

Guías de actuación clínica de la Sociedad Española de Cardiología. Requerimientos y equipamiento de las técnicas invasivas en cardiología pediátrica: aplicación clínica

Juan Alcívar Villa, Eulogio García Fernández, Federico Gutiérrez-Larraya Aguado, Felipe Moreno Granado, Manuel Pan Álvarez-Osorio y José Santos de Soto (coordinador)

Sociedad Española de Cardiología.

angioplastia / cardiopatías congénitas / cateterismo cardíaco / coartación aórtica / comunicación interauricular / cuerpos extraños / dilatación con balón / ductus arterioso persistente / embolización terapéutica / estenosis pulmonar / implante de Stent

Las técnicas invasivas en cardiología pediátrica han experimentado un profundo cambio a partir de los años 80.

El desarrollo de técnicas no invasivas para el diagnóstico de las cardiopatías congénitas ha hecho que el número de cateterismos diagnósticos descienda notablemente. Por otro lado, el notable desarrollo de las técnicas de cateterismo intervencionista pediátrico hará que en nuestro país en un futuro próximo el número de cateterismos terapéuticos pediátricos supere al de cateterismos diagnósticos. Los cateterismos terapéuticos son más difíciles y peligrosos, por lo que requieren más experiencia y destreza por parte del hemodinamista y demandan la disponibilidad de más recursos.

Este capítulo lo dividimos en tres grandes apartados: I) Requisitos y equipamiento necesario para las técnicas invasivas pediátricas; II) Indicaciones, contraindicaciones y complicaciones actuales del cateterismo diagnóstico, y III) Estado actual de técnicas, indicaciones y resultados del cateterismo terapéutico pediátrico. Asimismo, enunciamos las patologías en las que las aplicaciones de estos procedimientos terapéuticos resultan apropiadas, así como aquellas otras en las que su aplicación resulta inapropiada.

Palabras clave: *Cateterismo cardíaco. Cardiología intervencionista. Cardiopatías congénitas.*

GUIDELINES OF THE SPANISH SOCIETY OF CARDIOLOGY. REQUIREMENTS AND EQUIPMENT OF INVASIVE TECHNIQUES IN PEDIATRIC CARDIOLOGY: CLINICAL APPLICATION

Invasive techniques in pediatric cardiology have experienced a big change since the 80's.

The growth of non-invasive methods for diagnosing congenital heart defects has made the number of diagnostic catheterizations decrease remarkably. On the other hand, the notable development of pediatric interventional catheterization techniques will allow that, in the near future, the number of therapeutic catheterizations overcomes the diagnostic ones in our country. The former are more difficult and dangerous, so they require experienced and skilled hands and more economic resources.

This chapter is divided in three main sections: I) Requirements and equipment needed for pediatric invasive techniques; II) Current indications, contraindications and complications of the diagnostic catheterization, and III) Techniques, indications and results of pediatric therapeutic catheterization: current state. Likewise, we state the suitability or not for these therapeutic procedures in different cardiac anomalies.

Key words: *Cardiac catheterization. Interventional cardiology. Congenital heart defects.*

(*Rev Esp Cardiol* 1999; 52: 688-707)

INTRODUCCIÓN

Las técnicas invasivas en cardiología pediátrica han experimentado un profundo cambio a partir de los años 80.

Por una parte, el desarrollo de técnicas no invasivas para el diagnóstico de las cardiopatías congénitas ha motivado que la práctica del cateterismo diagnóstico descienda notablemente, aunque sigue conservando indicaciones precisas para evaluar aspectos hemodinámicos y/o anatómicos. Por otra parte, el desarrollo espectacular de las técnicas de cateterismo intervencionista pediátrico producirá próximamente que en muchos laboratorios de hemodinámica el número de

Correspondencia: Dr. J. Santos de Soto.
Juan Pablo, 21, portal 1, 2.º C. 41013 Sevilla.

procedimientos terapéuticos comience a superar al de procedimientos diagnósticos.

El cateterismo terapéutico ha reemplazado a la cirugía convencional en el tratamiento de algunos defectos cardíacos congénitos, es una alternativa en otras lesiones y, por otro lado, se encuentran en fase de experimentación clínica nuevas técnicas y dispositivos con resultados preliminares esperanzadores. Los perfeccionamientos futuros en técnicas y materiales auguran un brillante porvenir a este tipo de terapéutica. No obstante, debemos mantener la cautela ante la, todavía, escasa información sobre resultados a largo plazo de muchas de estas técnicas.

En comparación con el cateterismo diagnóstico, los procedimientos terapéuticos son más difíciles y peligrosos, por lo que requieren más experiencia y destreza y demandan la disposición de más recursos.

En este artículo, abordaremos los requisitos necesarios para la práctica de las técnicas invasivas en cardiología pediátrica, así como el estado actual del cateterismo diagnóstico. Asimismo, analizaremos las distintas técnicas de intervencionismo pediátrico y su aplicación actual a los defectos cardíacos, resaltando si se trata de una terapia de elección, alternativa a la cirugía o se encuentran sujetas a protocolos de investigación. Igualmente, enunciaremos las patologías en las que la aplicación de estas técnicas resulten apropiadas, así como aquellas otras en las que su aplicación resulte inapropiada.

No serán tema de este artículo los procedimientos de electrofisiología intervencionista pediátricos.

I. REQUISITOS Y EQUIPAMIENTO

RECURSOS HUMANOS

Personal

En cardiología pediátrica, los cateterismos, tanto diagnósticos como terapéuticos, son realizados por pediatras formados en cardiología pediátrica y por cardiólogos con especial dedicación a las cardiopatías congénitas.

Un laboratorio de hemodinámica especializado en cateterismos pediátricos debe contar con dos cardiólogos pediátricos especializados y expertos en la materia¹. Asimismo, contará con dos enfermeras especializadas en técnicas invasivas cardiovasculares.

Se requiere la colaboración de un anestesiista especialista pediátrico presente en la sala o, en su defecto, disponible inmediatamente.

Para la realización de un cateterismo diagnóstico se precisa un hemodinamista experto. Aunque hay procedimientos terapéuticos sencillos que pueden ser efectuados por un solo hemodinamista, para la realización de cateterismos intervencionistas es recomendable la presencia de dos hemodinamistas expertos.

Formación

Los cardiólogos pediátricos que deseen iniciarse en la práctica de la cardiología pediátrica invasiva deben hacerlo en centros terciarios con programas adecuados para adquirir una base de conocimientos y manejo práctico en dichas técnicas²⁻⁴. El programa abarcará conocimientos sobre principios de radiología, hemodinámica, técnicas de cateterismo, manejo de complicaciones, etc.^{5,6}. Recientemente han sido publicados programas específicos de formación y entrenamiento en cardiología pediátrica invasiva^{6,7}.

Consideramos 3 niveles de formación en hemodinámica y cardiología intervencionista pediátrica:

a) *Formación básica (nivel 1)*. Se realizará durante el período MIR de formación en cardiología pediátrica. Abarcará un período de 4 meses de rotación por el laboratorio de hemodinámica. Comprenderá un conocimiento general sobre empleo y complicaciones del cateterismo, técnicas angiográficas, cálculos hemodinámicos, etc., así como la colaboración práctica en cateterismos.

Este nivel no faculta para realizar cateterismos diagnósticos de forma independiente.

b) *Realización de cateterismos diagnósticos (nivel 2)*. Se requiere un período de formación adicional en un centro terciario de cardiología pediátrica de 1 año de duración, debiendo realizar un mínimo de 100 cateterismos, la mitad de ellos en lactantes y neonatos, siendo primer operador al menos en 50 cateterismos. Se debe efectuar, igualmente, un número razonable de atrioseptostomías con balón (técnica de Rashkind), así como biopsias endomiocárdicas.

Para mantener la destreza, debe realizarse un mínimo de 1-2 cateterismos/semana.

c) *Realización de cateterismos terapéuticos (nivel 3)*. El cardiólogo pediátrico que desee realizar cateterismos terapéuticos debe tener un claro conocimiento de las indicaciones clínicas, contraindicaciones y posibilidades de ofrecer un procedimiento exitoso, de igual o menor riesgo que la alternativa quirúrgica. Debe conocer todas las complicaciones posibles, así como la mejor forma de tratarlas. Debe familiarizarse con los catéteres y dispositivos disponibles para procedimientos intervencionistas en niños y adultos y debe estar al día de las nuevas tendencias mediante bibliografía específica y asistencia a reuniones científicas⁴.

Para realizar cateterismos terapéuticos debe poseer un mínimo de 3 años de experiencia en cateterismo diagnóstico pediátrico, habiendo realizado un mínimo de 100 cateterismos como primer operador⁷.

El período de formación abarcará al menos 6-12 meses de duración en un centro terciario de cardiología pediátrica, en el que se realicen un mínimo de 150 cateterismos/año, la mitad de ellos en lactantes y neonatos^{2,7}.

Para mantener la destreza, se recomienda realizar al menos 4-8 casos/año de cada técnica específica.

RECURSOS MATERIALES

Características del centro

Los pacientes pediátricos, especialmente lactantes y neonatos, son considerados pacientes de alto riesgo para cateterismo^{8,9}. Por ello, dichos cateterismos deben realizarse en centros terciarios de cardiología pediátrica que posean servicio de cirugía cardíaca pediátrica, servicio de anestesia pediátrica y servicio de cuidados intensivos^{4,8,10,11}.

El laboratorio de hemodinámica debe estar ubicado en el área pediátrica con fácil acceso al quirófano cardiovascular y unidad de cuidados intensivos. En su defecto, los cateterismos se harán en el laboratorio de adultos, siempre que se garantice el traslado del enfermo al área pediátrica dentro del complejo hospitalario.

Características del laboratorio

Los requerimientos de dimensiones físicas de un laboratorio de cateterismos pediátricos son similares a los de una sala de adultos, según los protocolos publicados^{8,12,13}.

Para un funcionamiento correcto y rentabilidad adecuada, un laboratorio pediátrico debe hacer un mínimo de 150 cateterismos/año².

El jefe o director del laboratorio es el responsable del funcionamiento, docencia y control de calidad.

Equipamiento del laboratorio

1. Es necesario un equipo de radiología, capaz de producir imágenes de alta resolución, de tipo biplano (fluoroscopia/cineangiografía)⁴. Los equipos modernos poseen dos arcos giratorios con imagen digital y posibilidad de almacenamiento en CD-Rom. En caso de equipo monopiano, el arco giratorio es fundamental¹⁴.

2. Polígrafo provisto de al menos 1 canal de ECG y dos canales de presión.

3. Equipo de determinación de gasto cardíaco por termodilución.

4. Oxímetro capaz de analizar muestras sanguíneas de 0,5 ml.

5. Pulsioxímetro transcutáneo para monitorización continua de SO₂ capilar.

6. Aparato para analizar pH y gases sanguíneos.

7. Aparato de anestesia general específica para pediatría. Laringoscopio. Tubos endotraqueales para toda la gama de pesos. Tomas de O₂, NO₂, aire y vacío. Aparato de aspiración.

8. Desfibrilador sincrónico/asincrónico con capacidad de liberar energía a bajas dosis y provisto de palas pediátricas.

9. Marcapasos externo con capacidad de sobreestimulación.

10. Equipo de pericardiocentesis pediátrico.

11. Fuente de calor radiante o manta térmica radiotransparente para lactantes y neonatos.

12. Ecógrafo accesible a la sala (ideal con sonda transesofágica biplana para intervencionismo complejo).

13. Almacén de farmacia para fármacos anestésicos, antiarrítmicos, de reanimación cardiopulmonar e instrumentación pediátrica.

14. Almacén para introductores, guías, catéteres, dispositivos y extractores vasculares que cubran las necesidades de todas las edades pediátricas.

II. CATETERISMO DIAGNÓSTICO

INDICACIONES

El cateterismo diagnóstico (CD) es un procedimiento no exento de mortalidad y morbilidad, sobre todo en los neonatos y lactantes graves, por lo que su indicación se plantea, generalmente, cuando el diagnóstico por métodos no invasivos es incompleto o no concuerda con los hallazgos clínicos y siempre con un cuidadoso planteamiento previo, buscando objetivos concretos¹⁵⁻¹⁷.

Actualmente no existen indicaciones universalmente aceptadas, basándose la decisión de efectuar un CD en la experiencia y capacidad tecnológica de cada equipo, con la influencia considerable del criterio del cirujano respecto a la validez de los estudios no invasivos para la decisión quirúrgica¹⁵⁻¹⁹.

En general el CD se indica en las siguientes circunstancias:

1. Anatomía de la malformación (especialmente de estructuras vasculares) no bien aclarada por métodos no invasivos.

2. Aspectos fisiopatológicos, como flujos, resistencias vasculares y función ventricular, insuficientemente evaluados por métodos no invasivos.

3. Evaluación antes y después del trasplante cardíaco.

4. Estudio electrofisiológico.

De forma más específica, suele indicarse en las siguientes malformaciones:

1. Comunicaciones interventriculares múltiples.

2. Atresia pulmonar con comunicación interventricular, para valorar la circulación pulmonar y colaterales sistémico-pulmonares.

3. Atresia pulmonar con septo íntegro, para valorar tamaño del ventrículo derecho y coronarias.

4. Cardiopatías complejas tipo asplenia-poliesplenia, sobre todo para evaluar los drenajes venosos.

5. Corazón univentricular, previamente a la anastomosis cavo o atriopulmonar.

6. Estenosis pulmonares periféricas, congénitas o residuales posquirúrgicas.

7. Drenaje venoso pulmonar anómalo total si no se localizan todas las venas pulmonares.

8. Fístulas arteriovenosas coronarias y pulmonares.

9. Interrupción del istmo aórtico y algunas coartaciones en las que no se haya podido valorar adecuadamente la obstrucción.

En algunas de estas situaciones, el cateterismo puede tener también finalidad terapéutica.

CONTRAINDICACIONES

Las contraindicaciones del cateterismo son actualmente muy raras. Sin embargo, al ser una técnica no exenta de riesgos, es preciso valorar siempre la relación riesgo-beneficio, lo que implica realizarlo en la mejor situación clínica posible^{15,17}. Este hecho conforma las contraindicaciones relativas, generalmente transitorias, que pueden motivar su aplazamiento. Entre ellas se incluyen:

1. Arritmias severas, que se deben tratar de controlar previamente.

2. Dificultad respiratoria severa (valorar asistencia respiratoria).

3. Enfermedad intercurrente aguda (febril, exantemática, gastroenteritis, deshidratación, etc.).

4. Trastornos de coagulación, especialmente en neonatos (comenzar el tratamiento previamente).

5. Endocarditis (puede realizarse si se considera imprescindible para el tratamiento quirúrgico).

6. Sepsis.

7. Insuficiencia renal.

8. Insuficiencia cardíaca descompensada, especialmente si se acompaña de edema agudo de pulmón.

9. Trastornos metabólicos (acidosis, hipoglucemia severa o hipocalcemia severa) que se deben tratar previamente.

10. Antecedentes de alergia a los contrastes yodados o al látex.

CUIDADOS GENERALES

Con objeto de evitar en lo posible las complicaciones hay que extremar los cuidados previos, el traslado y el cuidado durante el cateterismo, especialmente en los neonatos y lactantes graves. Antes del cateterismo, es obligatorio realizar ECG, radiografía de tórax y ecocardiograma. Conviene realizar gasometría, hemoglobina y hematócrito, coagulación e ionograma^{15,17}.

Antes del traslado hay que procurar la estabilización hemodinámica de los neonatos graves. Durante el traslado conviene controlar la temperatura, monitorizar el

ECG, asegurar las líneas vasculares y procurar soporte respiratorio. Durante el cateterismo hay que hacer lo posible para que el neonato no se enfríe.

Se monitorizarán la frecuencia cardíaca, frecuencia respiratoria, ECG, presión arterial, pulsioximetría, diuresis y pérdidas sanguíneas¹⁵⁻¹⁷.

COMPLICACIONES

En general, la morbimortalidad está relacionada sobre todo con la situación clínica del paciente más que con la propia técnica.

Actualmente, en los centros con experiencia, la mortalidad no suele rebasar el 0,4%, y es más elevada en los neonatos y lactantes con cardiopatías severas.

La incidencia de complicaciones se estima entre el 2 y el 3% y se relaciona con la edad, el peso, la vía de acceso, situación clínica del enfermo, severidad de la cardiopatía, toxicidad del contraste y la exposición radiológica. Entre las más comunes se encuentran las siguientes^{15,17,20}:

Hipotensión. Puede ocasionarse por pérdidas hemáticas, taponamiento cardíaco, hipovolemia subclínica previa, hipotermia, contrastes iónicos, manipulación del catéter, hipoventilación o administración de oxígeno en grandes cortocircuitos izquierda-derecha.

Perforación cardíaca y taponamiento. Los lugares más frecuentes son las orejuelas, infundíbulo del ventrículo derecho y valvas aórticas. Su incidencia ha disminuido con el uso de los catéteres-balón. Ante la sospecha de perforación con taponamiento cardíaco se debe realizar un ecocardiograma y, si se confirma el diagnóstico, se procederá a efectuar una pericardiocentesis o reparación quirúrgica si no se resuelve con la medida anterior.

Arritmias. Las arritmias son frecuentes, debido a la manipulación del catéter y, generalmente no son graves. Las arritmias serias más comunes son las taquiarritmias supraventriculares, ventriculares y el bloqueo auriculoventricular (AV) de segundo o tercer grado, la mayor parte de las veces inducidas por el catéter. Otros factores de riesgo son la digital, los trastornos electrolíticos, acidosis, hipo o hiperventilación e hipotermia, factores que hay que procurar prevenir.

Muchas son transitorias y se resuelven con la retirada del catéter, pero cuando no ocurre así, pueden agravar la situación del paciente y requerir tratamiento inmediato.

Hipoventilación. Suele ser la consecuencia de la depresión respiratoria inducida por los fármacos sedantes, sobre todo en lactantes (síndrome de Down) en situación grave.

Lesiones vasculares. La incidencia de lesiones vasculares serias ha disminuido considerablemente con la técnica percutánea y el uso rutinario de la heparinización profiláctica. Constituyen factores de riesgo el pe-

queño tamaño del paciente los introductores o catéteres excesivamente grandes, los intercambios repetidos de catéteres, los cateterismos múltiples y la técnica de hemostasia inadecuada. Una vez terminado el cateterismo, si se puncionó la arteria femoral y existe pérdida de pulso, se debe valorar la administración de heparina y/o fibrinolíticos y, si no hay respuesta se contemplará la embolectomía quirúrgica o arterioplastia por un cirujano vascular²¹⁻²³.

Embolismo. Actualmente es raro. El riesgo es mayor en presencia de cortocircuitos derecha-izquierda, cianosis con poliglobulia o anemia. El riesgo disminuye con la heparinización sistemática, la aspiración y lavados frecuentes del catéter, el uso de anhídrido carbónico para inflar los catéteres-globo y la colocación del catéter distalmente a los troncos braquiocefálicos, siempre que sea posible.

Infección. Las infecciones sistémicas son muy raras y las locales casi han desaparecido con la técnica percutánea.

No se recomienda profilaxis de endocarditis infecciosa.

III. CATETERISMO TERAPÉUTICO

A. SEPTOSTOMÍA ATRIAL

Atrioseptostomía de Rashkind

Se puede considerar como la primera técnica de cateterismo intervencionista pediátrico, publicada por Rashkind y Miller²⁴ en 1966 y vigente hoy día. Está indicada en recién nacidos (hasta 6-8 semanas de vida) afectados de cardiopatía congénita en los que se precise la creación de una comunicación interauricular adecuada (transposición de grandes vasos, drenaje venoso pulmonar anómalo total, atresia pulmonar con septo íntegro, atresia tricúspide, atresia mitral o síndrome de ventrículo izquierdo hipoplásico).

Puede realizarse en la sala de hemodinámica bajo control fluoroscópico o en la unidad de cuidados intensivos bajo control ecocardiográfico^{25,26}. En nuestra experiencia, ambos métodos son fiables y seguros. Se efectúa por vía venosa, femoral o umbilical. Se dispone de los catéteres-balón convencionales de Rashkind, Miller y Fogarty (necesitan una vaina de 6F y 7F, respectivamente).

Recientemente²⁷ ha sido comercializado un nuevo catéter denominado Z-5 (NuMed, Inc., Hopkinton, NY) de doble luz, que en su versión minor (balón de 9,5 mm) puede introducirse por una vaina 5F.

En manos expertas, esta técnica presenta pocas complicaciones. No obstante, se han comunicado arritmias supraventriculares transitorias, hemorragia excesiva, rotura vascular o cardíaca (excepcional), lesión válvula mitral y/o tricúspide y rotura de catéteres. En

el 6% de los casos, el procedimiento puede no ser efectivo.

Esta técnica es inapropiada en ausencia de vena cava inferior o umbilical y edad superior a 8 semanas.

Atrioseptostomía con catéter-cuchilla

En lactantes con edad superior al mes de vida, el tabique interauricular suele ser lo suficientemente grueso como para impedir que la atrioseptostomía de Rashkind sea efectiva. Para superar este problema Park et al²⁸ diseñaron un catéter-cuchilla que corta el tabique interauricular seguido de atrioseptostomía con balón para agrandar la comunicación interauricular. Se dispone de varios tamaños de cuchilla (9,4, 13,4 y 20 mm). Se requiere escopia biplana y es de gran ayuda la ecocardiografía transesofágica.

Las indicaciones son las mismas que la atrioseptostomía de Rashkind. Aunque el procedimiento se considera seguro, se han descrito complicaciones como perforación cardíaca, daño neurológico por embolismo e imposibilidad de retraer la cuchilla²⁹. Esta técnica es inapropiada en casos de aurícula izquierda pequeña o hipoplásica (atresia mitral).

Dilatación con balón del septo interatrial

Esta técnica fue descrita por Shrivastava et al³⁰ para evitar el catéter-cuchilla o para complementarlo. Se trata de dilatar y rasgar el tabique interatrial mediante el inflado de un catéter-balón convencional de angioplastia o valvuloplastia. Se han utilizado balones de hasta 13 mm en el neonato, hasta 15 mm en el lactante y hasta 18-20 mm en niños mayores. Se deben utilizar balones de pequeña longitud.

En nuestra experiencia es una técnica segura, efectiva y bastante más fácil que el catéter-cuchilla. También la hemos utilizado como complemento de la anterior.

Las indicaciones son las mismas que para las dos técnicas anteriores. Las complicaciones hipotéticas serían la perforación cardíaca, arritmias, trombosis, embolias o hemorragias¹⁴.

B. VALVULOPLASTIAS/ANGIOPLASTIAS

Valvuloplastia pulmonar

La valvuloplastia pulmonar, introducida por Kan³¹ en 1982, se ha convertido en el tratamiento de elección de la estenosis valvular pulmonar para pacientes de todas las edades. No se obtienen tan buenos resultados en los casos de válvula pulmonar displásica (asociada o no al síndrome de Noonan) e hipoplasia del anillo pulmonar. En caso de válvulas displásicas puede intentarse la valvuloplastia, aunque en casos de hipoplasia significativa del anillo proba-

blemente la solución será la ampliación quirúrgica del mismo.

La técnica de la valvuloplastia ha sido descrita ampliamente^{31,34}. La indicación actual es un gradiente instantáneo por Eco-Doppler ≥ 50 mmHg. No obstante, si en la sala de cateterismos, con el paciente sedado, se observa por manometría un gradiente menor, es apropiado hacer la valvuloplastia, dada la baja morbilidad del procedimiento⁴.

La relación balón-anillo debe ser entre 1,2 y 1,4 veces el tamaño del anillo. En niños mayores y adultos con diámetro de anillo mayor de 25 mm, se debe usar la técnica del doble balón. Se ha establecido como medida de buen resultado, un gradiente residual < 35 mmHg¹⁰. Existe regurgitación pulmonar tras valvuloplastia en el 10-40% de los casos³⁵. La obstrucción infundibular que se observa a veces tras la valvuloplastia suele desaparecer y rara vez necesita cirugía.

En cuanto a la evolución a largo plazo, en un estudio multicéntrico³⁶ sobre 533 pacientes el pronóstico fue favorable en el 75% (gradiente Doppler < 36 mmHg), un 8% necesitó redilatación, un 8% necesitó cirugía (generalmente válvula displásica y/o hipoplasia de anillo) y el 9% restante presentaba gradientes superiores a 36 mmHg.

Las complicaciones son la excepción y, en cualquier caso, inferiores a las quirúrgicas. Las complicaciones vasculares se han reducido con la mejora del material y la mortalidad global es inferior al 0,5%¹⁴.

La valvuloplastia en el neonato con estenosis valvular pulmonar crítica es un procedimiento más difícil y con mayor riesgo de complicaciones¹⁰. Actualmente, se dispone de guías hidrófilas y de alto torque, junto con catéteres-balón de bajo perfil, que han mejorado de forma notoria su ejecución, disminuyendo, asimismo, el número y la gravedad de las complicaciones.

En nuestra experiencia, para realizar la técnica es muy importante mantener el ductus abierto, mediante prostaglandinas (PGE_1), ya que estabilizan muy bien la guía en aorta descendente y el inflado del balón puede hacerse con seguridad, al mantener la permeabilidad ductal el flujo pulmonar. A veces hay que realizar valvuloplastia secuencial con balones de tamaño progresivo.

Existe un porcentaje de neonatos que permanecen cianóticos tras la valvuloplastia por mala *compliance* del ventrículo derecho. En estos casos, somos partidarios de mantener la perfusión de prostaglandinas hasta que mejore dicha *compliance*. Algunos autores³⁵ en estos casos prefieren la realización quirúrgica de una fístula sistémico-pulmonar, que se embolizaría percutáneamente más tarde, una vez que ya no se precise.

En este grupo de edad, la frecuencia y gravedad de las complicaciones continúa siendo alta (10-30%). Entre éstas se incluyen la imposibilidad de cruzar la válvula, la persistencia de gradientes altos, la perforación cardíaca, el taponamiento, la enterocolitis necrosante, el shock y la muerte^{35,37}.

La atresia pulmonar con septo íntegro es una cardiopatía cianógena, compleja y grave cuyo tratamiento todavía hoy día supone un reto para el cardiólogo pediatra y el cirujano cardíaco.

En los últimos años varios grupos han desarrollado diferentes técnicas para abrir la válvula de forma percutánea³⁸⁻⁴¹: a) punción con aguja de transeptal especialmente curvada; b) punción con la parte rígida de la guía coronaria y luego inversión de la misma; c) aplicación de guía-láser, y d) técnica de guía-radiofrecuencia. Con las dos primeras técnicas la incidencia de perforaciones ha sido elevada por falta de precisión en el lugar de punción. Son mejores los resultados con el láser y radiofrecuencia. Recientemente⁴¹ se ha descrito la posibilidad de realizar el procedimiento de forma segura por perforación retrógrada transductal.

Con unas técnicas u otras se han publicado unos 60 casos, obteniéndose éxito en el 75% y en muchos de ellos fue necesario completar el procedimiento mediante una fístula sistémico-pulmonar. Sin embargo, en aquellos pacientes con un ventrículo derecho mejor desarrollado o con ligera hipoplasia este tratamiento puede ser ideal y de por sí resolutivo³⁸⁻⁴¹.

Valvuloplastia pulmonar en cardiopatías cianóticas

Existe controversia sobre la realización de valvuloplastia pulmonar paliativa en cardiopatías cianóticas, principalmente tetralogía de Fallot. Los autores defensores de la valvuloplastia argumentan que dicha técnica puede sustituir a la fístula quirúrgica y retrasar la cirugía correctora en lactantes sintomáticos^{42,43}. Otros autores^{44,45} no la recomiendan porque parece no suprimir la posibilidad de crisis hipoxémicas y causa alteraciones anatómicas infundibulares en dos tercios de los pacientes.

Como complicaciones de la técnica se han señalado crisis hipoxémicas, rotura de arteria pulmonar, avulsión de valvas y lesión infundibular.

Para que el procedimiento tenga éxito, es necesario que la estenosis valvular sea un componente significativo de la obstrucción al tracto de salida del ventrículo derecho.

Este procedimiento podría estar indicado en pacientes muy seleccionados: a) niños no candidatos a cirugía correctora por tamaño corporal, tipo de defecto o aberraciones anatómicas; b) contraindicación de cualquier tipo para cirugía cardíaca abierta, y c) arterias pulmonares muy hipoplásicas¹¹.

Esta técnica es inapropiada como tratamiento de la estenosis pulmonar infundibular.

Valvuloplastia aórtica

Actualmente puede considerarse como técnica de primera elección frente a la cirugía en todas las edades

pediátricas, salvo en el caso de válvulas unicúspide o severamente displásicas⁴⁶. Al igual que la valvulotomía quirúrgica, debe considerarse un procedimiento paliativo, ya que un elevado número de pacientes (30-40%)⁴⁷ requerirán un segundo procedimiento (valvuloplastia o cirugía) o incluso más.

Las indicaciones son similares a las usadas para valvulotomía quirúrgica (gradiente pico a pico ≥ 70 mmHg en niños menores de 3 años y gradiente ≥ 50 mmHg en niños mayores de tres años)¹¹. Está indicada, asimismo, en pacientes con comisurotomía quirúrgica previa. Es inadecuado su empleo en presencia de regurgitación aórtica de grado mayor que ligera.

Se realiza por punción de la arteria femoral, aunque también se han descrito punción transeptal, de arteria carotídea y arteria umbilical en el recién nacido^{48,49}. Es muy importante que la relación balón/anillo sea inferior a 1 (0,80). En nuestra experiencia preferimos dejar gradientes residuales moderados a regurgitaciones. La técnica de doble balón puede usarse en niños mayores o adultos jóvenes.

En el neonato y lactante con estenosis crítica, la valvuloplastia es particularmente beneficiosa y los resultados son comparables e incluso mejores que con la cirugía⁵⁰, aunque, obviamente, es un procedimiento más difícil y complicado que en el niño de más edad. En estos pacientes, la mortalidad se cifra en alrededor del 12%⁴⁶.

Entre las complicaciones se incluyen lesión arterial, hemorragias, arritmias ventriculares, endocarditis, perforación o rotura de valvas, insuficiencia aórtica, lesión mitral, etc.¹⁰.

Un 5-7% de los pacientes requerirán tardíamente cirugía de la válvula aórtica por incremento en la severidad de la insuficiencia aórtica⁵¹. La mortalidad, fuera del período neonatal, se cifra alrededor del 2%¹⁴.

Son necesarios estudios a largo plazo para valorar su efectividad respecto a la cirugía y se debe mantener la profilaxis de endocarditis.

Valvuloplastia mitral

Es un procedimiento establecido para la estenosis mitral reumática, pero del que existe una experiencia limitada en las formas congénitas⁵². Requiere un alto grado de entrenamiento y los resultados no pueden considerarse definitivos, aunque puede permitir retrasar el momento quirúrgico⁴.

Se hepariniza al paciente y se accede a la aurícula izquierda transeptalmente. En el caso de precisarse dos balones (se utilizan entonces ambas venas femorales) pueden existir varias alternativas: dilatación del orificio transeptal o realización de 2 orificios (preferible). Se utilizan balones largos cuyos diámetros corresponden al del anillo teóricamente normal para el tamaño del paciente.

No se conocen los resultados a medio y largo plazo y aunque inicialmente se obtiene una reducción del gradiente similar al de la cirugía, su mortalidad es mucho menor⁵³.

Angioplastia en la coartación de aorta nativa

En el año 1982 James Lock⁵⁴ introdujo la angioplastia con balón en la coartación como alternativa al tratamiento quirúrgico y desde entonces se han publicado numerosos estudios comparativos, a pesar de lo cual persiste todavía discusión en relación a la mejor opción.

Por los estudios de experimentación animal, en aorta coartada reseca quirúrgicamente y en experiencias clínicas, angiográficas y mediante ultrasonidos (IVUS), se ha demostrado que el balón es efectivo al aumentar la luz por lesión intimal con extensión variable a la media^{54,56}. Asimismo, en la luz de la aorta pueden verse disecciones menores y ocasionalmente mayores. Se sabe que en la gran mayoría de los casos se produce una cicatrización posterior con remodelación del vaso y tras la normalización del flujo, realineación del arco^{57,58}.

Habitualmente se ha utilizado el acceso arterial femoral, aunque en el neonato también se ha usado la arteria umbilical y en niños mayores la vía transeptal. Se debe anticoagular con heparina sódica a dosis de 100 a 150 U/kg.

Aunque existe discusión en relación con el tamaño de balón óptimo, en nuestra experiencia hemos seguido la norma del Hospital Sick Children de Toronto, por lo cual el diámetro del balón es similar en 1-2 mm al diámetro de la aorta en la subclavia izquierda y no superior al diámetro de la aorta en el diafragma⁵⁹.

Los resultados iniciales demuestran que el procedimiento es seguro y efectivo, pero son también conocidos los resultados desfavorables en el seguimiento de neonatos y lactantes por la reestenosis frecuente debido a la presencia de tejido ductal, que asciende al 60-83% en neonatos, al 20-39% en lactantes, para reducirse al 7-8% en niños mayores^{60,61}. Los factores de riesgo para la recoartación son la corta edad, la hipoplasia del istmo (menor de dos tercios de la aorta ascendente) y el diámetro de la coartación ($\leq 3,5$ mm antes de la dilatación o < 6 mm posdilatación)^{60,61}.

También en los estudios de seguimiento con resonancia y angiografía se ha demostrado una incidencia de aneurismas que se cifra alrededor del 5%^{60,62} y en probable relación con diámetros de balón grandes e hinchados prolongados superiores a 30 s. Otras complicaciones han sido la oclusión de la arteria femoral, más frecuente en neonatos y lactantes (10-16%), lesiones neurológicas ($< 2\%$), hipertensión paradójica y muy raramente perforación de aorta y fallecimiento⁵⁹⁻⁶³.

Conocida la mejoría de los resultados mediante las nuevas técnicas quirúrgicas en el neonato y el lactan-

te^{64,65} y siendo consecuentes con los estudios de mayor casuística, entre ellos el Pediatric Valvuloplasty and Angioplasty Registry⁶⁶, consideramos la realización de la angioplastia de la coartación nativa en neonatos y lactantes de forma ocasional, en situaciones críticas con riesgo quirúrgico muy elevado y con cardiopatía grave asociada. Sin embargo, otros grupos de prestigio realizan el procedimiento a esta edad argumentando que la recoartación podrá ser redilatada u operada en una edad más favorable^{61,67}.

En el niño mayor los buenos resultados obtenidos con la angioplastia, junto con la baja morbilidad, hacen de esta técnica una alternativa de la cirugía muy atractiva, aunque no se debe olvidar la incidencia de recortación entre el 7 y el 12% y de aneurismas del 5%⁶⁰⁻⁶².

En el adulto la angioplastia puede ser un tratamiento adecuado, obteniéndose un resultado favorable inmediato en más del 74% de los casos. La incidencia de recoartación varía entre el 5 y el 8% y la formación de aneurismas entre el 5 y el 11%, con algún caso descrito de disección distal⁶⁸.

Angioplastia en la recoartación de aorta

En la actualidad la angioplastia es el tratamiento de elección en la recoartación posquirúrgica^{59,69}. Para la mayoría de autores se indica cuando se observan gradientes superiores a 20 mmHg en reposo; otros, sin embargo, ante la efectividad y sencillez de la técnica, la indican para gradientes superiores a 15 mmHg. Esta segunda conducta puede favorecer a largo plazo la función ventricular y reducir las complicaciones tardías de la hipertensión⁷⁰.

Comparativamente con la cirugía, la experiencia con el catéter-balón ha sido muy favorable con reducción de la morbimortalidad siempre aumentada de una reintervención. Los resultados son muy buenos independientemente del tipo de cirugía realizada previamente y se mantienen a largo plazo en el 70-80% de los casos. El predictor más importante de un resultado menos favorable en el seguimiento es el hipodesarrollo del arco (valor Z menor de -2)⁷¹.

Se deben tener presentes las consideraciones técnicas referidas para la coartación nativa, aunque para algunos autores el diámetro del balón debe ser ligeramente superior. En nuestra experiencia obtenemos buenos resultados siguiendo la normativa del grupo de Toronto con diámetros de balón de 2 a 3 veces el diámetro del estrechamiento, pero no superiores al 150% del arco transversal opuesto a la subclavia izquierda⁵⁹.

Aunque la cicatriz periadventicial posquirúrgica protege la aorta en la angioplastia, se han publicado de forma aislada casos de disecciones y roturas fatales^{69,72}. Otras complicaciones han sido la formación de aneurismas (0-14%), lesiones de la arteria femoral

(17%), neurológicas (2%) y síndrome poscoartectomía (2%)⁶⁹⁻⁷².

Cuando la recoartación es secundaria a la angioplastia con balón debe tenerse muy en cuenta si ésta es una lesión residual o una verdadera recurrencia. Cuando se trata de lo segundo lo probable es que se trate de una obstrucción cicatrizal secundaria a la primera dilatación y será más favorable para una segunda angioplastia. Es razonable pensar que factores anatómicos de riesgo como la hipoplasia del arco transversal o del istmo también van a influir negativamente en una segunda dilatación⁵⁹.

Angioplastia de rama pulmonar

La etiología de la estenosis e hipoplasia de rama pulmonar es múltiple, ya que puede ser de causa congénita, adquirida o posquirúrgica⁷³.

El tratamiento quirúrgico, en general, ha sido poco satisfactorio debido a que la cicatrización quirúrgica reestenosa el vaso, además de por la mala exposición de la rama izquierda que tiene dirección posterior y por la rama derecha que se sitúa retroaórtica, donde cualquier plastia puede ser comprimida. Con la angioplastia se han obtenido resultados favorables en el 50% de los casos, que se reducen al 35% cuando se exige además una buena perfusión isotópica⁷⁴⁻⁷⁶. Estos resultados, sin embargo, fueron mejorados con el catéter de alta presión. En este tipo de estenosis, su rigidez y el retroceso elástico frecuente son las causas más habituales de fracaso⁷³⁻⁷⁷.

Las formas hipoplásicas de comienzo en el tronco o las estenosis difusas que en realidad son múltiples estenosis consecutivas son menos favorables que las formas discretas⁷⁷.

Siguiendo la recomendación de Lock^{74,77}, el diámetro óptimo debe ser 4 veces el diámetro de la estenosis. El hinchado de balón debe hacer desaparecer la indentación sin superar la presión de seguridad con tiempo de hinchado-deshinchado de 30 s y menor si ocluye la salida derecha^{74,75,77}.

Presenta una incidencia de mortalidad entre el 1 y 2% y complicaciones graves en el 5%. Se han descrito entre ellas el edema pulmonar unilateral, la rotura y perforación de rama de consecuencias fatales, la disección, el embolismo paradójico, bajo gasto, paro cardíaco, formación de aneurisma y un caso de muerte tardía por hemorragia de uno de estos aneurismas⁷³⁻⁷⁷.

Debido a esta morbimortalidad y a los resultados no del todo favorables, la indicación debe ser muy cuidadosa en un paciente seleccionado con repercusión manométrica significativa (presión sistólica del ventrículo derecho superior al 75% de la sistémica), importante desequilibrio de perfusión isotópica o sintomatología. Aunque se puede aplicar la técnica en lactantes, la edad electiva se encuentra comprendida entre 2 y 4 años^{73,74,76,77}.

Angioplastia de venas cavas

La obstrucción de la vena cava superior o sus afluentes principales puede deberse a compresión extrínseca por tumores mediastínicos o trombosis y a fibrosis por canulaciones prolongadas o repetidas o por la presencia de cables de marcapasos. En la edad pediátrica, también se ha observado tras la cirugía del retorno venoso pulmonar anómalo, anastomosis cavo-pulmonares y técnicas de Senning o Mustard⁷⁸⁻⁸².

La indicación de angioplastia es evidente ante la presencia de signos de obstrucción de vena cava superior (VCS) con plétora y congestión venosa de cara y extremidades superiores y cefalea; en niños pequeños también se produce aumento del diámetro de la cabeza e hidrocefalia⁷⁸. Sin embargo, para la mayoría de los cardiólogos pediátricos la presencia de un ligero estrechamiento e incluso ligeros gradientes puede ser significativa y debe tratarse⁸². Desde el punto de vista técnico se recomienda el acceso percutáneo femoral alojando una guía de alto soporte distalmente a la obstrucción. Con frecuencia la inserción de un segundo introductor por vía yugular interna derecha es de ayuda para control manométrico y angiográfico, y si fuera preciso, puede realizarse captura y extracción de la guía. Dado el gran calibre del vaso y el frecuente retroceso elástico del sistema venoso se recomiendan diámetros de balón de 3 a 5 veces la estenosis, pudiéndose alcanzar diámetros de 1,5 a 2 veces el diámetro de la vena cava próxima⁸⁰. En ocasiones debe aplicarse técnica de doble balón y tenerse en cuenta el cálculo de diámetro efectivo⁷⁹. Los hinchados deben repetirse varias veces con presión de 4 a 5 atmósferas hasta hacer desaparecer la indentación del balón⁷⁸⁻⁸⁰.

En la vena cava inferior, las características técnicas de la angioplastia son similares a las de la VCS. Además de la angioplastia con balón, se han utilizado técnicas con *stent* único, múltiple o autoexpandible, así como láser Nd-YAG⁷⁹.

Angioplastia poscirugía de Mustard y Senning

Los pacientes con transposición de grandes vasos operados mediante la técnica de Mustard o Senning pueden desarrollar obstrucción de la lengüeta en un 10-30% de los casos según diferentes series. En comparación con una reintervención de riesgo se considera a la angioplastia como una indicación electiva y debe realizarse una vez diagnosticada la lesión incluso en pacientes sin síntomas⁷⁹⁻⁸².

Desde el punto de vista técnico es recomendable el acceso venoso doble a ambos lados de la obstrucción por vía femoral y yugular o subclavia y puede ser de gran ayuda la exteriorización de la guía para establecer un circuito venovenoso. Es importante una buena definición angiográfica, para lo cual pueden ser suficientes las proyecciones frontal y lateral⁷⁹.

Además de las recomendaciones previas, comentadas para otras angioplastias, debe tenerse en cuenta que se trata de estenosis muy distensibles, por lo que el diámetro del balón debe ser 5 a 10 veces superior a la estenosis y el hinchado debe realizarse a presión elevada de 5 a 7 atmósferas hasta hacer desaparecer la indentación^{77,79-81}. En niños mayores y adolescentes puede ser necesaria la técnica de doble balón^{79,80}.

Aunque las series publicadas no son extensas, los resultados iniciales han sido favorables^{77,79-82}. En nuestra experiencia los fracasos se debieron a la incapacidad de cruzar obstrucciones completas de larga evolución en niños operados años antes, cuando no se disponía del recurso de la angioplastia. En la actualidad los seguimientos de 5 a 7 años con control clínico y eco-Doppler permiten afirmar que los buenos resultados iniciales se mantienen a largo plazo, lo que justifica plenamente su indicación⁷⁹.

Angioplastia de venas pulmonares

Parece que de forma uniforme los resultados de la angioplastia de venas pulmonares no han sido satisfactorios. Se invocan varios mecanismos negativos, entre ellos la imposibilidad de dilatación por resistencia de la estenosis debido a fibrosis de la media, afectación difusa frecuente del vaso y la proliferación intimal endotelial en la luz con reestenosis de alta incidencia⁷⁹.

En las pocas series publicadas, y aunque en algunos casos se observan resultados iniciales aceptables, la incidencia de reestenosis ha sido muy elevada asociada a mala evolución clínica⁸⁰. Tampoco se obtuvieron buenos resultados de la angioplastia en casos aislados tras la cirugía correctora del drenaje venoso pulmonar anómalo total en la confluencia venosa⁷⁹. Por el momento, los resultados no favorables del intervencionismo pediátrico en el tratamiento de las estenosis de venas pulmonares aconsejan que no se considere como tratamiento de rutina.

Angioplastia de fístula de Blalock-Taussig

La angioplastia por disfunción de la fístula de Blalock-Taussig ha sido efectiva en numerosos pacientes. La incidencia de disfunción de la fístula varía según diferentes series entre el 10 y el 25% y en un alto porcentaje esta disfunción se debe a estenosis u obstrucción. Esto supone la necesidad de una segunda fístula o la corrección total de la cardiopatía quizá de forma temprana con el consiguiente riesgo adicional. De esto se deduce el interés que tiene la posibilidad de realizar angioplastia con balón restaurando el flujo pulmonar.

En 1985, Fischer et al⁸³ intervinieron al primer caso y posteriormente se publicaron varias series cortas, la más extensa la de Alekian et al⁸⁴, con 15 casos. Los resultados obtenidos fueron buenos, cumpliéndose el ob-

jetivo paliativo perseguido. También en algún caso aislado y en nuestro medio se ha descrito alguna experiencia posquirúrgica realizada con éxito⁸⁵⁻⁸⁷.

Desde el punto de vista técnico, el acceso se realiza por vía arterial femoral y en algunos casos también por vía venosa femoral, pasándose a la aorta desde cavidades derechas⁸³⁻⁸⁷. Se han utilizado guía y catéter-balón convencional pediátrico o catéter-guía coronario con sistema coaxial, guía balón o monorraíl. El catéter-guía facilita la angioplastia en el Blalock modificado por las incurvaciones que presenta. El diámetro de balón se recomienda de 1 a 2 mm mayor a la subclavia en la forma clásica y con relación 1 a 1 al Goretex en la modificada⁸³⁻⁸⁷.

Angioplastia en la estenosis subaórtica

Se han comunicado casos de angioplastia con balón en la forma membranosa de estenosis subaórtica como alternativa al tratamiento quirúrgico, aunque existe una gran controversia sobre su validez ante la posible lesión de la válvula aórtica o mitral, la persistencia de flujos turbulentos y del defecto anatómico⁸⁸⁻⁹¹.

La técnica es similar a la de la valvuloplastia aórtica y el diámetro del balón empleado en las diferentes series varía entre 0,8 y 1,2 en relación con el anillo aórtico⁸⁸⁻⁹¹. Los resultados han sido favorables, sobre todo en aquellas formas membranosas discretas y alejadas de la válvula con espesores de la membrana inferiores a 2 mm^{88,89,91}. Estos resultados iniciales favorables se han demostrado que se mantienen hasta los 13 años en la experiencia de 82 pacientes del estudio cooperativo UMC-COR-PAL⁴³. En este estudio tampoco se observaron modificaciones en la insuficiencia aórtica y se apreció reestenosis en el 19% de los casos en los tres primeros años con posibilidad de redilatación efectiva.

Angioplastia poscirugía de *switch* arterial

La estenosis supra-avalvular pulmonar es la lesión residual más frecuente tras la cirugía correctora de la transposición de grandes vasos con la técnica de Jatene. La angioplastia se considera indicada cuando la relación de presiones sistólicas ventrículo derecho/aorta es \geq al 75%, aunque otros autores la consideran para obstrucciones menores^{92,93}.

Desde el punto de vista técnico es importante utilizar un diámetro de balón de 2 a 4 veces el segmentoestenótico con hinchados de 5 a 10 s que se repetirán 3 o 4 veces y a presión nominal. Se considera la dilatación efectiva cuando se observa un incremento del 50% en el diámetro estenótico y se reduce el gradiente por lo menos también en un 50%.

Aunque los resultados iniciales fueron pobres, éstos se superaron en estudios posteriores. Estos resultados favorables fueron independientes de la localización de la estenosis, así como del tipo de plastia y la amplia-

ción realizada, pero se relacionaron con el diámetro del balón utilizado, con la edad de los pacientes (sobre todo por debajo de 3,5 años) y con la fecha quirúrgica previa en edad neonatal^{92,93}.

Las complicaciones son infrecuentes y se ha comunicado rotura y aneurisma de arteria pulmonar⁹².

C. STENTS INTRAVASCULARES

Stent en la estenosis de rama pulmonar

Conocidos los resultados de la implantación del *stent* en el animal de experimentación, en el año 1989 comenzó su aplicación en las cardiopatías congénitas. El estudio Boston-Houston^{94,95} y los sucesivos estudios demuestran la efectividad del *stent* debido a: *a*) mayor ganancia inicial; *b*) ausencia de lesión intimal en la luz; *c*) ausencia de retroceso elástico, y *d*) mínima incidencia de reestenosis.

Aunque se han publicado experiencias aisladas con el Wallstent, en la gran mayoría de las series se ha utilizado el *stent* de Palmaz (Johnson & Johnson) de acero inoxidable que se monta sobre catéter-balón. Para las ramas pulmonares se utiliza el mediano, con rango de expansión de 4 a 14 mm (vaina del 8F) y el grande de 8 a 18 mm (vaina del 11F)^{94,98}.

La técnica ha sido publicada recientemente con sus variantes según el tipo de lesión^{94,96}. Cuando la estenosis es larga o es una forma hipoplásica se realizará «implantación secuencial», si la expansión puede bloquear otra rama, «implantación paralela» y si la estenosis es bilateral, principal y proximal, autores con gran experiencia recomiendan la «técnica simultánea»^{94,95}.

Tras el procedimiento, se aconseja mantener la heparina Na a dosis de 10 U/kg/h durante 24 h y comenzar con aspirina de 3 a 5 mg/kg/día desde el día siguiente hasta los 6 meses. Si el *stent* es menor de 10 mm de diámetro, se recomienda anticoagulación con dicumarínicos con índice normalizado internacional (INR) próximo a 2 durante 6 meses. De forma profiláctica, en la implantación se administrará cefazolina i.v. a dosis de 40 mg/kg que se repetirá cada 6 h durante el primer día^{94,96,98}.

Por los resultados obtenidos y por la baja incidencia de reestenosis, la indicación del *stent* en la rama pulmonar es electiva y superior a cualquier otra forma de tratamiento. Se trata de una indicación multifactorial y se deben considerar las siguientes puntualizaciones:

1. Realizar ante la presencia de una estenosis al menos moderada o severa que genera un gradiente y una hipertensión ventricular sistólica moderada o severa, desequilibrio de perfusión y/o sintomatología⁹⁴⁻⁹⁸.

2. El paciente ideal es el niño mayor, adolescente o adulto con estenosis unilateral discreta y severa que

permite diámetros suficientes para la vida adulta superior a 12 mm. En éstos conviene realizar «implantación primaria» o sin predilatación^{94,98}.

3. En niños pequeños el *stent* puede producir una estenosis relativa con el desarrollo, ante lo cual: a) conviene realizar angioplastia previa y, si se puede, evitar la implantación del *stent*⁹⁸; b) el *stent* no debe estar plenamente expandido inicialmente para poderlo reexpandir⁹⁸⁻¹⁰⁰, y c) si finalmente el *stent* queda estenótico y el niño va a ser operado de cardiopatía intercurrente se pueden realizar sección longitudinal del *stent* y plastia de ampliación⁹⁸⁻¹⁰⁰.

4. Cuando la estenosis es resistente al balón y persiste indentación severa, el *stent* puede ocluir aún más la arteria, por lo que la implantación debe desecharse. Si con el catéter de alta presión se obtiene una mejoría modesta y se implanta el *stent* será posible mejorar el resultado en futuras redilataciones^{99,100}.

5. Tanto para ramas pulmonares como para otros vasos, el *stent* puede ser la mejor indicación en el inmediato postoperatorio con problemas obstructivos, incluso en niños pequeños en situación grave. El *stent* protege la línea de sutura y se deben evitar predilataciones que pueden producir disrupción de la misma¹⁰¹.

Aunque se trata de una técnica resolutive que puede ser curativa, no está exenta de graves complicaciones que pueden estar altamente relacionadas con la experiencia del equipo. Se han descrito malposición con embolización en el 5%, expansión parcial, oclusión y trombosis de rama, embolismo gaseoso y algún caso aislado de mortalidad por tromboembolismo y perforación de rama^{94-96,98-100}.

Stent en la coartación y recoartación de aorta

La coartación y recoartación han sido tratadas tradicionalmente de forma quirúrgica y en la década precedente mediante la angioplastia con balón ya comentada⁵⁴⁻⁷². A partir de unos buenos resultados experimentales, comenzó la experiencia humana de implantación de *stent* por parte de Redington et al¹⁰² en 1993, publicándose posteriormente varias series con resultados esperanzadores¹⁰³⁻¹⁰⁵.

Frente a la angioplastia simple, el *stent* presenta las siguientes características favorables⁹⁸: a) reduce la incidencia de reestenosis; b) a la luz de recientes estudios angiográficos y mediante ultrasonidos intravasculares se ha demostrado una mejoría de la superficie endovascular tras la expansión, reduciéndose las posibilidades de disección aguda o subaguda; c) ejerce un soporte circunferencial uniforme y refuerza áreas débiles de pared que pueden ser origen de aneurismas tardíos, y d) presenta características favorables para la aplicación en las recoartaciones de larga evolución, donde la implantación primaria puede ser la técnica más segura y efectiva¹⁰⁶.

El material empleado en la mayoría de las experiencias es el *stent* de Palmaz: P308 para vaina de Mullins del 11F con rango de expansión de 8 a 18 y P4014 y P5014 para vaina del 14F con rango de expansión de 14 a 25. El diámetro del balón será similar al diámetro de la aorta en el diafragma y la expansión será presión nominal¹⁰³⁻¹⁰⁶.

Desde el punto de vista técnico se utiliza la vía arterial femoral con guía de alto soporte y vaina de Mullins (Cook, Arrow). Como se ha comentado, se considera de interés la implantación primaria sin previa predilatación, porque acorta el procedimiento, reduce el manejo de guías y catéteres por una zona recién dilatada, limita las posibilidades de migración y embolización y el efecto expansivo es simultáneo balón-*stent*, sellando la pared con menores posibilidades de disección y aneurismas^{105,106}.

Durante el procedimiento se debe anticoagular con heparina sódica a dosis de 150 U/kg y posteriormente se puede antiagregar durante 20 días con aspirina de forma opcional. Debe realizarse profilaxis antibiótica similar al *stent* en rama pulmonar⁹⁸.

Los buenos resultados obtenidos a medio-largo plazo en la experiencia de Suárez de Lezo et al¹⁰⁷ recientemente publicados, con una incidencia de aneurismas del 4%, confirman la superioridad del *stent* frente a la angioplastia con balón y cirugía. Por ello, se considera electiva la implantación para jóvenes, adultos y niños mayores de 6 años con diámetros de aorta de, al menos, 12 mm. Este diámetro permite una desobstrucción completa y persistente para la vida adulta sin precisar reexpansión. En niños lactantes y preescolares el *stent* no debe ser implantado, ya que provocará una estenosis relativa futura y, también, una mayor incidencia de reestenosis.

Desconocemos todavía objetivamente el resultado de la reexpansión. Debido a resultados contradictorios en la experimentación animal con una serie que presentó una alta incidencia de disecciones, Ruiz¹⁰⁸ aconseja hoy por hoy extrema precaución y cautela cuando ésta se debe realizar.

Las complicaciones referidas han sido migración y embolización del *stent*, formación de aneurismas en un 4% por lesión de pared en los extremos de la malla y ocasionalmente lesiones de arteria femoral^{103-105,107}.

Stent en conductos ventrículos-pulmonares

En ciertas cardiopatías congénitas con obstrucción de la salida derecha es precisa la interposición de un conducto ventriculopulmonar. En casos de estenosis de dicho conducto, con el fin de prolongar la vida del conducto y retrasar en lo posible la reintervención quirúrgica, se han referido casos de implantación de *stent* paliativo, confirmándose los resultados efectivos¹⁰⁹⁻¹¹³.

Según el criterio de Benson et al⁹⁸ y de otros informes¹⁰⁹⁻¹¹³, en líneas generales se deben tener presentes las siguientes puntualizaciones:

1. Realizar siempre angioplastia previa para confirmar la distensibilidad del conducto, sobre todo cuando hay calcificación.

2. Implantar un *stent* de suficiente longitud para cubrir la totalidad del conducto evitando la malposición y la migración.

3. Si la lesión es proximal en el conducto el *stent* puede protruir la cavidad ventricular. En este caso se debe evitar el contacto con el músculo cardíaco, que puede producir fatiga y fractura de la malla.

4. Precaución ante la presencia de una coronaria anómala que puede quedar comprimida al expandir el *stent*.

5. En ocasiones es inevitable que se produzca una insuficiencia pulmonar que, por lo general, es bien tolerada.

Stent en venas cavas

La indicación del *stent* en las estructuras venosas es de elección, ya que evita el retroceso elástico de lesiones distensibles, limita la obstrucción tardía y no se requiere de una sobredistensión en el área próxima a la estenosis; también es preferible a la angioplastia cuando se trata de anastomosis quirúrgicas recientes y también tiene su indicación ante compresiones externas^{79,94,95,98,114-117}.

Se han publicado varios casos de implantación de *stent* en la vena cava superior, en estenosis secundarias a la presencia de catéteres o líneas venosas y posquirúrgicas tras técnicas de Glenn y de Mustard¹¹⁴⁻¹¹⁷. En varios casos, la obstrucción fue completa y la perforación se realizó con la parte rígida de la guía o con la aguja de cateterismo transeptal¹¹⁶. Se ha utilizado con éxito el catéter-balón de Olbert de menor perfil y buena sujeción⁷⁹ y se ha comunicado también la utilidad del Wallstent para este tipo de obstrucciones¹¹⁸.

Los resultados obtenidos han sido muy buenos con desaparición del gradiente y excelente ganancia de luz, manteniéndose en el seguimiento, donde se observa mínima proliferación intimal¹¹⁴⁻¹¹⁸. Los estudios comparativos y con seguimiento de dos años de Wiselink et al¹¹⁷, aunque no randomizados, refieren resultados favorables del *stent* frente a la angioplastia y a la cirugía.

Stent en venas pulmonares

Vistos los pobres resultados de la angioplastia con balón en la estenosis de vena pulmonar^{79,80} y observando el comportamiento favorable del implante en otras localizaciones venosas¹¹⁴⁻¹¹⁸, en un principio se pensó que el *stent* podría ser también un tratamiento resolutivo en este grave defecto. Sin embargo, y aun cuando

la experiencia es limitada, en la serie de Mendelsohn et al¹¹⁹ se observó que aunque inicialmente se obtuvieron buenos resultados, la reestenosis sintomática fue la regla.

Como se ha referido, por el momento no tenemos una solución percutánea para la estenosis de venas pulmonares.

Stent en el conducto arterioso

Tras los buenos resultados obtenidos en los trabajos experimentales de Coe y Olley¹²⁰ y los estudios comparativos frente a angioplastia de Rosenthal et al¹²¹, comenzó la aplicación clínica del *stent* ductal en cardiopatías graves como la hipoplasia izquierda, la atresia pulmonar y la estenosis pulmonar crítica, que precisan de su permeabilidad^{122,123}.

Se trata de una técnica de riesgo en la que es precisa una amplia experiencia en intervencionismo neonatal. Pueden existir dificultades por las variaciones del ángulo ducto-aórtico, localizaciones u orígenes atípicos y tortuosidades del ductus¹²⁴. En nuestra experiencia para solventar estas dificultades fue decisivo establecer circuito venoarterial extrayendo la guía por la vía femoral con lazo de «goose-neck». Es importante realizar un sellado de toda la longitud del ductus para evitar su constricción implantando el *stent* a lo largo de toda su extensión.

Algunos casos han sido tratados con *stent* como puente para el trasplante cuando el ductus se hace resistente a las prostaglandinas. Gibbs et al¹²² comunicaron la eficacia del *banding* pulmonar, septostomía y *stent* ductal en la hipoplasia de cavidades izquierdas.

Stent en las fístulas sistémico-pulmonares

La experiencia con el *stent* en las fístulas de Blalock-Taussig es muy reducida^{125,126}. Los resultados han sido buenos inicialmente y puede ser un recurso en las siguientes situaciones: *a*) cuando con la angioplastia convencional no se obtienen resultados buenos debido a la presencia de trombosis de pared o retroceso elástico con amenaza de reobstrucción, y *b*) en casos de obstrucción posquirúrgica el *stent* puede ser electivo ya que protege la línea de sutura y los resultados parecen ser superiores a los del trombolítico o la angioplastia convencional.

Desde el punto de vista técnico se puede realizar de forma retrógrada por acceso arterial femoral utilizándose catéteres muy finos con introductores del 5F. En ocasiones es posible ascender desde el ventrículo derecho a la aorta y realizar el procedimiento por vía venosa.

Todavía reciente, se conoce la implantación del *stent* en el *shunt* central de Cazzaniga por primera vez realizada en el Hospital de Cruces (Vizcaya)¹²⁷.

D. CIERRE PERCUTÁNEO DE DEFECTOS CARDÍACOS Y VASCULARES

Cierre percutáneo de la comunicación interauricular

La comunicación interauricular (CIA) ocurre en el 6-10% de los pacientes con cardiopatías congénitas. El tratamiento actualmente aceptado para la CIA es la cirugía. Ésta tiene una mortalidad actual menor del 1% pero una morbilidad considerable asociada a la circulación extracorpórea (CEC). La incidencia de cortocircuito residual tras el cierre quirúrgico es cercana al 8%¹²⁸.

El primer dispositivo que se utilizó para el cierre percutáneo de una CIA fue descrito por King en 1976. La alta incidencia de cortocircuito residual y la necesidad de un introductor del 23F hicieron que la técnica nunca se generalizase¹²⁹.

Actualmente existen cinco dispositivos que se han utilizado en clínica sujetos a protocolos de investigación con diferentes resultados:

Cardioseal

Corresponde a la evolución del BARD CLANSHELL DEVICE diseñado en 1989 por Lock. El dispositivo se llegó a implantar en más de 500 pacientes pero la Food and Drug Administration (FDA) suspendió su aplicación por demostrarse una incidencia de fracturas de las varillas de los paraguas del 41% y por la alta incidencia de cortocircuito residual que fue del 27 al 48%¹³⁰. Estos problemas llevaron al rediseño del dispositivo, cambiando las articulaciones y el metal (nitinol), por un nuevo fabricante denominándolo Cardioseal Septal Occluder (Nitinol Medical Technologies, Inc., Boston, Massachusetts). Este dispositivo ha sido autorizado por la FDA en protocolos multicéntricos de investigación y se encuentra disponible para su utilización clínica en la Comunidad Económica Europea (CEE).

Buttoned device

Fue diseñado por Sideris en 1990 y consiste en dos discos de poliuretano («occluder» y «counter-occluder») montados sobre un esqueleto de guías de teflón (Custom Medical Devices, Amarillo, Texas). Los dos discos se avanzan por separado sobre un sistema guía y se «embotonan» en el interior del paciente uno a cada lado del septo interauricular. El mayor problema ha sido la separación («unbuttoning») de las dos partes en un 11% de los casos en los dispositivos de primera y segunda generación. El «Buttoned device» presenta una alta incidencia de cortocircuito residual del 34, 28 y 20% a los 6, 12 y 24 meses de seguimiento, respectivamente¹³¹. Estas complicaciones han disminuido sig-

nificativamente con los dispositivos de tercera y cuarta generación pero aún no existen datos suficientes en el seguimiento.

ASDOS (Atrial Septal Defect Occluder System)

Es el único dispositivo diseñado en Europa (Osypka Corporation, Rheinfelden, Alemania). Se viene utilizando desde 1993 y consta de un dispositivo transportador y el propio dispositivo. Éste consta de dos paraguas fabricados en poliuretano cada uno de los cuales tiene cinco dobles varillas construidas en nitinol que confluyen en un armazón central a través del cual se sitúa una guía enhebrada sobre la que se desplazan los dispositivos. El paraguas situado en la aurícula derecha (AD) se enrosca sobre el paraguas izquierdo rotando el catéter transportador. El sistema de liberación obliga a la realización de un asa intravascular entre vena femoral y arteria femoral. El sistema se ha empleado en un número reducido de pacientes con buenos resultados pero la complejidad de la técnica y algunos casos de trombosis en el lado arterial hacen poco aconsejable su utilización en el momento actual¹³².

Angel Wings

Consta de dos partes, un mecanismo transportador integrado en un mango que mediante una rueda permite la apertura de los paraguas y la liberación mediante otro accesorio diferente, y el dispositivo (Microvena Corp, Vadnais, Minnesota). Este último lo forman dos cuadrados cuya estructura está formada por guías de nitinol y sobre estas Dacrón. La tela de Dacrón está unida en una circunferencia central, lo que permite el centrado del dispositivo en el defecto. El catéter liberador es del 10,5 F y tiene un sistema en «Y» para lavado continuo. El procedimiento se realiza por vía venosa femoral mediante un introductor del 12F o 13F. Los resultados iniciales de un estudio piloto controlado por la FDA son excelentes¹³³. El principal inconveniente es la imposibilidad de rescatarlo una vez abierto el paraguas en la aurícula izquierda (AI), siendo necesaria su correcta implantación o su retirada mediante cirugía. La empresa fabricante está rediseñando el dispositivo para que sea recapturable en todo momento.

Amplatzer septal occluder

Éste es el dispositivo más reciente, del año 1996¹³⁴. Está constituido por un denso entramado de finas guías de nitinol en dos discos unidos por una cintura central de 4 mm de longitud. Esta cintura define el diámetro del dispositivo y facilita el autocentrado en el defecto. En el interior de los discos se encuentra relleno de Dacrón para provocar la obstrucción (Amplatzer septal occluder, AGA Medical Corporation). El disco de la AI es mayor que el de la AD y por la forma de

ambos al desplegarse comprimen el septo interauricular. El dispositivo va enganchado al sistema transportador mediante una microtuerca en el disco auricular derecho. Todo el sistema-dispositivo se implanta por vía venosa a través de un introductor largo del 6F al 13F según el tamaño del dispositivo elegido que varía de 5 a 34 mm. Las principales ventajas son: gran número de dispositivos disponibles, el pequeño diámetro del sistema y, sobre todo, en caso de mala colocación, que puede ser introducido en el catéter transportador y retirado fácilmente cuantas veces sea necesario^{135,136}. En nuestro medio, comenzamos a utilizarlo a principios de 1998 con buenos resultados en el seguimiento inicial. Se encuentra disponible para su utilización clínica en la CEE y probablemente sea el de elección en estos momentos, dada su sencillez y seguridad.

Son requisitos necesarios para el cierre percutáneo de CIA con cualquiera de los dispositivos anteriormente reseñados: *a)* ecocardiografía transesofágica durante el procedimiento; *b)* anestesia general e intubación en niños (en adultos puede ser suficiente sedación profunda); *c)* hemodinamista experto en cateterismo terapéutico pediátrico, y *d)* disponibilidad inmediata de cirugía cardiovascular. Actualmente, el cierre percutáneo de CIA estaría indicado en CIA tipo *ostium secundum* y en pacientes adultos con foramen oval permeable y accidente cerebrovascular, que cumplan los siguientes criterios: *a)* CIA menor de 25 mm de diámetro; *b)* reborde de septo de al menos 5 mm alrededor del defecto para el anclaje del dispositivo; *c)* pacientes con Fontan fenestrado, si se tolera el test de oclusión, y *d)* pacientes con cortocircuito derecha-izquierda auricular, si se tolera el test de oclusión. No está indicado el cierre percutáneo en CIA en el seno venoso, CIA *ostium primum* y CIA asociada a otros defectos cardíacos que requieran corrección quirúrgica. Una vez implantado un dispositivo, se debe realizar profilaxis de endocarditis bacteriana durante 6 meses o mientras exista cortocircuito residual. Igualmente se debe administrar ácido acetilsalicílico a dosis antiagregantes (comenzando 3 días antes de la implantación), durante 6 meses o mientras exista cortocircuito residual. Como complicaciones se han señalado la migración del dispositivo, endocarditis, isquemia cerebral transitoria, embolización del dispositivo e insuficiencia mitral¹³⁰⁻¹³⁶.

Cierre percutáneo de ductus arterioso

El cierre percutáneo del ductus arterioso persistente (DAP) ha demostrado ser una alternativa eficaz frente a la cirugía. La tasa de cierre es similar por ambos métodos y la morbilidad del cierre percutáneo es menor. Numerosos centros en todo el mundo indican el cierre percutáneo frente al quirúrgico. Actualmente existen varios dispositivos para cierre percutáneo.

Rashkind PDA Occluder

Se encuentra disponible desde 1980 y existe una amplia experiencia en su implantación y seguimiento a largo plazo. La incidencia de cortocircuito residual varía entre el 38% al año y el 8% a los 40 meses usando Doppler color^{137,138}. Está disponible en dos tamaños, 12 mm y 17 mm, que se liberan a través de introductores del 8F y 11F, respectivamente. Este dispositivo es adecuado para tratar ductus de 2 a 6 mm de diámetro en niños mayores de 1 año.

Espirales

Han demostrado su efectividad en ductus menores de 4 mm¹³⁹. La frecuencia de cortocircuito residual es menor del 10%. Los dispositivos (Occluding Spring Emboli, Cook, Bloomington, Indiana) se pueden implantar por vía arterial o venosa a través de catéteres del 4F o 5F. El Gianturco-Grifka vascular occlusion device (Cook)¹⁴⁰ también se ha utilizado para la oclusión de ductus arteriosos. El principal inconveniente de los espirales es la embolización del dispositivo debido a la falta de control. Recientemente está disponible un sistema de liberación que permite su retirada a través del catéter en caso de no conseguirse una colocación adecuada (Flipper PDA Occluding System, Cook). El cierre con espirales está indicado en ductus menores de 4 mm de diámetro en niños de cualquier edad.

Dispositivo Buttoned

Diseñado por Sideris y con modificaciones posteriores, ha demostrado su eficacia y seguridad en el cierre de ductus de diferentes tamaños. Recientemente se ha descrito que la frecuencia de cierre completo es independiente de la forma, longitud y diámetro¹⁴¹.

Amplatzer ductal occluder

Es un diseño similar al dispositivo para el cierre de CIA. Se implanta por vía venosa a través de un introductor del 6F pudiendo ser retirado a través del catéter antes de su liberación (Amplatzer ductal occluder, AGA Medical Corporation). Sus principales ventajas incluyen el sistema liberador, que permite ocluir ductus de gran tamaño con una baja incidencia de cortocircuito residual¹⁴². Estaría indicado en niños mayores y adultos con ductus mayores de 4 mm.

Las indicaciones para el cierre percutáneo de ductus serán similares a las de la cirugía, es decir, evidencia clínica con confirmación eco-Doppler. El denominado ductus silente (hallazgo casual de eco-Doppler, sin soplo) no necesita ser cerrado¹¹, aunque algunos autores opinan que podría estar indicado su cierre⁴. Esta técnica

ca es inapropiada en el ductus con enfermedad vascular pulmonar obstructiva y en el ductus del niño prematuro (actualmente).

Se debe realizar profilaxis de endocarditis bacteriana durante 6 meses o mientras exista cortocircuito residual.

Cierre percutáneo de comunicaciones interventriculares

En la actualidad no existen comercializados dispositivos específicos para cierre percutáneo de CIV. El Cardioseal se han utilizado en casos aislados de CIV musculares y postinfarto con desigual fortuna. Recientemente se ha utilizado un dispositivo de Amplatzer modificado en CIV musculares y apicales con buenos resultados. Se está trabajando en la construcción de dispositivos específicos para el septo membranoso.

E. EMBOLIZACIONES VASCULARES

Los *coils* (espirales) han sido utilizados para ocluir vasos o conductos «no deseados» en cardiopatías congénitas durante más de dos décadas. La lista de malformaciones tratadas con este método es extensa y continúa en expansión en la actualidad. Incluye vasos colaterales aortopulmonares, canales venosos que producen cortocircuito derecha-izquierda tras la intervención de Fontan, fístulas quirúrgicas que se hacen innecesarias, fístulas arteriales coronarias y fístulas arteriovenosas sistémicas y pulmonares. Además, en los años recientes el ductus arterioso persistente, los pseudoaneurismas arteriales y los aneurismas asociados a coartación de aorta han sido también incluidos en las cardiopatías que pueden ser tratadas así¹⁴³⁻¹⁵¹.

Dispositivos

El dispositivo más utilizado es el *coil* de acero inoxidable de Gianturco (Cook). Este *coil* está disponible en 0,025, 0,035 y 0,038 pulgadas, en una amplia variedad de diámetros y longitudes. También están disponibles los sistemas de Traker de 0,025 y 0,035 pulgadas; estos últimos son de particular interés en canales tortuosos, especialmente en algunos tipos de fístula coronaria, ya que la visualización es fácil por escopia. En nuestro país disponemos además de *coils* de tungsteno (Balt) de 30 cm de longitud con diferentes diámetros de espirales (6, 8,10 y 16 mm) muy radiopacos y con un sistema de suelta simple y seguro que permite abortar el implante hasta el último momento. Son muy flexibles y aptos para trayectos fistulosos con múltiples tortuosidades. Sin embargo, puede resultar difícil su implantación en conductos (tipo Blalock) sin estenosis en su trayecto. El *coil* más pequeño de Gianturco puede ser implantado a través de un catéter 4F y el más grueso (0,038 pulgadas) a través de un

catéter 5F. Los *coils* de Balt pueden ser implantados todos ellos a través de un catéter 4F.

Otros dispositivos disponibles son el balón «separable», el Gianturco grifka vascular ocluser device, partículas de Inalon, esponjas de gelatina y ocluidores de ductus.

Los dispositivos de rescate como lazos y cestas deberían estar siempre disponibles dada la posibilidad de embolización del *coil*.

Técnica y resultados

En *vasos colaterales aortopulmonares* los *coils* se implantan usualmente por vía arterial retrógrada. Es preciso asegurarse de que el segmento pulmonar irrigado por el vaso tiene conexiones alternativas con la arteria pulmonar nativa. Estos vasos son usualmente largos y muchas veces con estenosis en sus porciones distales. Por tanto, resultan técnicamente fáciles, ya que es difícil la migración distal del *coil*. Dado que estos vasos son algo distensibles, el diámetro del *coil* debe seleccionarse aproximadamente del 120% del diámetro del vaso. Si la oclusión no resulta completa, puede ser añadido un segundo *coil* más pequeño dentro de la luz. La oclusión de colaterales aortopulmonares es muy efectiva. Cuando el vaso es corto, la ubicación del *coil* puede resultar difícil. Sin embargo, en los casos en que alguna asa del *coil* protruya dentro de la aorta, esto no parece asociarse con complicaciones y queda recubierto por el endotelio en el plazo de unos meses¹⁵².

En *fístulas coronarias*, los *coils* se implantan también por vía arterial retrógrada. Las malformaciones más adecuadas para el cierre, con implantación de *coil*, son aquellas con un segmento estenótico al final del trayecto fistuloso sin ramas colaterales en las inmediaciones del mismo. Los catéteres coronarios son apropiados para alcanzar el punto donde se quiere realizar la implantación y las guías coronarias pueden resultar de ayuda. Perry¹⁴⁸ escribe una serie de 9 pacientes tratados con *coils* de Gianturco o doble paraguas en los que se consigue la oclusión completa de la fístula. Las complicaciones consistieron en la migración de 2 *coils*, uno de los cuales pudo ser recuperado.

En relación con las *fístulas de Blalock-Tausig*, puede precisarse una variante técnica dado que muchas veces estos conductos no tienen estenosis en su trayecto y es muy fácil la embolización del *coil*. La colocación de un balón por vía venosa en la inserción pulmonar de la fístula puede ocluir la misma y facilitar la implantación de los *coils* por vía arterial. En una serie de 17 pacientes¹⁵¹, Burrows logra éxito en la oclusión en 14 pacientes (82%), produciéndose la embolización del dispositivo en arteria pulmonar en 5 (29%). Aunque a la fístula quirúrgica puede accederse por vía arterial y venosa, los autores obtuvieron un nivel de éxito superior cuando utilizaron dispositivos de cierre de

ductus por vía venosa o acceso arterial con oclusión del lado venoso de la fístula quirúrgica.

En relación con los *canales venosos* que producen cortocircuito derecha-izquierda tras intervención de Fontan, los *coils* son colocados por vía venosa anterógrada. Dado que las venas son más distensibles que las arterias, el diámetro del *coil* podría ser del 140% en relación con el diámetro luminal del vaso. Si no se consigue la oclusión con un *coil*, otros más pequeños pueden implantarse adicionalmente hasta conseguir el cierre del conducto.

Indicaciones

Aunque la experiencia actual no es muy extensa, el cierre con *coil* parece estar recomendado en las malformaciones anteriormente mencionadas, siempre que se consiga un buen acceso al conducto a ocluir y al mismo tiempo aseguremos la estabilidad del *coil* para evitar embolizaciones u oclusiones de vasos no deseados.

Recientemente se ha realizado con éxito el cierre de pseudoaneurismas femorales¹⁵³ poscateterismo y de aneurismas aórticos en pacientes con coartación como tratamiento coadyuvante a la implantación de *stents*¹⁵⁴.

F. RESCATE DE CUERPOS EXTRAÑOS INTRAVASCULARES E INTRACARDÍACOS

Para recuperar cuerpos extraños disponemos en la actualidad de una gran variedad de catéteres y dispositivos de diferente forma y tamaño. El más simple es un lazo que se puede construir a mano cortando un catéter que tenga suficiente luz e introduciendo una guía fina por sus dos extremos de forma que al manipular la guía podemos abrir o cerrar el lazo que aparece en el extremo distal. Para un más fácil manejo se requiere que la salida del lazo sea perpendicular al eje mayor del catéter. Esto lo proporcionan algunos diseños comerciales disponibles en todos los tamaños desde los 2 mm para recuperar *stents* intracoronarios, hasta los 25 mm para recuperar cuerpos extraños en aorta o en los grandes vasos. Existen en el mercado otros diseños que también pueden ser de utilidad como es el caso de los catéteres en cesta en los que, al traccionarse de su extremo distal, ésta se cierra atrapando el cuerpo extraño y otros aún más complicados en cuyo extremo distal aparece una pinza que puede capturar el cuerpo extraño perdido en el árbol vascular. Pensamos que estos últimos diseños más complicados no ofrecen grandes ventajas sobre el simple lazo que, manipulado con paciencia, puede resultar muy efectivo.

Indicaciones

Las indicaciones de rescate de un cuerpo extraño son la fragmentación o embolización intravascular de catéteres, guías metálicas, catéteres electrodos, *stents*

o embolizaciones de *coils* hacia conductos o vasos no deseados.

Contraindicaciones

Cuando se produce la embolización de un cuerpo extraño en el árbol vascular la única contraindicación para la captura del mismo sería la imposibilidad física de acceder a él, ya sea por extrema tortuosidad del árbol vascular o por arborizaciones muy distales en el árbol pulmonar que imposibilitan el acceso al cuerpo extraño. En el resto de las situaciones merece la pena al menos intentarlo, ya que la posibilidad de complicaciones si se maneja el catéter extractor con prudencia es muy baja.

Resultados

En general la extracción percutánea de un cuerpo extraño que está localizado en un lugar accesible se puede conseguir aunque a veces requiera una manipulación prolongada del catéter extractor con largos tiempos de fluoroscopia. En caso de fracaso o imposibilidad de extracción siempre se puede recurrir a la cirugía. Mainar et al¹⁵⁵ refieren el éxito en la recuperación de cuerpos extraños usando diferentes dispositivos en 26 de 28 pacientes (93%).

Podemos concluir afirmando que la extracción percutánea de cuerpos extraños alojados en vasos o cámaras cardíacas utilizando los sistemas de lazo o cesta es un procedimiento seguro con una alta tasa de éxito si bien, en ocasiones, requiere un tiempo prolongado de escopia.

BIBLIOGRAFÍA

1. Castillo Camacho JA, Girona Comas JM, Zabala Argüelles I, Maroto Monedero C. Indicaciones del cateterismo cardíaco en niños. En: Sociedad Española de Cardiología, editor. Normas de actuación clínica en cardiología. Madrid: Sociedad Española de Cardiología, 1996; 455-458.
2. American Academy of Pediatrics. Guidelines for pediatric cardiology diagnostic and treatment centers. Pediatrics 1991; 87: 576-580.
3. Allen HD, Driscoll DJ, Fricker FJ, Herndon P, Mullins CE, Snider AR et al. Guidelines for Pediatric Therapeutic Cardiac Catheterization. A statement for health professionals from the Committee on congenital cardiac defects of the council on cardiovascular disease in the young, the American Heart Association. Circulation 1991; 84: 2.248-2.258.
4. Allen HD, Beekman RH, Garson A, Hijazi ZM, Mullins C, O'Laughlin MP et al. Pediatric therapeutic cardiac catheterization. A statement for Healthcare professionals from the council on cardiovascular disease in the young, American Heart Association. Circulation 1998; 97: 609-625.
5. Pepine CJ, Babb JD, Brinker JA, Douglas JS, Jacobs AK, Johnson WL et al. Task Force 3: training in cardiac catheterization and interventional cardiology. J Am Coll Cardiol 1995; 25: 14-16.

6. Ruiz CE, Mullins CE, Rochini AP, Radtke WA, Hijazi ZM, O'Laughin MP et al. Core Curriculum for the training of Pediatric invasive/interventional cardiologists: Report of the Society for cardiac angiography and interventions Committee on Pediatric Cardiology Training standards. *Cathet Cardiovasc Diagn* 1996; 37: 409-424.
7. Benson L, Coe Y, Houde C, Human D, Paquet M. Training standards for pediatric cardiac catheterization and interventional cardiology. *Can J Cardiol* 1998; 14: 907-910.
8. Pepine CJ, Allen HD, Bashore TM, Brinker JA, Cohn LH, Dillon JC et al. ACC/AHA Guidelines for Cardiac Catheterization and Cardiac Catheterization Laboratories. American College of Cardiology/American Heart Association Ad Hoc Task Force on Cardiac Catheterization. *Circulation* 1991; 84: 2.213-2.247.
9. Zamora R, Goldberg SJ. Work times required to perform diagnostic and interventional pediatric cardiac catheterizations. *Am J Cardiol* 1997; 80: 528-530.
10. Mendelsohn AM, Shim D. Inroads in transcatheter therapy for congenital heart disease. *J Pediatr* 1998; 133: 324-333.
11. Rao PS. Interventional pediatric cardiology: state of the art and future directions. *Pediatr Cardiol* 1998; 19: 107-124.
12. Cequier Fillar A, Esplugas Oliveras E, Martín de Dios R, Sobrino Daza N. Recursos humanos y utillaje en Hemodinámica y Cardiología Intervencionista. En: Sociedad Española de Cardiología, editor. Normas de actuación clínica en Cardiología. Madrid: Sociedad Española de Cardiología, 1996; 175-180.
13. Mathewson JW. Building a pediatric cardiac catheterization laboratory and conference room: design considerations and filmless imaging. *Pediatr Cardiol* 1996; 17: 279-294.
14. Bermúdez Cañete R, García Fernández E, Salazar Mena J, Maroto Monedero C. Procedimientos de cardiología Intervencionista en cardiología pediátrica. En: Sociedad Española de Cardiología, editor. Madrid: Sociedad Española de Cardiología, 1996; 459-465.
15. Lock JE, Keane JF, Fellows KE. Diagnostic and interventional catheterization in congenital heart disease. Boston: Martinus Nijhoff Pub., 1987; 1-8.
16. Bridges ND, Freed M. Cardiac catheterization. En: Emmanouilides GC, Riemenschneider TA, Allen HD, Gutgessell HP editores. Heart disease in infants children and adolescents (5.ª ed.). Baltimore: Williams & Wilkins, 1995; 310-329.
17. Nihill MR. Cardiac catheterization. En: Long WA, editor. Fetal and neonatal cardiology. Filadelfia: Saunders WB, 1990; 338-350.
18. Stark J, Smallhorns JC, De Leval M, MacCartney FJ, Rees PG, Taylor JFN. Surgery for congenital heart defects diagnosed by cross-sectional echocardiography. *Circulation* 1983; 68 (Supl 2): 129-138.
19. Cordovilla G, Cabo J, Castro MC, Moreno F, Álvarez F. Cirugía de las cardiopatías congénitas sin cateterismo: experiencia inicial con 141 casos consecutivos. *Rev Esp Cardiol* 1989; 42: 478-484.
20. Cassidy SC, Schmidt KG, Van Hare GF, Stanger PS, Teitel DF. Complications of pediatric cardiac catheterization: a three-year study. *J Am Cardiol* 1992; 19: 1.285-1.293.
21. Marck R, Eisenberg PR, Bridges ND. Rational approach to use of heparin during cardiac catheterization in children. *J Am Cardiol* 1995; 25: 725-729.
22. Wessel DL, Keane JF, Fellows KE, Robichaud H, Lock JE. Fibrinolytic therapy for femoral arterial thrombosis after cardiac catheterization in infants and children. *Am J Cardiol* 1986; 58: 347-351.
23. Ino T, Benson LN, Freedom RM, Barker GA, Aipursky A, Rowe RD. Thrombolytic therapy for femoral artery thrombosis after pediatric cardiac catheterization. *Am Heart J* 1988; 115: 633-639.
24. Rashkind WJ, Miller WW. Creation of an atrial septal defect without thoracotomy. *JAMA* 1966; 196:991-992.
25. Baker EJ, Allan LD, Tynan MJ, Jones OD, Joseph MC, Deverrall PB. Balloon atrial septostomy in the neonatal intensive care unit. *Br Heart J* 1984; 51: 377-378.
26. Santos J, Grueso J, González A, Gavilán J, Sáez C, Descalzo A. Atrioseptostomía con catéter-balón bajo control ecocardiográfico. Nuestra experiencia. *Rev Esp Cardiol* 1993; 46: 816-820.
27. Hijazi ZM, Ata IA, Kuhn MA, Cheatham JP, Latson L, Geggel RL. Balloon atrial septostomy using a new low-profile balloon catheter: initial clinical results. *Cathet Cardiovasc Diagn* 1997; 40:187-190.
28. Park SC, Zuberbuhler JR, Neches WH, Lenox CC, Zoltun RA. A new atrial septostomy technique. *Cathet Cardiovasc Diagn* 1975; 1:195-201.
29. Ali Khan MA, Bricker JT, Mullins CE, Yonsef S, Nihill MR, Vargo TA. Blade atrial septostomy: experience with the first 50 procedures. *Cathet Cardiovasc Diagn* 1991; 23: 257-262.
30. Shrivatsava S, Radhakrishnan S, Dev V, Singh LS, Rajani M. Balloon dilatation of atrial septum in complete transposition of great arteries: a new technique. *Indian Heart J* 1987; 39: 298-300.
31. Kan JS, White RJ, Mitchell SE, Gardner TJ. Percutaneous balloon valvuloplasty: a new method for treating congenital pulmonary valve stenosis. *N Engl J Med* 1982; 397: 540-542.
32. Ubago JLM, Figueroa A, Colman T, Lamelas R, Gallo JI, Díaz del Río A et al. Valvuloplastia pulmonar percutánea con catéter-balón. *Rev Esp Cardiol* 1984; 37: 354-358.
33. Kveselis DA, Rocchini AP, Snider AR, Rosenthal A, Crowley DC, Dick M. Results of balloon valvuloplasty in the treatment of congenital valvar pulmonary stenosis in children. *Am J Cardiol* 1985; 56: 527-532.
34. Santos de Soto J, Grueso Montero J, Romero Parreño A, García Perla J, Castillo Camacho J, Descalzo Señorans A. Valvuloplastia transluminal percutánea pulmonar. Resultados en 34 pacientes. *An Esp Pediatr* 1991; 34: 137-141.
35. Rome JJ. Balloon pulmonary valvuloplasty. *Pediatr Cardiol* 1998; 19:18-24.
36. Mc Crindle BW. Independent predictors of long term results after balloon pulmonary valvuloplasty. *Circulation* 1994; 89: 1.751-1.759.
37. Fedderly RT, Lloyd TR, Mendelsohn AM, Beekman RH. Determinants of successful balloon valvulotomy in infants with critical pulmonary stenosis or membranous pulmonary atresia with intact ventricular septum. *J Am Coll Cardiol* 1995; 25: 460-465.
38. Fedderly RT, Lloyd TR, Mendelshon AM, Beekman RH. Determinants of successful balloon valvotomy in infants with critical pulmonary stenosis or membranous pulmonary atresia with intact ventricular septum. *J Am Coll Cardiol* 1995; 25: 460-465.
39. Gournay V, Piechaud J, Delogn A, Sidi D, Kachaner J. Balloon valvotomy for critical stenosis or atresia of pulmonary valve in newborns. *J Am Coll Cardiol* 1995; 26: 1.725-1.731.
40. Justo RH, Nykanen DG, Williams WG, Freedom RM, Benson LM. Transcatheter perforation for the right ventricular outflow tract as initial therapy for pulmonary valve atresia and intact ventricular septum in the newborn. *Cathet Cardiovasc Diagn* 1998; 40: 408-413.
41. Hijazi ZM, Patel H, Warner K. Transcatheter retrograde radiofrequency perforation of pulmonic valve in pulmonary atresia with intact ventricular septum using a 2 French Catheter. *Cath Cardiovasc Diagn* 1998; 45: 151-154.
42. Rao PS, Wilson AD, Thapar MK, Brais M. Balloon pulmonary valvuloplasty in the management of cyanotic congenital heart defects. *Cathet Cardiovasc Diagn* 1992; 25: 16-24.
43. Sreeram N, Saleem M, Jackson M, Peart I, Mc Kay R, Arnold R et al. Results of balloon pulmonary valvuloplasty as a palliative procedure in tetralogy of Fallot. *J Am Coll Cardiol* 1991; 8: 159-165.
44. Walls JT, Lababidi Z, Curtis JJ, Silver D. Assessment of percutaneous balloon pulmonary and aortic valvuloplasty. *J Thorac Cardiovasc Surg* 1984; 88: 352-356.
45. Battistessa SA, Robles A, Jackson M, Miyamoto S, Arnold R, MacKay R. Operative findings after percutaneous pulmonary balloon dilatation of the right ventricular outflow tract in tetralogy of Fallot. *Br Heart J* 1990; 64: 321-324.

46. Gatzoulis MA, Rigby ML, Redington AN. Interventional catheterization in paediatric cardiology. *Eur Heart J* 1995; 16: 1.767-1.772.
47. O'Connor BK, Beekman RH, Rocchini AP, Rosenthal A. Intermediate term effectiveness of balloon valvuloplasty for congenital aortic stenosis: a prospective follow-up study. *Circulation* 1991; 84: 732-738.
48. Beekman RH, Rocchini AP, Andes A. Balloon valvuloplasty for critical aortic stenosis in the newborn: influence of new catheter technology. *J Am Coll Cardiol* 1990; 15: 1.633-1.636.
49. Fischer DR, Etedgui JA, Park SC, Siewers RD, Del Nido PJ. Carotid artery approach for balloon dilatation of aortic valve stenosis in the neonate: a preliminary report. *J Am Coll Cardiol* 1990; 15: 1.633-1.636.
50. Gatzoulis MA, Rigby ML, Shinebourne EA, Redington AN. Contemporary results of balloon valvuloplasty and surgical valvotomy for congenital aortic stenosis. *Arch Dis Child* 1995; 73: 66-69.
51. Hawkins JA, Minich L, Shaddy RE, Tani LY, Orsmond GS, Sturtevant JE et al. Aortic valve repair and replacement after balloon aortic valvuloplasty in children. *Ann Thorac Surg* 1996; 61: 1.355-1.358.
52. Mullins CE, O'Laughlin MP. Therapeutic cardiac catheterization. En: Moss AJ, Adams FH, editores. *Heart disease in infants, children and adolescents*. Baltimore: Williams and Wilkins, 1995; 439-452.
53. Grifka RG, O'Laughlin MP, Nihill MR. Double transseptal, double balloon valvuloplasty for congenital mitral stenosis. *Circulation* 1992; 85: 123-129.
54. Lock JE, Niemi T, Burke BA, Einzig S, Castañeda Zuñiga WR. Transcutaneous angioplasty of experimental aortic coarctation. *Circulation* 1982; 66: 1.280-1.286.
55. Ho SY, Somerville J, Yip WCL, Anderson RH. Transluminal balloon dilatation of resected coarcted segments of thoracic aorta: histological study and clinical implications. *Int J Cardiol* 1988; 19: 99-105.
56. Harrison JK, Sheikh KH, Davidson CJ, Kisslo KB, Leithe ME, Smith J et al. Balloon angioplasty of coarctation of the aorta evaluated with intravascular ultrasound imaging. *J Am Coll Cardiol* 1990; 15: 906-909.
57. Rao PS, Carey P. Remodeling of the aorta after successful balloon coarctation angioplasty. *J Am Coll Cardiol* 1989; 14: 1.312-1.317.
58. Suárez de Lezo J, Sancho M, Pan M, Romero M, Segura J, Oliveira C et al. Angiographic follow-up after balloon angioplasty for coarctation of the aorta. *J Am Coll Cardiol* 1989; 13: 689-695.
59. Ovaert C, Benson LN, Nykanen D, Freedom RM. Transcatheter treatment of coarctation of the aorta: a review. *Pediatr Cardiol* 1998; 19: 27-44.
60. Rao PS, Galal O, Smith PA, Wilson AD. Five to nine-year follow-up results of balloon angioplasty of native coarctation in infants and children. *J Am Coll Cardiol* 1996; 27: 462-470.
61. Feltcher SE, Nihill MR, Grifka RG, O'Laughlin MP, Mullins CE. Balloon angioplasty of native coarctation of the aorta: mid-term follow-up and prognostic factors. *J Am Coll Cardiol* 1995; 25: 730-734.
62. Mendelshon AM, Lhoyd TR, Crowley DC, Sandhu SK, Kocis KC. Late follow-up of balloon angioplasty in children with a native coarctation of the aorta. *Am J Cardiol* 1994; 74: 696-700.
63. Huggon JC, Qureshi SA, Baker EJ, Tynan M. Effect of introducing balloon dilation of native aortic coarctation on overall outcome in infants and children. *Am J Cardiol* 1994; 73: 799-807.
64. Conte S, Lacour-Gayet F, Serraf A, Sousa-Uva M, Bruniaux J. Surgical management of neonatal coarctation. *J Thorac Cardiovasc Surg* 1995; 109: 663-675.
65. Van Heurn LWE, Wong CM, Spiegelhalter DJ, Sorensen K, De Leval MR. Surgical treatment of aortic coarctation in infants younger than three months: 1985-1990. Success of extended end-to-end arch aortoplasty. *J Thorac Cardiovasc Surg* 1994; 107-74-86.
66. Tynan M, Finley JP, Fontes V, Hess J, Kan J. Balloon angioplasty for the treatment of native coarctation: results of Valvuloplasty and Angioplasty of Congenital Anomalies Registry. *Am J Cardiol* 1990; 65: 790-792.
67. Rao PS. Should balloon angioplasty be used instead of surgery for native aortic coarctation? *Br Heart J* 1995; 74: 578-579.
68. Tyagi S, Arora R, Kau UA, Sethi KK, Gambhir DS, Khalilullah M. Balloon dilatation of native coarctation of the aorta in adolescents and young adults. *Am Heart J* 1992; 123: 674-680.
69. Hellebrand WE, Allen HD, Golinko RJ, Hagler DJ, Lutin W, Kan J et al. Balloon angioplasty for aortic recoarctation: results of valvuloplasty and angioplasty of congenital anomalies registry. *Am J Cardiol* 1990; 65: 793-797.
70. Cooper SG, Sullivan ID, Wren C. Treatment of recoarctation: balloon dilation angioplasty. *J Am Coll Cardiol* 1989; 14: 413-419.
71. Anjos R, Qureshi SA, Rosenthal E, Murdoch I, Hayes A, Parson J et al. Determinants of hemodynamic results of balloon dilatation of aortic recoarctation. *Am J Cardiol* 1992; 69: 665-671.
72. Balaji, Oommen R, Rees PG. Fatal aortic rupture during balloon dilatation of recoarctation. *Br Heart J* 1991; 65: 100-101.
73. O'Laughlin MP. Catheterization treatment of stenosis and hypoplasia of pulmonary arteries. *Pediatr Cardiol* 1998; 19: 48-56.
74. Lock JE, Castañeda-Zuñiga WR, Fuhrman BP, Bass JL. Balloon dilation angioplasty of hypoplastic and stenotic pulmonary arteries. *Circulation* 1983; 67: 962-967.
75. Rocchini AP, Kveselis D, Dick M, Crowley D, Snider AR, Rosenthal A et al. Use of balloon angioplasty to treat peripheral pulmonary stenosis. *Am J Cardiol* 1984; 54: 1.069-1.073.
76. Kan JS, Marvin WJ, Bass JL, Muster AI, Murphy J. Balloon angioplasty-branch pulmonary artery stenosis: results from the Valvuloplasty and Congenital Anomalies Registry. *Am J Cardiol* 1990; 65: 798-801.
77. Lock JE. Catheter Intervention. En: Lock JE, Keane JF, Fellows KE, editores. *Diagnostic and interventional catheterization in congenital heart disease*. Boston: Martinus Nijhoff, 1987; 104-107.
78. Walpole HT, Lovett KE, Chuang VP, West R, Clements SD. Superior vena cava syndrome treated by percutaneous transluminal balloon angioplasty. *Am Heart J* 1988; 1.156: 1.303-1.304.
79. Wax DF, Rocchini AP. Transcatheter management of venous stenosis. *Pediatr Cardiol* 1998; 19: 59-65.
80. Lock JE, Bass JL, Castañeda-Zuñiga W, Fuhrman BP. Dilation angioplasty of congenital or operative narrowings of venous channels. *Circulation* 1984; 70: 457-464.
81. Godman MJ, Friedli B, Pasternac A, Kikk BSL, Trusler GA. Hemodynamic studies in children four to ten years after Mustard operation for transposition of the great arteries. *Circulation* 1976; 53: 532-538.
82. Stark J, Silove DE, Taylor JFN, Graham GR, Kirklin JW. Obstruction to systemic venous return following the Mustard for transposition of the great arteries. *J Thorac Cardiovasc Surg* 1979; 68: 742-749.
83. Fischer DR, Park SC, Neches Wh, Beerman LB, Fricker FJ, Mathews RA et al. Successful dilation of a stenotic Blalock-Taussig anastomosis by percutaneous transluminal balloon angioplasty. *Am J Cardiol* 1985; 55: 861-862.
84. Alekian BG, Podzolkov VP, Pursanov MG, Dviniyaninova NB, Sliiuniastikov MA. Transluminal'naia ballon'naia angioplastika stenozirovannogo sistemnolegochnogo anastomoza po Blelock-Taussig pri urozhdennykh porokakh serdtsa sinego tipa. *Grud Serdchnosudistaia Khir* 1991; 11: 10-14.
85. Alcibar J, Cabrera A, Oñate A, Galdeano JM, Rumoroso JR. Angioplastia del Blalock-Taussig estenótico. *Rev Esp Cardiol* 1994; 47: 819-823.
86. Ormiston JA, Neutze JM, Calder AL, Hak NS. Percutaneous balloon angioplasty for early postoperative modified Blalock-Taussig shunt failure. *Cath Cardiovasc Diagn* 1993; 29: 31-34.

87. Descalzo Señorans A, Santos de Soto J. Angioplastia con balón en las fístulas de Blalock-Taussig estenosadas. *Rev Esp Cardiol* 1991; 44: 127-130.
88. Suárez de Lezo J, Pan M, Sancho M, Herrera N, Arizón J, Franco M et al. Percutaneous transluminal balloon dilatation for discrete subaortic stenosis. *Am J Cardiol* 1986; 58: 619-621.
89. Lababidi Z, Winhaus L, Stoeckle H, Walls J. Transluminal balloon dilatation of subaortic stenosis. *Am J Cardiol* 1987; 59: 423-425.
90. Lababidi Z. Balloon dilatation of discrete membranous subaortic stenosis. *J Invas Cardiol* 1996; 8: 297-300.
91. Lababidi Z, Suárez de Lezo J, Medina A. Long-Term follow-up after balloon dilatation for discrete stenosis [resumen]. Birmingham: European Society of Cardiology, 1996; 87.
92. Nakanishi T, Matsumoto Y, Seguchi M, Nakazawa M, Imai Y. Balloon angioplasty for postoperative pulmonary artery stenosis in transposition of the great arteries. *J Am Coll Cardiol* 1993; 22: 859-866.
93. González Barrero A, Santos de Soto J, Descalzo Señorans A. Angioplastia de lesiones residuales tras cirugía correctora de transposición de grandes vasos. *Rev Esp Cardiol* 1997; 50: 42-47.
94. O'Laughlin MP, Perry SP, Lock JE, Mullins CE. Use of endovascular stents in congenital heart disease. *Circulation* 1991; 83: 1.923-1.939.
95. O'Laughlin MP, Slack MC, Grifka RG, Perry SP, Lock JE. Implantation and intermediate-term follow-up of stents in congenital heart disease. *Circulation* 1993; 88: 605-614.
96. Alcibar J, Rumoroso JR, Cabrera A, Oñate A, Peña N, Arana JI et al. Experiencia con el *stent* de Palmaz en la estenosis de rama pulmonar. *Rev Esp Cardiol* 1997; 50: 179-186.
97. Salazar OH, Krabill KA, Hunter DW, Vance MS, Rocchini AP. A new method for placing branch pulmonary artery stents. *Circulation* 1993; 88: 390-395.
98. Benson LN, Nykanen D, Freedom RM. Endovascular stents in congenital heart disease. *Prog Cardiovasc Dis* 1996; 39: 165-186.
99. Ing FF, Grifka RG, Nihill MR, Mullins CE. Repeat dilatation of intravascular stents in congenital heart defects. *Circulation* 1995; 92: 893-897.
100. Fogelman R, Nykanen D, Smallhorn JF, McCrindle BW, Freedom RM. Endovascular stents in the pulmonary circulation. Clinical impact on management and medium term follow-up. *Circulation* 1995; 92: 881-885.
101. Hatai Y, Nykanen DG, Williams WG, Freedom RM, Benson LN. Endovascular stents in children under 1 year of age: acute impact an late results. *Br Heart J* 1995; 74: 689-695.
102. Redington AN, Hayes AM, Ho SY. Transcatheter stent implantation to treat aortic coarctation in infancy. *Br Heart J* 1993; 69: 80-82.
103. Kilbridge PN, Lock JE, Keane FJ, Perry SB. Intravascular stents in coarctation of the aorta: early results and intermediate follow-up [resumen]. *J Am Coll Cardiol* 1994; (número especial): 358A.
104. Suárez de Lezo J, Pan M, Romero M, Medina A, Segura J, Pavlovic D et al. Balloon-expandable stent repair of severe coarctation of aorta. *Am Heart J* 1995; 129: 1.002-1.008.
105. Bulbul ZR, Bruckheimer E, Love JC, Fahey JT, Hellenbrand WE. Implantation of balloon-expandable stent for coarctation of the aorta: implantation data and short term results. *Cathet Cardiovasc Diagn* 1996; 39: 36-42.
106. Pedulla DM, Grifka RG, Mullins CE, Allen D. Endovascular stent implantation for severe recoarctation of the aorta. Case report with angiographic and 18-month clinical follow-up. *Cathet Cardiovasc Diagn* 1997; 40: 311-314.
107. Suárez de Lezo J, Pan M, Medina A, Romero M, Segura J et al. Two year angiographic follow-up after stent treatment of severe coarctation of aorta [resumen]. *Circulation* 1997; 96: Y568-569.
108. Ruiz CE, Zhang HP. Stenting coarctation of the aorta: promising concept but primitive technology [comentario editorial]. *Cathet Cardiovasc Diagn* 1996; 39: 43.
109. Hosking MCK, Benson LN, Nakanishi T, Burrows PE, Williams WB, Freedom RM. Intravascular stent prothesis for right ventricular outflow obstruction. *J Am Coll Cardiol* 1992; 20: 373-380.
110. Powell AJ, Lock JE, Keane JF. Prolongation of RV-PA conduit live span by percutaneous stent implantation: intermediate-term results. *Circulation* 1995; 92: 3.282-3.288.
111. Almagor Y, Prevosti LG, Bartorelli AL. Balloon expandable stent implantation in stenotic right heart valved conduits. *J Am Coll Cardiol* 1990; 16: 1.310-1.314.
112. O'Laughlin MP. Balloon-expandable stenting in pediatric cardiology. *J Intervent Cardiol* 1995; 8: 463-475.
113. Benson LN, Nykanen D, Freedom RM. Endovascular stents in pediatric cardiovascular medicine. *J Intervent Cardiol* 1995; 8: 767-775.
114. Elson JD, Becker GJ, Wholey MH, Ehrman KO. Vena caval and central venous stenosis: management with Palmaz balloon-expandable intraluminal stents. *J Vascular Intervent Radiol* 1991; 22: 215-223.
115. Solomon N, Wholey MH, Jarmolowski CR. Intravascular stents in the management of superior vena cava syndrome. *Cathet Cardiovasc Diagn* 1991; 234: 245-252.
116. Ward CJB, Mullins CE, Nihill MR, Grifka RG, Vick W. Use of intravascular stents in systemic venous and systemic venous baffle obstructions. *Circulation* 1995; 91: 2.948-2.954.
117. Wisselink W, Money SR, Becker MO, Rice KL, Lee J, Ramee SR. Comparison of operative reconstruction and percutaneous balloon dilatation for central venous stenosis. *Am J Surgery* 1993; 166: 200-205.
118. Redington AN, Weil J, Somerville J. Self expanding stents in congenital heart disease. *Br Heart J* 1994; 72: 378-383.
119. Mendelsohn AM, Bove EL, Lupinetti FM. Intraoperative and percutaneous stenting of congenital pulmonary artery and vein stenosis. *Circulation* 1993; 88 (Supl 2): 210-217.
120. Coe JY, Olley PM. A novel method to maintain ductus arteriosus patency. *J Am Coll Cardiol* 1991; 18: 837-841.
121. Rosenthal E, Qureshi SA, Kakadekar AC, Persuad D, Tabatabaie AH, Baker EJ et al. Comparison of balloon dilatation and stent implantation to maintain patency of the neonatal arterial duct in Lambs. *Am J Cardiol* 1993; 71: 1.373-1.376.
122. Gibbs JL, Rothman MT, Rees MR. Stenting of the arterial duct: A new approach to palliation for pulmonary atresia. *Br Heart J* 1993; 67: 240-245.
123. Ruiz CE, Gamra H, Zhan HP. Brief report: stenting of the ductus arteriosus as a bridge to cardiac transplantation in infants with the hypoplastic left-heart syndrome. *N Engl J Med* 1993; 328: 1.605-1.608.
124. Abrams SE, Walsh KP. Arterial duct morphology with reference to angioplasty and stenting. *Int J Cardiol* 1993; 40: 27-33.
125. Peuster M, Fink C, Bertram H, Hausdorf G. Transcatheter recanalization and subsequent stent implantation for the treatment of early postoperative thrombosis of modified Blalock-Taussig shunt in two children. *Cath Cardiovasc Diagn* 1998; 45: 405-408.
126. Zahn EM, Chang AC, Aldousany A, Burke RP. Emergent stent placement for acute Blalock-Taussig shunt obstruction after stage I Norwood Surgery. *Cathet Cardiovasc Diagn* 1977; 42: 191-194.
127. Alcibar J, Cabrera A, Martínez P, Peña N, Oñate A. Stent implantation in a central shunt. *J Invas Cardiol* 1999. En prensa.
128. Galal MO, Wobst A, Halees Z, Hatle L, Schmaltz AA, Khougeer F et al. Peri-operative complications following surgical closure of atrial septal defects type II in 232 patients. A baseline study. *Eur Heart J* 1994; 15: 1.381-1.384.
129. King TD, Miles NL. Nonoperative closure of atrial septal defects. *Surgery* 1974; 75: 383-388.
130. Justo RN, Nykanen DG, McCrindle BW, Boutin C, Benson LN. The clinical impact of catheter closure of secundum atrial septal defects with the double umbrella device: up to 56 months follow-up. *Circulation* 1995; 92 (Supl 1): 308.

131. Rao PS, Sideris EB. Follow-up results of transcatheter occlusion of secundum atrial septal defects with the buttoned device. *Cathet Cardiovasc Diagn* 1996; 38:112.
132. Hausdorf G, Schneidr M, Franzbach B, Kampmann C, Kargus K, Goeldner B. Transcatheter closure of secundum atrial septal defects with the atrial septal defect occlusion system (ASDOS): initial experience in children. *Heart* 1996; 75: 83-88.
133. Das GS, Hijazi ZM, O'Laughlin MP, Mendelson AM. Initial results of the US PFO/ASD closure trial. *J Am Coll Cardiol* 1996; 27: 119.
134. Sharafuddin MJ, Gu X, Titus JL, Urness M, Cervera-Ceballos JJ, Amplatz K. Transvenous closure of secundum atrial septal defects. Preliminary results with a new self-expanding nitinol prosthesis in a swine model. *Circulation* 1997; 95: 2.162-2.168.
135. Thanopoulos B, Laskari CV, Tsaousis GS, Zarayelyan A, Vekiou A, Papadopoulos GS. Closure of atrial septal defects with the Amplatzer occlusion device: preliminary results. *J Am Coll Cardiol* 1998; 31: 1.110-1.116.
136. Wilkinson JL, Goh TH. Early clinical experience with use of the «Amplatzer Septal Occluder» device for atrial septal defect. *Cardiol Young* 1998; 8: 295-302.
137. Hosking MCK, Benson LN, Musewe N, Dyck JD, Freedom RM. Transcatheter occlusion of the persistently patent ductus arteriosus: forty-month follow-up and prevalence of residual shunting. *Circulation* 1991; 84: 2.313-2.317.
138. Zabala JI, García EJ, Zunzunegui JL, Camino M, Maroto E, Maroto C. Evolución a medio plazo en el cierre percutáneo del Ductus arterioso con la prótesis de Rashkind. *An Esp Pediatr* 1996; 44: 332-336.
139. Bermúdez-Cañete R, Santoro G, Bialkowsky J, Herraiz I, Formigari R, Szkutnik M et al. Patent ductus arteriosus occlusion using detachable coils. *Am J Cardiol* 1998; 82: 1.547-1.549.
140. Grifka RG. Clinical application of the coil-sack vascular occlusion device in infant and children. *Prog Pediatr Cardiol* 1996; 6: 161-167.
141. Rao PS, Kim SH, Chol JY, Rey C, Haddad J, Marcon F et al. Follow-up results of transvenous occlusion of patent ductus arteriosus with the buttoned device. *J Am Coll Cardiol* 1999; 33: 820-826.
142. Masura J, Walsh KP, Thanopoulos B, Chan C, Bass J, Gousous Y et al. Catheter closure of moderate- to large-sized patent ductus arteriosus using the new Amplatzer duct occluder: immediate and short-term results. *J Am Coll Cardiol* 1998 15; 31: 878-882.
143. Anderson JH, Wallace S, Gianturco C, Gerson LP. «Mini» Gianturco stainless steel coils for transcatheter vascular occlusion. *Radiology* 1979; 132: 301-303.
144. Szarnicki R, Krebber HJ, Wack J. Wire coil embolization of systemic pulmonary artery collaterals following surgical correction of pulmonary atresia. *Cardiovasc Surg* 1981; 81: 124-126.
145. Lois JF, Gomes AS, Smith DC, Laks H. Systemic to pulmonary collateral and shunts: treatment with embolization. *Radiology* 1988; 169: 671-676.
146. Perry SB, Radtke W, Fellows KE. Coil embolization to occlude aortopulmonary collateral vessels and shunt in patients with congenital heart disease. *J Am Coll Cardiol* 1989; 13: 100-108.
147. Remy-Jardim M, Wattinne L, Remy J. Transcatheter occlusion of pulmonary arterial circulation and collateral supply: failures, incidents, and complications. *Radiology* 1991; 180: 699-705.
148. Perry SB, Rome J, Keane JF. Transcatheter closure of coronary artery fistulas. *J Am Coll Cardiol* 1992; 20: 205-209.
149. Rothman A, Tong AD. Percutaneous coil embolization of superfluous vascular connections in patients with congenital heart disease. *Am Heart J* 1993; 126: 206-213.
150. Cambier PA, Kirby WC, Wortham DC, Moore JW. Percutaneous closure of the small (< 2.5 mm) patent ductus arteriosus using coil embolization. *Am J Cardiol* 1992; 69: 815-816.
151. Burrows PE, Edwards TC, Benson LN. Transcatheter occlusion of Blalock-Taussig shunts: technical options. *J Vasc Interv Radiol* 1993; 4: 673-680.
152. Verma R, Lock BG, Perry SB. Intra-aortic spring coil loops; late results. *J Am Coll Cardiol* 1995; 25: 1.416-1.419.
153. Pan M, Medina A, Suárez de Lezo J, Romero M, Hernández E, Segura J et al. Obliteration of femoral pseudoaneurysm complicating coronary intervention by direct puncture and permanent or removable coil insertion. *Am J Cardiol* 1997; 80: 786-788.
154. Suárez de Lezo J, Pan M, Romero M, Medina A, Segura J, Lafuente M et al. Immediate and follow-up findings after stent treatment for severe coarctation of aorta. *Am J Cardiol* 1999; 83: 400-406.
155. Mainar V, Picó F, Bordes P, Ruiz JA, Campos JV, Marín F. Extracción percutánea de cuerpos extraños intravasculares: una serie de 28 casos. *Rev Esp Cardiol* 1996; 49: 63-69.