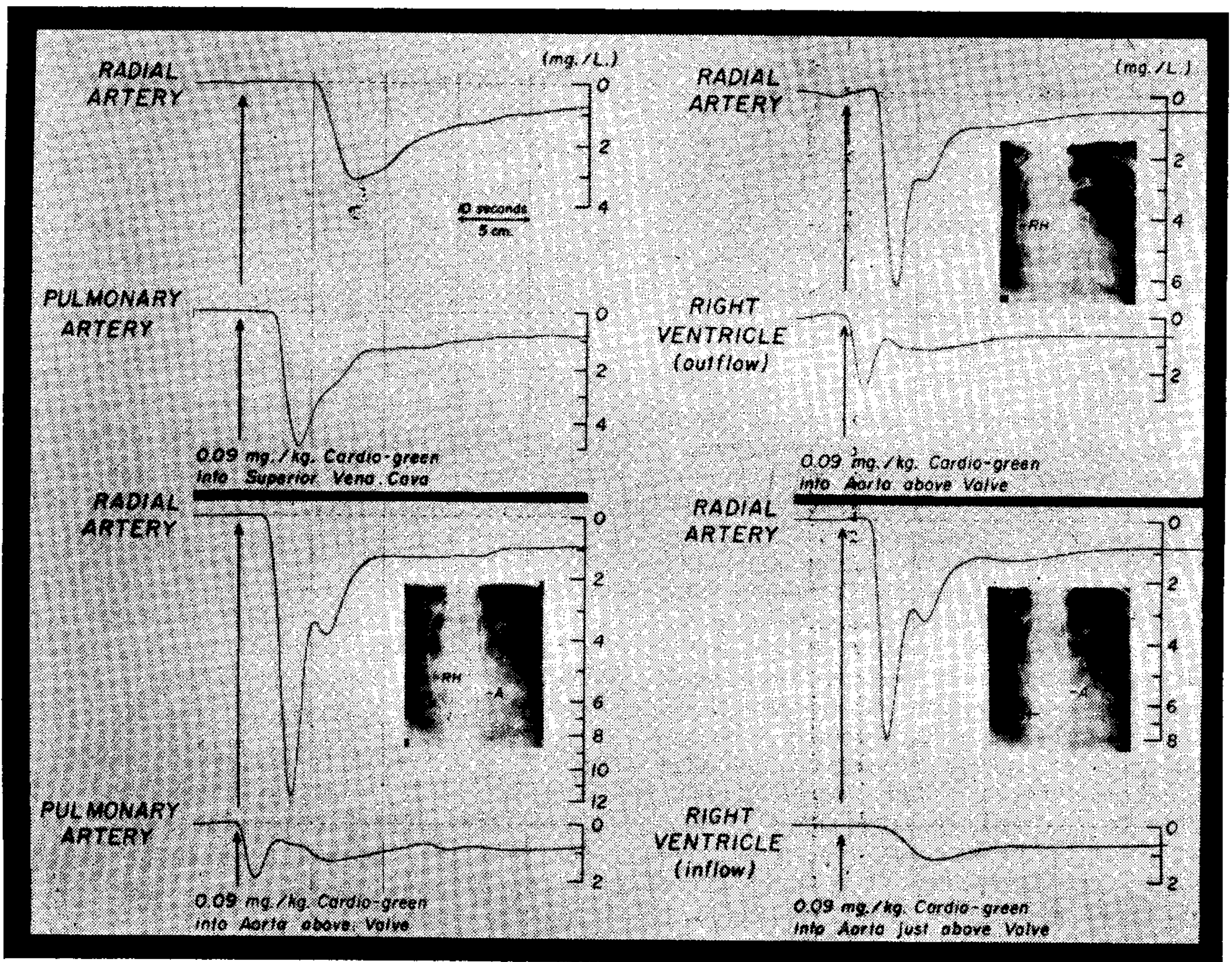


FIG. 47. — Las curvas registradas en la A.P. y en I V.D. hacen posible establecer la presencia de un cortocircuito de izquierda a derecha entre la aorta y V.D. en un paciente de 33 años con un aneurisma aórtico roto en este último.

Después de inyectar el indicador inmediatamente por arriba de la válvula aórtica, aparece en el tracto de salida de V.D. antes que en la radial, lo que demuestra el cortocircuito. Cantidades similares aparecen en A.P., y no en el tracto de entrada de V.D., de tal modo que ello localiza el cortocircuito en la zona de salida del V.D.

Las radiografías muestran la posición de la sonda en V.D. (R H) y en aorta (A), cuando se inyecta y se registra. El catéter aórtico (un francés N° 5) se introdujo por punción a través de la femoral.

En el cuadro 5 y en el texto se comparan los valores de los fujos pulmonar y sistémico calculados por las curvas de dilución y por el método de Fick.



clusión de este diagnóstico pudo conseguirse, no obstante, porque no hubo un registro instantáneo del colorante en el ventrículo izquierdo habiendo inyectado, como se dijo, en la aorta suprasigmoidea.

*Insuficiencia aórtica más comunicación interventricular.*—En los pacientes con esta condición, el colorante inyectado en la aorta suprasigmoidea debe ser registrada su aparición en ventrículo izquierdo. También quedaría demostrado que

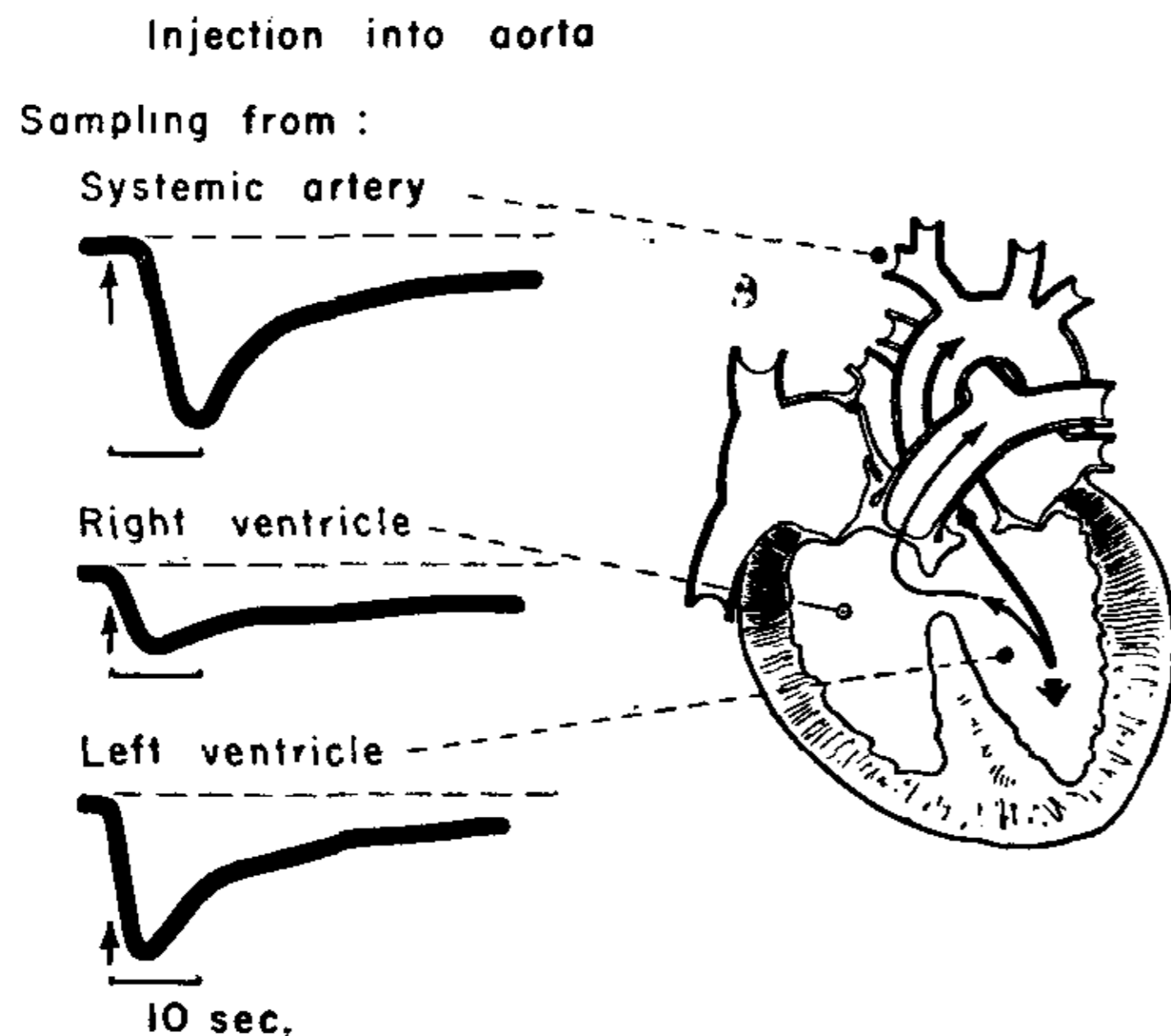


FIG. 48. — Método para demostrar la insuficiencia aórtica y el cortocircuito de izquierda a derecha originado en la aorta, por medio de curvas de dilución registradas simultáneamente en V. Izq., V.D. y una arteria sistémica, después de inyectar en la aorta, inmediatamente distal de la válvula sigmoidea. El paciente tenía insuficiencia aórtica y comunicación interventricular.

Después de inyectar en la aorta (punto negro en el esquema) el colorante se registra casi instantáneamente en ambos ventrículos y mucho antes que en una arteria sistémica, lo cual indica que hay insuficiencia aórtica (caso de V. Izq.) y cortocircuito de izquierda a derecha en aorta (caso de V.D.). Además hay una prolongación anormal y desproporcionada de la curva de desaparición de la aorta sistémica, indicadora de cortocircuito de izquierda a derecha, y de reflujó aórtico<sup>78-79</sup>.

la sangre cortocircuitada de izquierda a derecha viene desde la aorta. Estos registros simultáneos pueden ser efectuados por cateterismo aórtico y de la aorta, combinados con punción de ventrículo izquierdo tal como fuera descrito por Brock.

En la figura 49 se muestran las curvas de dilución en un sujeto de 37 años con insuficiencia aórtica y un cortocircuito de izquierda a derecha en el ventrículo derecho, después de una inyección del indicador en la aorta.

Si se inyecta el indicador en el ventrículo izquierdo y se hace registros con sangre de aurícula izquierda, se puede calcular el volumen cortocircuitado.

Para esos cálculos se usa la ecuación de Woodward y colaboradores<sup>83</sup> en la insuficiencia mitral. Las determinaciones controladas repetidas, efectuadas con el método de dilución que se ilustra en la figura 49, lado izquierdo, fueron 41 y 39 por ciento.

Los valores comparativos con el Fick directo se muestran en el cuadro 6.

Los valores del cortocircuito de izquierda a derecha calculados por las curvas de dilución mostradas en las partes superiores izquierda y derecha de la figura 49, fueron 29, 25 y 26 % del flujo pulmonar. Los valores para el flujo sistémico calculados por el mismo grupo de curvas fueron de 5.5., 5.7. y 5.2 litros por minuto, comparados con el de 3.5 litros del Fick directo. La distorsión debe atribuirse a que la insuficiencia aórtica modifica el triángulo inicial de la curva<sup>49</sup> pero la repetición de los resultados con el indicador demuestran que el método podría ser muy satisfactorio en ausencia de dicha distorsión.

## COMENTARIOS

Es evidente que, además de la utilidad diagnóstica en los cortocircuitos, la técnica de dilución es aplicable en alto grado a la investigación de la fisiología del aparato circulatorio normal.

Una de las aplicaciones más prometedoras es la del estudio de las insuficien-

cias valvulares inyectando el colorante por detrás de la válvula en cuestión y registrándolo por delante. El uso en las lesiones mitrales ha sido descrito por Woodward y colaboradores<sup>83</sup> y el uso en aórticos, tricuspídeas (fig. 49) y pulmonares está presentado<sup>84</sup>.

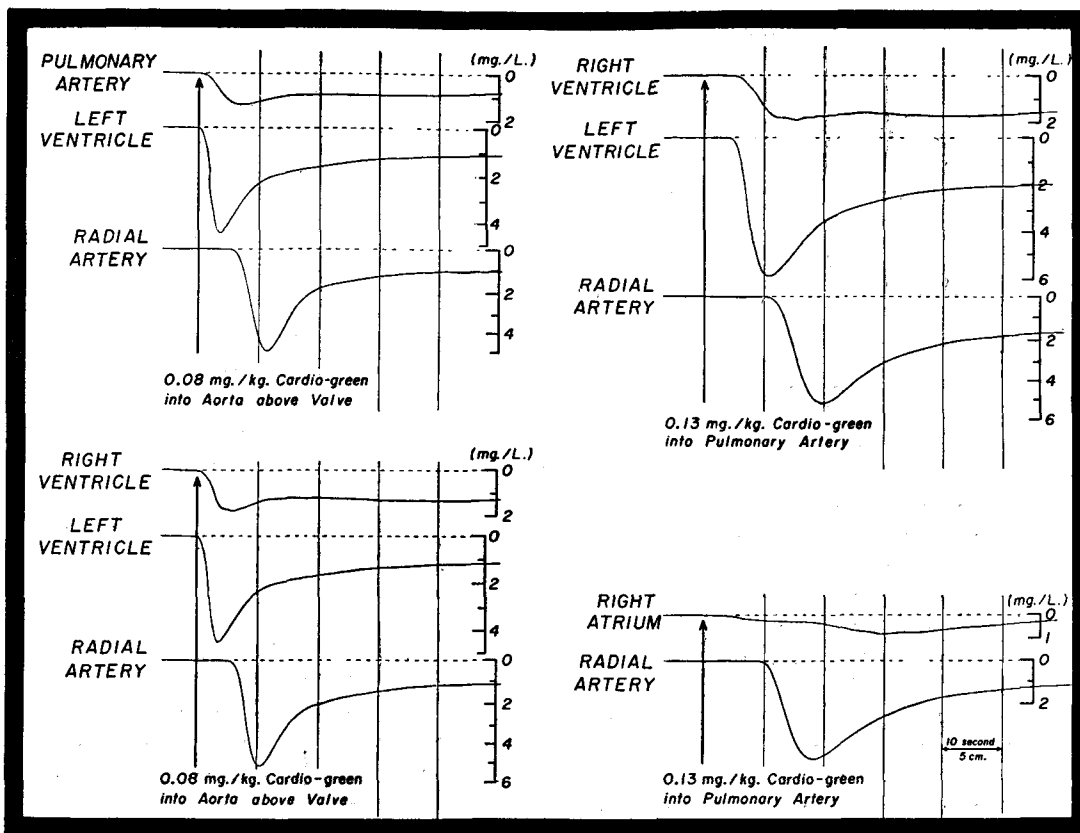


FIG. 49. — Curvas de dilución registradas en el V.Izq., una arteria sistémica y lugares seleccionados de las cavidades derechas demostrando la existencia de insuficiencia aórtica y de cortocircuito de izquierda a derecha en el V.D. Al inyectar el colorante en la aorta, inmediatamente por arriba de las sigmoideas, se lo registra casi simultáneamente en ambos ventriculos (parte inferior izquierda de la figura) y antes de que aparezca en la radial, por lo que se demuestra así el reflujó aórtico y el cortocircuito de izquierda a derecha de la sangre aórtica.

Si se repiten las inyecciones en la aorta se ve que el colorante también aparece en A.P. y V.D. precozmente. Si se inyecta en A.P. se ve aparición precoz en V.D. (luego de atravesar el pulmón y cavidades izquierdas), mientras que en A.D. aparece tardíamente. Así, el lugar del cortocircuito se localiza en V.D., tal vez por un defecto septal. Pequeñas cantidades de aparición precoz en A. D. se deben a un probable reflujó tricuspídeo por el agrandamiento cardíaco y la hipertensión pulmonar de este hombre de 37 años.

El registro de estas curvas se llevó a cabo durante un cateterismo combinado de ambos lados del corazón: la aorta por cateterismo retrógrado y el V.Izq. por punción según técnica de Brock<sup>81</sup> tal como lo han descrito Swan y colaboradores<sup>82</sup>.

Una comparación entre los flujos pulmonar y sistémico y el cortocircuito de izquierda a derecha, calculados por curvas de dilución y el método de Fick, se dan en el cuadro 6 y en el texto.

También se ha progresado en los estudios para evaluar el volumen y los caracteres del flujo sanguíneo a través de determinados segmentos del aparato circulatorio usando las curvas registradas simultáneamente en lugares anteriores o posteriores al segmento en estudio<sup>85,86</sup>.

Tales estudios contienen la promesa de buenos resultados, si se tiene en cuenta los puntos de vista básicos de las cosas que podrán ser aclaradas por el contorno de las curvas. Es seguro que, además, pronto aparecerán nuevas aplicaciones y mayores exactitudes.

Además de las ventajas para localizar los cortocircuitos intracardíacos, está el hecho de que las mediciones se pueden hacer casi simultáneamente dentro de un período total de más de treinta segundos. Esto es particularmente importante en los casos de hipertensión pulmonar severa, cuando se selecciona para la corrección quirúrgica de defecto septal o aortopulmonares<sup>44-87</sup>. El método de Fick directo adolece de la falla de que las muestras no son simultáneas y por lo tanto eso es una causa de error en el cálculo de los flujos y de cortocircuito, ya que entre los intervalos entre cada extracción de muestras las condiciones circulatorias pueden variar enormemente, especialmente en niños bajo influencia anestésica. En consecuencia, todas las suposiciones basadas en la constancia de valores que no son constantes, son difíciles de ser tomadas al pie de la letra. Además los valores de los cortocircuitos y flujo sanguíneo tienen en el Fick directo una nueva causa de error en el metabolismo basal que debe ser determinado durante el procedimiento.

Las técnicas de dilución de un colorante no tienen necesidad de estas determinaciones gasométricas y por lo tanto sus resultados son independientes de los mismos y no están complicados por la presencia de gases extraños (anestésicos) en la sangre. Este último hecho hace de la de los colorantes una técnica fácilmente pronta para estos estudios en pacientes anestesiados, sin que preocupe el tipo de droga usada ni los procedimientos operatorios<sup>72</sup>.

La pérdida de sangre es mínima, ya que la sangre extraída para registrar las curvas se reinyecta en el paciente después de cada determinación (figura 42). Esto resulta verdaderamente importante en lactantes o niños pequeños en quienes con el método de Fick se pueden hacer series depleciones sanguíneas que requieran posterior transfusión.

El uso de las técnicas de dilución no ha demostrado ser un riesgo adicional en un paciente con cateterismo derecho: si existe, es pequeño, aunque puede ser apreciable<sup>88,89</sup>. El indicador usado (cardio-

green) ha sido administrado a más de 350 pacientes sin la menor evidencia de toxicidad. La inyección intravenosa a la dosis de 0.05 a 2 mg por kilo de peso, no produjo trastornos de color ni en la piel ni en la orina.

Para la aplicación de la técnica se requiere aparatos de registro continuo de por lo menos una curva de dilución y si fuera posible, de dos curvas de cardiogreen en sangre total. En distintos lugares fabrican densímetros y oxímetros de cubetas que están disponibles en el comercio. Resulta altamente conveniente que el aparato usado de una curva que pueda estudiarse en seguida de su inscripción. Esta facilidad combinada con el oxímetro de cubeta agrega una importante ventaja de este aparato sobre el densitómetro, sin contar con que el oxímetro puede ser usado en forma alternada para el cardiogreen y la saturación de oxígeno. Esta facilidad permite ir más rápido y aumenta la exactitud del cateterismo derecho ya que hay un inmediato conocimiento de la saturación de O<sub>2</sub> y de las presiones intracavitarias en la punta del catéter, permite una mejor identificación del lugar en que está. Todo esto provee al médico de una serie de informaciones que le permiten mejorar el procedimiento, a la vez que se entera de la magnitud de las alteraciones en la oxigenación y de las presiones intracavitarias, lo cual, a su vez le ha de permitir en la medida de lo posible, hacer una serie de diagnósticos.

Para usar la técnica de dilución con indicadores con todas sus ventajas, particularmente en las cardiopatías con defectos múltiples, es necesario contar, en forma inmediata y durante el procedimiento, con los datos de saturación de O<sub>2</sub> y presiones intracavitarias. De esta manera, un médico avezado puede seleccionar las combinaciones de inyección y registro necesarios para establecer un diagnóstico. Cuando estas técnicas combinadas se usan, el médico puede ser capaz de hacer un diagnóstico correcto en todos los casos, al terminar el procedimiento,

Analizando una larga serie de cateterismos diagnósticos llevados a cabo de esta manera, se ha visto que un 95 % de ellos ha permitido arribar a una conclusión correcta con una sola exploración.

Nunca será exagerado insistir en las

ventajas del procedimiento, ya que por razones humanitarias y económicas el cateterismo llevado a cabo con los equipos descriptos disminuye al máximo las posibilidades de fallar y que sea necesario repetirlo, o agregar otros procedimientos.

### RESUMEN

Se describen métodos que permiten un diagnóstico exacto y rápido de la existencia y localización de lesiones funcionales intracardíacas o de los grandes vasos. Este procedimiento consta de la inyección de un indicador en lugar elegido de la circulación central y registros simultáneos de la concentración del citado indicador en la sangre extraída de diferentes lugares, previamente elegidos, del corazón derecho, izquierdo, arteria pulmonar o sistémica. Los resultados obtenidos están inmediatamente disponibles durante el procedimiento.

Por medio de esas técnicas es posible investigar y localizar cortocircuitos intracardíacos que sean muy pequeños para evidenciarse por las variantes de saturación de oxígeno. Además, tanto el flujo pulmonar como la magnitud de cortocircuito de izquierda a derecha pueden ser medidos simultáneamente en curvas de dilución inscriptas en un intervalo no mayor de 60 segundos.

Estas determinaciones no requieren la medición del metabolismo basal ni de ga-

ses en sangre y son independientes de las variaciones en la saturación de  $O_2$ , o de la presencia de gases extraños (anestésicos) en la sangre. No se necesita una cooperación activa del paciente, ni hay grandes pérdidas de sangre.

El indicador utilizado, cardiogreen, no es tóxico en las dosis usadas, y no causa alteraciones visibles en el color de la piel o de la orina. No fueron observadas reacciones desfavorables como resultado del procedimiento.

La técnica, además de aumentar la exactitud y ser terminante en el diagnóstico de los defectos más comunes del septum y aortopulmonares, pueden ser aplicada con gran éxito en los defectos poco comunes o en las combinaciones, casos estos últimos en que el diagnóstico puede ser muy difícil de establecer con otros métodos.

En definitiva, estas técnicas significan un aporte muy importante a los métodos diagnósticos actuales que se usan en el estudio funcional de las enfermedades cardíacas.

### BIBLIOGRAFIA

1. Matthes, K.: Untersuchungen über den Gasaustausch in der menschlichen Lunge. I. Mitteilung: Sauerstoffgehalt und Sauerstoffspannung im Arterienblut und im venösen Mischblut des Menschen. Arch. exper. Path. u. Pharmakol., 1926, 181, 630.
2. Wood, E. H. and Geraci, J. E.: Photoelectric Determination of Arterial Oxygen Saturation in Man. J. Lab. & Clin. Med., 1949, 34, 387.
3. Wood, E. H.: Oximetry. In Glasser, Otto: Medical Physics. Year Book Publishers, Inc., Chicago, 1950, vol. 2, p. 664.
4. Symposium on In Vivo Photometry of Blood in Human Beings. Proc. Staff Meet., Mayo Clin., 1950, 25, 377.
5. Friedlich, A., Heimbecker, R. and Bing, R. J.: A Device for Continuous Recording of Concentration of Evans Blue Dye in Whole Blood and Its Application to Determination of Cardiac Output. J. Appl. Physiol., 1950, 3, 12.
6. Lochner, Wilhelm and Schoedel, Wolf: Blutfüllung des kleinen Kreislaufs und Herzminutenvolumen. Arch. ges. Physiol., 1950, 252, 281.
7. Zijlstra, W. G.: Fundamentals and Applications of Clinical Oximetry. Ed. 2, Assen, Holland, Van Gorcum & Comp., N. V., 1953.
8. Fox, I. J. and Wood, E. H.: Use of Methylene Blue as an Indicator for Arterial Dilution Curves in the Study of Heart Disease. J. Lab. & Clin. Med., 1957, 50, 598.
9. Fox, I. J., Sutterer, W. F. and Wood, E. H.: Dynamic Response Characteristics of Systems for Continuous Recording of Concen-

- tration Changes in a Flowing Liquid (For Example, Indicator-Dilution Curves). *J. Appl. Physiol.*, 1957, *11*, 390.
10. Rossi, H. H., Powers, S. H. and Dwork, Bernard: Measurement of Flow in Straight Tubes by Means of the Dilution Technique. *Am. J. Physiol.*, 1953, *173*, 103.
  11. Sheppard, C. W.: Mathematical Considerations of Indicator Dilution Techniques. *Minnesota Med.*, 1954, *37*, 93.
  12. Nicholson, J. W., III, Burchell, H. B. and Wood, E. H.: A Method for the Continuous Recording of Evans Blue Dye Curves in Arterial Blood, and Its Application to the Diagnosis of Cardiovascular Abnormalities. *J. Lab. & Clin. Med.*, 1951, *37*, 353.
  13. Broadbent, J. C. and Wood, E. H.: Indicator-Dilution Curves in Acyanotic Congenital Heart Disease. *Circulation*, 1954, *9*, 890.
  14. Swan, H. J. C., Zapata-Diaz, J. and Wood, E. H.: Dye Dilution Curves in Cyanotic Congenital Heart Disease. *Circulation*, 1953, *8*, 70.
  15. Swan, H. J. C. and Wood, E. H.: Localization of Cardiac Defects by Dye-Dilution Curves Recorded After Injection of T-1824 at Multiple Sites in the Heart and Great Vessels During Cardiac Catheterization. *Proc. Staff Meet., Mayo Clin.*, 1953, *28*, 95.
  16. Fox, I. J., Brooker, L. G. S., Heseltine, D. W. and Wood, E. H.: A New Dye for Continuous Recording of Dilution Curves in Whole Blood Independent of Variations in Blood Oxygen Saturation. (Abstr.), *Circulation*, 1956, *14*, 937.
  17. Stewart, G. N.: The Output of the Heart in Dogs. *Am. J. Physiol.*, 1921, *57*, 27.
  18. White, H. L.: Measurement of Cardiac Output by a Continuously Recording Conductivity Method. *Am. J. Physiol.*, 1947, *151*, 45.
  19. Nylin, Gustav and Celander, Hjordis: Determination of Blood Volume in the Heart and Lungs and the Cardiac Output Through Injection of Radiophosphorus. *Circulation*, 1950, *1*, 76.
  20. MacIntyre, W. J., Pritchard, W. H., Eckstein, R. W. and Friedell, H. L.: The Determination of Cardiac Output by a Continuous Recording System Utilizing Iodinated (1131) Human Serum Albumin. I. Animal Studies. *Circulation*, 1951, *4*, 552.
  21. Lochner, Wilhelm and Dal Ri, Heinz: Bestimmung des Herzzeitvolumens mit der Injektionsmethode durch Blutverdünnung. *Arch. ges. Physiol.*, 1957, *264*, 543.
  22. Fox, I. J., Brooker, L. G. S., Heseltine, D. W. and Essex, H. E.: A Tricarbo-cyanine Dye for Continuous Recording of Dilution Curves in Whole Blood Independent of Variations in Blood Oxygen Saturation. (Abstr.) *Fed. Proc.*, 1957, *16* (pt. 1), 39.
  23. Kramer, Kurt and Ziegenrucker, Gerd: Die Bestimmung des Herzminutenvolumens, Unabhängig von der Sauerstoffsättigung des Blutes, an Uneröffneten Arterien, mit Hilfe eines neuen im nahen infrarot absorbierenden Farbstoffes. *Klin. Wchnschr.*, 1957, *35*, 468.
  24. Wood, E. H.: Special Instrumentation Problems Encountered in Physiological Research Concerning Heart and Circulation in Man. *Science*, 1950, *112*, 707.
  25. Fox, I. J. and Wood, E. H.: Applications of Dilution Curves Recorded From the Right Side of the Heart or Venous Circulation With the Aid of a New Indicator Dye. *Proc. Staff Meet., Mayo Clin.*, 1957, *32*, 541.
  26. Knutson, J. R. B., Taylor, B. L., Ellis, E. J. and Wood, E. H.: Studies on Circulation Time With the Aid of the Oximeter. *Proc. Staff Meet., Mayo Clin.*, 1950, *25*, 405.
  27. Keys, J. R., Swan, H. J. C. and Wood, E. H.: Dye-Dilution Curves From Systemic Arteries and Left Atrium of Patients With Valvular Heart Disease. *Proc. Staff Meet., Mayo Clin.*, 1956, *31*, 138.
  28. Wood, E. H., Woodward, Edward, Jr., Swan, H. J. C. and Ellis, F. H., Jr.: Detection and Estimation of Mitral Regurgitation by Indicator-Dilution Technics. (Abstr.) *J. Clin. Invest.*, 1956, *35*, 745.
  29. Swan, H. J. C., Burchell, H. B. and Wood, E. H.: Differential Diagnosis at Cardiac Catheterization of Anomalous Pulmonary Venous Drainage Related to Atrial Septal Defects or Abnormal Venous Connections. *Proc. Staff Meet., Mayo Clin.*, 1953, *28*, 452.
  30. Callahan, J. A., Brandenburg, R. O. and Swan, H. J. C.: Pulmonary Stenosis and Ventricular Septal Defect With Arteriovenous Shunts: A Clinical and Hemodynamic Study of Eleven Patients. *Circulation*, 1955, *12*, 994.
  31. Warner, H. R. and Toronto, A. F.: Measurement of Back-Flow in the Aorta Associated With Insufficiency of the Aortic Valve. (Abstr.) *Clin. Res. Proc.* 1957, *5*, 62.
  32. Braunwald, Eugene, Tanenbaum, H. L. and Morrow, A. G.: Dye-Dilution Curves From Left Heart and Aorta for Localization of Left-to-Right Shunts and Detection of Valvular Insufficiency. *Proc. Soc. Exper. Biol. & Med.*, 1957, *94*, 510.
  33. Swan, H. J. C., Kirklin, J. W.: Becu, L. M. and Wood, E. H.: Anomalous Connection of Right Pulmonary Veins to Superior Vena Cava With Intratrial Communications: Hemodynamic Data in Eight Cases. *Circulation*, 1957, *16*, 54.
  34. Swan, H. J. C., Burchell, H. B. and Wood, E. H.: The Presence of Venoarterial Shunts in Patients With Interatrial Communications. *Circulation*, 1954, *10*, 705.
  35. Swan, H. J. C., Hetzel, P. S., Burchell, H. B. and Wood, E. H.: Relative Contribution of Blood From Each Lung to the Left-to-Right Shunt in Atrial Septal Defect: Demonstration by Indicator-Dilution Technics. *Circulation*, 1956, *14*, 200.

36. Etsten, Benjamin, Reynolds, R. N. and Li, T. H.: The Effects of Controlled Respiration on Circulation During Cyclopropane Anesthesia. *Anesthesiology*, 1955, 16, 365.
37. Fletcher, Grant, Pender, J. W. and Wood, E. H.: Hemodynamic Effects of Ether Anesthesia and Surgery in 11 Cases. *Current Res. in Anesth. & Analg.*, 1956, 35, 18.
38. Fieldman, E. J., Ridley, R. W. and Wood, E. H.: Hemodynamic Studies During Thiopental Sodium and Nitrous Oxide Anesthesia in Humans. *Anesthesiology*, 1955, 16, 473.
39. Thompson, M. C., Patrick, R. T. and Wood, E. H.: Effects of Cyclopropane Anesthesia on the Circulation of Human Beings. *J.A.M.A.*, 1957, 164, 389.
40. Weidman, W. H., Kirklin, J. W., Fieldman, E. J. and Wood, E. H.: Determination During Surgery of Completeness of Closure of Atrial Septal Defects. (Abstr.) *J. Lab. & Clin. Med.*, 1954, 44, 949.
41. Burchell, H. B. and Wood, E. H.: The Interdependence of the Medical, Surgical and Laboratory Disciplines in the Selection of Cases for Cardiac Surgery. *S. Clin. North America*, Aug., 1955, pp. 919-936.
42. DuShane, J. W., Kirklin, J. W., Patrick, R. T., Donald, D. E., Terry, H. R., Jr., Burchell, H. B. and Wood, E. H.: Ventricular Septal Defects With Pulmonary Hypertension: Surgical Treatment by Means of a Mechanical Pump-Oxygenator. *J.A.M.A.*, 1956, 160, 950.
43. Kirklin, J. W., Weidman, W. H., Burroughs, J. T., Burchell, H. B. and Wood, E. H.: The Hemodynamic Results of Surgical Correction of Atrial Septal Defects: A Report of Thirty-three Cases. *Circulation*, 1956, 13, 825.
44. Kirklin, J. W., Donald, D. E., Harshbarger, H. G., Hetzel, P. S., Patrick, R. T., Swan, H. J. C. and Wood, E. H.: Studies in Extracorporeal Circulation. I. Applicability of Gibbon-Type Pump-Oxygenator to Human Intracardiac Surgery: 40 Cases. *Ann. Surg.*, 1956, 144, 2.
45. DuShane, J. W., Brandenburg, R. O., Wood, E. H. and Kirklin, J. W.: Criteria for Selection of Patients With Ventricular Septal Defects for Surgical Repair. (Abstr.) *Circulation*, 1956, 14, 929.
46. Oustrières, G.-O., Vernant, P. and Mathey, J.: Etude hémodynamique per-opératoire de la persistance du canal artériel. *Rev. franç. études clin. et biol.*, 1956, 1, 1105.
47. Symposium on Physiologic, Clinical and Surgical Interdependence in the Study and Treatment of Congenital Heart Disease: Illustrative Cases. *Proc. Staff Meet., Mayo Clin.*, 1954, 29, 265.
48. Broadbent, J. C. and Wood, E. H.: Indicator-Dilution Curves in Acyanotic Congenital Heart Disease. *Circulation*, 1954, 9, 890.
49. Korner, P. I. and Shillingford, J. P.: Quantitative Estimation of Valvular Incompetence by Dye Dilution Curves. *Clin. Sc.*, 1955, 14, 553.
50. Wood, E. H.: Hemodynamic Methods for the Differentiation of Mitral Stenosis and Mitral Regurgitation. Read as the Antonio Battro Memorial Lecture, Buenos Aires, Argentina, September 9, 1957.
51. Bing, R. J., Heimbecker, R. and Falholt, W.: An Estimation of Residual Volume of Blood in the Right Ventricle of Normal and Diseased Human Hearts In Vivo. *Am. Heart J.*, 1951, 42, 483.
52. Wood, E. H., Bowers, Dorrance, Shepherd, J. T. and Fox, I. J.: O<sub>2</sub> Content of 'Mixed' Venous Blood in Man During Various Phases of the Respiratory and Cardiac Cycles in Relation to Possible Errors in Measurement of Cardiac Output by Conventional Application of the Fick Method. *J. Appl. Physiol.*, 1955, 7, 621.
53. Theilen, E. O., Gregg, D. E., Paul, M. H. and Gilford, S. R.: Determination of Cardiac Output With Cuvette Densitometer in Presence of Reduced Arterial Oxygen Saturation. *J. Appl. Physiol.*, 1955, 8, 330.
54. Nylin, Gustav and Blömer, Hans: Studies on Distribution of Cerebral Blood Flow With Thorium B-Labeled Erythrocytes (Preliminary Report). *Circulation Res.*, 1955, 3, 79.
55. Gorlin, R. and Storaasli, J. P.: Data presented before the meeting of the American College of Cardiology, Washington, D. C. (May) 1957.
56. Andres, R., Zierler, K. L., Anderson, H. M., Stainsby, W. N., Cader, G., Ghraryib, A. S. and Lilienthal, J. L., Jr.: Measurement of Blood Flow and Volume in the Forearm of Man; With Notes on the Theory of Indicator-Dilution and on Production of Turbulence, Hemolysis, and Vasodilatation by Intra-vascular Injection. *J. Clin. Invest.*, 1954, 33, 482.
57. Fox, I. J., Brooker, L. G. S., Heseltine, D. W., Essex, H. E. and Wood, E. H.: A Tricarbocyanine Dye for Continuous Recording of Dilution Curves in Whole Blood Independent of Variations in Blood Oxygen Saturation. *Proc. Staff Meet., Mayo Clin.*, 1957, 32, 478.
58. Ramirez de Arellano, A. A., Hetzel, P. S. and Wood, E. H.: Measurement of Pulmonary Blood Flow Using the Indicator-Dilution Technic in Patients With a Central Arteriovenous Shunt. *Circulation Res.*, 1956, 4, 400.
59. Kinsman, J. M., Moore, J. W. and Hamilton, W. F.: Studies on Circulation. I. Injection Method: Physical and Mathematical Considerations. *Am. J. Physiol.*, 1929, 89, 322.
60. Hetzel, P. S., Swan, H. J. C., Ramirez de

- Arellano, A. A. and Wood, E. H.: Estimation of Cardiac Output From First Part of Arterial Dye-Dilution Curves. *J. Appl. Physiol.*, 1958, 13, 92.
61. Wood, E. H. and Swan, H. J. C.: Definition of Terms and Symbols for Description of Circulatory Indicator-Dilution Curves. *J. Appl. Physiol.*, 1954, 6, 797; Correction 1955, 7, ii.
  62. Swan, H. J. C., Hetzel, P. S. and Wood, E. H.: Quantitative Estimation by Indicator-Dilution Technics of the Contribution of Blood From Each Lung to the Left-to-Right Shunt in Atrial Septal Defects. *Circulation*, 1956, 14, 212.
  63. Meier, P. and Zierler, K. L.: on Theory of Indicator-Dilution Method for Measurement of Blood Flow and Volume. *J. Appl. Physiol.*, 1954, 6, 731.
  64. Nicholson, J. W., III, and Wood, E. H.: Estimation of Cardiac Output and Evans Blue Space in Man, Using Oximeter. *J. Lab. & Clin. Med.*, 1951, 38, 588.
  65. Fritts, H. W., Jr., Harris, P., Chidsey, C. A., III, Clauss, R. H. and Cournand, A.: Validation of a Method for Measuring the Output of the Right Ventricle in Man by Inscription of Dye-Dilution Curves From the Pulmonary Artery. *J. Appl. Physiol.*, 1957, 11, 362.
  66. David, André, Swan, H. J. C. and Wood, E. H.: Pulmonary Blood Flow by Dilution Curves: Use of a Central Sampling Technic. (Abstr.) *Fed. Proc.*, 1958, 17 (pt. 1), 32.
  67. Symposium on Diagnostic Applications of Indicator-Dilution Technics. *Proc. Staff Meet., Mayo Clin.*, 1957, 32, 463.
  68. Marshall, H. W., Woodward, Edward, Jr., and Wood, E. H.: Hemodynamic Methods for Differentiation of Mitral Stenosis and Regurgitation. *Am. J. Cardiol.*, 1958, 2, 24.
  69. Wood, E. H.: Special Technics of Value in the Cardiac Catheterization Laboratory. *Proc. Staff Meet., Mayo Clin.*, 1953, 28, 58.
  70. Grace, J. B., Fox, I. J., Crowley, W. P., Jr., and Wood, E. H.: Thoracic-Aorta Flow in Man. *J. Appl. Physiol.*, 1957, 11, 405.
  71. Kjellberg, S. R., Mannheimer, Rudhe, Ulf and Jonsson, Bengt: Diagnosis of Congenital Heart Disease: A Clinical and Technical Study by the Cardiologic Team of the Pediatric Clinic, Karolinska sjukhuset, Stockholm. Year Book Publishers, Inc., Chicago, 1955.
  72. Toscano-Barboza, Ely, Kirklin, J. W., Swan, H. J. C. and Wood, E. H.: Applications of Indicator-Dilution Technics in Clinical Surgery. *Proc. Staff Meet., Mayo Clin.*, 1957, 32, 509.
  73. Morrow, A. G., Sanders, R. J. and Braunwald, Eugene: The Nitrous Oxide Test: An Improved Method for the Detection of Left-to-Right Shunts. *Circulation*, 1958, 17, 284.
  74. Case, R. B., Hurley, H. W., Keating, R. P. Keating P., Sachs, H. L. and Loeffler, E. E.: Detection of Circulatory Shunts by Use of a Radioactive Gas. *Proc. Soc. Exper. Biol. & Med.*, 1958, 97, 4.
  75. Sanders, R. J.: Use of a Radioactive Gas ( $Kr^{85}$ ) in Diagnosis of Cardiac Shunts. *Proc. Soc. Exper. Biol. & Med.*, 1958, 97, 1.
  76. Dow, Philip: Estimations of Cardiac Output and Central Blood Volume by Dye Dilution. *Physiol. Rev.*, 1956, 36, 77.
  77. Swan, H. J. C., Toscano-Barboza, Ely and Wood, E. H.: Hemodynamic Findings in Total Anomalous Pulmonary Venous Drainage. *Proc. Staff Meet., Mayo Clin.*, 1956, 31, 177.
  78. Wright, J. L. and Wood, E. H.: Localization of Valvular Regurgitation. *Proc. Staff Meet., Mayo Clin.*, 1957, 32, 491.
  79. Warner, H. R. and Toronto, A. F.: Quantitation of Backflow in Patients With Aortic Insufficiency Using an Indicator Technic. *Circulation Res.*, 1958, 6, 29.
  80. Symposium on Diagnostic Application of Indicator-Dilution Curves Recorded From the Right and Left Sides of the Heart. *Proc. Staff Meet., Mayo Clin.*, 1958, 33, 535.
  81. Brock, Russell, Milstein, B. B. and Ross, D. N.: Percutaneous Left Ventricular Puncture in the Assessment of Aortic Stenosis. *Thorax*, 1956, 11, 163.
  82. Swan, H. J. C., Burchell, H. B., Linder, Erland, Birkhead, N. C. and Wood, E. H.: Technic and Diagnostic Applications of Dilution Curves Recorded Simultaneously From Left and Right Sides of Heart and Arterial Circulations Following Injections of Indicator at Selected Sites in the Cardiac Chambers and Great Vessels. *Proc. Staff Meet., Mayo Clin.*, 1958, 33, 581.
  83. Woodward, Edward, Jr., Swan, H. J. C. and Wood, E. H.: Evaluation of a Method for Detection of Mitral Regurgitation From Indicator-Dilution Curves Recorded From the Left Atrium *Proc. Staff Meet., Mayo Clin.*, 1957, 32, 525.
  84. Bajec, D. F., Birkhead, N. C., Carter, S. A. and Wood, E. H.: Localization and Estimation of Severity of Regurgitant Flow at the Pulmonary and Tricuspid Valves. *Proc. Staff Meet., Mayo Clin.*, 1958, 33, 569.
  85. Keys, J. R., Swan, H. J. C., Hetzel, P. S. and Wood, E. H.: Left Atrial and Systemic Arterial Dilution Curves After Injection of Indicator Into Left and Right Heart of Humans. (Abstr.) *Fed. Proc.*, 1956, 15 (pt. 1), 110.
  86. Lange, R. L. and Hecht, H. H.: Quantitation of Valvular Regurgitation From Simultaneous Multiple Site Indicator Dilution Curves in Man. (Abstr.) *Clin. Res.*, 1958, 6, 217.
  87. Lillehei, C. W.: Present Status of Open Car-

- diotomy for Correction of Congenital and Acquired Cardiac Disease. Mod. Concepts Cardiovas. Dis., 1958, 27, 441.
88. Cournand, André, Bing, R. J., Dexter, Lewis, Dotter, Charles, Katz, L. N., Warren, J. V. and Wood, E. H.: Report of Committee on Cardiac Catheterization and Angiocardiography of the American Heart Association. Circulation 1953, 7, 769.
89. Scebat, L., Renais, J., Meeus-Bithe, L. and Lenègre, J.: Accidents, indications et contre-indications du cathétérisme des cavités droites du coeur. Arch. mal. coeur, 1957, 50, 943.

### AGRADECIMIENTO

*El autor se siente en deuda con muchos colegas profesionales sin cuya activa colaboración este trabajo no se hubiera llevado a cabo. También es altamente reconocida la asistencia técnica del Sr. W. S. Suttner, Srta. Lucille Cronin y señora Jean*

*Frank y sus colegas.*

*El verde indocyanine, colorante usado en estos estudios, fue proporcionado cortesmente por los señores Hynson, Westcott y Dunning Inc. y la Eastman Kodak Company*

---