

Cateterismo intervencionista tras cirugía tipo Norwood

María J. del Cerro^a, Aurora Fernández^a, Sandra Espinosa^a, Fernando Benito^a, Margarita Burgueros^a, Lujs García-Guereta^a, Dolores Rubio^a, Lucía Deiros^a, Carmen Castro^a, Javier Cabo^b, Daniel Borches^b y Ángel Aroca^b

^aServicio de Cardiología Pediátrica. Hospital Infantil La Paz. Madrid. España.

^bServicio de Cirugía Cardíaca. Hospital Infantil La Paz. Madrid. España.

Introducción y objetivos. Análisis retrospectivo de las indicaciones, los resultados y las complicaciones del cateterismo terapéutico en pacientes tras cirugía tipo Norwood.

Métodos. Entre febrero de 1993 y diciembre de 2006 se realizaron 25 procedimientos intervencionistas en 14 pacientes con cirugía tipo Norwood, previo al Glenn o Fontan.

Resultados. En 7 de los 14 pacientes se realizaron 9 angioplastias de recoartación (2 presentaron nuevamente reestenosis tras la primera angioplastia). En 3 pacientes con Norwood clásico se encontró inicialmente o evolutivamente desconexión de arteria pulmonar izquierda; 7 pacientes precisaron 10 angioplastias de arterias pulmonares; 3 pacientes precisaron embolizaciones: de colaterales venosas (n = 1, con *coils*), de vena cava superior izquierda (n = 1, con ocluidor Amplatzer para ductus) y de fístula Blalock-Taussig izquierdo (n = 1, con ocluidor Amplatzer para ductus). En 2 casos se realizó angioplastia del Glenn y en otro, fibrinolisis de trombosis de vena cava superior y arteria pulmonar. Otros hallazgos, sobre los que no se realizaron técnicas intervencionistas, fueron: estenosis de troncos supraaórticos (n = 6), estenosis en las arterias femorales (n = 2), trombosis venosa femoral (n = 5) o de vena subclavia (n = 1). Como complicaciones se registraron: isquemia arterial (n = 2), parada cardíaca o bradicardia (n = 4) y bloqueo auriculoventricular transitorio (n = 1).

Conclusiones. Tras la cirugía tipo Norwood debe realizarse una valoración angiohemodinámica precoz para detectar y tratar estenosis de arterias pulmonares y/o del arco aórtico. Aunque la angioplastia de la recoartación puede ser efectiva, la reestenosis es frecuente. La técnica de Sano evita la desconexión de la arteria pulmonar izquierda, pero no el desarrollo de estenosis de arterias pulmonares. Tras el estadio II, debe estudiarse si hay colaterales venovenosas, pues éstas con frecuencia precisan embolización. El cateterismo terapéutico en estos pacientes comporta una incidencia de complicaciones mayor que en otros grupos de pacientes.

Palabras clave: Defectos cardíacos congénitos. Hemicardio izquierdo hipoplásico. Cirugía tipo Norwood. Cateterismo intervencionista.

Interventional Catheterization After the Norwood Procedure

Introduction and objectives. To carry out a retrospective analysis of the indications for, and the results and complications of interventional catheterization after the Norwood procedure.

Methods. Between February 1993 and December 2006, 25 interventional catheterizations were performed in 14 patients who had undergone the Norwood procedure, prior to the Glenn or Fontan procedure.

Results. Nine angioplasties were carried out for recoarctation in seven of the 14 patients (2 patients developed restenosis after their first angioplasty). Detachment of the left pulmonary artery occurred either immediately or during follow-up in 3 patients who underwent the classical Norwood procedure. Overall, 10 pulmonary artery angioplasties were required in 7 patients. Three patients needed embolization: one of venous collaterals (using coils), one of the left superior vena cava (using an Amplatzer duct occluder), and one of a left Blalock-Taussig shunt (using an Amplatzer duct occluder). Two patients required a cavopulmonary (Glenn) anastomosis, and another underwent fibrinolysis for thrombosis of the superior vena cava and pulmonary artery. Other findings, which were not treated percutaneously, included: stenosis of the supra-aortic trunk (n=6), femoral artery stenosis (n=2), femoral vein thrombosis (n=5), and subclavian vein thrombosis (n=1). The following complications were recorded: arterial ischemia (n=2), cardiac arrest or bradycardia (n=4), and transient atrioventricular block (n=1).

Conclusions. Following stage I of the Norwood procedure, the angiographic and hemodynamic assessments needed for the diagnosis and treatment of pulmonary artery or aortic arch stenosis must be carried out promptly. Although treating recoarctation by angioplasty can be effective, restenosis frequently occurs. With the Sano procedure, detachment of the left pulmonary artery, but not pulmonary artery stenosis, can be avoided. After stage II, the presence of venovenous collaterals must be ruled out, because they frequently require embolization. In these patients, interventional catheterization is associated with a higher incidence of complications than in other groups.

Correspondencia: Dra. M.J. del Cerro Marín.
Servicio de Cardiología Pediátrica. Hospital Infantil La Paz.
P.º de la Castellana, 261. 28046 Madrid. España.
Correo electrónico: mcerro.hulp@salud.madrid.org

Recibido el 14 de mayo de 2007.

Aceptado para su publicación 10 octubre de 2007.

Key words: *Congenital heart defects. Hypoplastic left heart syndrome. Norwood procedure. Interventional catheterization.*

Full English text available from: www.revespcardiol.org

ABREVIATURAS

AV: auriculoventricular.

BIB balón: «balón en balón».

RM: resonancia magnética.

TC: tomografía computarizada.

INTRODUCCIÓN

En 1980 se publicaron los primeros casos¹ de cirugía para los pacientes con hipoplasia de cavidades izquierdas, aunque con mortalidad hospitalaria al principio elevada². La alternativa del trasplante neonatal³, inicialmente prometedora, se vio pronto limitada por la escasez de donantes de bajo peso. En los últimos años, la evolución de las técnicas quirúrgicas⁴ y la mejora de los resultados en el estadio I del Norwood⁵ han permitido ofrecer expectativas reales de supervivencia a los neonatos con hipoplasia de cavidades izquierdas. Sin embargo, en la evolución de los pacientes que sobreviven a la cirugía neonatal, el desarrollo de obstrucción en el arco aórtico, distorsión de las arterias pulmonares⁶⁻⁸, disfunción ventricular derecha o insuficiencia tricuspídea puede impedir que se complete el Fontan y condicionar una mortalidad interestadios superior a la observada en otras formas de circulación univentricular⁹. La detección precoz de estas complicaciones mediante técnicas de imagen (ecografía, resonancia magnética [RM], tomografía computarizada [TC] multicorte) y su tratamiento mediante técnicas de hemodinámica intervencionista son cruciales para mejorar la supervivencia a largo plazo y la calidad de vida de estos pacientes. De ahí que el seguimiento de estos niños tras el estadio I siga siendo un reto para los equipos médico-quirúrgicos implicados en su tratamiento.

MÉTODOS

Desde diciembre de 1992 a diciembre de 2006, 30 pacientes con diagnóstico de hipoplasia de cavidades izquierdas fueron sometidos a cirugía tipo Norwood: 24 mediante técnica de Norwood clásico y 6 mediante Norwood modificado (técnica de Sano), con una supervivencia del 56% (17 de 30). Entre febrero de 1993 y diciembre de 2006 se realizaron 25 procedimientos intervencionistas, previos a la realización de Glenn o Fontan, en 14 de los 17 pacientes que habían sobrevi-

vido a la cirugía neonatal. Revisamos las historias, los informes quirúrgicos y los hallazgos angiohemodinámicos de estos 14 pacientes. Los diagnósticos neonatales fueron: atresia mitroaórtica con tamaño de aorta ascendente entre 1,5 y 5 mm de diámetro (n = 11), síndrome de Shone (n = 1), atresia mitral con comunicación interventricular e hipoplasia del arco aórtico (n = 1) y ventrículo único con hipoplasia del arco (n = 1). Se había intervenido a 10 de los pacientes con la técnica de Norwood clásica (fístula Blalock-Taussig modificada derecha) y a 4 con la técnica modificada de Sano (conducto de ventrículo derecho a arterias pulmonares). La edad a la que se realizó el cateterismo intervencionista osciló entre los 2 meses y los 11,9 años (media, 2,1 años) y el peso fue 3,3-31 (9,7 ± 6,7) kg. El tiempo de seguimiento desde la cirugía neonatal ha sido de 3,7 ± 4,3 años (intervalo, 6 meses-13,5 años). Los cateterismos se realizaron con anestesia general e intubación orotraqueal y profilaxis antibiótica con cefazolina, y mediante punción percutánea de arteria femoral y vena femoral o vena yugular. En el estudio hemodinámico tras el estadio I se prestó especial atención a descartar la obstrucción en la neoaorta (gradiente pico, > 15 mmHg), gradiente interauricular, función ventricular derecha, estado de la fístula Blalock-Taussig o el conducto ventrículo derecho-arteria pulmonar, presiones y resistencias pulmonares, y anatomía del árbol pulmonar. Tras el estadio II (Glenn) se estudió, además, la estenosis de la anastomosis de vena cava superior-arteria pulmonar derecha, posibles fístulas venovenosas desde el territorio de la vena cava superior, la anatomía de la vena cava inferior y las venas suprahepáticas, y la permeabilidad de los accesos arteriales femorales y los venosos femorales y yugulares. En el seguimiento tras los procedimientos intervencionistas se empleó ecocardiografía en todos, RM en 8, TC multicorte en 1 y cateterismo en 5.

RESULTADOS

Recoartación

En 8 (57%) de los 14 pacientes se observó obstrucción significativa en el neoarco aórtico (gradiente pico ventrículo derecho-aorta descendente ≥ 15 mmHg, con imagen angiográfica de reducción del calibre > 50%). No encontramos diferencia significativa en la incidencia de recoartación entre los pacientes en los que se había utilizado tejido heterólogo para la reconstrucción del arco aórtico (5/9) y los que no (3/5). El tiempo transcurrido entre la cirugía Norwood I y el diagnóstico de recoartación fue de 9,5 meses (4 meses-2,5 años). Se realizaron 9 angioplastias a 7 pacientes (en uno de ellos se desestimó la angioplastia por inestabilidad hemodinámica y fue remitido a cirugía), utilizando la arteria femoral (vía retrógrada) en 7 y la vía venosa femoral (vía retrógrada) en 2 (por estenosis de

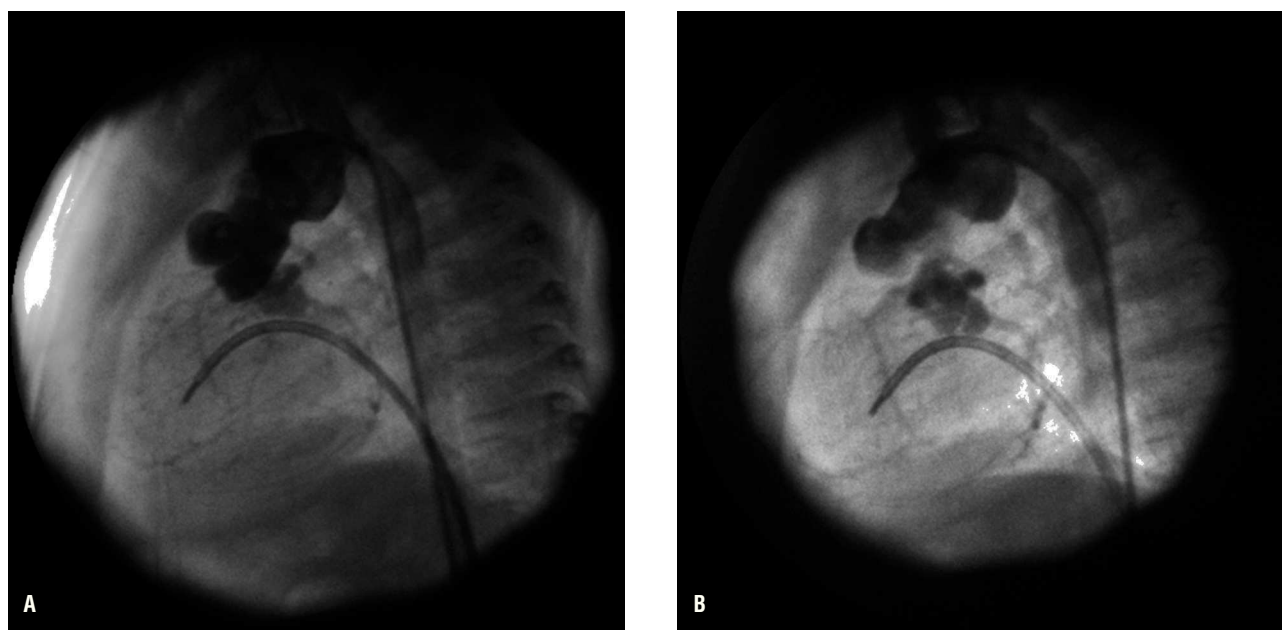


Fig. 1. A: recoartación en paciente de 4 meses y 3,3 kg de peso (técnica quirúrgica: reconstrucción de arco sin tejido heterólogo), con máximo gradiente de 35 mmHg y diámetro de la lesión de 2,8 mm. B: tras la angioplastia con balón Tyshak mini (Numed®) de 7 mm, gradiente de 0 mmHg y diámetro de la estenosis de 5 mm.

TABLA 1. Resumen de las características de los pacientes y datos angiohemodinámicos de las angioplastias de recoartación

	Edad (años)	Peso (kg)	Gradiente antes ^a	Gradiente después ^b	Diámetro antes ^c	Diámetro después ^d	Diámetro balón	Balón/estenosis
Media	1,87	7,6	42	12,2	3,8	6,4	9,3	2,6
Intervalo	0,25-7,5	3,3-16	15-75	0-25	1,8-7,5	2,3-12	5-16	1,6-4
Desviación estándar	2,4	4,5	19	8,8	1,9	2,7	3,5	0,72

^aGradiente hemodinámico pico neoaorta ascendente-aorta descendente previo a la angioplastia.

^bGradiente hemodinámico pico aorta ascendente-descendente tras la angioplastia.

^cDiámetro mínimo de la recoartación (mm) antes de la angioplastia.

^dDiámetro mínimo de la recoartación (mm) después de la angioplastia.

arteria femoral). Se consiguió angioplastia inicialmente efectiva en 6/7 pacientes (85%) (fig. 1), pero 2 presentaron en el seguimiento nueva recoartación y fueron sometidos a una segunda angioplastia, que fue efectiva en uno de ellos; se derivó al otro a cirugía. Las características de los pacientes en los que se realizó angioplastia de recoartación, así como los datos angiohemodinámicos, se resumen en la tabla 1.

Angioplastias de arterias pulmonares

En cuanto a la afección de las arterias pulmonares, se realizaron 10 angioplastias en 7 pacientes (3 casos presentaron restenosis precoz tras una angioplastia inicialmente efectiva). De los 10 niños a los que se había realizado Norwood clásico (fistula Blalock-Taussig a arteria pulmonar derecha), encontramos desconexión de arteria pulmonar izquierda en 2 pacientes y en un tercero, estenosis crítica en su origen. En este último

caso se realizó angioplastia con balón a través de la fístula quirúrgica, con buen resultado, pero en pocos meses evolucionó a desconexión de la arteria pulmonar izquierda, por lo que finalmente se le realizó Fontan fenestrado al pulmón derecho; actualmente la paciente permanece con saturación del 85% y en grado funcional I. Otros 3 pacientes con Norwood clásico precisaron, después del estadio II y antes de la realización del Fontan, angioplastia con *stent* de arterias pulmonares, que se realizó por vía venosa yugular (a través del Glenn) con *stents* EV3 de 26 mm (n = 1), CP de Numed (n = 1, fig. 2) y Palmaz P188 (n = 1). En uno de ellos se redilató el *stent* al año de su implantación y en los tres se completó el Fontan con éxito.

De los 4 pacientes operados con la técnica de Sano, 3 precisaron angioplastia de arterias pulmonares, que se realizó en 2 casos con catéter balón (debido al escaso peso de los pacientes y el pequeño tamaño de sus arterias pulmonares) a través del conducto o del

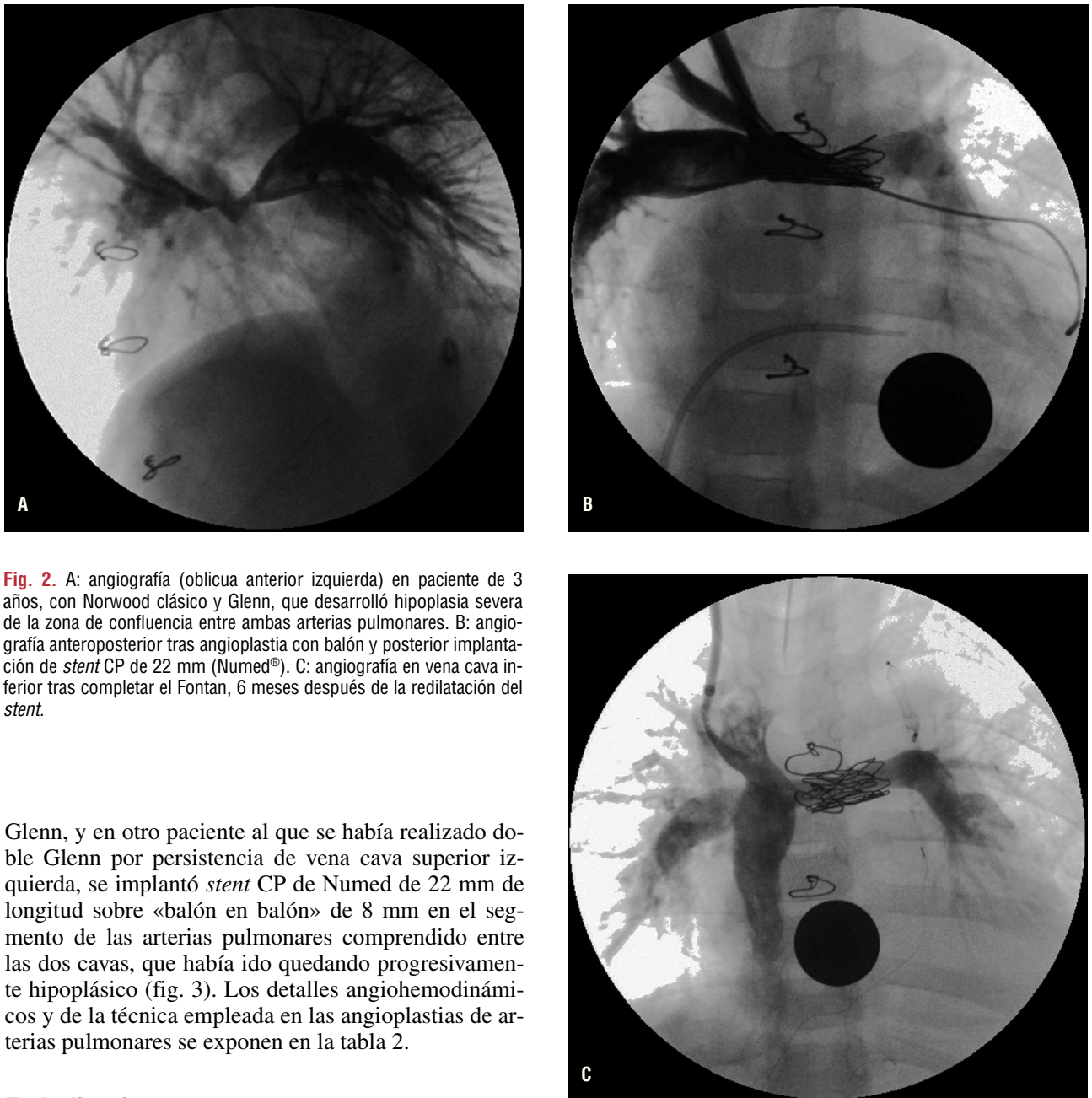


Fig. 2. A: angiografía (oblicua anterior izquierda) en paciente de 3 años, con Norwood clásico y Glenn, que desarrolló hipoplasia severa de la zona de confluencia entre ambas arterias pulmonares. B: angiografía anteroposterior tras angioplastia con balón y posterior implantación de *stent* CP de 22 mm (Numed®). C: angiografía en vena cava inferior tras completar el Fontan, 6 meses después de la redilatación del *stent*.

Glenn, y en otro paciente al que se había realizado doble Glenn por persistencia de vena cava superior izquierda, se implantó *stent* CP de Numed de 22 mm de longitud sobre «balón en balón» de 8 mm en el segmento de las arterias pulmonares comprendido entre las dos cavas, que había ido quedando progresivamente hipoplásico (fig. 3). Los detalles angiohemodinámicos y de la técnica empleada en las angioplastias de arterias pulmonares se exponen en la tabla 2.

Embolizaciones

Un paciente con Glenn precisó embolización (con *coils*) de colaterales venosas desde la vena cava superior derecha al territorio de vena cava inferior, que mejoró su saturación del 75 al 84%; otra niña con Glenn desarrolló repermeabilización de una vena cava superior izquierda a seno coronario (embolización con dispositivo ocluser Amplatzer para ductus 6/4 por vía venosa anterógrada desde la vena femoral; fig. 4); en otro paciente con Glenn al que se había realizado fístula Blalock-Taussig izquierdo para favorecer el desarrollo de su arteria pulmonar izquierda, que presentaba hipoplasia importante, ésta fue posteriormente embolizada con ocluser Amplatzer para ductus 6/4 al completar el Fontan.

Angioplastia con catéter balón del Glenn

Se practicó en 2 pacientes, y fue efectiva en ambos (desaparición del gradiente y del síndrome de vena cava superior) y sin reestenosis en el seguimiento.

Fibrinolisis

Una paciente de 16 meses de edad y 8 kg de peso, con doble cava superior, presentó trombosis de vena cava superior izquierda y arteria pulmonar izquierda en el noveno día del postoperatorio del Glenn; para evitar la reintervención quirúrgica, se realizó fibrinolisis.

TABLA 2. Características de los pacientes y datos angiohemodinámicos de las angioplastias de ramas pulmonares

Pacientes	Técnica Norwood	Acceso ATP	Edad (años)	Peso (kg)	Diámetro antes (mm)	Diámetro después (mm)	Diámetro balón	Stent	Evolución
1	Clásico	Glenn	13	31	API 4,4	9	BIB 10	EV3 26 mm	Sin reestenosis
2	Clásico	Glenn	11,5	20	6	10	10	Palmaz	Sin reestenosis
3	Clásico	Fístula BT	0,75	5	1,5	3	5		Reestenosis (desconexión API)
4	Clásico	Glenn	4	12	1,7	5,2	1,8 y 10		Reestenosis
4	Clásico	Glenn	4,5	13	1,5	9	10	CP 22	Redilatación efectiva
5	Sano	Conducto	0,3	5	1,6	3	5		Reestenosis
5	Sano	Glenn	0,4	5,3	1,6	4,9	6 y 7		Favorable
6	Sano	Conducto	0,3	5	1,5	3	5		Sin seguimiento
7	Sano	Glenn	1,5	10	2	6	BIB 8	EV3 26	Favorable

Acceso ATP: acceso vascular empleado para la angioplastia; diámetro antes: diámetro mínimo de la arteria pulmonar antes de la angioplastia; diámetro después: diámetro mínimo de la arteria pulmonar después de la angioplastia; BT: Blalock-Taussig; BIB: balón en Balón.

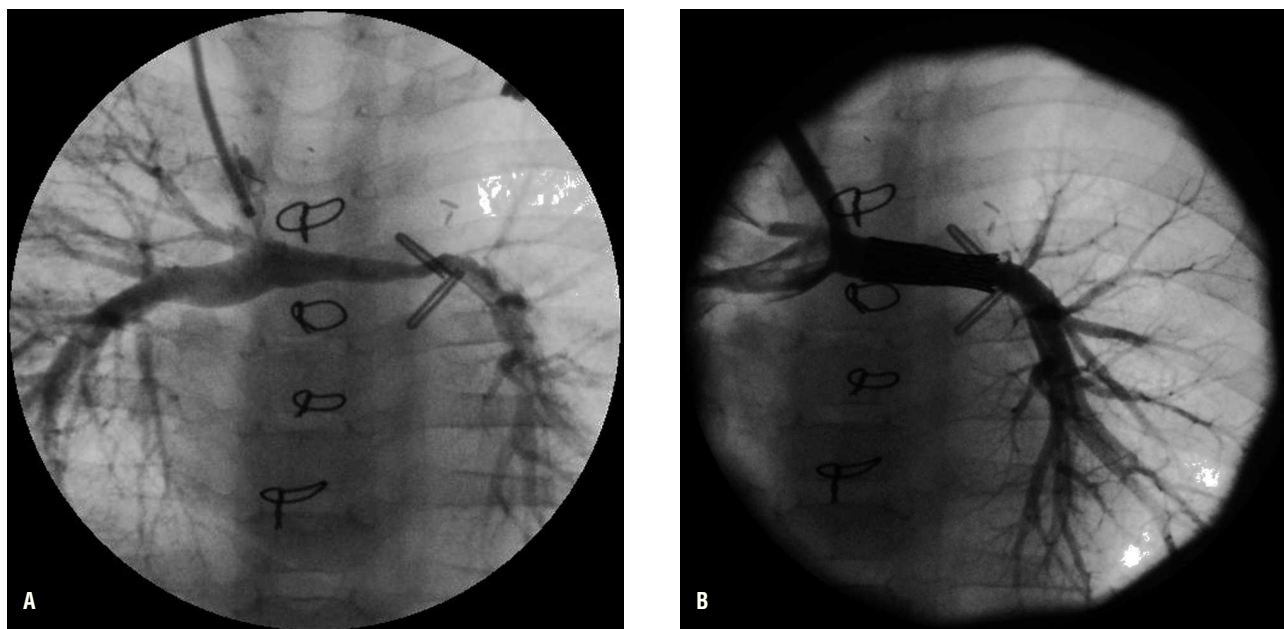


Fig. 3. A: angiografía en vena cava superior en paciente con Norwood Sano y Glenn, con doble vena cava superior, que desarrolla hipoplasia de arteria pulmonar izquierda (calibre mínimo de 2,2 mm). B: angiografía postangioplastia con *stent* CP de Numed de 22 mm de longitud implantado sobre balón en balón de 8 mm; la arteria pulmonar izquierda presenta ahora calibre mínimo de 6,4 mm.

sis con urocinasa a través de catéter de 5 Fr en vena cava superior izquierda, sin que se produjeran complicaciones hemorrágicas. Otros hallazgos en los estudios angiográficos de estos pacientes, y sobre los que no se realizaron técnicas intervencionistas, fueron: estenosis de troncos supraaórticos en 6 pacientes, estenosis en las arterias femorales (n = 2), trombosis venosa femoral (n = 5) o de vena subclavia (n = 1).

Como complicaciones de los cateterismos intervencionistas se registraron: isquemia arterial en 2 pacientes, tratada en un caso con perfusión de heparina durante 24 h y en otro con fibrinólisis con activador tisular del plasminógeno (r-TPA); parada cardíaca o bradicardia que precisó reanimación (n = 4), bloqueo auriculoventricular transitorio (n = 1).

DISCUSIÓN

Aunque la presentación de nuestros resultados quirúrgicos en el estadio I de la cirugía de Norwood no es el motivo de este trabajo, la supervivencia del 56% que presentamos refleja nuestra curva de aprendizaje y el escaso número de pacientes operado en ese período y coincide con los resultados publicados recientemente por otro equipo médico-quirúrgico español¹⁰.

La aparición de gradientes obstructivos en el arco aórtico es una de las complicaciones más frecuentemente observadas tras la cirugía tipo Norwood y su detección no es siempre fácil mediante ecocardiografía¹¹. El desarrollo de recoartación se ha relacionado en estos pacientes con disfunción ventricular derecha, insufi-

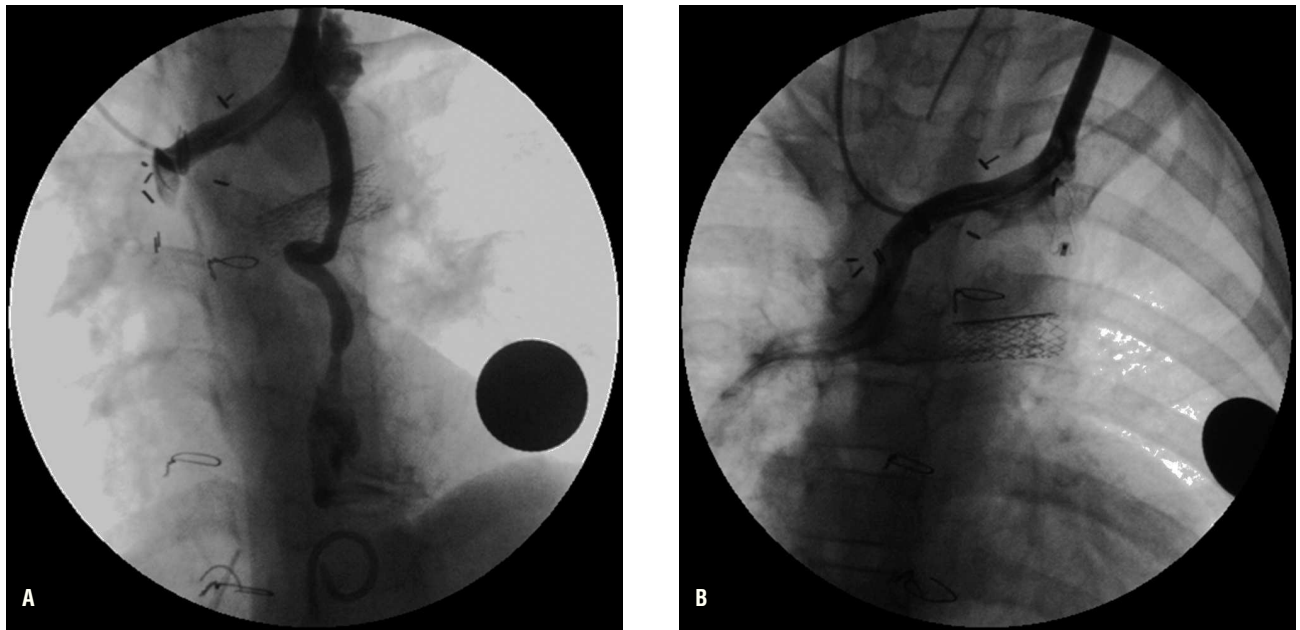


Fig. 4. A: angiografía en vena innominada en paciente con Glenn, que muestra repermeabilización de una vena cava superior izquierda a seno coronario. B: angiografía en vena innominada tras embolización con dispositivo oclisor Amplatz para ductus 6/4, implantado desde vena femoral mediante asa venovenosa.

ciencia tricuspídea, disminución del flujo sistémico y aumento de la mortalidad interestadíos^{8,12}, por lo que la indicación de angioplastia en estos enfermos se hace con gradientes inferiores a los empleados para la recoartación simple (no asociada a cardiopatía compleja), siempre y cuando la imagen angiográfica sea también indicativa de estenosis significativa (disminución del calibre aórtico $> 40\text{-}50\%$ ¹²). Debido a la frecuente existencia de estenosis de troncos supraaórticos, la ausencia o escasa magnitud del gradiente tensional no invasivo no descartó la indicación de angioplastia si el gradiente hemodinámico y la imagen angiográfica indicaban estenosis significativa. La incidencia publicada de recoartación oscila entre el 9,2 y el 45%¹³⁻¹⁵, diferencias que se explican por las distintas técnicas quirúrgicas empleadas en la reconstrucción del arco¹⁶, la experiencia de los equipos quirúrgicos (menor incidencia de recoartación en las series más largas), las diferentes definiciones de recoartación empleadas (en algunos trabajos se consideran gradientes hemodinámicos > 25 , 17 o 20 mmHg¹³, en otros > 10 o 15 mmHg¹⁸ o incluso criterios angiográficos¹⁶), y los distintos tiempos de seguimiento. La elevada incidencia de recoartación observada en nuestra serie se explica por incluirse a pacientes con gradientes ≥ 15 mmHg, tener un tiempo de seguimiento superior al de algunas de las series y, por supuesto, por ser una serie poco extensa y que incluye nuestra experiencia inicial en el estadio I del Norwood. Nuestros resultados en la angioplastia con balón de la recoartación, con una eficacia inicial del 85%, son superponibles a los publicados por otros autores (82%-100%)^{12,13,18,19}, así como la in-

cidencia de nueva recoartación tras la primera angioplastia (el 28% en nuestra serie y entre el 20¹³ y el 44% en la literatura)¹⁹. Las peculiaridades anatómicas de la neoaorta, así como la corta edad a la que los pacientes presentan la recoartación, determinaron en algunos casos necesidad de emplear balones de tamaño relativamente grande para el peso de los niños, lo que derivó en complicaciones arteriales agudas (2/7 pacientes) y estenosis de arterias femorales a largo plazo. La introducción en los últimos años de catéteres de menor perfil (Tyshak mini, Numed®) ha permitido disminuir la incidencia de este tipo de complicaciones. El abordaje anterógrado, desde la vena femoral, permite la utilización de introductores de mayor perfil, pero es más difícil la estabilización del balón durante la angioplastia y comporta el riesgo de lesión de las válvulas tricúspide y pulmonar (que ahora son las sistémicas, y cuya competencia es fundamental para la fisiología tipo Fontan). Además, y coincidiendo con lo publicado^{12,18,20,21}, la angioplastia percutánea en estos pacientes se asocia, con mayor frecuencia que en otros pacientes recoartados, a inestabilidad hemodinámica e incluso necesidad de reanimación cardiopulmonar durante el procedimiento. En nuestra experiencia, esta complicación se observó en 2 pacientes; en uno pudo completarse la angioplastia y el otro fue remitido a cirugía.

En cuanto a la afección de las arterias pulmonares, la técnica modificada de Sano (*shunt* desde el ventrículo derecho) evitó en nuestros pacientes el problema de la desconexión o hipodesarrollo de la arteria pulmonar izquierda, pero no evitó las estenosis de arterias

pulmonares en la zona de inserción del conducto²². La incidencia de estenosis significativa de ramas pulmonares tras la cirugía Norwood (antes del Glenn o Fontan o incluso después de éste) referida en la literatura oscila entre el 40 y el 62%^{23,24}. En nuestra serie observamos especial tendencia a presentar estenosis severas y/o hipodesarrollo en la zona de confluencia entre ambas arterias pulmonares, donde pueden quedar restos de tejido ductal, y que resulta más difícilmente accesible al cirujano por quedar posterior a la neoaorta ascendente, habitualmente dilatada. Otro factor posiblemente implicado en el hipodesarrollo de esta zona es la presencia de doble cava superior, pues tras el Glenn el flujo de cada vena cava superior se dirige a la arteria pulmonar ipsolateral; 2 de los 3 pacientes que precisaron *stent* en esa zona presentaban doble cava superior. Otra de las peculiaridades de las angioplastias de arterias pulmonares realizadas en pacientes tras los estadios I o II es que presentan elevada incidencia de reestenosis (posiblemente por persistencia de tejido ductal), pero también suele tratarse de pacientes de bajo peso y pequeño tamaño de las arterias pulmonares que no permiten en algunos casos la implantación de *stents* redilatables. Para el seguimiento de estas estenosis tras la angioplastia, es fundamental la utilización de la RM o angiografía por TC. La implantación de *stents* de menor tamaño (coronarios o periféricos) y que precisan introductores de menor tamaño podría ser una opción, pero limitan el desarrollo de la arteria y con el crecimiento somático del paciente acaban creando una estenosis. En nuestros pacientes, intentamos utilizar la angioplastia con balón en los pacientes más pequeños (aunque precisaran redilatación por reestenosis a corto o medio plazo), y retrasar la implantación del *stent* para emplear *stents* redilatables (Palmaz, Ev3 o CP de Numed) a través de vainas de 10-11 Fr, que se introdujeron sin complicaciones por la vena yugular en niños de hasta 10 kg de peso. Quizá en el futuro el empleo de nuevos *stents* pediátricos, como los reabsorbibles²⁵ (Biotronik) o redilatables de bajo perfil (*growth stent*)²⁶, aún en fase de ensayo clínico, podrían facilitar y mejorar el tratamiento de estas lesiones. Por otra parte, la implantación de *stents* en la zona de la confluencia de las arterias pulmonares puede condicionar la técnica quirúrgica empleada en el estadio III: en 2 de nuestros pacientes con el *stent* en esta posición el conducto extracardiaco desde vena cava inferior tuvo que ser anastomosado a la arteria pulmonar derecha, frente a la conexión del Glenn (fig. 2B), y el postoperatorio transcurrió sin complicaciones.

El desarrollo de colaterales venosas o la recanalización de conexiones embriológicas desde el territorio de la vena cava superior son complicaciones descritas tras la cirugía tipo Glenn²⁷, más frecuentes en los pacientes con gradiente transpulmonar (resistencia arteriolar pulmonar, es decir, diferencia entre la presión pulmonar media y la presión media de la aurícula iz-

quierda) más elevado²⁸, que en ocasiones puede precisar embolización al causar hipoxemia significativa, como ocurrió en 2 de nuestros pacientes.

El papel de la hemodinámica intervencionista es crucial en el seguimiento de los pacientes que tras el estadio I del Norwood (cirugía neonatal con reconstrucción compleja del arco aórtico y suturas en el árbol pulmonar) han de conseguir las condiciones óptimas para el Fontan. La mejora en las técnicas quirúrgicas y el aumento en la experiencia de los equipos probablemente disminuyan la incidencia a corto plazo de recoartación o distorsión de ramas pulmonares, pero no hay que olvidar que los pacientes experimentan un importante crecimiento somático antes y después de completar el estadio III.

En el futuro, las nuevas técnicas híbridas para el estadio I (*banding* de las arterias pulmonares más *stent* en el ductus, angioplastia de coartación y ampliación del tabique interauricular por vía percutánea)²⁹, aunque aún en fase de ensayo clínico, podrían acrecentar todavía más el papel de la hemodinámica intervencionista en el manejo de la hipoplasia de cavidades izquierdas.

CONCLUSIONES

Tras la cirugía tipo Norwood, debe realizarse una valoración angiohemodinámica precoz para detectar y tratar estenosis de arterias pulmonares y/o del arco aórtico. Aunque la angioplastia de la recoartación puede ser efectiva, la reestenosis es frecuente. La técnica de Sano evita la desconexión de la pulmonar izquierda, pero pueden aparecer también estenosis de arterias pulmonares. Tras el estadio II, debe estudiarse si hay colaterales venovenosas, pues éstas con frecuencia precisan embolización. El cateterismo terapéutico en estos pacientes comporta una incidencia de complicaciones mayor que en otros grupos de pacientes.

BIBLIOGRAFÍA

1. Norwood WI, Kirklin JK, Sanders SP. Hypoplastic left heart syndrome: experience with palliative surgery. *Am J cardiol*. 1980;45:87-91.
2. Norwood WI, Lang P, Hansen DD. Physiologic repair of aortic atresia-hypoplastic left heart syndrome. *N Engl J Med*. 1983;306:23-6.
3. Bailey LL, Nehlsen-Cannarella SL, Doroshow RW, Jacobson JG, Martin RD, Allard MW, et al. Cardiac allotransplantation in newborns as therapy for hypoplastic left heart syndrome. *New Engl J Med*. 1986;315:949-51.
4. Sano S, Ishino K, Kawada M, Honjo O. Right ventricle-pulmonary artery shunt in first-stage palliation of hypoplastic left heart syndrome. *J Thorac Cardiovasc Surg*. 2003;126:504-10.
5. Pizarro C, Mroczek T, Malec E, Norwood WI. Right ventricle to pulmonary artery conduit reduces interim mortality after stage I Norwood for hypoplastic left heart syndrome. *Ann Thorac Surg*. 2004;78:1959-64.
6. Bartram U, Grünenfelder J, Van Praagh R. Causes of death after the modified Norwood procedure: a study of 122 postmortem cases. *Ann Thorac Surg*. 1997;64:1795-802.

7. Alboliras E, Chin A, Barber G, Gregg Helton J, Piggot J, Norwood WI. Pulmonary artery configuration after palliative operations for hypoplastic left heart syndrome. *J Thorac Cardiovasc Surg.* 1989;97:878-85.
8. Soonngswang J, McCrindle BW, Jones TK, Vincent RN, Hsu DT, Kuhn MA, et al. Outcomes of transcatheter balloon angioplasty of obstruction in the neo-aortic arch after the norwood operation. *Cardiol Young.* 2001;11:54-61.
9. Takabayashi S, Kado H, Shiokawa Y, Fukae K, Nakano T. Comparison of hemodynamics between Norwood procedure and systemic-to-pulmonary shunt for single right ventricle patients. *Eur J Cardiothorac Surg.* 2005;27:968-74.
10. García-Hernández JA, González-Rodríguez JD, Martínez López AI, Canalejo-González D, Romero-Parreño A, Santos de Soto J, et al. Resultados en la intervención de Norwood para el síndrome del corazón izquierdo hipoplásico. *Rev Esp Cardiol.* 2007;60:732-8.
11. Fraisse A, Colan SD, Jonas RA, Gauvreau K, Geva T. Accuracy of echocardiography for detection of aortic arch abstriction after stage I Norwood procedure. *Am Heart J.* 1998;135:230-6.
12. Tworetzky W, McElhinney DB, Burch G, Teitel D, Moore P. Balloon arterioplasty of recurrent coarctation after the modified Norwood procedure in infants. *Cathet Cardiovasc Interv.* 2000;50:54-8.
13. Zeltser I, Mentzer J, Gaynor W, Spray T, Clark B, Kreutzer J, et al. Impact of re-coarctation following the Norwood operation on survival in the balloon angioplasty era. *J Am Coll Cardiol.* 2005;45:1844-8.
14. Fraisse A, Chetaille P, Kreitmann B, Gaudart J, Nassi C, Tauzin L, et al. Short and medium-term results of the Norwood intervention (first stage). *Arch Mal Coeur Vais.* 2001;94:457-63.
15. Ishino K, Stumper O, De Giovanni JJ, Silove ED, Wright JG, Sethia B, et al. The modified Norwood procedure for hypoplastic left heart syndrome: early to intermediate results of 120 patients with particular reference to aortic arch repair. *J Thorac Cardiovasc surg.* 1999;117:920-30.
16. Burkhart HM, Ashburn DA, Konstantinov IE, De Oliveira NC, Benson L, Williams, et al. Interdigitating arch reconstruction eliminates recurrent coarctation after the Norwood procedure. *J Thorac Cardiovasc Surg.* 2005;130:61-5.
17. Chang AC, Farrell PE, Murdison KA, Baffa J, Barber G, Norwood WI, et al. Hypoplastic left heart syndrome: hemodynamic and angiographic assessment after initial reconstructive surgery and relevance to modified Fontan procedure. *J Am Coll Cardiol.* 1991;17:1143-9.
18. Chessa M, Dindar A, Vettukattil JJ, Stumper O, Wright J, Silove ED, et al. Balloon angioplasty in infants with aortic obstruction after the modified stage I Norwood procedure. *Am Heart J.* 2000;140:227-31.
19. Zellers TM. Balloon angioplasty for recurrent coarctation of the aorta in patients following staged palliation for hypoplastic left heart syndrome. *Am J Cardiol.* 1999;84:231-3.
20. Recto MR, Griep RB, Sommer RJ. Acute cyanosis following balloon angioplasty of residual arch obstruction after the Norwood I operation. *Cathet Cardiovasc Diagn.* 1996;38:72-4.
21. Moore JW, Spicer RL, Mathewson JW, Kirby WC. High risk angioplasty: coarctation of the aorta after Norwood stage I. *Texas Heart Inst J.* 1993;20:72-4.
22. Rumball EM, McGuirk SP, Stumper O, Laker SJ, De Giovanni JV, Wright JG, et al. The right-pulmonary artery conduit stimulates better growth of the pulmonary arteries in hypoplastic left heart syndrome. *Eur J Cardiothorac Surg.* 2005;27:801-6.
23. Muthurangu V, Taylor AM, Hedge SR, Johnson R, Tulloh R, Simpson JM, et al. Cardiac magnetic resonance imaging after stage I Norwood operation for hypoplastic left heart syndrome. *Circulation.* 2005;112:3256-63.
24. Azakie A, McCrindle BW, Benson LN, Van Arsdell GS, Russell JL, Coles JG, et al. Total cavopulmonary connections in children with a previous Norwood procedure. *Ann Thorac Surg.* 2001;71:1541-6.
25. Schranz D, Zartner P, Michel-Behnke I, Akinturk H. Bioabsorbable metal stents for percutaneous treatment of critical recoarctation of the aorta in a newborn. *Catheter Cardiovasc Interv.* 2006;67:671-3.
26. Sigler M, Schneider K, Meisser M, Koenig K, Schneider MB. Breakable stent for interventions in infants and neonates: an animal study and histopathological findings. *Heart.* 2006;92:245-8.
27. Heinemann M, Breuer J, Steger V, Steil E, Sieverding L, Ziemer G. Incidence and impact of systemic venous collateral development after Glenn and Fontan procedures. *Thorac Cardiovasc Surg.* 2001;49:172-8.
28. Weber HS. Incidence and predictors for the development of significant supradiaphragmatic decompressing venous collateral channels following creation of Fontan physiology. *Cardiol Young.* 2001;11:289-94.
29. Akintuerk H, Michel-Behnke I, Valeske K, Mueller M, Thul J, Bauer J, et al. Stenting of the arterial duct and banding of the pulmonary arteries: basis for combined Norwood stage I and II repair in hypoplastic left heart. *Circulation.* 2002;105:1099-103.