

## Resonancia magnética cardiovascular en pacientes con *bypass* parcial o total del ventrículo venoso

CÉSAR VIEGAS<sup>1</sup>, HORACIO J. DI NUNZIO<sup>2</sup>, ELEONORA DOGLIA<sup>3</sup>, MARÍA DEL C. GRIPPO<sup>4</sup>, ANDRÉS J. SCHLICHTER<sup>5</sup>, GUILLERMO O. KREUTZER<sup>6</sup>, CLAUDIO BRUNO<sup>7</sup>, ALBERTO RODRÍGUEZ CORONEL<sup>8</sup>.

### RESUMEN

Se realizaron 864 resonancias magnéticas cardiovasculares en 800 pacientes pediátricos y adultos con cardiopatías congénitas para valorar la capacidad diagnóstica del método. Sesenta y un pacientes (28 femeninos y 33 masculinos) habían sido sometidos a algún tipo de *bypass* del ventrículo venoso y en ellos se realizaron 78 resonancias magnéticas cardiovasculares con el objetivo de realizar una evaluación anatomomorfológica y funcional. La edad promedio, en el momento del estudio, fue de 13,5 años (1-29 años). Se conocían todos los diagnósticos previos. Los menores de 7 años recibieron anestesia general inhalatoria con Sevoflurano<sup>®</sup>.

Se confeccionaron cinco grupos de pacientes, según el tipo de cirugía. *Bypass* parcial: Grupo 1 (9 estudios): cavopulmonar terminoterminal o Glenn clásico; grupo 2 (35 estudios): cavopulmonar terminolateral bidireccional o Glenn 2D, incluido 1 paciente operado con técnica de Kawashima y grupo 3 (1 estudio): cirugía de "ventrículo y medio" o Glenn 2D con separación de circulaciones. *Bypass* total: grupo 4 (22 estudios): anastomosis atriopulmonar y grupo 5 (11 estudios): anastomosis bicavopulmonar a través de un conducto extracardíaco. Se analizó: 1) diagnóstico de la cardiopatía: que fue concordante con el previo salvo en 1 paciente; 2) boca anastomótica: adecuada en todas; 3) presencia de trombos: en 7 (6 en aurícula derecha y 1 en tronco de la arteria pulmonar); 4) compresión y desplazamiento de venas pulmonares: en 2 del grupo 3; 5) desarrollo de arterias pulmonares centrales: adecuado en todas (McGoon > 1,8; Nakata > 200 mm<sup>2</sup>/m<sup>2</sup> de superficie corporal); 6) derrame pericárdico: en 16 (3 moderado-severo); 7) dimensiones y flujo en la aurícula derecha: dilatación en las 22 del grupo 4 (5 severas y 7 moderadas, las 12 con flujo lento); 8) desfuncionalización del *bypass*: por anastomosis venosas entre el territorio de la vena cava superior y el de la vena cava inferior en 8 (grupos 1 y 2) y 9) relación de la aorta ascendente con el esternón: muy cercana en 25 correspondientes a pacientes con transposición de las grandes arterias.

La resonancia magnética cardiovascular permitió, en todos los pacientes estudiados, realizar un diagnóstico morfológico y funcional completo de la cardiopatía nativa y posquirúrgica y además, en un paciente, modificar el diagnóstico previo.

REV ARGENT CARDIOL 2004;72:348-357

Recibido: 12/2003

Aceptado: 6/2004

Dirección para separatas:

Dr. César Viegas

Av. Hipólito Yrigoyen 8680.

Lomas de Zamora. Provincia de

Buenos Aires

Tel./ Fax: 4823-9337

cviegas@intramed.net.ar

### Palabras clave

> Resonancia magnética nuclear - Fontan - Anastomosis cavopulmonar

### INTRODUCCIÓN

Se define ventrículo venoso (VV) al conectado con la arteria pulmonar (ya sea morfológicamente izquierdo o derecho). La cirugía de *bypass* del VV se utiliza en pacientes con un solo ventrículo funcional.

El *bypass parcial* comprende: a) la anastomosis cavopulmonar derecha, terminoterminal (Glenn clásico); (1) b) la anastomosis cavopulmonar bidireccional, terminolateral (Glenn 2D), (2) sin pulsatilidad por flujo accesorio o con ella (anastomosis sistémico-pulmonar o desde el ventrículo). Con doble vena cava superior

<sup>1</sup> Para optar a Miembro Titular SAC.

<sup>1</sup> RMC infantil. Departamento de Imágenes Cardiovasculares, Fundación Científica del Sur. UBA. Lomas de Zamora. Provincia de Buenos Aires. Director de la Carrera de Especialistas en Cardiología Infantil. Facultad de Medicina, UBA. Médico de la División Cardiología. Hospital de Niños "Dr. Ricardo Gutiérrez" de Buenos Aires

<sup>2</sup> RMC. Director del Departamento de Imágenes Cardiovasculares, Fundación Científica del Sur. UBA. Lomas de Zamora. Provincia de Buenos Aires

<sup>3</sup> Médica del Departamento de Imágenes Cardiovasculares, Fundación Científica del Sur. UBA. Lomas de Zamora. Provincia de Buenos Aires

<sup>4</sup> Jefa de Cardiología Clínica. División Cardiología. Hospital de Niños "Dr. Ricardo Gutiérrez" de Buenos Aires

<sup>5</sup> Jefe de Unidad. Cirugía Cardiovascular. Hospital de Niños "Dr. Ricardo Gutiérrez" de Buenos Aires

<sup>6</sup> Jefe de División. Cirugía Cardiovascular. Hospital de Niños "Dr. Ricardo Gutiérrez" de Buenos Aires

<sup>7</sup> Director Médico. Fundación Científica del Sur. UBA. Lomas de Zamora. Provincia de Buenos Aires

<sup>8</sup> Jefe de División. Cardiología. Hospital de Niños "Dr. Ricardo Gutiérrez" de Buenos Aires

(VCS) sin innominada, dicha anastomosis será bilateral (Glenn 2D bilateral); c) cirugía de “ventrículo y medio”; (3) cuando la hipoplasia del ventrículo derecho (VD) es moderada ( $Z > -3$ ) puede realizarse un Glenn 2D con una septación cardíaca adecuada, así el VD recibirá y expulsará la sangre que le llega desde la vena cava inferior (VCI) y el seno coronario y d) Kawashima: en pacientes con heterotaxia, interrupción de VCI y continuación ácidos o hemiacidos, se realiza la anastomosis cavopulmonar terminolateral, (4) quedando el retorno venoso hepático excluido del *bypass*.

El *bypass total* (cirugía paliativa total) comprende las anastomosis atriopulmonares (AAP) propuestas por: a) Fontan, (5) b) Kreutzer, (6) o sus variantes: la anastomosis atriopulmonar posterior (7, 8) y las anastomosis bicavo-bipulmonares, como: c) el túnel lateral intraauricular, (9) d) el túnel central (10, 11) y e) el conducto extracardíaco (CE). (12)

Estas cirugías permiten mayor supervivencia y mejor calidad de vida y determinan cambios hemodinámicos que, ocasionalmente, producen efusiones recurrentes, enteropatía perdedora de proteínas, dilatación de la AD, compresiones de venas pulmonares, hipodesarrollo de arterias pulmonares, desfuncionalización del *bypass*, arritmias, (13) trombosis con tromboembolia o sin ésta, (14) cortocircuitos residuales, (15) disfunción valvular y déficit de la función ventricular.

Los pacientes requieren un seguimiento cuidadoso, frecuente y prolongado y controles con métodos de diagnóstico incruentos, (16-18) sin limitaciones de ventana y con acceso a todas las regiones en estudio. La resonancia magnética cardiovascular (RMC) se considera una indicación de estudio de clase I (“relevante, apropiado y de primera línea”). (19-21)

## MATERIAL Y MÉTODOS

Sobre un total de 864 RMC realizadas en 800 pacientes pediátricos y adultos con cardiopatías congénitas, 78 correspondieron a 61 pacientes (28 femeninos y 33 masculinos), sometidos a algún tipo de *bypass* de VV. La edad media en el momento de la RMC fue de 13,5 años (1-29 años). En 15 estudios, en niños menores de 7 años, se utilizó anestesia general inhalatoria (Sevorane®).

Las patologías estudiadas en las 78 RMC fueron (Tabla): ventrículo único (VU) 26, atresia tricuspídea (AT) 22, atresia pulmonar con septum intacto (APSI) 8, doble salida del VD (DSVD) 6, *criss-cross* 3, enfermedad de Ebstein 3, hipoplasia del VD 3, VD de doble cámara 2, atresia pulmonar (AP) con comunicación interventricular (CIV) 2, D-transposición de los grandes vasos (TGA) 1, L-TGA 1 y doble salida del ventrículo izquierdo 1.

En 15 de 61 pacientes se realizó más de una RMC. En 13 pacientes se efectuaron 2 y en 2 pacientes, 3.

Las 78 RMC se agruparon según el tipo de cirugía:

### *Bypass* parcial (45 RMC)

Grupo 1) Glenn clásico:	9 RMC
Grupo 2) Glenn 2D (incluido 1 Kawashima):	35 RMC
Grupo 3) Cirugía de “ventrículo y medio”:	1 RMC

## ABREVIATURAS

AAP	Anastomosis atriopulmonar
AD	Aurícula derecha
APD	Arteria pulmonar derecha
APSI	Atresia pulmonar con septum intacto
APT	Tronco de la arteria pulmonar
CE	Conducto extratorácico
CIA	Comunicación interauricular
CIV	Comunicación interventricular
DDVD	Doble salida del VD
EP	Estenosis pulmonar
RMC	Resonancia magnética cardiovascular
TGV - TGA	Transposición de los grandes vasos
VCI	Vena cava inferior
VCS	Vena cava superior
VD	Ventrículo derecho
VPID	Vena pulmonar inferior derecha
VU	Ventrículo único
VV	Ventrículo venoso
VVSI	Vena cava superior izquierda

### *Bypass* total (33 RMC)

Grupo 4) AAP:	22 RMC
Grupo 5) CE:	11 RMC
TOTAL	78 RMC (61 pacientes)

## Técnicas y protocolo de estudio

Se utilizó un resonador 1.5 Tesla Picker EDGE con gatillado prospectivo del electrocardiograma y su programa de estudios cardiológicos.

Las secuencias de estimulación fueron:

- Spin-eco T1** sin contraste y después de la administración de gadolinio-DTPA. Cortes múltiples intercalados y adyacentes, desde el cuello hasta el abdomen superior (axiales) y desde el esternón hasta la pared posterior torácica (coronales). Se evaluó la anatomía del corazón y de los grandes vasos, la boca y las características de las anastomosis.
- Spin-eco densidad protónica y T2** para caracterización tisular.
- Contraste de fase.** Cortes alineados en cualquier orientación espacial, para análisis cualitativo (forma, tamaño, dirección, etc.) y cuantitativo (velocidad, gradientes de flujos turbulentos (*jets*)).
- Gradientes para cineangiografía.** Cortes alineados según patología, en planos ortogonales, oblicuos y doble oblicuos.
- Angiografía volumétrica 2D sin contraste (TOF)** (en una paciente embarazada) y tridimensional (3D) con contraste (gadolinio-DTPA. Dosis: 0,1 a 0,2 mmol/kg). Para visualización del árbol arterial y venoso pulmonar y vasos centrales. Planos coronales, axiales o sagitales; analizándose imágenes primarias (particiones) y luego del posprocesado. Se confeccionaron reconstrucciones de máxima intensidad de proyección (MIP) y con efecto de sombreado de superficie.

## Definiciones y objetivo

El objetivo fue analizar:

- Cardiopatía estructural:** realizar el diagnóstico de la cardiopatía congénita subyacente.
- Boca anastomótica (diámetro):** se midieron diámetros axiales y coronales. Se consideró que el diámetro era adecuado si: a) en los grupos 1 (Glenn clásico), 2

Tabla

RMC	EDAD (Años)	SEXO	BYPASS	DIAGNÓSTICO
1	9	M	GLENN clásico	Hipoplasia VD
2	12	M	GLENN 2D	AT + AP + Estenosis APD
3	16	M	AAP (1)	AT + AP
4	16	F	AAP (2)	VU + L-TGA + AP + Trombo en AD
5	16	M	AAP	APSI
6	21	F	GLENN 2D izq. pulsátil (3)	HETEROTAXIA + VU + D-TGA + Cerclaje APT
7	16	F	AAP (2)	VU + L-TGA + AP + Trombo en AD
8	15	F	AAP	D-TGA + CIV + EP
9	16	M	GLENN 2D pulsátil (4)	VU + DSVD + EP
10	11	F	GLENN clásico (5)	Criss-Cross + AP + D-TGA + ASPI
11	15	M	AAP (6)	VU + L-TGA + EP
12	15	M	CE (7)	Asplenia + VU + AU + L-TGA
13	3	M	GLENN 2D	Asplenia + VU + Canal AV + D-TGA
14	24	F	GLENN 2D pulsátil	AP + CIV + CIA + Prótesis VT
15	15	M	CE (7)	Asplenia + VU + AU + D-TGA
16	14	M	GLENN 2D pulsátil (8)	VU + Canal AV + DSVD + Cerclaje APT + ASPI
17	10	F	GLENN 2D	APSI
18	14	F	AAP	Criss-Cross concordante + L-TGA
19	2	F	GLENN 2D	AT + Fístula AV pulmón
20	6	F	GLENN 2D izq. pulsátil (9)	Poliespl + DSVD + VCI-Ácigos Izq. + Cerclaje APT
21	20	M	AAP (10)	VU + AU + Canal AV + L-TGA
22	6	F	GLENN 2D izq. pulsátil (9)	Poliespl + DSVD + VCI-Ácigos Izq. + Cerclaje APT
23	17	F	GLENN 2D pulsátil	Ebstein + Prótesis VT
24	3	M	GLENN 2D	APSI
25	17	M	AAP	Supero-Inf + DSVD + EP
26	1	F	GLENN 2D pulsátil (11)	VD dividido + Cerclaje APT
27	16	F	AAP (12)	AT
28	13	F	GLENN 2D (13)	AT + D-TGA + EP
29	19	F	GLENN 2D pulsátil	Ebstein + Plástica VT
30	27	M	GLENN clásico	APSI + Rastelli
31	27	M	GLENN clásico	APSI + Rastelli
32	9	F	AAP (14)	AT + Trombo en AD
33	3	F	GLENN 2D pulsátil	AT + Cerclaje APT + ASPI
34	15	M	GLENN 2D pulsátil (15)	VU + ASPI + ASPD + Estenosis API y APD
35	17	F	GLENN 2D pulsátil	APSI + ASPI
36	8	M	GLENN 2D pulsátil	APSI + ASPI
37	12	F	GLENN clásico	VU + L-TGA + Fístula axilar quirúrgica
38	3	M	GLENN 2D pulsátil	VU + L-TGA + EP + ASPI
39	14	F	GLENN clásico	AT + Esten Sub-Ao + ASPI
40	13	M	AAP	AP + CIV
41	7	F	CE	VU + AM + L-TGA
42	4	M	GLENN 2D pulsátil	AT + AP + ASPI
43	22	F	GLENN 2D pulsátil	AT + ASPD + ASPI
44	17	M	AAP (6)	VU + L-TGA + EP
45	9	M	GLENN 2D bilateral	Hipoplasia VD + CIV + CIA + EP + VCSI
46	16	M	GLENN 2D pulsátil (8)	VU + Canal AV + DSVD + Cerclaje APT + ASPI
47	19	M	AAP	AT
48	15	F	CE (13)	AT
49	22	F	GLENN clásico	Ebstein + prótesis VT
50	21	M	AAP	AT
51	17	M	GLENN 2D pulsátil (15)	VU + ASPD + ASPI + Estenosis API y APD
52	9	F	Ventrículo y medio (9)	Poliespl + DSVD + VCI-Ácigos
53	13	F	GLENN clásico (5)	Criss-Cross + AP + D-TGA + ASPI
54	8	M	CE	AT + AP
55	24	F	GLENN 2D izq. pulsátil (3)	HETEROTAXIA + VU + D-TGA + Cerclaje APT
56	19	M	AAP (1)	AT + AP + Trombo en AD
57	6	F	GLENN 2D pulsátil	DSVD + CIV + CIA + EP
58	15	F	GLENN 2D pulsátil	L-TGA + CIV + AP + Rastelli
59	19	M	GLENN 2D pulsátil (4)	VU + DSVD + EP + Dilatación VCS
60	11	F	AAP (14)	AT + Trombo en AD
61	14	F	CE	APSI + Trombo en APT
62	6	M	CE	AT

Tabla. Continuación

RMC	EDAD (Años)	SEXO	BYPASS	DIAGNÓSTICO
63	23	M	CE	AT + ASPI
64	24	M	AAP (10)	VU + AU + Canal AV + L-TGA + Glenn
65	19	F	AAP (12)	AT
66	6	M	GLENN 2D izq. pulsátil	SI + Supero-Inf + DSVD + EP
67	12	F	AAP	APSI + Desconexión APD + Glenn
68	5	F	GLENN 2D pulsátil (11)	VD dividido + Cerclaje APT
69	5	F	CE	VU + L-TGA + Plástica VT + Stansel
70	10	M	GLENN 2D	AT + EP + Cerclaje APD
71	18	M	CE (8)	VU + Canal AV + DSVD
72	12	M	GLENN 2D pulsátil	DSVI + EP + Doble Rastelli
73	18	M	GLENN clásico	VU + D-TGA + EP + ASPI
74	29	M	AAP	Dextrocardia + VU + AT + L-TGA
75	18	M	AAP	AT
76	5	M	GLENN 2D pulsátil	Hipoplasia VD
77	21	F	CE	VU + L-TGA + AP + Embarazo 24 semanas
78	14	M	KAWASHIMA	VU + AU + D-TGA + VCI-Ácigos izq.

Las RMC identificadas con igual número superoinscripto entre paréntesis corresponden al mismo paciente.

ABREVIATURAS

- AM: Atresia mitral
- AP: Atresia pulmonar
- APSI: Atresia pulmonar con septum intacto
- ASPD: Anastomosis subclaviopulmonar derecha
- ASPI: Anastomosis subclaviopulmonar izquierda
- AT: Atresia tricuspídea
- AU: Aurícula única
- AV: Auriculoventricular
- CIA: Comunicación interauricular
- CIV: Comunicación interventricular
- DSVD: Doble salida ventricular derecha

- DSVI: Doble salida ventricular izquierda
- EP: Estenosis pulmonar
- Esten Sub-Ao: Estenosis subaórtica
- Inf: Inferior
- Izq.: Izquierda
- Poliespl: Poliesplenía
- SI: Situs inversus
- Supero-Inf: Ventrículos superoinferiores
- VCI-Ácigos: Interrupción VCI y continuación ácigos
- VT: Válvula tricúspide
- VU: Ventrículo único

Resto: Véase el texto.

- (Glenn 2D) y 3 (cirugía de “ventrículo y medio”) resultaba igual o mayor que el diámetro de la VCS involucrada; b) en el grupo 4 (AAP) era igual o mayor que la suma de los diámetros de ambas arterias pulmonares centrales y c) en el grupo 5 (CE) era igual que el diámetro del tubo. Se evaluaron alteraciones del flujo (estenosis, regurgitaciones, flujo en vaivén).
3. **Trombos:** masas de intensidad variable (con dependencia de su antigüedad) según la ponderación en T1 y T2 o como faltas de relleno en cineangiografías y angiografías 3D. Los murales determinan engrosamiento anormal, localizado e irregular de la pared de la aurícula derecha (AD), con hipointensidad en T1 y T2, observados, como mínimo, en dos planos diferentes. El diagnóstico diferencial con flujo lento se hizo utilizando secuencias de cineangiografía.
  4. **Venas pulmonares:** para descartar presencia de compresiones y alteraciones del flujo, en especial de las venas derechas debido a gran dilatación de la AD.
  5. **Arterias pulmonares centrales:** valorar su arborización y obtener relaciones de McGoon (22) (normal = 2) e índices de Nakata (23) [(normal =  $330 \pm 30 \text{ mm}^2/\text{m}^2$  de superficie corporal (SC))] para definir el grado de desarrollo alcanzado, que se consideró aceptable cuando el índice de Nakata resultaba mayor de  $200 \text{ mm}^2/\text{m}^2$  de SC. (24).

6. **Pericardio y pleura:** observando el saco pericárdico en su totalidad (recesos basales anteriores, preaórtico-pulmonar, seno transverso, receso superior, seno oblicuo retroauricular izquierdo) y el mediastino adyacente. Se evaluó engrosamiento (patológico: mayor de 4 mm) y derrame.
7. **Aurícula derecha:** evaluando su anatomía, diámetros y flujo en su interior (normal o lento).
8. **Desfuncionalización del *bypass* parcial:** observación de conexiones venovenosas entre territorios de VCS y VCI demostrado por presencia de neovenas colaterales dilatadas, recanalización de la vena ácigos, aparición de vena cava superior izquierda (VCSI) y/o dilatación severa de la VCS.
9. **Relación aorta ascendente-esternón:** en los casos con TGA y aorta anterior y derecha (D-TGA) o anterior e izquierda (L-TGA).

RESULTADOS

1. **Cardiopatía estructural**

La RMC fue coincidente con el diagnóstico previo en 60 sobre los 61 pacientes estudiados. En el paciente restante se diagnosticó *criss-cross*, diferente del previamente realizado por ecocardiograma transtorácico y por cateterismo (Figura 1).

## 2. Boca anastomótica (diámetro)

**Grupo 1 (Glenn clásico):** visualizada en las 9 RMC, con predominio del diámetro transversal sobre el anteroposterior. Siempre resultó mayor que la VCS, considerándose adecuada (no restrictiva).

**Grupo 2 (Glenn 2D):** en 28 RMC el Glenn 2D era derecho, en 6 RMC era izquierdo (incluido el Kawashima) y en 1 RMC era bilateral (Figura 2). En las 35 RMC el diámetro fue adecuado (igual o mayor que el de la VCS involucrada). En una RMC se observó dilatación severa de la VCS, probablemente por hiperpulsatibilidad del flujo anterógrado. El diámetro de la boca era adecuado (mayor que la aorta descendente a nivel diafragmático). En las angiografías de 15 RMC se visualizó un *jet* sistólico debido a turbulencia en el flujo anterógrado, pulsátil, desde el ventrículo hacia la arteria pulmonar derecha (APD) y VCS (Figura 3, A y B). Los gradientes coincidieron con los obtenidos por Doppler (Figura 3, C, D y E). En el paciente con Kawashima, la boca entre la VCSI y la arteria pulmonar izquierda (API) presentaba un diámetro 15% mayor que el de la VCS involucrada.

**Grupo 3 (cirugía de "ventrículo y medio"):** en la única RMC realizada, la boca anastomótica presentó un diámetro adecuado, mayor que el de la VCS involucrada.

**Grupo 4 (AAP):** todos con técnica posterior. ( 6, 7) La boca anastomótica se visualizó en las 22 RMC y en 8 resultó útil adquirir imágenes sagitales complementarias. El diámetro (transversal) resultó igual o mayor que la suma de los diámetros de ambas ramas pulmonares (Figura 4, A y B).

**Grupo 5 (CE):** en las 11 RMC se observaron ambas bocas anastomóticas sobre la APD, la de la VCS y la del CE. En 5 RMC estaban en diferentes planos coronales. La boca superior se estudió de igual manera que en el grupo 2 (Glenn 2D) y los diámetros fueron adecuados. La boca inferior, en todos los casos, tenía un diámetro igual o mayor que el diámetro del CE (Figura 4, C y D). No se investigó la presencia de fenestración, aunque, en 1 de 5 pacientes que la presentaban, se observó la solución de continuidad y un pequeño *jet* entre el CE y la AD.

## 3. Trombos

Visualizados en 7 RMC del total de 78. Seis en AD moderada a severamente dilatadas [(grupo 4 (AAP))] y 1 en el tronco de la arteria pulmonar (APT) [grupo 5 (CE)]. En 5 RMC del grupo 4 (AAP) eran murales, adheridos a la pared auricular y en la restante intracavitario (esferiforme, gran tamaño, "flotaba"). En la RMC del grupo 5 (CE), el trombo se observó en el fondo de saco remanente del APT, entre el plano valvular pulmonar y el origen de las ramas pulmonares (Figura 4, E, F, G y H).

## 4. Venas pulmonares

En 2 RMC del grupo 4 (AAP), las venas pulmonares derechas presentaban desplazamiento posterior y ligera compresión, por gran dilatación de la AD, pero sin alteraciones del flujo (Figura 5, A).

## 5. Arterias pulmonares centrales

En las 78 RMC se visualizaron las arterias pulmonares centrales, con relaciones de McGoon iguales o mayores de 1,8 e índices de Nakata mayores de 200 mm<sup>2</sup>/m<sup>2</sup>

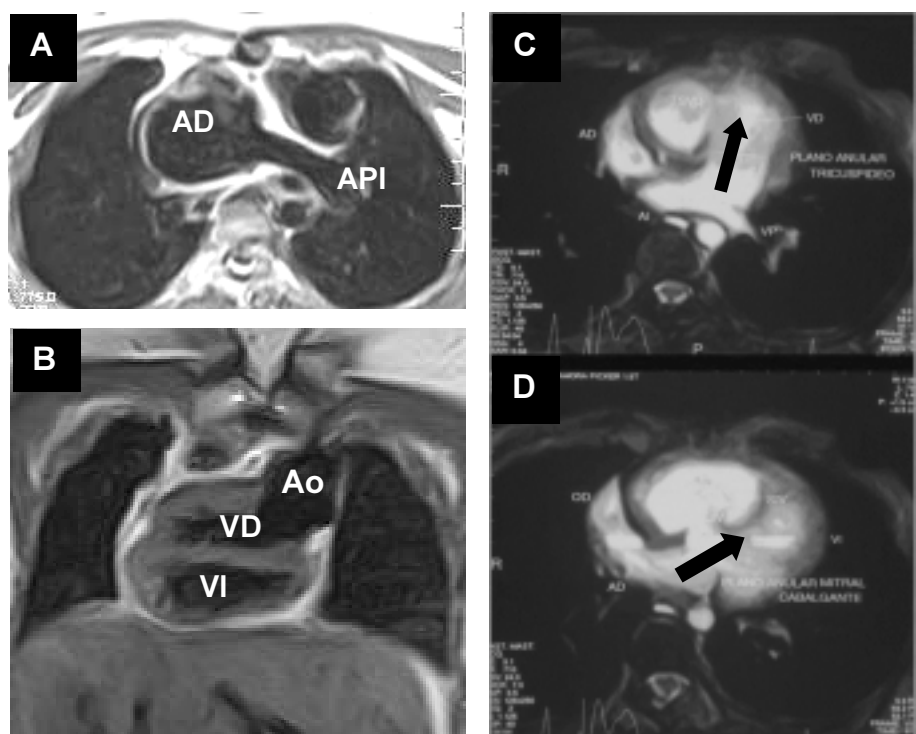


Fig. 1. **A, B.** Criss-cross concordante, L-TGA y ventrículos superoinferiores con AAP. **A.** Corte axial spin-eco T1 a nivel de la boca de la AAP. **B.** Corte coronal spin-eco T1 donde se visualizan ambos ventrículos superoinferiores y la aorta (Ao) traspuesta en posición L-anterior. **C, D.** Criss-cross discordante, D-aorta traspuesta y Glenn clásico. Cineangiografías axiales; obsérvese la dirección del tracto de entrada del VD (C, flecha) entrecruzándose con la dirección del tracto de entrada del ventrículo izquierdo, ubicado en un plano axial más caudal (D, flecha).

de SC, que indica un desarrollo aceptable (Figuras 4, B y 5, B).

**6. Derrames pericárdico y/o pleural**

Se observó derrame pericárdico en 15 de las 22 RMC del grupo 4 (AAP); en dos era significativo y en una existía también derrame pleural. En una RMC del grupo 2 (Glenn 2D) se visualizó derrame pericárdico leve-moderado (Figura 5, C). En todos se realizó caracterización tisular (densidad protónica y T2) y en tres, la efusión era de tipo serofibrinosa. En todos los estudios se observó grosor pericárdico normal.

**7. Aurícula derecha (dilatación, flujo)**

En las 22 RMC del grupo 4 (AAP) la AD estaba dilatada; en forma severa en 5, moderada en 7 y leve en 10.

Las AD con dilatación moderada o severa tenían flujo lento (Figuras 4, A, B, E, F, G y 5, D).

**8. Desfuncionalización del *bypass* parcial**

Sobre el total de 44 RMC correspondientes a los grupos 1 (Glenn clásico) y 2 (Glenn 2D), 8 mostraron desfuncionalización (venas colaterales dilatadas conectando los territorios de ambas venas cavas) (Figura 2, A).

**9. Relación de la aorta ascendente con el esternón**

Se analizaron 25 RMC de pacientes con TGA. En 11 con D-TGA la aorta ascendente presentaba íntimo y completo contacto con la pared retroesternal (Figura 5, C). En 9 de las 14 con L-TGA no existió contacto (Figura 4, B) y en 5 fue incompleto, puesto que la aor-

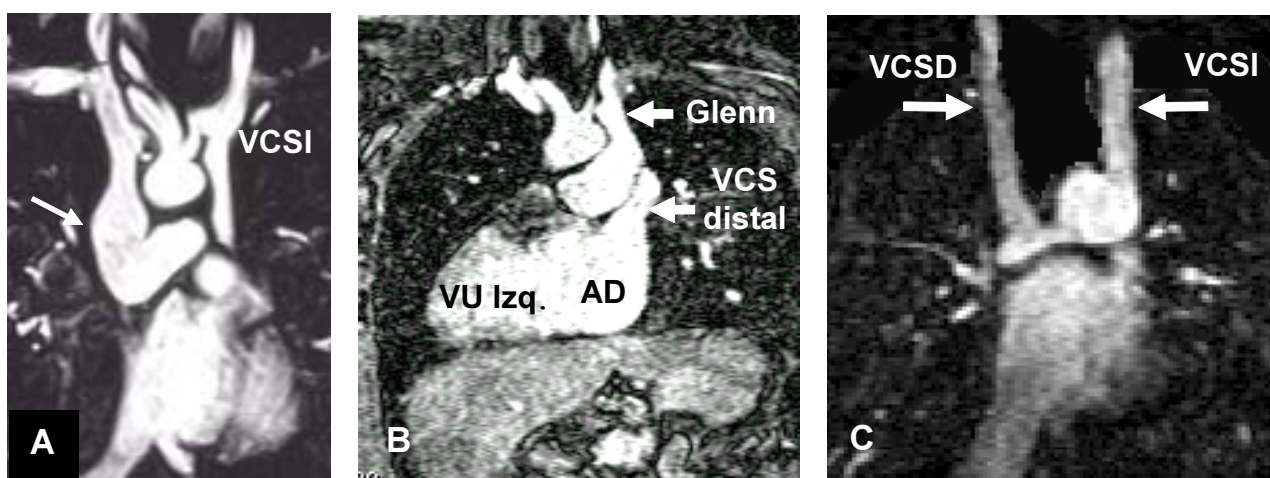


Fig. 2. Angiografías 3D con contraste, particiones (datos crudos), cortes coronales. **A.**: VU derecho (canal auriculoventricular dominante derecho) y DSVD, cerclaje de APT y anastomosis de Glenn 2D derecho (flecha) pulsátil por flujo anterógrado subclaviopulmonar izquierda; desfuncionalizado por desarrollo de conexiones entre el territorio de la VCS y la VCI. Obsérvese la presencia de una VCSI inexistente antes del bypass. **B.** Heterotaxia, situs inversus torácico y abdominal, VU izquierdo, D-TGA y Glenn 2D izquierdo pulsátil. **C.** Hipoplasia de VD, CIV, CIA y Glenn 2D bilateral. CIA: comunicación interauricular. CIV: Comunicación interventricular.

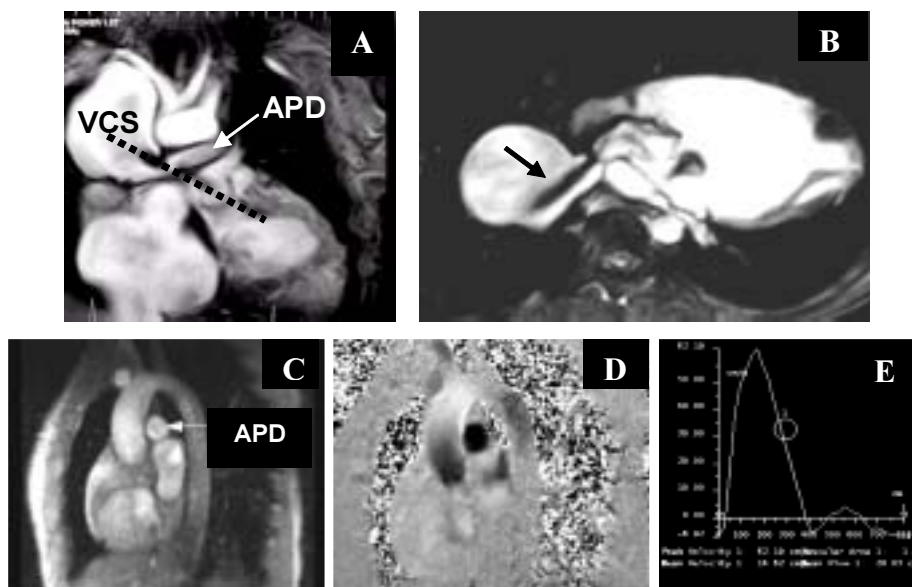
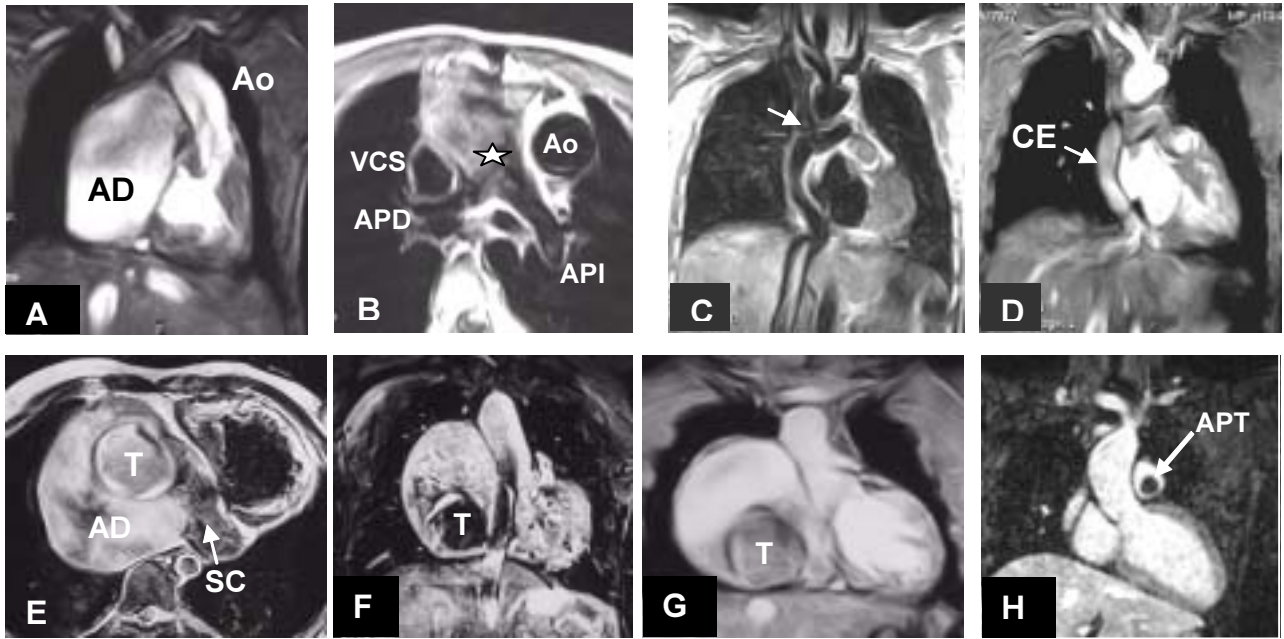
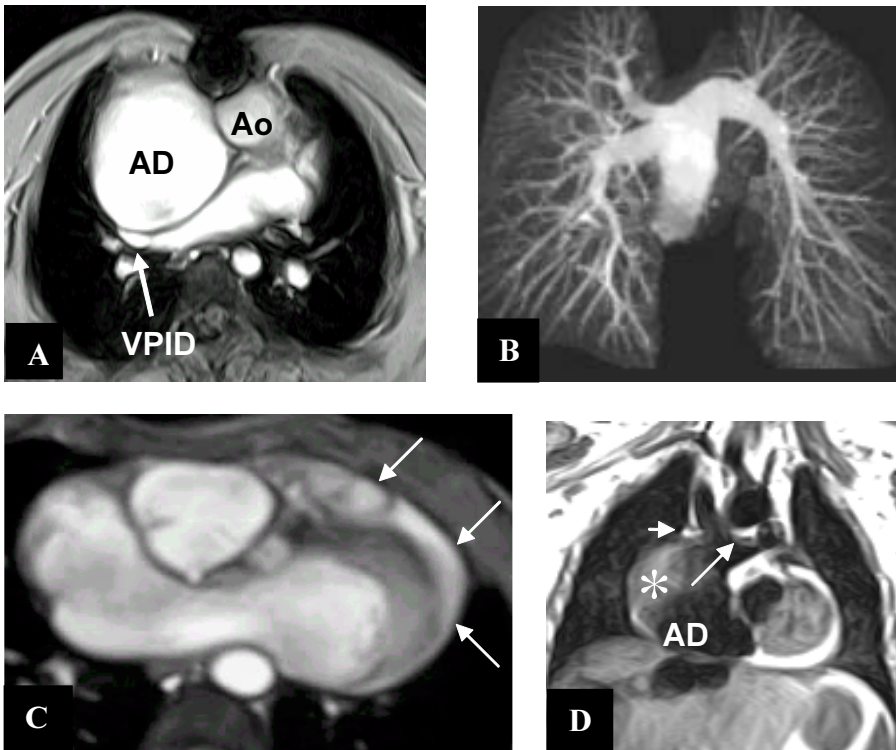


Fig. 3. Arriba. Cineangiografía, en planos coronal (A) y oblicuo (B), VU derecho con doble salida ventricular, cerclaje de APT y anastomosis de Glenn 2D derecha, hiperpulsátil por flujo anterógrado con dilatación aneurismática de VCS. El corte oblicuo por el sitio de la anastomosis (orientado por línea punteada en A) permite visualizar el eje largo del jet de flujo turbulento (déficit de señal) proyectándose dentro de la VCS (flecha), contribuyendo a su dilatación. Abajo. Estudio de flujo en APD correspondiente a hipoplasia de VD. Secuencia de contraste de fase. Obsérvese la imagen de magnitud (C), mapeo de velocidad (D) y gráfico de velocidad (E) durante el ciclo cardíaco.



**Fig. 4. Bypass total.** A y B: VU Izquierdo con L-loop, L-TGA y AAP. Cineangiografía en el plano coronal (A). Obsérvese la moderada dilatación de la AD. Spin eco T1 en plano axial (B) con señal isointensa intraauricular derecha que indica flujo lento. Amplia boca anastomótica (☆) y desarrollo normal de las arterias pulmonares centrales. C y D. VU derecho (canal auriculoventricular dominante derecho) y DSVD (Glenn 2D previo). Cortes coronales en spin-eco T1 (C) y cineangiografía (D). Obsérvese el CE y la boca del Glenn 2D (flecha). E, F y G. AP y AAP Corte axial spin-eco de sangre negra (E), con señal hiperintensa en AD, por flujo lento. Dilatación severa de la AD. Imagen redondeada de trombo intracavitario (T). Corte coronal spin-eco (F) con defecto de relleno del trombo, rodeado del flujo lento con señal hiperintensa. Cineangiografía coronal (G) donde se observa el trombo ovoide de (50 × 60 mm) rodeado de sangre blanca. H. APSI y CE partición coronal de angiografía 3D con contraste. Se visualiza en el interior del APT (fondo de saco remanente) un déficit de tinción por la presencia de un trombo (20 × 17,5 mm) que no «realiza» con gadolinio-DTPA.



**Fig. 5. A. VU + L-TGA + AP y AAP** Cineangiografía en plano axial a la altura de la vena pulmonar inferior derecha (VPID), que presenta ligera compresión y desplazamiento sin alteración del flujo. La aorta ascendente (Ao) anteriorizada se encuentra a unos milímetros de la línea media torácica. B. D-TGA, CIV y estenosis pulmonar (EP). Angiografía 3D con contraste. Arteriografía pulmonar. Reconstrucción MIP en proyección frontal. Óptima visualización del árbol pulmonar central que permite obtener la relación de McGoon y el índice de Nakata. C. AT y EP con Glenn 2D. Cineangiografía en el plano axial a nivel de la válvula aórtica. Obsérvese la íntima y completa relación del anillo aórtico con la pared retroesternal. Derrame pericárdico moderado (flechas). D. APSI con Glenn 2D (flecha corta) y AAP (flecha larga): corte coronal spin-eco T1 de sangre negra. AD con dilatación acentuada que presenta señal hiperintensa localizada sobre su cara lateral, debido a flujo lento (asterisco).

ta ascendente estaba ubicada unos milímetros hacia la izquierda de la línea media torácica (Figura 5 A).

## DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

En pacientes con *bypass* de VV es necesario conocer la evolución anatómica posoperatoria, las características del flujo, detectar complicaciones como trombos, derrames pericárdicos y/o pleurales, compresión de venas pulmonares, fistulas arteriovenosas (no investigadas en este trabajo), hipodesarrollo o angulaciones de las arterias pulmonares, desfuncionalización, aneurismas, pseudoaneurismas, etc.

La RMC es no invasiva, no irradiante, sin contrastes yodados y de utilidad diagnóstica en las cardiopatías congénitas. (18) Brinda evaluación morfológica y funcional óptima, caracterización tisular, cineangiografía, velocidad y volumen de flujos y angiografías tridimensionales. Tiene resolución espacial elevada, sin deformación geométrica, con alto contraste natural sangre/tejido, de naturaleza multiplanar real y con amplio campo de visión. No es operador dependiente y no está limitada por la frecuencia cardíaca ni por las arritmias (tiempo real o gatillado retrospectivo). Permite valorar el mediastino circundante y su relación con las estructuras cardiovasculares. Posee elevada reproducibilidad con mínima variabilidad interobservador e intraobservador.

No la realizamos ante la presencia de: 1) embarazo en el primer trimestre (si bien no hay documentación sobre efectos nocivos), 2) materiales ferromagnéticos, como esquirlas de bala o implantes protésicos osteoarticulares antiguos, clips vasculares cerebrales, prótesis del oído medio y oculares, 3) claustrofobia (manejable con sedación), 4) marcapasos y desfibriladores (contraindicación relativa), 5) ciertos catéteres (Swan-Ganz o catéteres marcapaso). No está contraindicada en pacientes con prótesis valvulares de cualquier modelo, *stents* coronarios, tubos valvulados, alambres y clips de sutura y endoprótesis aórticas. La relación costo-beneficio hoy se considera positiva, habida cuenta que provee información que de otro modo sólo puede obtenerse con el uso de varios métodos combinados (ecocardiografía transtorácica y transesofágica, medicina nuclear y cateterismo). Una limitación relativa está dada por el escaso número tanto de resonadores adecuados, como de profesionales especializados.

El uso de RMC en el diagnóstico cardiovascular tiene indicaciones de clase I en la patología de la aorta toracoabdominal, cardiopatías congénitas y tumores cardíacos. (19)

La RMC demostró alta sensibilidad y especificidad para valorar la anatomía del árbol arterial pulmonar; (25, 26) para la detección de disfunción ventricular y de obstrucciones en pacientes poscirugía de *bypass* de VV. (27) Tiene indicación selectiva para el control y el seguimiento de pacientes sometidos a operaciones correctoras y/o paliativas, tanto en el posoperatorio cercano como alejado. Desempeña un papel importante en el estudio de adolescentes y adultos con cardiopatías

congénitas con limitaciones de ventana acústica debido a alteraciones esqueléticas, obesidad, enfisema pulmonar, interposición de pulmón sobre la AD, proximidad de la boca anastomótica al transductor, etc. (18)

La **boca anastomótica** se pudo valorar en las 78 RMC. En todos los casos superó los valores normales o adecuados. Estrechamientos mínimos de la boca pueden resultar en una evolución posquirúrgica desfavorable e incluso requerir una nueva operación. (28)

Las complicaciones **trombóticas** ocurren en el 2% a 3% de pacientes con diferentes tipos de *bypass* de VV. (14, 29, 30) En este trabajo representaron el 9%, aunque, sólo se confirmaron en dos pacientes sometidos a reoperación. El diagnóstico resultó difícil para trombos murales, delgados y mimetizados con la pared auricular, (31) pero fue sencillo cuando “flotaban” dentro de la cavidad. La RMC demostró ser superior que otros métodos no invasivos para detectar trombos intracavitarios e intravasculares. (32)

La compresión de **venas pulmonares** derechas, sin alteraciones del flujo, se detectó en dos pacientes, debido a dilatación aneurismática de la AD.

El **árbol arterial pulmonar** se visualizó en todos los estudios, hasta por lo menos las arterias de tercer orden, especialmente con angiografías 3D con gadolinio-DTPA. (33, 34) Su desarrollo, en todos los casos, fue adecuado.

**Derrame pericárdico:** se visualizó fácilmente, lo cual confirma el valor del método en esta patología. (35) No se observó engrosamiento y en tres casos el derrame era serofibrinoso.

Los pacientes del grupo 4 (AAP) modifican su hemodinamia y presentan hipertensión venosa sistémica y en la AD que, entre otras alteraciones, puede provocar dilatación auricular con flujo lento y arremolinado en su interior. (36) En las 22 RMC de este grupo se evaluaron adecuadamente el **tamaño**, la **forma** y el **flujo de la AD**, que siempre estaba dilatada.

En 8 RMC de pacientes del grupo 1 (Glenn clásico) y del grupo 2 (Glenn 2D) se observó, utilizando angiografías 3D con contraste, “**desfuncionalización**” por anastomosis venosas entre los territorios de la VCS y de la VCI.

Determinar la **relación entre la aorta ascendente y la pared retroesternal** alerta al cirujano y minimiza el riesgo de accidente hemorrágico grave durante un abordaje quirúrgico por vía mediana, especialmente en reesternotomías. Las imágenes obtenidas en planos axiales (desde el anillo aórtico hasta el cayado) fueron las más demostrativas. Dicha relación fue íntima y completa con D-TGA. Con L-TGA sólo el 35% (5/14) presentaban relación íntima pero incompleta, el resto no mostró relación. En pacientes con esternotomía previa se observó adherencia del corazón a la pared anterior torácica debido a proceso fibroso cicatrizal, diagnóstico importante en quienes requerirán reoperación (especialmente pos-Glenn 2D).

Por cineangiografía se estableció la permeabilidad de las anastomosis, la presencia de flujos anormales



(turbulento, lento), la dirección del flujo y la existencia de estenosis.

En conclusión, en pacientes sometidos a *bypass* de VV, la RMC es un excelente método diagnóstico alternativo no invasivo que permite realizar una completa, veraz y detallada evaluación anatómica y funcional tanto de la cardiopatía estructural de base como de las potenciales complicaciones inmediatas y alejadas de la cirugía. El presente trabajo retrospectivo confirma la utilidad de la RMC en el seguimiento de estos pacientes.

## SUMMARY

### Cardiovascular magnetic resonance in patients with partial or complete venous ventricle Bypass

A total of 864 cardiovascular magnetic resonance (CMR) explorations were performed on 800 pediatric patients with congenital and acquired heart diseases and on adults with congenital heart diseases (CHD), along a six year period. Several kinds of venous ventricle bypass had been performed on sixty-one patients (28 females and 33 males). Seventy-eight CMR explorations were performed on these patients. Mean age of the patients at the time of exploration was 13.5 years (1-29 years). All the previous diagnosis were known. All patients under 7 years of age were studied under general anesthesia with Sevoflurane®.

Patients were classified into five groups according to the type of surgery underwent: **"Partial Bypass"**: Group 1 (9 studies): end-to-end cavopulmonary connection (classic Glenn shunt); Group 2 (35 studies): end-to-lateral bi-directional cavopulmonary connection (Glenn 2D) including one patient with a Kawashima procedure, and Group 3 (1 study): "one and a half ventricle" procedure (Glenn 2D and separation of pulmonary from systemic circulation). **"Total Bypass"**: Group 4 (22 studies): atriopulmonary anastomosis, and Group 5 (11 studies): total cavopulmonary anastomosis with an extra cardiac conduit.

Our analysis encompassed: 1) diagnosis of CHD: it was consistent with the previous diagnosis except in one patient (CMR 10 & 53); 2) anastomotic orifice: adequate in all; 3) presence of thrombi: in 7 patients (6 in the right atrium and 1 in the main pulmonary artery); 4) compression and displacement of pulmonary veins: in 2 patients in Group 3; 5) development of the central pulmonary arteries: normal in all (McGoon > 1.8; Nakata > 200 mm<sup>2</sup>/m<sup>2</sup>); 6) pericardial effusion: in 16 patients (3 moderate to severe); 7) size of the right atrium and its flow: dilated in all patients in Group 3 (5 severe and 7 moderate, all 12 with slow blood flow); 8) dysfunction of the *"bypass"*: due to communications between the superior and inferior vena cava territories in 8 (Groups 1 & 2) and 9) anatomic relation between the aorta and the sternum: close in 25 patients with transposition of the great arteries.

CMR allowed a complete morphologic and functional diagnosis of the native malformation, and helped in the evaluation of the surgical results in all patients. It even changed the previous diagnosis in one.

**Key words:** MRI, Cine - Fontan Operation - Hemi Fontan Procedure - Cardiopulmonary Bypass

## BIBLIOGRAFÍA

1. Glenn WW. Circulatory bypass of the right side of the heart. IV. Shunt between superior vena cava and distal right pulmonary artery; report of clinical application. *N Engl J Med* 1958;259:117-20.

2. Hopkins RA, Armstrong BE, Serwer GA, Peterson RJ, Oldham HN Jr. Physiological rationale for a bidirectional cavopulmonary shunt. A versatile complement to the Fontan principle. *J Thorac Cardiovasc Surg* 1985;90:391-8.

3. Kreutzer C, Mayorquim RC, Kreutzer GO, Conejeros W, Roman MI, Vazquez H, et al. Experience with one and a half ventricle repair. *J Thorac Cardiovasc Surg* 1999;117:662-8.

4. Kawashima Y, Kitamura S, Matsuda H, Shimazaki Y, Nakano S, Hirose H. Total cavopulmonary shunt operation in complex cardiac anomalies. A new operation. *J Thorac Cardiovasc Surg* 1984;87:74-81.

5. Fontan F, Baudet E. Surgical repair of tricuspid atresia. *Thorax* 1971;26:240-8.

6. Kreutzer G, Galindez E, Bono H, De Palma C, Laura JP. An operation for the correction of tricuspid atresia. *J Thorac Cardiovasc Surg* 1973;66:613-21.

7. Kreutzer GO, Vargas FJ, Schlichter AJ, Laura JP, Suárez JC, Coronel AR, et al. Atriopulmonary anastomosis. *J Thorac Cardiovasc Surg* 1982;83:427-36.

8. Kreutzer GO, Allaria AE, Schlichter AJ, Roman MI, Capelli H, Berri GG, et al. A comparative long-term follow-up of the results of anterior and posterior approaches in bypassing the rudimentary right ventricle in patients with tricuspid atresia. *Int J Cardiol* 1988;19:167-79.

9. de Leval MR, Kilner P, Gewillig M, Bull C. Total cavopulmonary connection: a logical alternative to atriopulmonary connection for complex Fontan operations. Experimental studies and early clinical experience. *J Thorac Cardiovasc Surg* 1988;96:682-95.

10. Uemura H, Yagihara T, Kawashima Y, Yamamoto F, Nishigaki K, Matsuki O, et al. What factors affect ventricular performance after a Fontan-type operation? *J Thorac Cardiovasc Surg* 1995;110:405-15.

11. Kreutzer C, Schlichter A, Kreutzer G. Cavo atriopulmonary anastomosis via a nonprosthetic medial tunnel. *J Card Surg* 1997;12:37-40.

12. Marcelletti C, Corno A, Giannico S, Marino B. Inferior vena cavopulmonary artery extracardiac conduit. A new form of right heart bypass. *J Thorac Cardiovasc Surg* 1990;100:228-32.

13. Kavey RW, Gaum W, Byrum CJ, Smith FC, Kveselis DA. Loss of sinus rhythm after total cavopulmonary connection. *Circulation* 1995;92(suppl II): 304-08.

14. Rosenthal D, Friedman A, Kleinman CH, Kopf GS, Rosenfeld LE, Hellenbrand WE. Thromboembolic complications after Fontan operations. *Circulation* 1995; 92 (suppl II):287-93.

15. Hsu HS, Nykanen DG, Williams WG, Freedom RM, Benson LN. Right to left interatrial communications after the modified Fontan procedure: identification and management with transcatheter occlusion. *Br Heart J* 1995;74:548-52.

16. Obregón R. Resonancia magnética en las enfermedades cardiovasculares congénitas: ¿Debe realizarse siempre? *Rev Argent Cardiol* 2003;71:321-2.

17. Eicken A, Fratz S, Gutfried C, Balling G, Schwaiger M, Lange R, et al. Hearts late after Fontan operation have normal mass, normal volume and reduced systolic function: a magnetic resonance imaging study. *J Am Cardiol* 2003;42:1061-5.

18. Di Nunzio HJ, Viegas C. Resonancia magnética cardiovascular y tomografía computarizada. En: Mautner B (editor). *Cardiología. Basada en la evidencia y la experiencia de la Fundación Favaloro*. Buenos Aires, Argentina: Grupo Guía; 2003. p. 103-121.

19. Task Force of the European Society of Cardiology, in collaboration with the Association of European Paediatric Cardiologists. The clinical role of magnetic resonance in cardiovascular disease. *Eur Heart J* 1998;19:19-39.

20. Gutiérrez AJ, Pietrani MA, Guerchicoff M, Villa A, Granja M, Marantz PM. Evaluación de la patología cardiovascular extracardíaca mediante resonancia magnética en la edad pediátrica. *Rev Argent Cardiol* 2003;71:344-50.

21. Fernández CC, Obregón R. Resonancia magnética nuclear en cardiología, "cardiorresonancia". *Rev Argent Cardiol* 2003;71:210-16.

22. Piehler JM, Danielson GK, McGoon DC, Wallace RB, Fulton RE, Mair DD. Management of pulmonary atresia with ventricular septal

- defect and hypoplastic pulmonary arteries by right ventricular outflow construction. *J Thorac Cardiovasc Surg* 1980;80:552-67.
23. Nakata S, Imai Y, Takanashi Y, Kurosawa H, Tezuka K, Nakazawa M, et al. A new method for the quantitative standardization of cross-sectional areas of the pulmonary arteries in congenital heart diseases with decreased pulmonary blood flow. *J Thorac Cardiovasc Surg* 1984;88:610-9.
24. Kreutzer EA, Kreutzer J, Kreutzer GO. Univentricular Heart. En: Moller James H & Hoffman Julien IE (editors). *Pediatric Cardiovascular Medicine*. Chapter 33. Philadelphia, Pensilvania, USA: Churchill-Livingstone 2000. p. 469.
25. Julsrud PR, Ehman RL, Hagler DJ, Ilstrup DM. Extracardiac vasculature in candidates for Fontan surgery: MR imaging. *Radiology* 1989;173:503-6.
26. Viegas C, Doglia E, Kreutzer EA, Di Nunzio H. Resonancia magnética cardíaca en pediatría: valoración de índices arteriales pulmonares. *Rev Argent Cardiol* 1997;65:96 (Abstract N° 6).
27. Sampson C, Martínez J, Rees S, Somerville J, Underwood R, Longmore D. Evaluation of Fontan's operation by magnetic resonance imaging. *Am J Cardiol* 1990;65:819-21.
28. Kirklin JK, Blackstone EH, Kirklin JW, Pacifico AD, Barger LM Jr. The Fontan operation. Ventricular hypertrophy, age, and date of operation as risk factors. *J Thorac Cardiovasc Surg* 1986;92:1049-64.
29. Mair DD, Rice MJ, Hagler DJ, Puga FJ, McGoan DC, Danielson GR. Outcome of the Fontan procedure in patients with tricuspid atresia. *Circulation* 1985;72 (Suppl II):1188-92.
30. Mahony L, Nikaidoh H, Fixler DE. Thrombolytic treatment with streptokinase for late intraatrial thrombosis after modified Fontan procedure. *Am J Cardiol* 1988;62:343-4.
31. von Schulthess GK. Morphology and function in MRI. Cardiovascular and renal systems. Berlin: Springer Verlag 1989;59-60.
32. Sechtem U, Theissen P, Heindel W, Hungerberg K, Deutsch HJ, Welslau R, et al. Diagnosis of left ventricular thrombi by magnetic resonance imaging and comparison with angiocardiology, computed tomography and echocardiography. *Am J Cardiol* 1989;64:1195-9.
33. Prince MR, Grist TM, Debatin JF. 3D Contrast MR angiography. Germany: Springer (by Schering); 1999.
34. Grist TM, Sostman HD, MacFall JR, Foo TK, Spritzer CE, Witty L, et al. Pulmonary angiography with MR imaging: preliminary clinical experience. *Radiology* 1993;189:523-30.
35. Sechtem U, Tscholakoff D, Higgins CB. MRI of the abnormal pericardium. *AJR Am J Roentgenol* 1986;147:245-52.
36. Beerl E, Maier SE, Landzberg MJ, Chung T, Geva T. In vivo evaluation of Fontan flow dynamics by multidimensional phase-velocity magnetic resonance imaging. *Circulation* 1998;98:2873-82.