

# Valoración a largo plazo con resonancia magnética en pacientes corregidos de coartación de aorta

A. Cabrera Duro<sup>a</sup>, J.M. Galdeano Miranda<sup>a</sup>, A. Cabrera-Zubizarreta<sup>b</sup>, E. Pastor Menchaca<sup>a</sup>, D. Rodrigo Carbonero<sup>a</sup>, J. Alcibar Villa<sup>a</sup>, M. Luis García<sup>a</sup>, F. Sáez Garmendía<sup>c</sup> y J.I. Aramendi Gallardo<sup>d</sup>

Servicios de <sup>a</sup>Cardiología Pediátrica, <sup>c</sup>Cirugía Pediátrica Cardíaca y <sup>d</sup>Radiología Pediátrica. Hospital de Cruces. Baracaldo. <sup>b</sup>Servicio de Radiología. Osatek. Hospital de Galdácano. Vizcaya. España.

## Objetivos

La resonancia con spin-eco o ecogradiente da una información suficiente que puede completarse con la angiorensonancia tridimensional para decidir una reintervención, controlar un seguimiento o dar el alta.

## Pacientes y métodos

Durante el período 1990-2003 evaluamos 101 pacientes intervenidos inicialmente a los  $3,1 \pm 3$  años, con estudio posterior al año y a los  $12,4 \pm 4,2$  años de su intervención. No presentaron mortalidad en el seguimiento. Un total de 32 (31,6%) fueron corregidos antes del mes de vida. Todos se estudiaron con spin-eco y ecogradiente y 34 con angiorensonancia. Los pacientes se dividieron en dos grupos: grupo A, con 68 pacientes, sin complicaciones (11 menores de un mes) con cirugía término-terminal 55, Álvarez 5, Waldhausen 6 y conducto en 2 casos; grupo B, con 33 pacientes complicados con recoartación precoz (21 corregidos antes de un mes), cirugía término-terminal 29, Álvarez 2 y parche en 2 casos. Durante el tiempo de seguimiento se realizaron 43 reintervenciones. Se midieron índices diámetro istmo/diámetro aorta descendente a la altura del diafragma e índice diámetro zona intervenida/diámetro aorta descendente en el diafragma.

## Resultados

En el grupo A, el índice istmo/aorta descendente a la altura del diafragma era  $0,92 \pm 0,08$  y el índice zona intervenida/aorta descendente en el diafragma,  $0,9 \pm 0,05$ . Un total de 23 fueron revisados con angiografía tridimensional. Se vieron dos estenosis tardías en un paciente de 10 años operado de término-terminal y en otro paciente de 18 años, un conducto con obstrucción distal y proximal. En el grupo B: el índice istmo/aorta descendente era  $0,84 \pm 0,1$  y el índice zona intervenida/aorta descendente,  $0,82 \pm 0,11$ . De estos pacientes, 11 fueron revisados con

angiorensonancia, 5 con reestenosis índice (0,53-0,73) intervenidos antes de los 2 meses, 4 con técnica inicial término-terminal y otro con parche.

## Conclusiones

Nuestros resultados apoyan la influencia de la edad precoz, la técnica término-terminal y el parche en la recoartación y su influencia tardía en la rerrecoartaciones. Los pacientes del grupo A pueden ser dados de alta en edad juvenil-adulta, tras seguimientos periódicos cada cinco años con resonancia magnética durante 18 años si los resultados están dentro de la normalidad, mientras que los del grupo B necesitan controles más prolongados.

## Palabras clave:

*Coartación de aorta. Resonancia magnética. Corrección quirúrgica. Recoartación. Aneurisma de aorta.*

## MAGNETIC RESONANCE IMAGING IN LONG-TERM ASSESSMENT AFTER SURGERY FOR AORTIC COARCTATION

### Objectives

Spin echo or gradient echo magnetic resonance imaging provides enough information to plan patient management and can be completed with the use of three-dimensional magnetic resonance angiography to evaluate the need for reintervention, assess follow-up, or discharge the patient.

### Patients and methods

From 1990-2003, we evaluated 101 patients after initial corrective surgery for aortic coarctation at the age of  $3.1 \pm 3$  years, with subsequent postoperative assessment at 1 year and again  $12.4 \pm 4.2$  years later. No mortality was registered during the follow-up. Corrective surgery was

**Correspondencia:** Dr. A. Cabrera Duro.  
Alameda de Recalde, 35 B-2ºD. 48011 Bilbao. España.  
Correo electrónico: daviddavidsonxxi@begira.com

Recibido en diciembre de 2006.  
Aceptado para su publicación en junio de 2007.

performed in 32 patients (31.6%) before the first month of life. All the patients were evaluated with spin-echo and echo gradient and 34 were evaluated with magnetic resonance angiography. The patients were classified into two groups: group A consisted of 68 patients (11 < 1 month old) with no complications. End-to-end anastomosis was performed in 55, the Alvarez technique in five, the Waldhausen technique in six, and conduit in two. Group B consisted of 33 patients complicated with early aortic recoarctation (21 corrected before the age of 1 month). End-to-end anastomosis was performed in 29, the Alvarez technique in two, and grafting in two. During the follow-up, 43 reinterventions were performed. Isthmus diameter/descending aorta diameter at the diaphragmatic level and repaired site diameter/descending aorta diameter at the diaphragmatic level were measured.

**Results**

**Group A:** the isthmus diameter/descending aorta diameter at the diaphragmatic level index was  $0.92 \pm 0.08$  and the repaired site diameter/ descending aorta diameter at diaphragmatic level index was  $0.90 \pm 0.05$ . Twenty-three patients were assessed by means of three-dimensional magnetic resonance angiography, which revealed two late stenosis (one in a 10-year-old patient with an end-to-end anastomosis performed previously, and another in an 18-year-old patient with a proximal and distal obstructed conduit). **Group B:** the isthmus diameter/descending aorta diameter index was  $0.84 \pm 0.1$  and the repaired site diameter/ descending aorta diameter index was  $0.82 \pm 0.11$ . Eleven patients were assessed by means of three-dimensional magnetic resonance angiography, which revealed five stenosis indexes (0.53-0.73) surgically corrected before the age of 2 months, four with an initial technique based on end-to-end anastomosis and one with a graft.

**Conclusions**

Our results support the influence of young age, the use of end-to-end anastomosis and grafts in recoarctation and their late influence on recurrent recoarctation. The patients in group A were discharged in childhood or adulthood after periodic follow-up every 5 years with magnetic resonance angiography for 18 years with results within the normal range, while patients in group B required longer follow-up.

**Key words:**

*Coarctation of the aorta. Magnetic resonance imaging. Surgical correction. Recoarctation. Aortic aneurysm.*

**INTRODUCCIÓN**

La coartación de aorta representa el 7% de todas las cardiopatías congénitas. El diagnóstico se fundamenta en los datos clínicos; sin embargo, durante décadas el diagnóstico definitivo se basó en el estudio angiocardiográfico. Recientemente, el uso de técnicas no invasivas como la ecocardiografía, el Doppler continuo y la resonancia magnética<sup>1-9</sup> han permitido la evaluación completa. En los últimos años, algunos grupos han informado de seguimientos a medio y largo plazo de pacientes interveni-

dos de coartación de aorta<sup>10-13</sup>, o recoartación tratados con angioplastia<sup>14-16</sup> con resonancia magnética. Sin embargo, no se han publicado estudios comparativos de pacientes intervenidos con o sin complicaciones.

Se presentan 101 pacientes operados de coartación de aorta. Un total de 68 con buena evolución y 33 con recoartación precoz tras la cirugía, tratados con angioplastia u otras técnicas. El seguimiento a largo plazo fue realizado en todos los pacientes mediante spin-eco y ecogradiante y en 34 de ellos, con angiorresonancia tridimensional.

**PACIENTES Y MÉTODOS**

Durante el período 1990-2003, se han evaluado con resonancia magnética 101 pacientes intervenidos previamente de coartación de aorta (76 varones y 25 mujeres). La cirugía se realizó a los  $3,1 \pm 3$  años (rango 2 días-8 años) con evaluación previa con resonancia. El estudio se verificó inicialmente al año y cada cinco años y, posteriormente, a los  $12,4 \pm 4,2$  años de la intervención. Un total de 32 pacientes (31,6%) fueron corregidos antes del mes de vida. Otros 41 tenían hipoplasia del arco. Todos fueron estudiados con spin-eco y ecogradiante y 34, con angiorresonancia tridimensional con gadolinio. La corrección se realizó con la técnica término-terminal en 84 pacientes (83,1%); con la técnica de Álvarez (término-terminal + plastia de subclavia), 7 (6,9%); con la de Waldhausen (plastia de subclavia), 6 (5,9%); con parche en la zona de estenosis, 2 (1,9%), y conducto de Goretex con conexión término-terminal, otros 2 (1,9%). Los pacientes se dividieron en dos grupos: grupo A (tabla 1) 68 pacientes (67,3%) con sólo una intervención correctora inicial sin complicaciones. De ellos, 55 eran varones (80,8%) y 13, mujeres (19,1%). La técnica quirúrgica aplicada fue: término-terminal en 55; Álvarez en 5; Waldhausen en 6, y conducto en 2. Once pacientes (34,3% del total y el

TABLA 1. Técnica y grupos

	Grupo A (68)	Grupo B (33)
Técnica		
Término-terminal (83%)	55	29
Waldhausen (5,9%)	6	0
Álvarez (6,9%)	5	2
Conducto (1,9%)	2	0
Parche (1,9%)	0	2
Edad	$13 \pm 4,4$ años	$11,4 \pm 4,3$ años
Índice istmo/aorta descendente,	$0,92 \pm 0,08$	$0,84 \pm 0,1$ ( $p < 0,05$ )
sp%    s%    vpp%    vpn%		
77    21    20    68		
Índice de la zona intervenida/ aorta descendente	$0,9 \pm 0,05$	$0,82 \pm 0,11$ ( $p < 0,05$ )
sp%    s%    vpp%    vpn%		
83    28    44    72		

Sp: especificidad; S: sensibilidad; vpp: valor predictivo positivo; vpn: valor predictivo negativo.

16,2% del grupo A) tenían una edad inferior a un mes. El grupo B (tabla 1) lo componen 33 pacientes (32,7%) con recoartación en el primer año, a los que se les realizó reintervención. La técnica inicial fue: término-terminal en 29 (34,5%); Álvarez en 2 (28,5%), y parche en 2. Un total de 21 eran varones (63,6%) y 12, mujeres (26,4%). En la reintervención (tabla 2), se aplicó angioplastia en 29; parche en 2; prótesis en uno, y *stent* en otro. En los años posteriores se realizó en 7 pacientes una reintervención (angioplastia en 2, prótesis en 2, *stent* en 2 y parche en 1 caso), divididos en 5 previamente corregidos con término-terminal más plastia y 2 con parche más plastia. Finalmente, a 3 pacientes se les colocó un *stent* en una cuarta intervención; 21 se intervinieron inicialmente en el primer mes (65,6% del total y 63,6% del grupo B). Fueron 33 pacientes los que presentaron 52 anomalías asociadas: estenosis aórtica, 18; comunicación interventricular, 13; estenosis subaórtica, 8; patología mitral, 6; canal auriculoventricular completo, 1; transposición de grandes vasos, 3; transposición corregida, 2, e insuficiencia aórtica, 1 (tabla 2). En total fueron 23 en el grupo A y 10 en el grupo B (tabla 3). A 11 pacientes se les corrigió posteriormente una anomalía (comunicación interventricular, 3; estenosis aórtica, 3; estenosis subaórtica, 2; transposición de grandes vasos, 1; canal aurícula-ventrículo, 1), y a 10, 2 o 3 anomalías (comunicación interventricular, 7; estenosis aórtica, 7; estenosis subaórtica, 6; transposición de grandes vasos, 2, y patología mitral, 2).

## MÉTODO

Se usó un Gyroscan-Philips 0,5 Tesla bajo y campo magnético sincronizado con el ciclo cardíaco para spin-eco con secuencias obtenidas con tiempo de eco retrasado de 30 ms y tiempo de relajación de 600-800 ms. Se obtuvieron planos axiales a nivel superior de grandes vasos hasta aorta descendente, sagital (con proyección oblicua a 30° antero-izquierda) y coronal-oblicua. Todos los pacientes fueron evaluados también con Gyroscan-Philips y Siemens 1,5 para ecogrado y angiorresonancia tridimensional. Para el primero, la técnica múltiple se sincronizó con el ciclo cardíaco con tiempo de repetición dependiendo de la frecuencia cardíaca. La técnica de multicortes se usó cada 6-8 mm en el plano axial y 4 mm en el sagital y coronal. También, angiorresonancia tridimensional con gadolinio y estudio volumétrico no invasivo utilizando como contraste pentato dimeglumina de gadolinio a 0,2 ml/kg a velocidad de 1-2 ml/s entre la inyección y la adquisición de volúmenes con 24 cortes en menos de 1 s. Se reconstruyeron en proyección de máxima intensidad. El tiempo de repetición y el tiempo de eco se realizaron a 4 ms y 2 ms, respectivamente. A los pacientes bajo anestesia se les suspendió la ventilación durante las imágenes. El tiempo máximo de estudio fue de 40-45 min. Las imágenes que se obtienen son similares a las de la angiografía del cateterismo.

TABLA 2. Grupo B

1	Reintervención	33 casos
	Angioplastia	29
	Parche	2
	Prótesis	1
	<i>Stent</i>	1
2	Reintervención	7 casos
	Angioplastia	2
	Parche	1
	Prótesis	2
	<i>Stent</i>	2
3	Reintervenciones	3 casos
	<i>Stent</i>	3

TABLA 3. Anomalías asociadas

Grupo	A (n = 23)	B (n = 10)
<b>Simple</b>	15	4
CIV	4	1
EA	8	2
TGV	1	0
Canal	1	0
E SubA	1	1
<b>Múltiples</b>	8	6
TGV + CIV	1	0
EA + P mitral	2	0
T. corregida + CIV	1	0
T. corregida + P mitral	1	0
CIV + P mitral	1	0
EA + E SubA	1	1
EA + E SubA + Arcada mitral	1	0
TGV + CIV + P mitral	0	1
EA + E SubA + CIV	0	2
EA + CIV	0	1
E SubA + CIV + IA	0	1

CIV: comunicación interventricular; EA: estenosis aórtica; TGV: transposición de grandes vasos; E SubA: estenosis subaórtica; IA: insuficiencia aórtica; P: patología.

Entre las contraindicaciones no deben existir marcapasos, desfibriladores, neurotransmisores, prótesis valvulares, implante coclear ni audífono. Los *stents* no se incluyen en este apartado.

Respecto a los parámetros valorables, se midió el diámetro interno de la aorta en el istmo, en la zona intervenida y en la aorta descendente a la altura del diafragma. Los índices valorados fueron: diámetro istmo/diámetro aorta descendente a la altura del diafragma y diámetro zona intervención/diámetro de aorta descendente en el diafragma y valoración de anomalías. Se consideraron valores normales índices superiores a 0,8. Los parámetros de normalidad se calcularon estudiando la aorta de 20 pacientes sin patología de arco con edad de  $6 \pm 5$  años, con índices superiores a 0,8. Los parámetros de obstrucción de aorta se obtuvieron estudiando 50 pacientes con coartación de aorta con edad inferior a seis meses (fig. 1), índi-



**Figura 1.** Angiorresonancia tridimensional con gadolinio. Paciente menor de un mes. Proyección coronal oblicua. Coartación extensa con paso de 1-2 mm. Circulación colateral. Flecha + CoA: zona de coartación.

ces diámetro istmo/diámetro aorta descendente a nivel del diafragma inferiores o iguales a 0,5 e índice diámetro zona coartada/diámetro de aorta descendente a la altura del diafragma por debajo de 0,5. Se calcularon los índices característicos de los pacientes de ambos grupos comparándolos entre sí con spin-eco y ecogradiante y morfológico con angiorresonancia. Sus condiciones fueron la técnica quirúrgica, la edad de intervención, hipoplasia del arco y anomalías asociadas.

**Análisis estadístico**

Los valores se presentan como desviación media estándar. Los análisis estadísticos se realizaron usando el test t de Student, y el test de Mann-Whitney se usó para aquellas variables con una desviación amplia con respecto a la distribución normal (el test de Fischer se usó para especificar dónde ocurrieron las diferencias individuales si el análisis de la varianza era significativo). Un valor de  $p < 0,05$  se consideró significativo. Se evaluó la

sensibilidad y la especificidad con valores predictivos positivos y negativos para cada grupo.

**RESULTADOS**

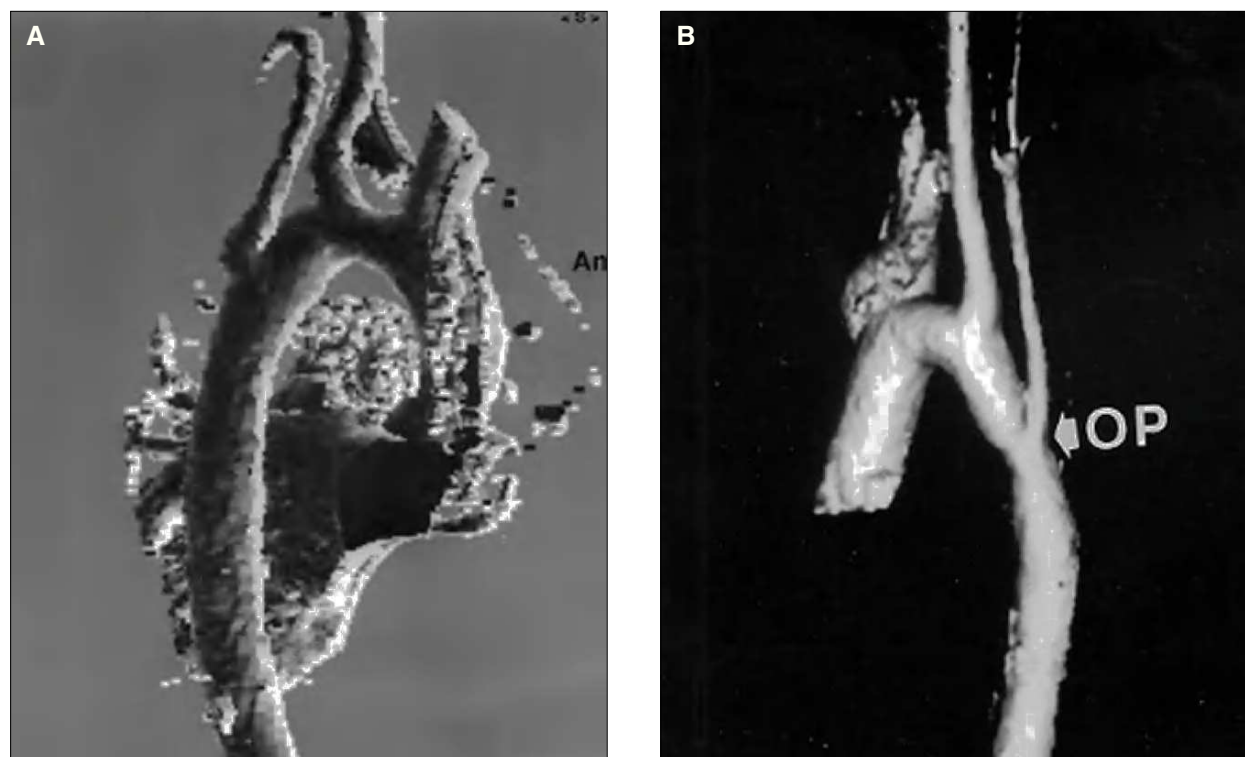
Se estudiaron 101 pacientes intervenidos de coartación de aorta a los  $3,1 \pm 3$  años. El estudio final con resonancia se realizó a los  $12,4 \pm 4,2$  años de la intervención. Los índices calculados fueron para el diámetro istmo/diámetro aorta descendente a nivel del diafragma:  $0,9 \pm 0,1$  y para el diámetro zona intervenida/diámetro aorta descendente a nivel del diafragma  $0,85 \pm 0,01$ . Los pacientes se dividieron en dos grupos: a) pacientes corregidos sin recoartación, y b) pacientes corregidos con recoartación precoz a los cuales se le realizó precozmente (un año) angioplastia u otra técnica y en los años siguientes, siete reintervenciones.

Grupo A (tabla 2): Formado por 68 pacientes intervenidos a los 2 años y 10 meses  $\pm 2,5$  años (rango 3 días-8 años). Todos fueron estudiados con resonancia al año, cada 5 años y a los  $13 \pm 4,4$  años de su intervención. Los índices calculados fueron: índice diámetro istmo/diámetro aorta descendente a nivel del diafragma  $0,92 \pm 0,08$  (rango 0,8-1,1); índice diámetro zona intervención/diámetro aorta descendente  $0,9 \pm 0,05$  (rango 0,54-1,2) (fig. 2A). De éstos, 11 pacientes fueron intervenidos antes del mes de vida, lo que equivale al 16% del grupo. Todos los pacientes con plastia de subclavia y con conducto y el 61,5% con técnica de Álvarez (fig. 2B) estaban incluidos en este grupo. Un total de 23 pacientes fueron revisados con angiografía tridimensional con gadolinio en los últimos cinco años, con lo cual se confirmaron los diagnósticos de spin-eco y ecogradiante (fig. 3A). La revisión a largo plazo confirmó la existencia de índices límite 0,8 en un paciente de 21 años (fig. 3B) y 0,79 en otro paciente de 19 años intervenido inicialmente a los 12 días con un conducto término-terminal. Un paciente intervenido de plastia de subclavia presentaba un aneurisma ligero (fig. 4). Dos pacientes no intervenidos en el primer mes con técnica término-terminal a los 10 años presentaron una estenosis con un índice de 0,54 y otro corregido con un conducto a los 8 años que se estenósó a los 18 años, tenía estenosis distal y proximal de 0,55.

Grupo B (tabla 3): Lo constituyen 33 pacientes. De ellos, 21 varones (63,6%) y 12 mujeres (36,4%); 21 (65,6%) fueron corregidos antes del primer mes de vida. Todos presentaron recoartación precoz (fig. 5): una valoración con resonancia se realizó a los  $11,4 \pm 4,3$  años (rango 2-23) y se obtuvieron índices diámetro istmo/diámetro aorta descendente a nivel del diafragma de  $0,84 \pm 0,1$ , diámetro zona intervenida/diámetro aorta descendente a nivel del diafragma  $0,82 \pm 0,11$  (rango 0,53-1) inferiores al grupo A. En un total de 11 pacientes se confirmó el diagnóstico con angiorresonancia tridimensional con gadolinio. En la valoración final se pudo observar una reestenosis en cinco pacientes, tres corregidas antes



**Figura 2.** **A)** Resonancia spin-eco. Paciente de 22 años. Proyección sagital oblicua. Grupo A. Corrección término-terminal buena con arco normal. OP: zona de intervención; bandas: istmo coartación aorta descendente. **B)** Resonancia ecogradiente. Paciente de 16 años. Grupo A. Corrección con la técnica de plastia de subclavia + término-terminal (Álvarez). Ligera dilatación en la zona de la plastia (flecha blanca). Zona de sutura menor (estrella negra). P: arteria pulmonar; AoD: aorta descendente.



**Figura 3.** **A)** Angiorresonancia tridimensional. Reconstrucción. Grupo A: proyección sagital oblicua. Paciente de 7 años intervenido de recién nacido. Técnica término-terminal bien resuelta. Diámetro de la zona de intervención similar al de la aorta descendente a nivel diafragmático. **B)** Angiorresonancia tridimensional. Reconstrucción. Grupo A. Paciente de 21 años. Índices límite (0,80). Zona yuxtassubclavia en cirugía término-terminal ligeramente menor. OP: zona de intervención.



**Figura 4.** Angiorresonancia tridimensional. Proyección sagital oblicua. Grupo A. Paciente de 15 años. Plastia de subclavia. Ligeramente aneurismática de la zona plasiada. Ausencia de la zona proximal de la subclavia.

de los dos meses (índices 0,55, 0,53 y 0,73) con técnica término-terminal con angioplastias y *stents* en dos a los 16 años. Otros dos pacientes fueron intervenidos inicialmente en el primer mes, uno con 19 años operado con técnica término-terminal más dos plásticas y *stent* con índice de 0,54 y otro con parche más plastia y prótesis con obstrucción grave pendiente de actuación. Tras 43 reintervenciones, en 5 del grupo B (15,1%) persiste la obstrucción, mientras que existe en sólo dos del grupo A a largo plazo.

### DISCUSIÓN

La coartación de aorta es una anomalía congénita que presenta tras la corrección un 20-50% de complicaciones, fundamentalmente reestenosis<sup>10,13,17-20</sup> y aneurismas<sup>13,21-26</sup>. Este tipo de complicaciones se ha relacionado con la edad temprana de la intervención<sup>22-28</sup>, con la hipoplasia del arco proximal, distal o del istmo<sup>28</sup> y con el tipo de técnica quirúrgica correctora empleada: término-terminal<sup>10,16,19,29</sup>, parche de Dacron<sup>10,13,22-25,28</sup> o plastia de subclavia<sup>22,25,29-30</sup>. La edad neonatal favorece la presencia de tejido ductal, que se desplaza hacia el istmo y a la aorta descendente y crea un círculo fibroso que rodea prácticamente la unión del istmo y el resto de la aorta<sup>31</sup>. El tejido



**Figura 5.** Angiorresonancia tridimensional. Reconstrucción. Grupo B. Proyección sagital oblicua. Paciente de 18 años. Técnica término-terminal en el primer mes de vida más dos angioplastias y dos *stents*. Hipoplasia grave del arco en zonas proximal y distal, y del istmo. Ausencia del nacimiento de carótida y subclavia izquierdas producida por el *stent*.

ductal presenta un incremento de los mucopolisacáridos y zonas de fibrosis con necrosis de la media y engrosamiento de la íntima<sup>32-34</sup>, por lo que se obstruye la zona del istmo yuxtaductal. La cirugía no radical con resección y eliminación del tejido ductal<sup>28,35-37</sup>, la edad neonatal con arco e istmo hipoplásico<sup>37,38</sup> y los parches o plásticas de subclavia pequeños que dejan tejido ductal distal favorecen la creación de una recoartación distal. Por ello muchos grupos son partidarios de la cirugía a partir de los cuatro o cinco años de edad<sup>10,12,13,15</sup> para evitar este tipo de complicaciones. Sin embargo, no siempre es posible este retraso, pues la asociación de anomalías presentes en el 25% de los casos obliga a la cirugía precoz<sup>12,13,15,27,30,36-38</sup>.

En nuestro estudio, 32 pacientes fueron intervenidos en el primer mes, 21 (63,6%) con recoartación precoz (gru-

po B), que equivale al 65,6% del total de pacientes corregidos con esta edad. La técnica quirúrgica fue un factor determinante para la recoartación precoz: 100% en el parche, 34,5% término-terminal y 28,9% en los casos corregidos con la técnica de Álvarez, sin influencia inicial del conducto o de la plastia aislada, aunque esta última influyó en el desarrollo del aneurisma. Todos los pacientes del grupo B presentaban una hipoplasia del arco previa a la corrección inicial, mientras sólo estaba presente en 8 pacientes del grupo A.

La resonancia magnética se ha aplicado en el seguimiento a medio y largo plazo tras la corrección de la coartación de aorta. La resonancia presenta una serie de ventajas sobre las técnicas cruentas: no utiliza radiaciones ionizantes, ofrece la posibilidad de poder utilizar múltiples planos y requiere un tiempo menor en relación con los estudios cruentos. La recoartación o el aneurisma no son siempre simétricos, y pueden afectar a diferentes zonas de la pared aórtica. Los planos parasagital y coronal oblicuo permiten conocer la afectación de la pared aórtica cuando la lesión es anterior, posterior o lateral<sup>2,25,26,39-41</sup> no visible en el monoplano clásico<sup>11,26,42</sup>.

La cinerresonancia y la angiorresonancia tridimensional son técnicas superiores al spin-eco pero esta técnica permite conocer mejor la integridad de la íntima de la pared aórtica<sup>19,23</sup>. El diámetro del istmo de la zona intervenida y de la aorta descendente a la altura del diafragma pueden medirse con spin-eco, ecogradiente, cinerresonancia o angiorresonancia tridimensional. Los índices que relacionan los dos diámetros iniciales con el diámetro de la aorta descendente son válidos en una u otra proyección. Nosotros utilizamos como parámetro el diámetro menor de la zona intervenida en relación con el diámetro de la aorta descendente a nivel del diafragma. Teien<sup>9</sup>, Weber<sup>43</sup> y Tan<sup>44</sup> evalúan sus pacientes para el diagnóstico de coartación calculando el área de estas zonas mediante la fórmula  $\pi (D/2)^2$ , relacionando el valor del área con la obstrucción en función del diámetro coartación/diámetro aorta descendente a nivel del diafragma<sup>2</sup>. Si el índice es inferior a 0,25 equivale a un valor de 0,5 de nuestras medidas, que corresponde a una coartación grave.

Se han evaluado con resonancia 554 pacientes corregidos<sup>6,10,12,13,16,21,23,25,26,30</sup> con las técnicas quirúrgicas. El 31% presentaban complicaciones<sup>11,13,23,26,40,41,45-47</sup>. La mayoría de los casos se valoraron con spin-eco relacionándolos con ecocardiografía Doppler<sup>3,10,25,45,48,49</sup> o angiografía<sup>3,7,10,11,17,25</sup>. La correlación fue buena (0,9) cuando la coartación no tenía complicaciones y bajaba al 0,75 o menos si se recoartaban o presentaban aneurismas. La aparición en la última década de la cinerresonancia y la angiografía tridimensional con reconstrucción en la proyección de máxima intensidad<sup>17,21,23,26,50-57</sup> mejoró el 30% el conocimiento de la aorta hasta alcanzar índices de 0,95-1. Las colaterales presentes en el

30-40% de los pacientes intervenidos sólo se diagnosticaron inicialmente en el 75%<sup>18,20</sup> de los casos, pero alcanzaron con la angiorresonancia el 100%<sup>20</sup>. Hasta ahora no se habían relacionado los pacientes intervenidos con buena evolución con otros corregidos con recoartación o con aneurismas en los estudios con resonancia. La mayoría de ellos no eran recién nacidos. Por ello, el factor edad no estaba incluido en las conclusiones. No obstante, este parámetro está en los estudios quirúrgicos aislados. Los pacientes son intervenidos en el primer mes de vida con hipoplasia del arco y la mortalidad pasa del 2 al 7%, y la recoartación, del 9 al 20%<sup>25,36,58</sup> siempre que el seguimiento se incrementa de uno o dos años a 10 años. El control prolongado favorece el conocimiento de las complicaciones, fundamentalmente aneurismas, que seguimientos bajos de 1-2 años no permiten demostrar. Los buenos resultados pueden ser atribuidos erróneamente a cambios de técnica (Álvarez)<sup>59</sup>. La técnica quirúrgica predominante en los pacientes recoartados evaluados fue la término-terminal en 103 (21%). Scholz et al<sup>24</sup> creen que el seguimiento con resonancia a largo plazo anula la influencia de la técnica y que no existen diferencias (15,7%) para los intervenidos con plastia de subclavia y 16,3% para la técnica término-terminal. Jahangiri et al<sup>60</sup>, en un amplio estudio de 185 pacientes operados (125 recién nacidos), de los que 41 tenían hipoplasia, defienden la baja mortalidad y la recoartación del 11% con buen desarrollo futuro del arco sin aneurismas. Estos valores difieren de los observados por nosotros.

El parche incide negativamente en la evolución quirúrgica a largo plazo, como se observó en estos dos casos. Los parches reducen la curvatura de la circunferencia de la aorta e incrementan la curvatura longitudinal, deformando la estructura aórtica. Si tenemos en cuenta que la tensión circunferencial depende del radio y de la presión transmural, el aplanamiento incrementa el estrés en la zona adyacente al parche y genera fractura y deformación de las fibras elásticas<sup>61</sup>. Esto favorece, en consecuencia, la aparición de aneurismas presentes en 48 pacientes evaluados por resonancia<sup>22,23,26,28,40,41,62</sup>. Parks et al<sup>22</sup> diferenciaron la aparición de aneurismas en función de la edad de los pacientes. De los nueve intervenidos antes de los dos años, sólo uno sufrió aneurisma. Mientras que de los 30 pacientes corregidos a partir de esa edad, 19 presentaron aneurisma -10 con rotura- y seis fallecieron. Los aneurismas tardíos también aparecen en pacientes corregidos con parches de Dacron.

Las rerrecoartaciones fueron frecuentes en nuestros pacientes del grupo B intervenidos con técnica término-terminal, parche con angioplastia o *stent* secundarios, aunque estas complicaciones no influyeron en la mortalidad. Probablemente la utilización en el futuro de la técnica término-terminal oblicua con extensión del arco, aplicada por Amato<sup>63</sup>, Zannini-Lecompte<sup>64</sup> o la modifica-

ción de Giamberti<sup>65</sup> en dos tiempos, si se asocian a otras anomalías<sup>35,37,38</sup> o corrección en un tiempo<sup>66</sup> por vía anterior<sup>67</sup>, mejoren los resultados con baja mortalidad del 2-3% y recoartación precoz o tardía menor del 7%. Estas complicaciones serán más frecuentes si se asocian con anomalías complejas.

En conclusión, nuestros resultados apoyan la influencia de la edad precoz (65,6%), la hipoplasia del arco (80%), la técnica quirúrgica término-terminal (34,5%) y el parche (100%) en la recoartación y la plastia de subclavia en el aneurisma. La resonancia complementa la morfología que nos aporta otras técnicas para la evaluación de pacientes del grupo A considerando su alta definitiva en edad juvenil-adulta o para conocer y decidir los controles de los pacientes del grupo B.

## BIBLIOGRAFÍA

1. Amparo EG, Higgins CB, Shafton EP. Demonstration of coarctation of the aorta by magnetic resonance imaging. *Am J Roentgenol.* 1984;143:1192-4.
2. Higgins CB, Byrd BF 2nd, McNamara MT, Lanzer P, Lipton MJ, Botvinick E, et al. Magnetic resonance imaging of the heart: a review of the experience in 172 subjects. *Radiology.* 1985;155:671-9.
3. Schulthess GK, Higashino SM, Higgins SS, Didier D, Fisher MR, Higgins CB. Coarctation of the aorta: MR imaging. *Radiology.* 1986;158:469-74.
4. Didier D, Higgins CB, Fisher MR, Osaki L, Silverman NH, Cheitlin MD. Congenital heart disease: gated MR imaging in 72 patients. *Radiology.* 1986;158:227-35.
5. Simpson IA, Chung KJ, Glass RF, Sahn DJ, Sherman FS, Hesselink J. Cine magnetic resonance imaging for evaluation of anatomy and flow relations in infants and children with coarctation of the aorta. *Circulation.* 1988;78:142-8.
6. Nyman R, Hallberg M, Sunnegardh J, Thuren J, Henze A. Magnetic resonance imaging and angiography for the assessment of coarctation of the aorta. *Acta Radiol.* 1989;30:481-5.
7. Baker EJ, Ayton V, Smith MA, Parsons JM, Maysey MN, Ladusans EJ, et al. Magnetic resonance imaging of coarctation of the aorta in infants: use of a high field strength. *Br Heart J.* 1989;62:305-10.
8. Teien DE, Wendel H, Bjornebrink J, Ekelund L. Evaluation of anatomical obstruction by Doppler echocardiography and magnetic resonance imaging in patients with coarctation of the aorta. *Br Heart J.* 1993;69:352-5.
9. Fletcher BD, Jacobstein MD. MRI of congenital abnormalities of the great arteries. *Am J Roentgenol.* 1986;146:941-8.
10. Rees S, Somerville J, Ward C, Martínez J, Mohiaddin RH, Underwood RL, et al. Coarctation of the aorta: MR imaging in late postoperative assessment. *Radiology.* 1989;173:499-502.
11. Stern HC, Locher D, Wallnofer K, Weber F, Scheid KF, Emmrich P, et al. Noninvasive assessment of coarctation of the aorta: comparative measurements by two-dimensional echocardiography, magnetic resonance, and angiography. *Pediatr Cardiol.* 1991;12:1-5.
12. Bertolini A, Dalmonte P, Toma P, Bava GL, Corazza G, Marasini M, et al. Goretex patch aortoplasty for coarctation in children: nuclear magnetic resonance assessment at 7 years. *J Cardiovasc Surg.* 1992;33:223-8.
13. Kaemmerer H, Theissen P, König U, Sechtem U, de Vivie ER. Follow-up using magnetic resonance imaging in adult patients after surgery for aortic coarctation. *Thorac Cardiovasc Surg.* 1993;41:107-11.
14. Boxer RA, LaCorte MA, Singh S, Cooper R, Fishman MC, Goldman M, et al. Nuclear magnetic resonance imaging in evaluation and follow-up of children treated for coarctation of the aorta. *J Am Coll Cardiol.* 1986;7:1095-8.
15. Bank ER, Aisen AM, Rocchini AP, Hernández RJ. Coarctation of the aorta in children undergoing angioplasty: pretreatment and posttreatment MR imaging. *Radiology.* 1987;162:235-40.
16. Soulen RL, Kan J, Mitchell S, White RI. Evaluation of balloon angioplasty of coarctation restenosis by magnetic resonance imaging. *Am J Cardiol.* 1987;160:343-5.
17. Godart F, Beregi JP, Rey C, Louvegny S, Desmoucelles F, Nicol L, et al. L'imagerie par résonance magnétique nucléaire apporte-t-elle des éléments complémentaires dans le bilan de la coarctation de l'aorte par rapport au cathétérisme cardiaque. *Arch Mal Coeur.* 1998;91:587-92.
18. Riquelme C, Laissy JP, Menegazzo D, Debray MP, Cinqualbre A, Langlois J, et al. MR imaging of coarctation of the aorta and its postoperative complications in adults: assessment with spin-echo and cine-MR imaging. *Magn Reson Imaging.* 1999;17:37-46.
19. Schmidt M, Theissen P, Klempt G, Deutsch HJ, Baer FM, Dietlein M, et al. Long-term follow-up of 82 patients with chronic disease of the thoracic aorta using spin-echo and cine gradient magnetic resonance imaging. *Magn Reson Imaging.* 2000;18:795-806.
20. Gutberlet M, Hosten N, Vogel M, Abdul-Khaliq H, Ehrenstein T, Amthauer H, et al. Quantification of morphologic and hemodynamic severity of coarctation of the aorta by magnetic resonance imaging. *Cardiol Young.* 2001;11:512-20.
21. Greenberg SB, Balsara RK, Faerber ER. Coarctation of the aorta: diagnostic imaging after corrective surgery. *J Thorac Imaging.* 1995;10:36-42.
22. Parks WJ, Ngo TD, Plauth WH Jr, Bank ER, Sheppard SK, Pettigrew RI, et al. Incidence of aneurysm formation after Dacron patch aortoplasty repair for coarctation of the aorta: long-term results and assessment utilizing magnetic resonance angiography with three-dimensional surface rendering. *J Am Coll Cardiol.* 1995;26:266-71.
23. Bogaert J, Kuzo R, Dymarkowski S, Janssen L, Celis I, Budts W, et al. Follow-up of patients with previous treatment for coarctation of the thoracic aorta: comparison between contrast-enhanced MR angiography and fast spin-echo MR imaging. *Eur Radiol.* 2000;10:1847-54.
24. Scholz TD, Sato Y, Bolinger L. Aortic aneurysm following subclavian flap repair: diagnosis by magnetic resonance imaging. *Pediatr Cardiol.* 2001;22:153-5.
25. Muhler EG, Neuerburg JM, Ruben A, Grabitz RG, Gunther RW, Messmer BJ, et al. Evaluation of aortic coarctation after surgical repair: role of magnetic resonance imaging and Doppler ultrasound. *Br Heart J.* 1993;70:285-90.
26. Greenberg SB, Marks LA, Eshaghpour EE. Evaluation of magnetic resonance imaging in coarctation of the aorta: the importance of multiple imaging planes. *Pediatr Cardiol.* 1997;18:345-9.
27. Van Heurn LWE, Wong CM, Spiegelhalter DJ, Sorensen K, de Leval MR, Stark J, et al. Surgical treatment of aortic coarctation in infants younger than three months: 1985 to 1990. Success of extended end-to-end arch aortoplasty. *J Thorac Cardiovasc Surg.* 1994;107:74-86.



28. Walhout RJ, Lekkerkerker JC, Oron GH, Hitchcock FJ, Meijboom EJ, Bennink GBWE. Comparison of polytetrafluoroethylene patch aortoplasty and end-to-end anastomosis for coarctation of the aorta. *J Thorac Cardiovasc Surg.* 2003;126:521-8.
29. Abdulla S, Malmgren N, Bjorkhem G, Lundstrom NR. A postoperative follow-up study of infantile coarctation of the aorta. *Acta Paediatr.* 1995;410:69-73.
30. Quenot JP, Petit A, Falcon-Elcher S, Bonnet C, Brunotte F, Wolf JE, et al. Étude de la dilatation de l'aorta ascendente par resonance magnétique nucléaire après réparation de la coarctation de l'aorta. *Arch Mal Coeur.* 2001;94:421-6.
31. Jonas RA. Coarctation: do we need to resect ductal tissue? *Ann Thorac Surg.* 1991;52:604-7.
32. Russell GA, Berry PJ, Watterson K, Dhasmana JP, Wisheart JD. Patterns of ductal tissue in coarctation of the aorta in the first three months of life. *J Thorac Cardiovasc Surg.* 1991;102:596-601.
33. Ho SY, Anderson RH. Coarctation, tubular hypoplasia, and the ductus arteriosus. Histological study of 35 specimens. *Br Heart J.* 1979;41:268-74.
34. Elzenga NJ, Gittenberger-de Groot AC. Localised coarctation of the aorta. An age dependent spectrum. *Br Heart J.* 1983;49:317-23.
35. Backer CL, Mavroudis C, Zias EA, Amin Z, Weigel TJ. Repair of coarctation with resection and extended end-to-end anastomosis. *Ann Thorac Surg.* 1998;66:1365-71.
36. Pearl JM, Manning PB, Franklin C, Beekman R, Cripe L. Risk of recoarctation should not be a deciding factor in the timing of coarctation repair. *Am J Cardiol.* 2004 15;93:803-5.
37. Wright GE, Nowak CA, Goldberg CS, Ohye RG, Bove EL, Rocchini AP. Extended resection and end-to-end anastomosis for aortic coarctation in infants: results of a tailored surgical approach. *Ann Thorac Surg.* 2005;80:1453-9.
38. Wood AE, Javadpour H, Duff D, Oslizlok P, Walsh K. Is extended arch aortoplasty the operation of choice for infant aortic coarctation? Results of 15 years' experience in 181 patients. *Ann Thorac Surg.* 2004;77:1353-8.
39. Kappetein AP, Zwinderman AH, Bogers AJ, Rohmer J, Huysmans HA. More than thirty-five years of coarctation repair. An unexpected high relapse rate. *J Thorac Cardiovasc Surg.* 1994;107:87-95.
40. Bogaert J, Gewillig M, Rademakers F, Bosmans H, Verschakelen J, Daenen W, et al. Transverse arch hypoplasia predisposes to aneurysm formation at the repair site after patch angioplasty for coarctation of the aorta. *J Am Coll Cardiol.* 1995;26:521-7.
41. Bogaert J, Dymarkowski S, Budts W, Gewillig M, Daenen W. Graft dilation after redo surgery for aneurysm formation following patch angioplasty for aortic coarctation. *Eur J Cardiothorac Surg.* 2001;19:274-8.
42. Kappetein PA, Guit GL, Bogers AJ, Weeda HW, Zwinderman KH, Schonberger JP et al. Noninvasive long-term follow-up after coarctation repair. *Ann Thorac Surg.* 1993;55:1153-9.
43. Weber HS, Mosher T, Mahraj R, Baylen BG. Magnetic resonance imaging demonstration of "remodeling" of the aorta following balloon angioplasty of discrete native coarctation. *Pediatr Cardiol.* 1996;17:184-8.
44. Tan JL, Babu-Narayan SV, Henein MY, Mullen M, Li W. Doppler echocardiographic profile and indexes in the evaluation of aortic coarctation in patients before and after stenting. *J Am Coll Cardiol.* 2005 20;46:1045-53.
45. Pitlick PT, Anthony CL, Moore P, Shifrin RY, Rubin GD. Three-dimensional visualization of recurrent coarctation of the aorta by electron-beam tomography and MRI. *Circulation.* 1999 15;99:3086-7.
46. Didier D, Ratib O, Beghetti M, Oberhaensli I, Friedli B. Morphologic and functional evaluation of congenital heart disease by magnetic resonance imaging. *J Magn Reson Imaging.* 1999; 10:639-55.
47. Pedra CAC, Fontes VF, Esteves CA, Arrieta SR, Braga SL, Justino, et al. Use of covered stents in the management of coarctation of the aorta. *Pediatr Cardiol.* 2005.;26:431-9.
48. Rupperecht T, Nitz W, Wagner M, Kreissler P, Rascher W, Hofbeck M. Determination of the pressure gradient in children with coarctation of the aorta by low-field magnetic resonance imaging. *Pediatr Cardiol.* 2002;23:127-31.
49. Oshinski JN, Parks WJ, Markou CP, Bergman HL, Larson BE, Ku DN, et al. Improved measurement of pressure gradients in aortic coarctation by magnetic resonance imaging. *J Am Coll Cardiol.* 1996;28:1818-26.
50. Prince MR, Yucel EK, Kaufman JA, Harrison DC, Geller SC. Dynamic gadolinium-enhanced three-dimensional abdominal MR arteriography. *J Magn Reson Imaging.* 1993;3:877-81.
51. Prince MR, Narasimham DL, Jacoby WT, Williams DM, Cho KJ, Marx MV, et al. Three-dimensional gadolinium-enhanced MR angiography of the thoracic aorta. *Am J Roentgenol.* 1996;166: 1387-97.
52. Leung DA, Debatin JF. Three-dimensional contrast-enhanced magnetic resonance angiography of the thoracic vasculature. *Eur Radiol.* 1997;7:981-9.
53. Hamaoka K, Satou H, Sakata K, Onouchi Z. Three-dimensional imaging of aortic aneurysm after balloon angioplasty for coarctation of the aorta. *Circulation.* 1999;100:1673-4.
54. Boccalandro F, De La Guardia B, Smalling RW. Rotational aortogram with three-dimensional reconstruction in a case of repaired aortic coarctation. *Circulation.* 2001;104:620-1.
55. Holmqvist C, Larsson E-M, Stahlberg F, Laurin S. Contrast-enhanced thoracic 3D-MR angiography in infants and children. *Acta Radiol.* 2001;42:50-8.
56. Holmqvist C, Stahlberg F, Hansens K, Hochbergs P, Sandstrom S, Larsson EM, et al. Collateral flow in coarctation of the aorta with magnetic resonance velocity mapping: correlation to morphological imaging of collateral vessels. *J Magn Reson Imaging.* 2002;15:39-46.
57. Smith Maia MM, Cortes JM, Parga JR, Rodríguez de Aisla LF, Aiello VD, Barbero-Marcial M, et al. Evolutional aspects of children and adolescents with surgically corrected aortic coarctation: clinical echocardiographic and magnetic resonance image analysis of 113 patients. *J Thorac Cardiovasc Surg.* 2004; 127:712-20
58. Younoszai AK, Reddy VM, Hanley FL, Brook MM. Intermediate term follow-up of the end-to-side aortic anastomosis for coarctation of the aorta. *Ann Thorac Surg.* 2002;74:1631-4.
59. Hovaguimian H, Senthilnathan V, Iguidbashian JP, McIrvin DM, Starr A. Coarctation repair: modification of end-to-end anastomosis with subclavian flap angioplasty. *Ann Thorac Surg.* 1998;65:1751-4.
60. Jahangiri M, Shinebourne EA, Zurakowski D, Rigby ML, Redington AN, Lincoln C. Subclavian flap angioplasty: does the arch look after itself? *J Thorac Cardiovasc Surg.* 2000;120:224-9.
61. Smaill BH, McGiffin DC, Legrice IJ, Young AA, Hunter PJ, Galbraith AJ. The effect of synthetic patch repair of coarctation on regional deformation of the aortic wall. *J Thorac Cardiovasc Surg.* 2000;120:1053-63.

62. Kino K, Sano S, Sugawara E, Kohmoto T, Kamada M. Late aneurysm after subclavian flap aortoplasty for coarctation of the aorta. *Ann Thorac Surg.* 1996;61:1262-4.
63. Amato JJ, Rheinlander HF, Cleveland RJ. A method of enlarging the distal transverse arch in infants with hypoplasia and coarctation of the aorta. *Ann Thorac Surg.* 1977;23:261-3
64. Zannini L, Lecompte Y, Galli R, Gargiulo G, Musiani A, Ghiselli A, et al. Aortic coarctation with hypoplasia of the arch: description of a new surgical technic. *G Ital Cardiol.* 1985;15:1045-8.
65. Giamberti A, Pome G, Butera G, Rosti L, Agnetti A, Frigiola A. Extended end-to-end anastomosis with modified reverse subclavian flap angioplasty. *Ann Thorac Surg.* 2001;72:951-2.
66. Elgamal MA, McKenzie ED, Fraser CD Jr. Aortic arch advancement: the optimal one-stage approach for surgical management of neonatal coarctation with arch hypoplasia. *Ann Thorac Surg.* 2002;73:1267-72.
67. Fraund S, Boning A, Scheewe J, Cremer JT. Antero-axillary access for hypoplastic aortic arch repair. *Ann Thorac Surg.* 2002;73:278-80.