

# Resonancia magnética y gammagrafía de perfusión pulmonar en casos de tetralogía de Fallot operados

D. Rodrigo Carbonero<sup>a</sup>, A. Cabrera Duro<sup>a</sup>, P. Martínez Corrales<sup>b</sup>, G. Ríos Altolaquirre<sup>c</sup>, J. Alcibar Villa<sup>a</sup>, J. Aramendi Gallardo<sup>b</sup>, M.C. Barrera Portillo<sup>d</sup>, E. Pastor Menchaca<sup>a</sup> y A. Cabrera Zubizarreta<sup>e</sup>

<sup>a</sup>Cardiología Pediátrica, <sup>b</sup>Cirugía Cardíaca y <sup>c</sup>Medicina Nuclear. Hospital de Cruces.

<sup>d</sup>Radiología. Hospital de Donostia. <sup>e</sup>Radiología. Hospital Vitoria. Bilbao. España.

## Objetivo

Estudio de las ramas pulmonares de los pacientes intervenidos de tetralogía de Fallot con gammagrafía de perfusión cuantificada y resonancia magnética (RM).

## Material y métodos

Desde enero de 1995 a diciembre de 1999 se estudiaron 47 pacientes intervenidos durante el período 1985-1999. Para obtener valores de normalidad, se estudiaron 45 jóvenes sin enfermedad pulmonar con gammagrafía (flujo pulmón derecho, 54-61 %; flujo pulmón izquierdo, 38,7-46 %) y RM en proyección axial (índice diámetro rama derecha/diámetro rama izquierda, 1-1,1). Los pacientes con estenosis fueron cateterizados.

## Resultados

Grupo 1: 27 pacientes con parámetros normales. Grupo 2: pacientes con estenosis de la rama pulmonar izquierda (9 casos con todos los parámetros alterados). Índice diámetro rama izquierda/rama derecha, 0,51, y perfusión pulmón izquierdo,  $26,3 \pm 7,9$  %; coeficiente correlación  $r$  65 %;  $p < 0,005$ . Con un gradiente de presión en la rama izquierda de  $34,4 \pm 17,9$  mmHg índice/gradiente  $r$  89 %;  $p < 0,001$ . Grupo 3: 5 pacientes con estenosis rama pulmonar derecha con todos los parámetros alterados. Índice diámetro rama derecha/diámetro rama izquierda 0,52, disminución de la perfusión del pulmón derecho  $32 \pm 11$  % con gradiente en esta rama de  $40 \pm 19$  mmHg con coeficiente índice/gradiente  $r$  72 %;  $p < 0,005$ ; gradiente/perfusión  $r$  82 %;  $p < 0,003$ . Grupo 4: 6 pacientes con estenosis bilateral. Perfusión normal con diámetro reducido en la zona de estenosis. Dieciocho pacientes con obstrucción fueron reintervenidos y reevaluados con buenos resultados en 14 pacientes.

## Conclusión

La RM y la gammagrafía de perfusión cuantificada aportan información en el seguimiento de la tetralogía de Fallot.

## Palabras clave:

Medicina nuclear. Resonancia magnética. Tetralogía de Fallot. Stent.

## MAGNETIC RESONANCE IMAGING AND LUNG PERFUSION SCINTIGRAPHY IN TETRALOGY OF FALLOT FOLLOWING SURGERY

### Objective

To evaluate pulmonary arteries in patients with tetralogy of Fallot following surgery with quantified lung perfusion scintigraphy and magnetic resonance imaging.

### Material and methods

From January 1985 to December 1999, 47 patients who underwent surgery between 1985 and 1999 were studied. To obtain values of normality, 45 infants with no pulmonary artery disease were assessed with lung perfusion scintigraphy (right lung flow: 54-61 %, left lung flow: 38.7-46 %) and magnetic resonance imaging axial view (right/left pulmonary artery branch diameter ratio: 1-1.1). Patients with stenosis underwent catheterization.

### Results

Group 1: 27 patients with normal parameters. Group 2: nine patients with left pulmonary branch stenosis and irregularities in all parameters; left/right branch diameter ratio 0.51 and left lung perfusion  $26.3 \pm 7.9$  %,  $r$  correlation ratio 65 %,  $p < 0.005$ , left branch pressure gradient

Correspondencia: Dr. A. Cabrera Duro.  
Alameda de Recalde, 35B, 2º D. 48011 Bilbao. España.

Recibido en marzo de 2003.  
Aceptado para su publicación en septiembre de 2003.

34.4 ± 17.9 mm Hg, rate-gradient r 89 %, p < 0.001. Group 3: five patients with right pulmonary branch stenosis and irregularities in all parameters; right/left branch diameter ratio 0.52, reduced right lung perfusion 32 ± 11 %, with a stenotic branch gradient of 40 ± 19 mm Hg, rate/gradient ratio r 72 %, p < 0.005; gradient/perfusion ratio r 82 %, p < 0.003. Group 4: Six patients with bilateral stenosis, reduced diameter in the stenotic area with normal perfusion in both lungs and bilateral gradient. Eighteen patients with stenosis underwent re-operation, with favorable outcome in 14.

### Conclusion

Magnetic resonance imaging and quantified lung perfusion scintigraphy provide useful information in the follow-up of tetralogy of Fallot.

### Key words:

*Nuclear medicine. Magnetic resonance. Tetralogy of Fallot. Stent.*

## INTRODUCCIÓN

En la década de 1960 se inició la aplicación por vía venosa o inhalatoria de los isótopos, para el estudio de los flujos de perfusión o de la ventilación pulmonar<sup>1-4</sup>. Inicialmente, los pacientes estudiados fueron casos de agenesia pulmonar<sup>5</sup>, tetralogía de Fallot con fístula sistémico-pulmonar<sup>6</sup>, cortocircuito izquierda-derecha por defecto del septo auricular o ventricular, tetralogía de Fallot no corregida<sup>7-9</sup> y pacientes a los que se les realizó una conexión cavopulmonar<sup>10,11</sup>. En la última década, la gammagrafía se ha aplicado para valorar la perfusión pulmonar de aquellos pacientes con estenosis de rama pulmonar a los que previamente se había realizado una angioplastia<sup>12</sup> o colocado un *stent*<sup>13,14</sup> en la zona obstruida. No obstante, en ninguno de estos estudios se correlacionó la perfusión con el diámetro de las ramas pulmonares medido por resonancia magnética (RM) ni se consideró el valor de la hipoperfusión en función del valor normal del pulmón afectado.

En 1995, se comenzó el estudio de las ramas pulmonares de los pacientes intervenidos de tetralogía de Fallot. Si la perfusión o el índice de los diámetros medidos en RM confirmaban la existencia de una obstrucción, se intentaba su corrección en la sala de hemodinámica con una angioplastia o un *stent* o en el quirófano con una reintervención.

Todos los pacientes reintervenidos fueron reevaluados con RM-gammagrafía y el último año con angiografía por RM.

Presentamos un estudio sobre 47 pacientes de tetralogía de Fallot corregidos en el período 1985-1999.

## MATERIAL Y MÉTODOS

### Pacientes

Se estudiaron las ramas pulmonares de 47 pacientes intervenidos en la década 1985-1999, afectados de tetra-

logía de Fallot. Veintisiete eran varones y 20 mujeres. Para el estudio se utilizó la gammagrafía de perfusión cuantificada (gammacámara) y la RM con una instalación Philips Gyroscan con 0,5 Teslas.

### Método-medición

#### Gammagrafía

Se utilizó como radiotrazador macroagregados de albúmina con tecnecio 99 metastable inyectada por vía venosa periférica, a la dosis de 37-45 MBq adaptada al peso según la fórmula 80 MBq peso/70. Las partículas tienen un tamaño de 50 micras y ocluyen temporalmente los capilares. La distribución de la radiación es proporcional al flujo. La radiación tardaba 4-8 h en eliminarse de los pulmones. Para medir la radiación se utilizó una gammacámara de campo de vista amplio con un colimador de baja energía. Se verificaron un millón de recuentos. Cada pulmón se consideraba un área-roi medida regular y manualmente. La suma de la perfusión de ambos pulmones (derecho e izquierdo) significa el 100 %. Se estudiaron dos proyecciones: anteroposterior y posteroanterior. El valor obtenido para cada pulmón es la media aritmética de las 2 proyecciones. Para obtener parámetros de normalidad se estudiaron 45 personas sanas de edad similar a los pacientes sin relación de parentesco, que fueron estudiadas por otras causas. Los valores obtenidos para el pulmón derecho fueron de 57,8 ± 1,7 % (54-61,3 %) y pulmón izquierdo 42,1 ± 1,7 % (38,7-46 %).

#### Resonancia

Se realizó la proyección axial (en los 30 días siguientes a la gammagrafía), que permite una buena visión del tronco y ambas ramas pulmonares durante la sístole, con medición del tronco pulmonar (en la zona mediodistal a la válvula pulmonar y cruceta), ramas pulmonares en su zona de estenosis y en la misma distancia de las ramas normales. Se tomaron como criterios de normalidad sin enfermedad de ramas pulmonares (45 jóvenes): índice diámetro rama pulmonar derecha/diámetro pulmonar izquierdo, 1-1,1 e índice rama pulmonar izquierda/rama pulmonar derecha, 0,9-1. Se consideró criterios de estenosis un índice inferior a 0,7.

De acuerdo con los criterios establecidos los pacientes se dividieron en cuatro grupos:

*Grupo 1.* Pacientes con perfusión normal y morfología de ramas pulmonares normales. Estaba formado por 27 pacientes, 17 varones y 10 mujeres. La edad de la intervención fue 2,6 ± 1,2 años (límites, 1-5 años). El estudio con gammagrafía por RM a los 10 ± 2 años.

*Grupo 2.* Pacientes con estenosis de la rama pulmonar izquierda 9 (índice diámetro rama izquierda/diámetro rama derecha inferior a 0,7 e hipoperfusión pulmonar izquierda < 35 %) (tablas 1 y 2). Seis varones y 3 mujeres.

TABLA 1. Estenosis de la rama pulmonar izquierda

Casos	Edad operación	Edad estudio	Gradiente (mmHg)	Resonancia			Gammagrafía-perfusión	
				RPD	RPI	Índice RPI/RPD	Total pulmón derecho (%)	Total pulmón izquierdo (%)
1	5 años	16 años	10	1,3	0,85	0,65	72	28
2	9 meses	3 años	12	1,4	0,7	0,5	93	7
3	2 años	4 años	40	0,6	0,2	0,3	82	18
4	1 1/2 años	4 años	40	1,2	0,2	0,16	74	26
5	2 años	4 años	40	1,39	0,46	0,3	66	34
6	2 años	11 años	60	1,5	0,5	0,3	89	11
7	2 años	3 años	60	1	0,6	0,51	72	25
8	7 años	8 años	43	1,3	0,65	0,5	65	35
9	5 años	12 años	4	0,83	0,7	0,84	65	35
	3 ± 1,7	7,2 ± 4,02	34,4 ± 17,9	1,17 ± 0,24	0,54 ± 0,22	0,51 ± 0,21	75,3 ± 8,4	26,3 ± 7,9

RPD: rama pulmonar derecha; RPI: rama pulmonar izquierda.

La intervención se realizó a los 3 ± 1,7 años (límites, 9 meses-7 años) y la gammagrafía por RM a los 7,2 ± 4,01 años.

**Grupo 3.** Pacientes con estenosis de rama pulmonar derecha (índice diámetro rama derecha/diámetro rama izquierda inferior a 0,7 e hipoperfusión del pulmón derecho inferior al 50%), 5 casos, 3 mujeres y 2 varones (tabla 3). La intervención se realizó a los 2,8 ± 1,4 años (límites, 1-4 años) y el estudio por gammagrafía por RM a los 11,4 ± 7,5 años.

**Grupo 4.** Pacientes con estenosis bilateral (perfusión pulmonar normal y reducción del diámetro de las ramas en resonancia 30%) (tablas 4 y 5). Seis pacientes, 4 mu-

TABLA 2. Estenosis de la rama pulmonar izquierda: estudio post-stent o cirugía

Casos	Tratamiento	Gammagrafía-perfusión	
		Pulmón derecho (%)	Pulmón izquierdo (%)
1	Stent	60	40
3	Stent	74	26
4	Stent/cirugía	89	11
5	Stent	53	47
7	Stent	56	43
8	Stent	63	37
9	Stent	58	42

TABLA 3. Estenosis de la rama pulmonar derecha

Casos	Edad operación (años)	Edad estudio (años)	Gradiente (mmHg)	Resonancia			Gammagrafía-perfusión	
				RPD (cm)	RPI (cm)	Índice RPD/RPI	Total pulmón derecho (%)	Total pulmón izquierdo (%)
1	4	17	15	1	1,4	0,71	42	58
2	4	20	80	1	2,4	0,41	4	96
3	4	16	37	1,7	3	0,56	40	60
4	1	2	49	0,3	0,7	0,43	34	66
5	1	2	20	0,58	0,97	0,56	40	60
	2,8 ± 1,4	11,4 ± 7,5	40 ± 19	0,91 ± 0,38	1,5 ± 0,56	0,52 ± 0,10	32 ± 11	68 ± 11

RPD: rama pulmonar derecha; RPI: rama pulmonar izquierda.

TABLA 4. Estenosis de ambas ramas pulmonares

Casos	Edad operación (años)	Edad estudio (años)	Resonancia			Gammagrafía-perfusión	
			RPD (cm)	RPI (cm)	Índice RPD/RPI	Total pulmón derecho (%)	Total pulmón izquierdo (%)
1	4	6	0,6	0,6	1	57	43
2	4	9	0,6	0,6	1	68	32
3	4	14	1,4	1,4	1	55	45
4	1	3	0,88	0,88	1	52	48
5	14	17	0,5	0,6	0,83	57	43
6	2	5	0,65	0,4	1,6	61	39
	4,8 ± 3,3	11,8 ± 5,2	0,77 ± 0,24	0,74 ± 0,24	1,07 ± 0,21	58	42

RPD: rama pulmonar derecha; RPI: rama pulmonar izquierda.

TABLA 5. Tratamiento

	Edad (años)	Resonancia		Gammagrafía-perfusión	
		RPD (cm)	RPI (cm)	Total pulmón derecho (%)	Total pulmón izquierdo (%)
Caso 1					
<i>Stent</i> derecho	17	1,4	0,6	77	23
<i>Stent</i> izquierdo	18	1,2	1,2	58	42
Caso 2					
<i>Stent</i> derecho	12	1,3	0,7	80	20
<i>Stent</i> izquierdo	14	1,5	1,5	60	40
Caso 3					
Angioplastia bilateral	14	1,4	1,4	55	45
Caso 4					
Recambio homoinjerto	3	1	1	58	42
Caso 5					
<i>Stent</i> izquierdo	22	0,55	0,9	48	52
<i>Stent</i> derecho	24	1,2	1,3	61	39
Caso 6					
<i>Stent</i> derecho	7	0,98	0,2	73	27
Parche izquierdo	8	0,95	0,52	69	31

RPD: rama pulmonar derecha; RPI: rama pulmonar izquierda.

jes y 2 varones con una edad de intervención de  $4,8 \pm 3,3$  años y del estudio de  $11,8 \pm 5,2$  años. Los últimos 10 pacientes se estudiaron con angiografía por RM torácica en apnea con una secuencia ecogradiante 3D y contraste intravenoso (gadolinio) que permitió obtener un volumen del tórax que incluye tanto el tronco como las ramas pulmonares.

## Método terapéutico

### Hemodinámica

Se realizó cateterismo a todos los pacientes con estenosis unilateral o bilateral de ramas pulmonares con registro de gradiente y estudio morfológico de la zona obstruida. Cuando el gradiente fue superior a 5 mmHg y la relación diámetro de la rama afectada/diámetro de la rama normal fue inferior al 30% concordante con la gammagrafía por RM se realizó una angioplastia y se implantó un *stent*. Si la estenosis está próxima al tronco pulmonar, se realizó angioplastia o cirugía.

### Stent

Se utilizó un *stent* de Palmaz Johnson-Johnson mediano con vaina de Mullins 8F a expansión 4-14 y grande con vaina 11F a expansión 8-18. El número de *stent* 204 o 308. El procedimiento se realizó con anestesia general. Se midió el gradiente y se verificó la inyección de contraste en proyección anteroposterior craneal, oblicua anterior derecha 30° y oblicua anterior izquierda 60°. Se procesó la imagen mediante sistema digital y se estudiaron las dimensiones de la zona estenótica mediante el sistema cuantificado de la estenosis (Siemens-Digitron) que calcula el diámetro luminal estenótico. En todos los casos de *stent* se realizó angioplastia convencional con catéter

de Balt de diámetro 3 veces superior a la estenosis. Todos los pacientes se anticoagularon con heparina sódica a dosis de 100 U/kg durante el procedimiento y el día siguiente 20-30 U/kg. Se realizó tratamiento anticoagulante con ácido acetilsalicílico durante 4 semanas. Tras la colocación del *stent* o angioplastia aislada se procedió a la arteriografía pulmonar en tronco o rama.

Todos los pacientes reintervenidos fueron reevaluados con RM *spin-eco*, ecogradiante y gammagrafía de perfusión.

### Estadística

Se calculó el valor medio con desviación estándar para todos los parámetros. Como controles de normalidad se estudiaron 45 jóvenes. El análisis de asociación entre las variables de RM/gammagrafía y hemodinámica se llevó a cabo con el coeficiente de correlación de Pearson.

## RESULTADOS

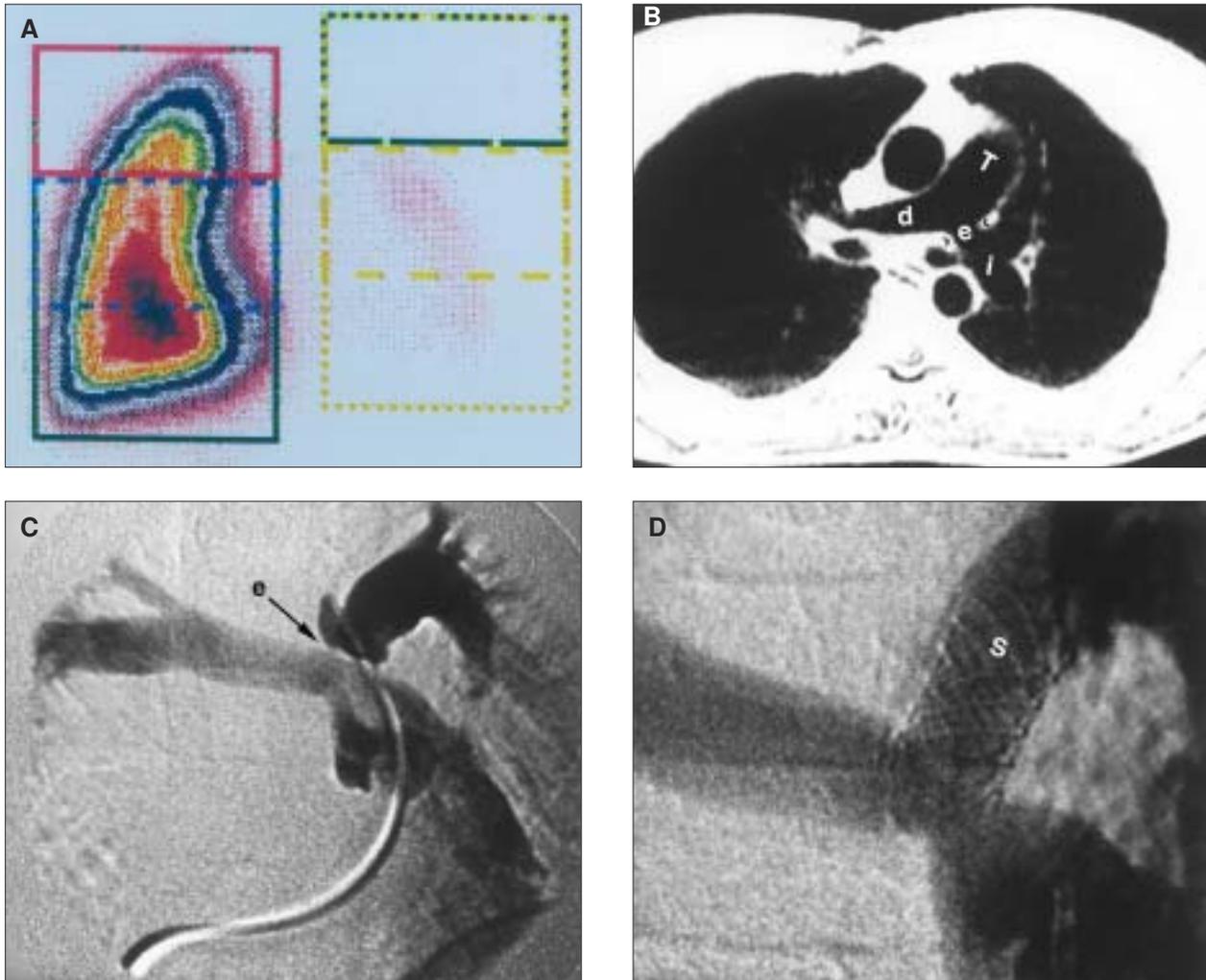
### Grupo 1

**Resonancia.** Diámetro de la rama pulmonar derecha:  $1,35 \pm 0,29$  cm. Diámetro de la rama pulmonar izquierda:  $1,26 \pm 0,36$  cm. Índice diámetro de la rama derecha/diámetro de la rama izquierda:  $0,95 \pm 0,008$ .

**Gammagrafía.** Perfusión pulmonar derecha:  $57,7 \pm 3,43$  %; perfusión pulmón izquierdo:  $42,2 \pm 3,44$  %. No se realizó cateterismo a ningún paciente al no presentar ningún parámetro alterado. Coeficiente de correlación del 90% con  $p < 0,001$ .

### Grupo 2

La perfusión del pulmón izquierdo estaba disminuida en todos con un valor de  $26,3 \pm 7,9$  % (fig. 1A). Por el contrario, el pulmón derecho recibía más flujo  $75,3 \pm 8,4$  %.



**Figura 1.** **A)** Grupo 2. Caso 2. Gammagrafía de perfusión. La perfusión total del pulmón izquierdo es mínima (7%) con afectación de todas las áreas o zonas. **B)** Resonancia del mismo caso. Tronco pulmonar (T) y rama pulmonar derecha (d) normales. La rama izquierda (i) presenta una estenosis en su zona proximal (flechas negras). **C)** Caso 1. Cateterismo. Estenosis grave (e) proximal rama izquierda (flecha negra). **D)** Stent (s). Mismo caso. Arteria expandida sin gradiente ni obstrucción.

*Resonancia* (fig. 1B). Diámetro de la rama pulmonar derecha:  $1,17 \pm 0,24$  cm. Diámetro de la rama pulmonar izquierda:  $0,54 \pm 0,22$  cm. Índice diámetro de la rama izquierda/diámetro de la rama derecha:  $0,51 \pm 0,21$ ; índice-perfusión  $r$  65%;  $p < 0,005$  (tablas 1 y 2).

Dos pacientes están pendientes de cateterismo para colocar *stent* (casos 2 y 6). Los 7 pacientes restantes fueron programados uno para *stent*-cirugía (caso 4) con efectividad parcial y los seis restantes para *stent* con efectividad en 5 (caso 1, 5, 7, 8, 9) *stent* 204, 294, 308. Desapareció la estenosis y el gradiente (figs. 1C y D). El no efectivo está pendiente de nuevo *stent*. Posteriormente se reevaluaron con gammagrafía por RM siete (casos 1, 3, 4, 5, 7, 8, 9) (figs. 2A y B) Configurándose los resultados favorables en cinco. Tres se estudiaron con angiorrsonancia.

### Grupo 3

*Resonancia*. Diámetro de la rama pulmonar derecha:  $0,9 \pm 0,38$  cm. Diámetro de la rama pulmonar izquierda:  $1,5 \pm 0,56$  cm; índice diámetro de la rama derecha/diámetro de la rama izquierda:  $0,52 \pm 0,10$  (fig. 3A). Perfusión pulmonar derecha:  $32 \pm 11$  %; perfusión pulmonar izquierda:  $68 \pm 11$  %. En todos los casos se realizó cateterismo confirmándose un gradiente de  $40 \pm 19$  mmHg. Se colocó en todos un *stent* que fue efectivo en cuatro (figs. 3B y C) desapareciendo el gradiente (casos 1, 3, 4 y 5) no efectivo (caso 2). Todos se reevaluaron con gammagrafía-resonancia y fue efectivo en cuatro con valores de perfusión de  $57 \pm 4$  % para el pulmón derecho y diámetros normales. A 3 pacientes se le realizó RM por angiografía (casos 3, 4 y 5) confirmando la normalidad.

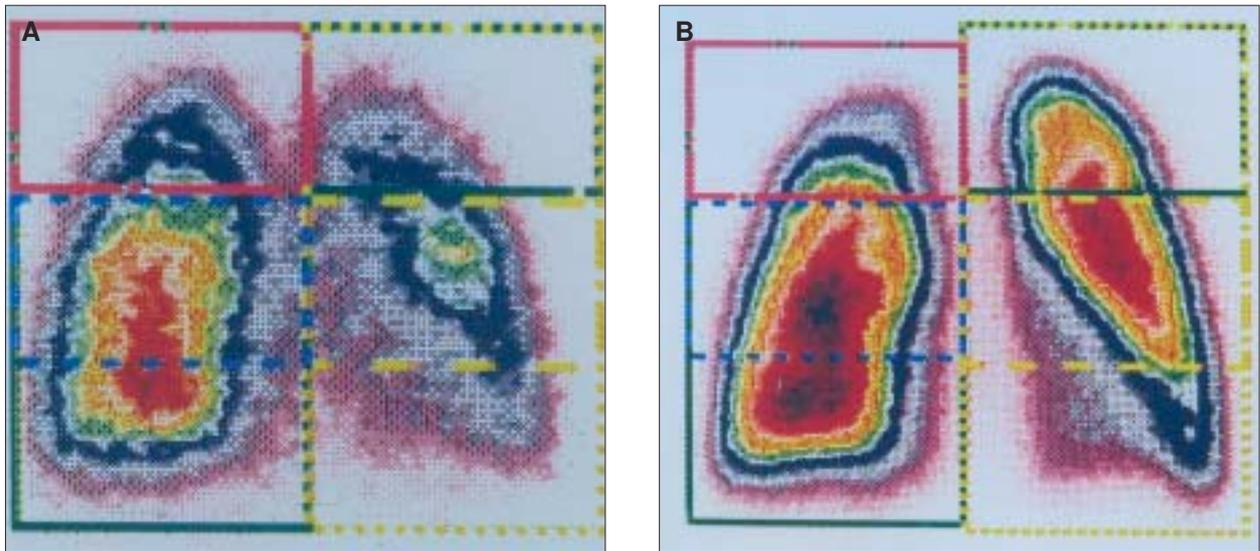


Figura 2. A) Caso 1. Gammagrafía pulmonar previa a la colocación de stent. Hipoperfusión grave (23 %). B) Tras la colocación de stent normalización de la perfusión del pulmón izquierdo (42 %).

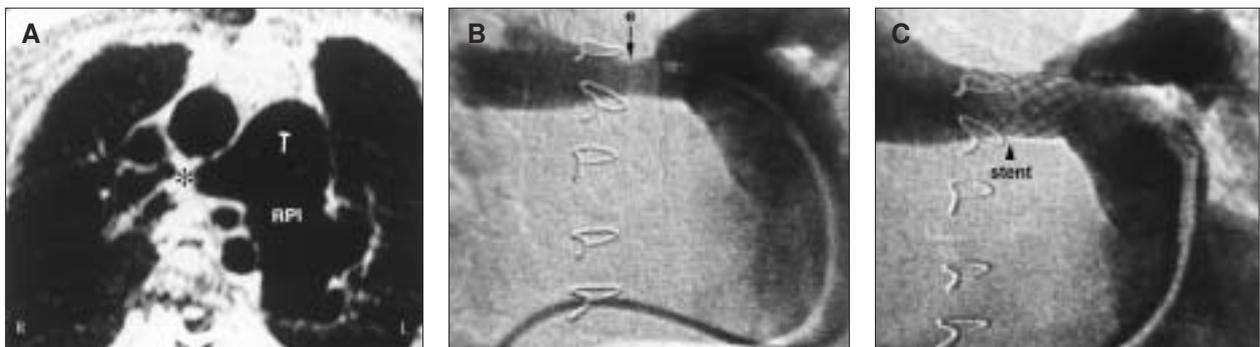


Figura 3. A) Grupo 3. Resonancia del caso 2. Estenosis extensa de la rama derecha (asterisco). La rama pulmonar izquierda (RPI) y el tronco pulmonar (T) están muy dilatados. B) Cateterismo del caso 9. Estenosis grave (e) en zona media de la arteria pulmonar derecha. C) Tras la colocación de un stent (flecha stent) desapareció el gradiente, normalizándose el diámetro.

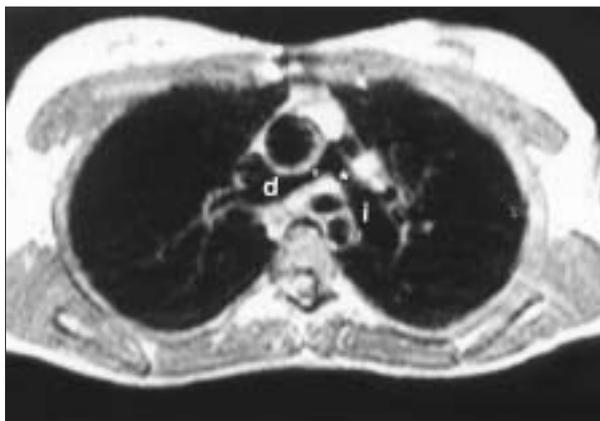


Figura 4. Grupo 4. Resonancia. Estenosis bilateral grave (asterisco y círculo), rama derecha (d) e izquierda (i).

#### Grupo 4

A tres se le instaló un *stent* bilateral efectivo y a otro un *stent* en la rama derecha y un parche en la rama izquierda que fue sólo parcialmente efectivo (fig. 4). A los otros dos, uno con homoinjerto estenótico en la bifurcación y ramas se le sustituyó por un conducto y al otro se le realizó una doble angioplastia. Reevaluación con gammagrafía por RM se verificó en los seis, en cinco efectivo. A tres se le realizó una angiografía por RM.

#### DISCUSIÓN

La perfusión pulmonar es normal cuando el flujo derecho supera el flujo izquierdo sólo en un 10-20%. Al estudiar con resonancia estos casos, la arteria pulmonar tiene el mismo diámetro y área que la arteria aorta. La suma de los diámetros de ambas ramas pulmonares es similar

al diámetro del tronco pulmonar<sup>15,16</sup>. La arteria pulmonar derecha tiene en proyección axial un diámetro ligeramente inferior a 2 mm que si fuera medido en proyección craneocaudal o en oblicuo.

El estudio de pacientes con tetralogía de Fallot con isótopos se inicia a mediados de 1960<sup>17</sup>. En teoría, cuando un paciente es corregido correctamente los flujos de ambos pulmones deben ser normales. Pero este supuesto no siempre se cumple. Por ello, Dowdle et al<sup>18</sup> dividieron cada pulmón en dos zonas, superior e inferior, e instituyeron un índice que obtenía del valor absoluto de la diferencia de perfusión de las dos zonas de los pulmones. Si el índice era bajo, los pacientes tenían buen pronóstico y, si era alto, el futuro del paciente era malo, al existir una estenosis grave de la rama principal de una de las dos ramas pulmonares que modificaba la perfusión normal del pulmón derecho (54-61%) o izquierdo (38,7-46%)<sup>19,20</sup>.

Los primeros estudios seriados preoperatorios con resonancia en la tetralogía de Fallot los realizaron Mirowitz et al<sup>21</sup> en 22 pacientes con correlación hemodinámica en 16. Observó un diámetro del tronco pulmonar reducido (20-40%) con respecto al diámetro de la arteria aorta en todos y en seis (35%), una estenosis de la rama izquierda. Seis pacientes fueron valorados tras la corrección quirúrgica comprobando la existencia de estenosis en tres. En 1997, Greenberg et al<sup>22</sup> evaluaron con RM y ecocardiografía las ramas pulmonares de 16 pacientes intervenidos de tetralogía de Fallot, 11 con estenosis de rama (cinco izquierda, tres derecha y tres bilateral), confirmándose el diagnóstico en todos con resonancia y sólo en tres con ecocardiografía, 3 pacientes fueron mal diagnosticados por resonancia. Estos resultados mostraban 8 falsos negativos en la ecocardiografía y 3 falsos positivos con RM que confirmaban una mayor sensibilidad de esta última técnica.

En el grupo 1 (bien corregido) sólo 2 pacientes presentaban una desviación sobre la normalidad de perfusión de  $\pm 1\%$ , con resonancia normal y otros dos estudiados con resonancia mostraban unos índices de 1,11 y 1,15 ligeramente superior al normal 1,1 con perfusión normal. Los pacientes con estenosis unilateral tenían parámetros anormales en la arteria estenótica.

El coeficiente de correlación diámetro rama izquierda-perfusión pulmón izquierdo en los pacientes con estenosis izquierda fue aceptable 65% con  $p < 0,003$ . El número reducido de casos para la estenosis derecha podría quitar valor a los coeficientes favorable índice-gradiente  $r 72\%$  ( $p < 0,005$ ); gradiente-perfusión  $r 82\%$  ( $p < 0,003$ ).

El coeficiente de correlación entre los diámetros de las ramas derecha e izquierda era aceptable (51%) con  $p < 0,005$  y en los pacientes con estenosis de rama izquierda su coeficiente diámetro rama izquierda-perfusión pulmón izquierdo era bueno 65% con  $p < 0,003$ . El diámetro derecho, probablemente influido por la proyección no se correlacionaba con la perfusión.

El tratamiento incruento de la estenosis de rama se inició con la angioplastia. Esta técnica incrementa el diámetro de la zona estenótica en el 50-70% y en consecuencia aumenta el flujo pulmonar. Ring et al<sup>23</sup> y Kan et al<sup>24</sup> realizaron una gammagrafía de perfusión pre y postangioplastia en 10 y 8 pacientes y observaron un incremento de  $40 \pm 4\%$  a  $51 \pm 4\%$ . En la década de 1990 se inició la aplicación del *stent*<sup>25-28</sup> al tratamiento de la estenosis de rama. Fogelman et al<sup>13</sup>, en una serie de 37 pacientes, 22 con estenosis de rama izquierda y 15 con estenosis de rama derecha, observaron un incremento de la perfusión tras la colocación de un *stent* en 6 casos de obstrucción izquierda ( $28 \pm 13\%$  a  $40 \pm 16\%$ ) y en cuatro de estenosis derecha ( $32 \pm 15\%$  a  $42 \pm 11\%$ ) con reducción del gradiente e incremento del diámetro ( $3,8 \pm 1,7$  a  $5,5 \pm 2,1$ ) y el área de la rama.

En 1997<sup>29</sup> se realizaron los primeros estudios cuantificados pre y *poststent*. Si el estudio se orienta al tipo de defecto previamente corregido: tetralogía de Fallot o estenosis de rama aislada<sup>14</sup> (42 pacientes) se confirma que los gradientes previos a la colocación del *stent* son mayores en los casos con estenosis aislada ( $71 \pm 4,5$  frente a  $46 \pm 25$  mmHg). Tras el tratamiento se normaliza la perfusión pulmonar, pero los gradientes, a pesar de reducirse, se mantienen más elevados en el grupo de estenosis aislada. En los últimos años se han iniciado tras la reintervención estudios con eco-gradiente<sup>30</sup> y angiografía tridimensional. Kondo et al<sup>31</sup> verificaron 139 medidas de ramas pulmonares, 38 con estenosis, en 73 pacientes, 45 intervenidos, siete de tetralogía de Fallot. Los autores no especificaron el tipo de cardiopatía de los 38 con estenosis.

De nuestros 20 pacientes con estenosis de rama, 18 fueron reintervenidos (2 pacientes pendientes). Todos se reevaluaron con gammagrafía-resonancia con buenos resultados en 14 casos.

### Limitaciones del estudio

La gammagrafía mide perfusión de flujo. Cada pulmón representa un porcentaje del flujo pulmonar total. Este porcentaje será menor para el pulmón obstruido. La resonancia mide el diámetro y el área del vaso pulmonar. En función de éstos, la obstrucción será mayor o menor. Ambas técnicas no se realizaron en días consecutivos pudiendo alterarse las condiciones hemodinámicas según la diferencia entre los días del estudio. No se cateterizaron todos los pacientes, sólo aquellos con obstrucción derecha, izquierda o bilateral demostrada por gammagrafía-resonancia. En la resonancia, el diámetro de la arteria pulmonar derecha en proyección axial disminuye ligeramente y, en consecuencia, los índices del diámetro de la rama derecha/diámetro de la rama izquierda pueden alterarse negativamente.

### Conclusiones

Los estudios realizados nos confirman la presencia frecuente de estenosis de rama en los pacientes intervenidos

de tetralogía de Fallot. La estenosis se puede resolver con la colocación de un *stent*. Tras este procedimiento, la ausencia de gradiente es concordante con la estructura y perfusión normal de las ramas pulmonares.

## BIBLIOGRAFÍA

1. Wagner HN, Sabiston DC, Iio M, McAfee JF, Meyer K, Langan JK. Regional pulmonary blood flow in man by radioisotope scanning. *J Am Med Ass* 1964;187:601-3.
2. Tow DE, Wagner HN, López-Majano V, Smith EM, Migita T. Validity of measuring regional pulmonary arterial blood flow with macroaggregates of human serum albumin. *AJR Am J Roentgenol* 1966;96:664-76.
3. Friedman WI, Braunwald E, Morrow AG. Alterations in regional pulmonary blood flow in patients with congenital heart disease studied by radioisotope scintiscanning. *Circulation* 1968;37:747-58.
4. Alderson PO, Boonvisut S, McKnight RC, Hartman AF. Pulmonary perfusion abnormalities and ventilation-perfusion imbalance in children after total repair of tetralogy of Fallot. *Circulation* 1976;50:332-7.
5. Tong ECK, Liu L, Potter RT, Sackler JP, Rahnowitz JC. Macroaggregated Risa lung scan in congenital heart disease. *Radiology* 1973;106:585-92.
6. Draulans-Noe HA, Evenblyg H. The value of radioisotope scanning in the study of pulmonary circulation in patients with tetralogy of Fallot and systemic pulmonary anastomosis. *J Nucl Biol Med* 1972;16:145-9.
7. Lin CY. Lung scan in cardiopulmonary disease. Tetralogy of Fallot. *J Thorac Cardiovasc Surg* 1971;61:370-9.
8. Puyau FA, Meckstroth A. Evaluation of pulmonary perfusion patterns in children with tetralogy of Fallot. *AJR Am J Roentgenol* 1974;122:119-24.
9. Gordon I, Helms P, Fazio F. Clinical applications of radionuclide lungs scanning in infants and children. *Br J Radiol* 1981;54:576-86.
10. Del Torso S, Milanese O, Bui F, Benett E, Stellan G, Mazzucco A, et al. Radionuclide evaluation of lung perfusion after the Fontan procedure. *Int J Cardiol* 1988;20:101-16.
11. Stevens MA, Kleinsasser BJ, Cavanaugh DJ, Bish AS. Lung perfusion imaging in tricuspid atresia after Glenn and Fontan repair. *Clin Nucl Med* 1995;20:941-4.
12. Rothman A, Perry SB, Keane JF, Lock JE. Early results and follow-up of balloon angioplasty for branch pulmonary artery stenosis. *J Am Coll Cardiol* 1992;19:383-8.
13. Fogelman R, Nykanen D, Smallhorn JF, McCrindle BW, Freedom RM, Benson LN. Endovascular stent in the pulmonary circulation. Clinical impact on management and medium-term follow-up. *Circulation* 1995;92:881-5.
14. Shaffer KM, Mullins CE, Grifka RG, O'Laughlin MP, McMahon W, Ing FF, et al. Intravascular stent in congenital heart disease: Short-and long-term results from a large single-center experience. *J Am Coll Cardiol* 1998;31:661-7.
15. Higgins CB, Byrd BFII, McNamara MT. Magnetic resonance imaging of the heart: A review of the experience in the 172 subjects. *Radiology* 1985;155:671-9.
16. Parson JM, Baker EJ, Hayes A, Ladusan EJ, Qureshi SA, Anderson RN, et al. Magnetic resonance imaging of the great arteries in infants. *Int J Cardiol* 1990;28:73-85.
17. Haroutounian LM, Neill CA, Wagner HN. Radioisotope scanning of the lung in cyanotic congenital heart disease. *Am J Cardiol* 1969;23:387-95.
18. Dowdle SC, Human DG, Mann MD. Pulmonary ventilation and perfusion abnormalities and ventilation-perfusion imbalance in children with pulmonary atresia or extreme tetralogy of Fallot. *J Nucl Med* 1990;31:1276-9.
19. Tamir A, Melloul M, Berant M, Horev G, Lubin E, Blieden LC, et al. Lung perfusion scan in patient with congenital heart defects. *J Am Coll Cardiol* 1992;19:383-8.
20. Boothroyd AE, McDonald EA, Carty H. Lung perfusion scintigraphy in patients with congenital heart disease: Sensitivity and important pitfalls. *Nucl Med Comm* 1996;17:33-9.
21. Mirowitz SA, Gutiérrez FR, Cauter CE, Vannier MW. Tetralogy of Fallot; MR findings. *Radiology* 1989;171:207-12.
22. Greenberg SB, Crisci KL, Koenig P, Robinson B, Anisman P, Russo P. Magnetic resonance imaging compared with echocardiography in the evaluation of pulmonary artery abnormalities in children with tetralogy of Fallot following palliative and corrective surgery. *Pediatr Radiol* 1997;27:932-5.
23. Ring JC, Bass JL, Marvin W, Fuhrman BP, Kulik TJ, Foker J, et al. Management of congenital stenosis of a branch pulmonary artery with balloon dilatation and angioplasty. *J Thorac Cardiovasc Surg* 1985;90:35-44.
24. Kan JS, Marvin WJ, Bass JL, Muster AJ, Murphy J. Balloon angioplasty branch pulmonary artery stenosis: Results from the valvuloplasty and angioplasty of congenital anomalies registry. *Am J Cardiol* 1990;65:798-801.
25. O'Laughlin MP, Perry SP, Lock JE, Mullins CE. Use of endovascular stent in congenital disease. *Circulation* 1991;83:1983-9.
26. O'Laughlin MP, Mullins CE. Balloon dilatation and stenting of hypoplastic pulmonary arteries. *J Am Coll Cardiol* 1992;19:185-9.
27. Van Oort AM, Tanke RB, Oyen WJ, Van Mill GJ, Aengevaeren WR. Endovascular stent in the treatment of residual pulmonary stenosis in patients operated on for congenital heart defects. Initial results. *Med Tidschr Genesk* 1995;139:1187-9.
28. Oyen WJ, Van Oort AM, Tanke RB, Van Mill GJ, Aengevaeren WR, Corstens FH. Pulmonary perfusion after endovascular stenting of pulmonary artery stenosis. *J Nucl Med* 1995;36:2006-8.
29. Alcibar J, Rumoroso JR, Cabrera A, Oñate A, Peña N, Arana JJ, et al. Experiencia con el stent de Palmaz en la estenosis de rama pulmonar. *Rev Esp Cardiol* 1997;50:179-86.
30. Rutledge JM, Vick III GW, Mullins CE, Gritka RG. Safety of magnetic resonance imaging immediately following Palmaz stent implant: A report of three cases. *Cattet Cardiovasc Int* 2001;53:519-23.
31. Kondo C, Takada K, Yokoyama U, Nakajima Y, Momma K, Sakai F. Comparison of three-dimensional contrast-enhanced magnetic resonance angiography and axial radiographic angiography for diagnosing congenital stenoses in small pulmonary arteries. *Am J Cardiol* 2001;87:420-4.