

# Artículos originales

## La angiografía radioisotópica en la detección y cuantificación de shunts

JOSE JULIO SANTOPINTO  
CARLOS ALVAREZ IORIO  
SILVIA CRISTINA NOTTA

Servicio de Hemodinamia,  
Instituto Privado de Medicina Nuclear,  
Sanatorio Maternidad del Sur,  
Bahía Blanca, Pcia. de Buenos Aires.

Recibido para su publicación: 1/1983  
Aceptado: 4/1983

*De 1980 a 1982 se estudiaron 56 pacientes con diagnóstico presuntivo de shunt intracardiaco mediante angiografía radioisotópica (AR) utilizando el método del primer pasaje. En 21 pacientes (33,8%) se confirmó el diagnóstico presuntivo, localizando y cuantificando el cortocircuito por medio de la aplicación de la variable gamma propuesta por Maltz y Treves en 1973. A todos los pacientes se les realizó estudio hemodinámico con cuantificación oximétrica del shunt. El 61% (13) dentro de los 15 días subsiguientes al estudio y el 39% (8) dentro de los 60 días. Las curvas tiempo-actividad de la AR fueron analizadas por los métodos manual y semiautomático, correlacionándolos posteriormente. En 6 pacientes (28%) con ductus se evaluaron los diferentes porcentajes de recirculación sobre ambos pulmones. Se eligió el método semiautomático por su simplicidad sin desmedro de su eficacia ( $r=0,99$ ). Comparando los resultados obtenidos con AR y hemodinamia se obtuvo un intervalo de correlación del 95%, estadísticamente significativo, con  $r=0,92$ , en la detección y cuantificación del shunt. Considerando las fuentes potenciales de error, atribuibles a una incorrecta técnica de empleo, se concluye que la AR es un método confiable, certero, inocuo y reproducible, permitiendo seleccionar a los pacientes para hemodinamia, su seguimiento en ya estudiados y en la evaluación postoperatoria de cirugía paliativa o correctora.*

Es una constante en esta época la tendencia a crear métodos de diagnóstico que reduzcan los riesgos para el paciente brindando al mismo tiempo información confiable. Un importante avance ha sido la introducción de los radioisótopos en la evaluación de múltiples variables hemodinámicas (fracción de eyección, motilidad parietal, perfusión miocárdica, etc.), con el uso de cámaras gamma y computadoras digitales, empleando técnicas sencillas y de alta precisión. El empleo ulterior de isótopos de corta vida media y baja energía, conjuntamente con el perfeccionamiento de las computadoras, permitieron ampliar el campo de acción de este método, posibilitando su uso en la detección y cuantificación de shunts intracardiacos. Ya en 1963, Blender y Blan<sup>1</sup> hicieron publicaciones al respecto, mientras que Anger y otros, en 1965,<sup>2</sup> comunicaron perfeccionamientos de los resultados con el uso de cámaras de cristal único.

En la actualidad, la angiografía radioisotópica (AR) ha demostrado su eficacia en la detección y cuantificación de shunts intracar-

Dirección postal:  
Servicio de Hemodinamia  
Instituto Privado de Medicina Nuclear  
Sanatorio de Maternidad del Sur  
11 de Abril 25  
(8000) Bahía Blanca  
Provincia de Buenos Aires  
Argentina

díacos en múltiples publicaciones,<sup>4, 5, 6</sup> basando sus resultados en el hecho de que estas patologías presentan un patrón hemodinámico alterado de tal forma que para localizar el shunt y cuantificar la fracción de volumen minuto que pasa a través del cortocircuito basta con monitorizar el tránsito pulmonar de un radionucleido ya inyectado por vía endovenosa. Usando el modelo de variable gamma propuesto por Maltz y Treves en 1973<sup>4</sup> se puede separar en una curva tiempo-actividad pulmonar su primer componente de la recirculación, permitiendo cuantificar con exactitud el flujo a través del shunt.

Se ha demostrado que el método radioisotópico ofrece grandes ventajas, ya que permite visualizar simultáneamente cavidades cardíacas, pulmón y grandes vasos, no altera los parámetros hemodinámicos con la inyección endovenosa del radioisótopo y su realización se efectúa con una exposición mínima a las radiaciones usando emisores gamma, hechos todos que permiten calificar a este método como simple, certero, seguro y reproducible. Sus inconvenientes radican en que posee una resolución anatómica limitada y no permite la medición de presiones ni de la saturación de oxígeno de las cavidades cardíacas.

El propósito de este trabajo es presentar nuestra experiencia en la detección y cuantificación de shunts de izquierda a derecha mediante angiografía radioisotópica comparándola con los resultados obtenidos por método oximétrico durante un estudio hemodinámico.

Los resultados en 21 pacientes con cortocircuito comprobado por hemodinamia son examinados detalladamente para establecer la importancia de la angiografía como procedimiento diagnóstico de elección en la evaluación de pacientes sospechosos de poseer shunts, en su seguimiento para establecer en forma incruenta el momento quirúrgico oportuno, en la elección apropiada de enfermos que deberán realizar un estudio hemodinámico y aun en el control postoperatorio de pacientes con corrección quirúrgica efectuada.

## MATERIAL Y METODO

### *Selección de pacientes*

Se efectuaron angiografías radioisotópicas a

un grupo de 56 pacientes que fueron enviados para evaluación por sospecha de shunt intracardíaco.

Sus edades oscilaban entre dos meses y medio y 45 años (media = 22,6). El diagnóstico en aquellos pacientes que presentaban recirculación precoz en las curvas de tránsito pulmonar fue certificado en 21 pacientes por medio de estudio hemodinámico.

En el 61% de los pacientes (13) se efectuó cateterismo cardíaco dentro de los 15 días de efectuado el estudio radioisotópico y al 39% entre los 15 y 60 días del mismo.

Todos los pacientes tenían rutina de laboratorio, radiografía de tórax (F y P) y ECG.

### *Técnica radioisotópica*

Todos los pacientes recibieron premedicación con perclorato de potasio por vía oral media hora antes del estudio, en dosis de 6 mg/kg para bloquear la captación tiroidea y favorecer la excreción urinaria del material radiactivo. Asimismo los pacientes fueron sedados una hora y media antes con clorpromazina (1 mg/kg) y nitrazepan (0,2 mg/kg). La inyección del material radioactivo pertechnetato sódico de Tecnecio, en una dosis de 200 microCurie/kg (mínimo 2 microCurie) fue efectuada en vena yugular externa en todos los pacientes, con un volumen entre 0,2 y 0,8 ml.

Se utilizó para la inyección una butterfly conectada a una llave de tres vías, permitiendo de esta manera un rápido lavado del material mediante la posterior inyección de 10 cc de solución fisiológica.

Luego de la inserción de la aguja y controlando su permeabilidad, se colocó al paciente bajo el detector en distintas posiciones de acuerdo con la patología sospechada. La inyección se efectuó tratando de evitar maniobras de Valsalva por parte del paciente que pudieran ocasionar la fragmentación del bolo radioactivo.

En los casos presentados se obtuvo un bolo adecuado en el 100% de los pacientes, considerando como tal el bolo único y con un tiempo de tránsito menor de 3 segundos sobre vena cava superior.

Se utilizó una cámara gamma Picker 4/15 con 37 fototubos multiplicadores, con un coli-

mador de baja energía, ultrafino convergente.

La computadora empleada fue una MDS con 128 K de CPU memory. La adquisición fue efectuada en Serial mode o Frame mode utilizando una matriz de 64 x 64 byte con un tiempo de imagen de 40 msec en cada una durante 25 segundos. En los pacientes de corta edad se utilizó un zoom de 1,48 X.

Posteriormente los estudios fueron filtrados tridimensionalmente con un programa provisto por MDS (Espacial: 5 x 5 CO: 2 y Temporal: 5 x 5 CO: 1,5) para obtener mejor resolución de las estructuras y disminuir el background.

Luego se efectuó la inspección visual del angiograma observando las posibles áreas de recirculación. Se trazaron regiones de interés sobre una vena cava superior, aurícula derecha, ventrículo derecho, ambos pulmones, ventrículo izquierdo y aorta, evitando superposición de las mismas y generando las respectivas curvas tiempo-actividad.

Las curvas fueron analizadas por un programa desarrollado por David Gilday en el Hospital for Sick Children, Toronto, Ontario, Canadá, el cual fue descrito previamente por Parker y Treves.<sup>5,4</sup> El mismo selecciona automáticamente los puntos de inflexión de la curva (10% de la pendiente de ascenso y 70% de la pendiente de descenso antes de la recirculación) previo chequeo automático del bolo en su tiem-

po de permanencia sobre vena cava superior. Posteriormente se aplica la variable gamma a la primera porción de la curva (Fig. 1), obteniendo A1, que es proporcional al flujo pulmonar; sustrayendo esta área de la curva original, y a la resultante, aplicando nuevamente la función gamma, obtiene A2, que refleja la recirculación precoz debida al cortocircuito.

Sustrayendo el área 1 del área 2 (Qp menos recirculación) el área resultante es proporcional al flujo sistémico (Qs) y de la relación A1/A2 se obtiene el Qp/Qs.

De los resultados obtenidos, aquellos en los cuales la relación Qp/Qs fue mayor de 3/1 fueron llevados a 3, puesto que la excesiva recirculación hace imposible la correcta posición del segundo punto de inflexión de la curva, disminuyendo la exactitud del método en la cuantificación del shunt.<sup>10</sup>

El Qp/Qs obtenido sobre las curvas tiempo-actividad de ambos pulmones no difería significativamente, salvo en el ductus, donde por razones anatómicas el shunt era mayor en pulmón izquierdo y en estos casos este valor fue el utilizado para la correlación hemodinámica.<sup>11</sup>

Cuando la relación Qp/Qs fue menor de 1,2/1 se consideró que no existía shunt.<sup>11,12,13</sup>

Característicamente, las imágenes tardías del estudio evidenciaron persistente actividad en pulmón y cavidades cardíacas distales al shunt,

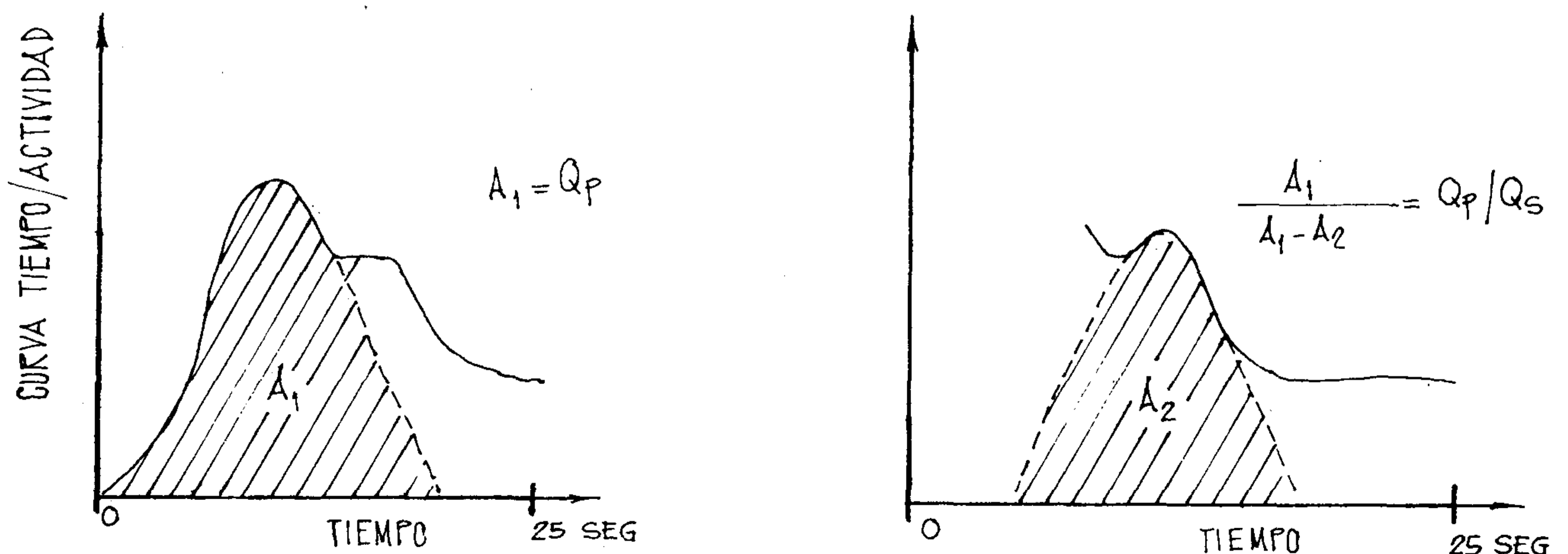


Fig. 1. Aplicación de la variable gamma en la cuantificación de shunts izquierda-derecha.

pobre delineación de cavidades izquierdas y aorta y tiempo medio de tránsito pulmonar corto.

#### Estudio hemodinámico

El cateterismo cardíaco y la cineangiografía fueron realizados en cada paciente bajo anestesia general.

El shunt intracardíaco fue evaluado según el método de Fick. Los cineangiogramas fueron realizados después que fueron obtenidos los datos hemodinámicos y de saturación.

La cineangiografía se realizó con película de 35 mm a 32 cuadros por minuto con inyección de Triyoson 60 a través de un catéter MIH 7 French.

#### Análisis estadístico

Se realizó correlación entre métodos oximétrico y radioisotópico en base a la muestra obtenida, utilizando el método de Pearson. Para determinar el valor de p se buscó un intervalo de confianza, estableciéndose posteriormente el porcentaje dentro del cual es probable encontrar los valores obtenidos por ambos métodos.

## RESULTADOS

#### Hemodinamia

En la Tabla 1 podemos apreciar los diagnósticos de los 21 pacientes estudiados hemodinámicamente y en la Fig. 2 la cuantificación de los shunts izquierda a derecha por oximetría.

#### Radioisótopos

Los diagnósticos presuntivos obtenidos en los 21 pacientes estudiados son mostrados en la Tabla 2, y la comparación de los métodos empleados en la Tabla 3.

El diagnóstico radioisotópico de la localización del shunt fue certero en el 95% de los pacientes (20) comparando con los resultados hemodinámicos. El 4,72%<sup>1</sup> estuvo representado por la asociación de comunicación interauricular y retorno venoso parcial anómalo en aurícula derecha. En esta asociación, debido a que la recirculación se produce en la misma cámara cardíaca, el método es incapaz de

**Tabla 1**  
Diagnóstico hemodinámico de las patologías cardiovasculares en los pacientes con shunt de izquierda a derecha

Patología	Nº
CIA PURA	11
CIA+RVPA	1
CIV	3
DUCTUS	6
TOTAL	21

CIA: comunicación interauricular. CIA+RVPA: + retorno venoso parcial anómalo. CIV: comunicación interventricular.

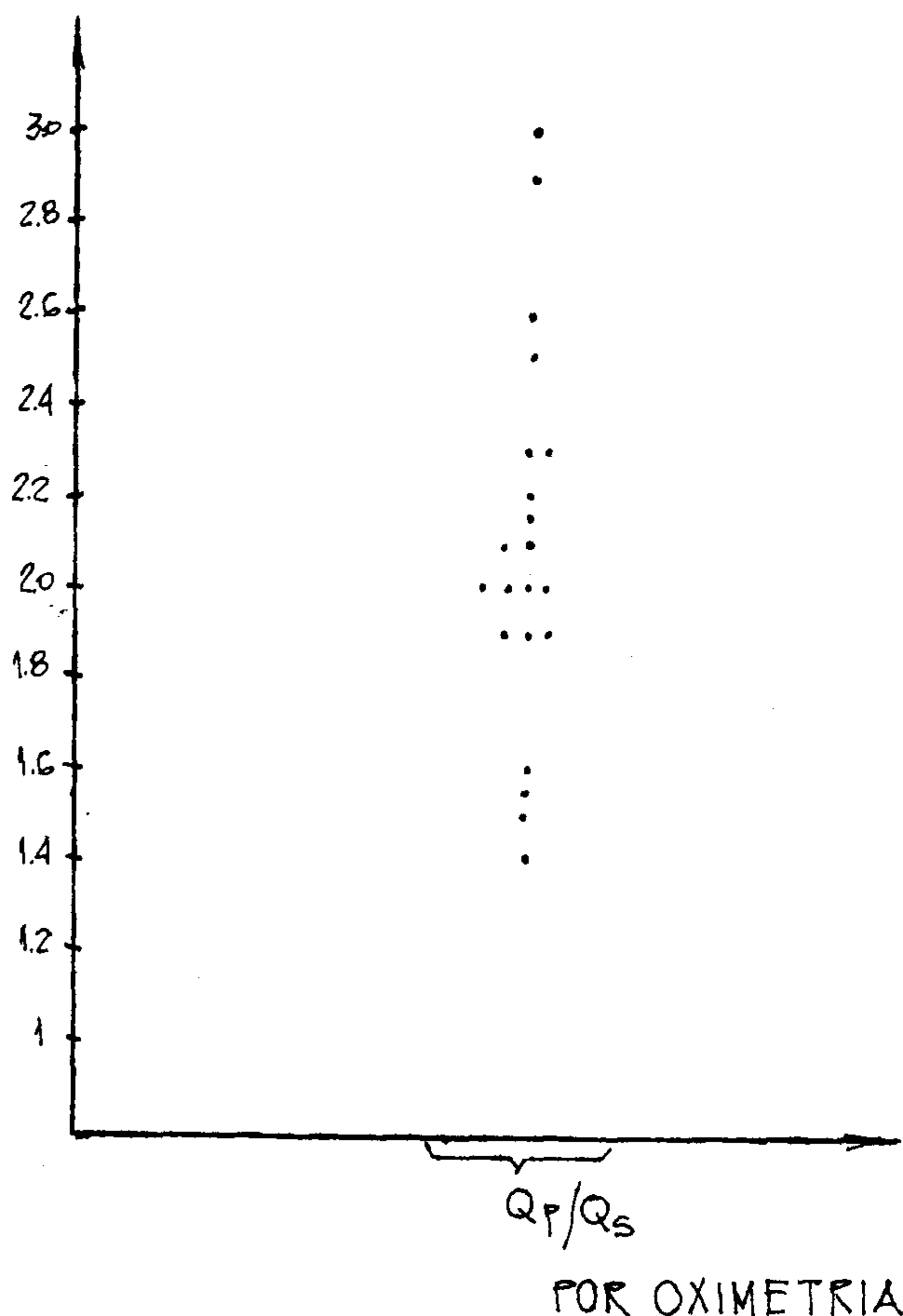


Fig. 2. Cuantificación de shunts izquierda-derecha por oximetría en 21 pacientes durante el estudio hemodinámico.

**Tabla 2**  
Diagnóstico radioisotópico de los pacientes con shunt de izquierda a derecha

Patología	Nº
CIA	12
CIV	3
DUCTUS	6
TOTAL	21

diferenciarlo. En un paciente portador de una comunicación interauricular con persistencia de vena cava superior izquierda, el diagnóstico fue correctamente efectuado, orientando y facilitando su posterior estudio hemodinámico para la inyección selectiva de la misma.

El resultado de la cuantificación radioisotópica del cortocircuito en esta serie de pacientes se muestra en la Fig. 3.

En 6 pacientes portadores de ductus, 28% del total estudiado, fue posible comparar las diferencias del Qp/Qs en ambos pulmones. En 5 pacientes el porcentaje de shunt difería en menos de 0,5, mientras que en el restante fue de 1,0 a favor del pulmón izquierdo (Tabla 5).

En estos casos, para la posterior correlación, el valor considerado fue este último.<sup>10, 13</sup>

#### Correlación entre oximetría y radionucleidos

La correlación del Qp/Qs obtenidos por técnica oximétrica durante hemodinamia y por métodos radioisotópicos en los 21 pacientes con shunt izquierda a derecha son mostrados en la Tabla 4 y en la Fig. 4.

Los métodos estadísticos empleados permitieron establecer una excelente correlación entre ambos métodos, con un  $r = 0,92$ , mientras que el intervalo de confianza de  $(1 - \alpha) \%$  fijado en un 95% y utilizando la transformación de Fisher, permite determinar que el verdadero intervalo de confianza entre estos métodos está entre 0,81 y 0,97, con un  $p$  menor de 0,001, altamente significativo. Estos datos concuerdan con publicaciones previas.<sup>13, 4, 14, 10</sup>

#### DISCUSION

Los resultados expuestos confirman la utilidad

**Tabla 3**  
Comparación entre métodos manual y semiautomático en la determinación del Qp/Qs con radioisótopos

Nº	Patología	Cuantificación Qp/Qs por radionucleidos	
		Manual	Semiautomático
1	CIA	2,6	2,6
2	CIA	1,6	1,7
3	CIA+RVPA	1,9	1,9
4	CIV	2,4	2,2
5	CIV	2,1	2,1
6	DUCTUS	2,6	2,6
7	CIA	2,1	2,2
8	CIA	1,4	1,4
9	DUCTUS	2,5	2,4
10	CIV	1,9	1,9
11	DUCTUS	3,0	3,0
12	CIA	2,4	2,4
13	CIA	1,9	1,9
14	CIA	1,4	1,2
15	CIA	1,9	1,8
16	DUCTUS	2,1	2,1
17	DUCTUS	1,9	1,9
18	CIA	1,4	1,3
19	DUCTUS	2,7	2,7
20	CIA	2,1	2,1
21	CIA	1,7	1,7

del método radioisotópico en la detección y cuantificación de shunts izquierda-derecha, agregando a su confiabilidad y reproducibilidad la simplicidad de su realización técnica de tipo incruento.<sup>4, 5, 14, 10, 12, 17</sup>

En nuestro trabajo comprobamos que existen fuentes potenciales de error que deben tenerse en cuenta: el bolo de material radioactivo debe ser único, de volumen pequeño y rápida inyección; la sedación correcta del paciente es imprescindible, lo mismo que su correcta ubicación bajo el detector; por último, debe evitarse la maniobra de Valsalva (por ejemplo el llanto), capaz de fragmentar el bolo.<sup>9, 13</sup> Hemos constatado que la inyección del radionucleido en vena yugular izquierda externa es preferible a la derecha, porque permite detectar anomalías venosas asociadas. Se debe tener especial cuidado al crear las diferentes regiones de interés, para evitar superposiciones que dificulten el diagnóstico.

Asimismo es fundamental conocer las limi-

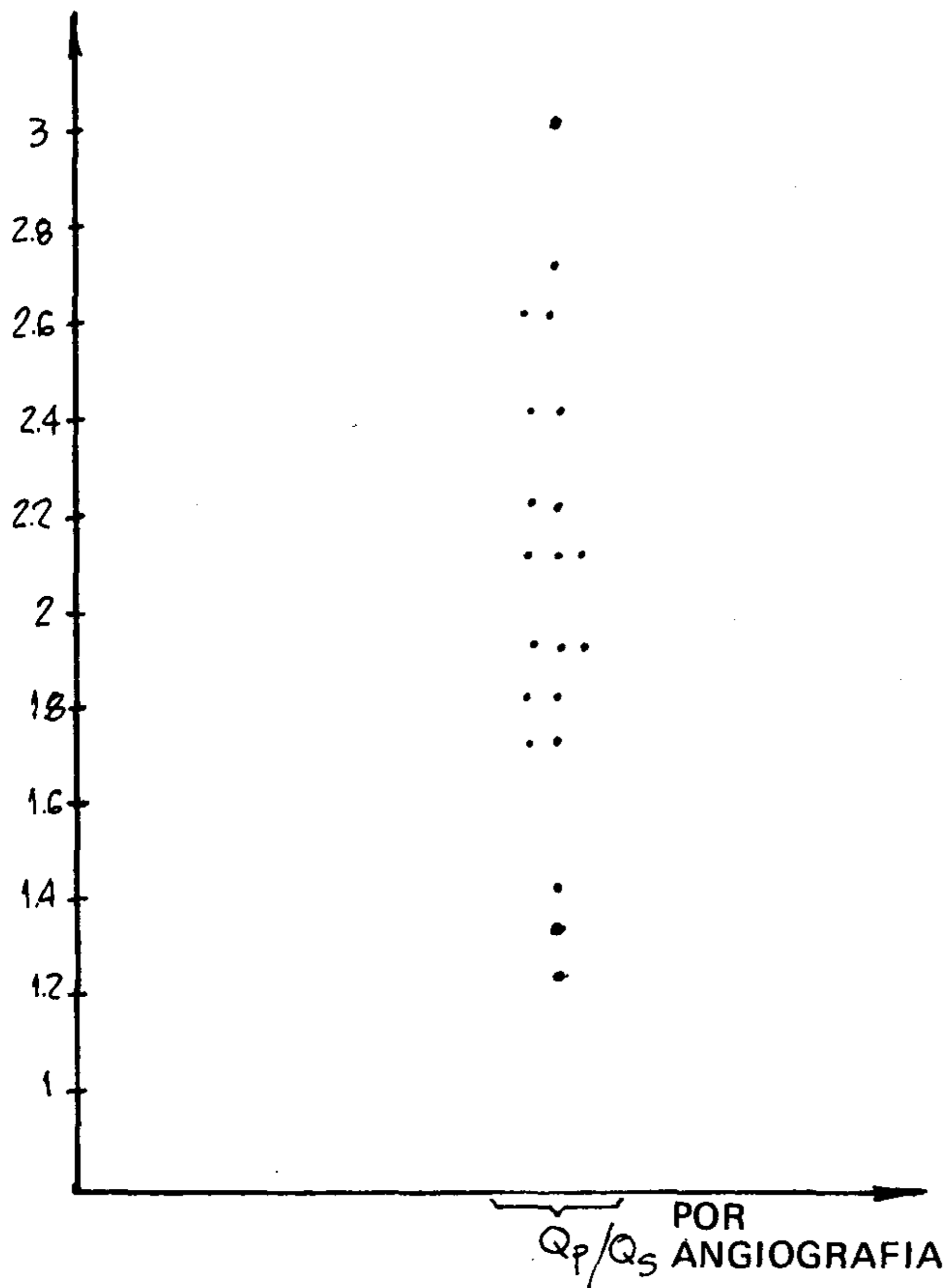


Fig. 3. Cuantificación de shunts izquierda-derecha por angiografía radioisotópica en 21 pacientes.

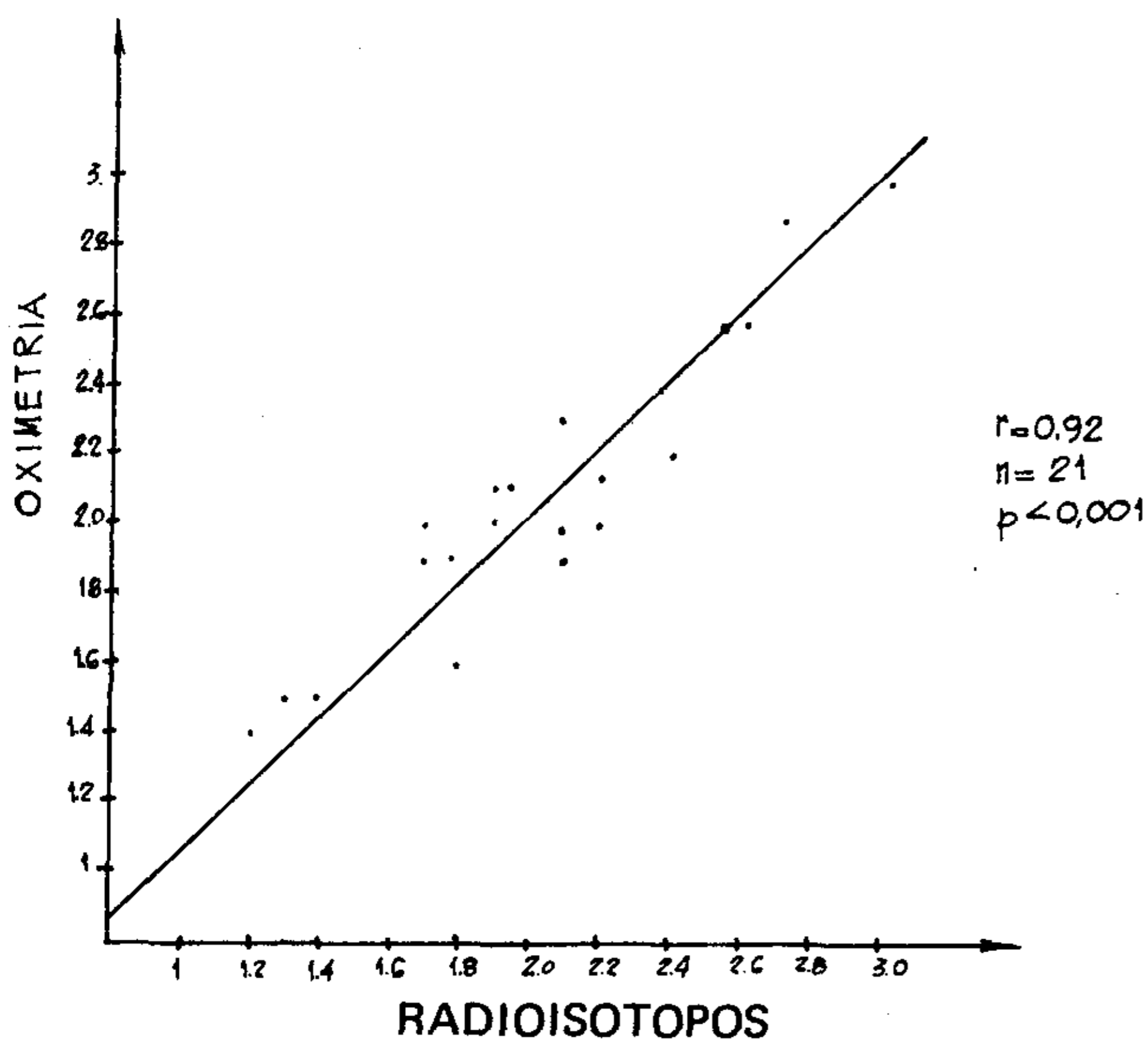


Fig. 4. Correlación entre oximetría y métodos radioisotópicos en la cuantificación de shunts izquierda-derecha.

Tabla 4  
Cuantificación del Qp/Qs obtenida por métodos radioisotópico y oximétrico en los 21 pacientes presentados

Nº	Patología	Cuantificación Qp/Qs	
		Radionucleidos	Oximetría
1	CIA	2,6	2,52
2	CIA	1,7	1,9
3	CIA+RVPA	1,9	2,0
4	CIV	2,2	2,0
5	CIV	2,1	1,9
6	DUCTUS	2,6	2,6
7	CIA	2,2	2,15
8	CIA	1,4	1,5
9	DUCTUS	2,4	2,2
10	CIV	1,9	2,0
11	DUCTUS	3,0	3,6
12	CIA	2,4	2,3
13	CIA	1,9	2,1
14	CIA	1,2	1,4
15	CIA	1,8	1,6
16	DUCTUS	2,1	2,3
17	DUCTUS	1,9	2,1
18	CIA	1,3	1,5
19	DUCTUS	2,7	2,9
20	CIA	2,1	2,0
21	CIA	1,7	1,9

taciones del método, sobre todo en patologías complejas con múltiples defectos, como el retorno venoso anómalo parcial, solo o asociado con CIA, ya que en este caso no permite hacer diagnóstico diferencial, dado que la recirculación se produce al mismo nivel. Otro caso de difícil interpretación es la coartación de aorta asociada a shunt, donde la circulación colateral está aumentada a nivel de arterias intercostales, bronquiales y mamarias internas. Lo mismo ocurre cuando el shunt se asocia con algunas valvulopatías.

Otro punto a considerar es la limitación impuesta por el tamaño del shunt, ya que el método es probadamente eficaz en Qp/Qs, que varían entre 1,2 a 3,0 ( $r=0,94$ ),<sup>6,12</sup> mientras que en shunts cuyo Qp/Qs es menor que 1,2 existen dificultades para ubicar el primer punto de inflexión de la curva tiempo-actividad pulmonar, no permitiendo la diferenciación del primer tránsito con la recirculación, estando además alterada por la presencia de la circulación bron-

**Tabla 5**  
Comparación de los valores de la relación Qp/Qs obtenidos en ambos pulmones en 6 pacientes con ductus arterioso

Caso Nº	Qp/Qs	
	Pulmón derecho	Pulmón izquierdo
6	1,6	2,6
9	2,2	2,4
11	2,3	3
16	1,9	2,1
17	1,9	1,9
19	2,1	2,7

quial normal, que es captada al mismo tiempo. También es técnicamente dificultosa la cuantificación de shunts con Qp/Qs mayor de 3,0, ya que en ellos la curva tiempo-actividad es prácticamente una meseta y es imposible determinar el segundo punto de inflexión de la misma.

Superadas todas estas fuentes de error, se pone de manifiesto la importancia de la AR como procedimiento de diagnóstico: en los pacientes con shunts hemodinámicamente comprobados, en los que la cuantía del mismo o la edad no justifican una corrección quirúrgica inmediata, el método radioisotópico es de elección para evaluar en forma incruenta la evolución natural de su cardiopatía y establecer el momento apropiado para la corrección. A la inversa, en aquellos pacientes donde los datos clínicos, electrocardiográficos, radiológicos y ecocardiográficos evidencian sospecha de shunt, la AR confirmará el diagnóstico y en algunos casos permitirá la intervención quirúrgica correctora sin estudio hemodinámico previo.<sup>14</sup>

Por lo menos un 15% de recién nacidos prematuros con bajo peso tienen permeabilidad del ductus hemodinámicamente significativo.<sup>15</sup> Si bien el diagnóstico clínico es la mayor parte de las veces correcto, cuando no hay insuficiencia cardíaca descompensada o en presencia de distress respiratorio concomitante, la angiografía con radionucleídos adquiere relevancia, permitiendo diferenciar las distintas entidades patológicas.

En los pacientes con comunicaciones interventriculares pequeñas, el diagnóstico clínico es fundamental, recurriendo a la AR sólo para

documentar el shunt o evaluar las posibilidades de su cierre espontáneo. En casos con CIV moderadas o grandes con hipertensión pulmonar, el método de elección es el estudio hemodinámico, que permite la medición de presiones intracavitarias, de la resistencia vascular pulmonar y la localización anatómica correcta, utilizándose la AR sólo en la valoración del comportamiento de la resistencia vascular pulmonar, mediante el uso combinado con oxígeno al 100%.

También es de utilidad en el control postoperatorio de aquellos shunts en los que se ha efectuado la correspondiente corrección quirúrgica.<sup>16</sup>

Nuestra experiencia, cuyos resultados se han detallado previamente, confirma, a pesar de la variedad de patologías estudiadas y de la complejidad de algunas de ellas, la excelente correlación entre la cuantificación del shunt por angiografía radioisotópica y por oximetría durante estudio hemodinámico. El método demostró ser seguro, siempre que se cuidaran todos los detalles de su realización técnica, aun en pacientes con ductus en los cuales pudo establecerse sin dificultades la diferencia de flujo entre ambos pulmones.

La importancia de estos hallazgos se hace evidente si se tiene en cuenta que, a igualdad de certeza diagnóstica y de exactitud en la cuantificación del shunt, la AR ofrece menores riesgos para el paciente y evita la aplicación de técnicas cruentas cuando no son realmente imprescindibles. Así también se comprende que junto con la clínica, la electrocardiografía y la ecografía integra un grupo de métodos que permiten el diagnóstico adecuado de casi todas las patologías cardíacas.

Nuestra conclusión es que, coincidiendo con la mayor parte de trabajos publicados hasta la fecha, la angiografía radioisotópica estará indicada en las siguientes circunstancias:

a) Pacientes con sospecha clínica de shunt, a fin de determinar la oportunidad del estudio hemodinámico.

b) Seguimiento de pacientes ya estudiados hemodinámicamente para establecer en qué momento debe realizarse la corrección quirúrgica.

c) Valoración del comportamiento de la

reactividad vascular pulmonar en enfermos con hipertensión pulmonar.

d) Pacientes alérgicos a las sustancias de contraste.

e) Como método de diagnóstico que oriente al hemodinamista a la búsqueda de lesiones asociadas.

f) Valoración de la permeabilidad de shunts paliativos.

### THE RADIONUCLIDE ANGIOGRAPHY IN THE IDENTIFICATION AND QUANTIFICATION OF THE SHUNTS

*Between 1980 and 1982 fifty six patients were studied with radionuclide angiography for suspected intracardiac shunt. Twenty one patients were proved to have an intracardiac shunt by the method, identifying the site and amount of it using the gamma variate function proposed by Maltz and Treves in 1973. All the patients underwent cardiac catheterization, sixty one percent (13) between five and fifteen days and thirty nine percent (8) before sixty days, with shunt quantification by oximetry. The time activity curves obtained in the processed data were analyzed in two ways, manual and automatic, correlation was made between them. In six patients, who had patent ductus, the amount of shunting between right and left lung were evaluated and the results compared. The results of the two methods of curve analysis were compared. The automatic was chosen because its simplicity and accuracy. Then we compared the results of radionuclide and oximetry data, good correlation was found ( $r=0.92$ ) in localization and quantitation of left to right shunts. Taking care about the potential source of errors, always produced by incorrect technique application, it is concluded that radionuclide angiography is a trustfull method, incruent, easy to perform and reproducible. We believe that this method is good in: preselecting patients who undergo cardiac catheterization, establishing the oportunity for doing it, in the follow up of patients studied before and in postoperative evaluation of corrective or paliative surgery.*

### AGRADECIMIENTO

*Agradecemos la inestimable colaboración de la Lic. Sra. Lidia T. de Caplan en la confección del análisis estadístico del presente trabajo.*

### BIBLIOGRAFIA

1. Blender MA, Blan M: The autofluoroscope. *Nucleonics* 21: 52-56, 1963.
2. Anger HO, Van Dyke DC, Yang Y: The scintillation camera in diagnosis and research. *Nucleonics* 23: 57-62, 1965.
3. Thompson HK, Starmer CF, Whalen RE: Indicator transit time considered as a gamma variate. *Circ Res* 14: 502-514, 1964.
4. Waltz DL, Treves S et al: Quantitative radionuclide angiography. Determination of Qp/Qs in children. *Circulation* 47: 1049-1056, 1973.
5. Parker JA, Treves S et al: Radionuclide detection localization and quantitation of intracardiac shunts and shunts between the great arteries. *Prog Cardiovasc Dis* 20: 121-150, 1977.
6. Waltz DL, Treves S et al: Pulmonary to systemic flow ratios in 105 patients. *Am J of Card* 37: 382-384, 1976.
7. Jujii M, Treves S et al: Radionuclide angiographic assesment of pulmonary vascular reactivity in patients with left to right shunt and pulmonary hypertension. *Am J of Card* 49: 356-360, 1982.
8. Prinzmetal M, Corday E et al: Radiocardiography and its clinical applications. *JAMA* 139: 617, 1949.
9. Hurley P, Strauss HW, Wagner HN: Radionuclide angiography in cyanotic congenital heart disease. *Johns Hopkins Med J* 127: 46-54, 1970.
10. Brenda M, Giles R et al: Clinical applications of radionuclide quantitation of left to right cardiac shunts in children. *Am J of Card* 47: 1273, 1981.
11. Mc Ilveen BM, Hoschi R et al: Radionuclide quantitation of left to rights shunts in children. *Aust NZ J Med* 8: 500, 1978.
12. Askenazi J, Ahnberg DS et al: Quantitative radionuclide angiography. Detection and quantitation of left to right shunts. *Am J of Card* 37: 382, 1976.
13. Treves S, Parker JA et al: Detection and quantitation of intracardiac shunts. In Strauss HW, Pitt B (eds): *Cardiovascular Nuclear Medicine*, pp 184-61. CV Mosby, St Louis, 1979.
14. Treves S, Fogle R, Lang P: Radionuclide angiography in congenital heart diseases. *Am J of Card* 46: 1247, 1980.
15. Friedman W, Fitzpatrick K, Merrit A: The patent ductus arteriosus. *Clin Perinat* 5: 411, 1978.
16. Keane JF, Williams R, Treves S: Assesment of the postoperative patient by non-invasive techniques. *Prog Cardiovasc Dis* 18: 57, 1975.
17. Alderson PO, Jost R, Strauss HW: Radionuclide angiography: Improved diagnosis and quantitation of left to right shunts using area ratio technique in children. *Circ* 51: 1136, 1975.