

Mesa Redonda

Novedades en Pediatría por pediatras leoneses de prestigio

Avances en el intervencionismo para el tratamiento de cardiopatías congénitas. ¿Qué podemos tratar sin cirugía?

J.L. ZUNZUNEGUI MARTÍNEZ, F. BALLESTEROS TEJERIZO, A. RODRÍGUEZ OGANDO

Sección de Cardiología Pediátrica. Hospital General Universitario Gregorio Marañón. Madrid

INTRODUCCIÓN

La disponibilidad de nuevas herramientas y dispositivos, y el avance en el conocimiento de la anatomía y fisiología de las cardiopatías congénitas, han hecho que el cateterismo intervencionista sea un arma terapéutica esencial en el tratamiento de estas malformaciones cardíacas, complementando, y en algunos casos sustituyendo, al tratamiento quirúrgico convencional. En esta revisión describimos los nuevos procedimientos desarrollados en los últimos años, y algunas de las modificaciones y mejoras en técnicas ya establecidas desde hace muchos años.

CIERRE DE COMUNICACIONES INTERAURICULARES

El cierre percutáneo de la Comunicación Interauricular (CIA) tipo Ostium Secundum es en el momento actual el tratamiento de elección en la mayoría de los centros, salvo en defectos muy grandes o excéntricos en los que el tratamiento quirúrgico sigue siendo la primera opción terapéutica. Los avances en las modificaciones técnicas del procedimiento, así como los tipos de dispositivos oclusores disponibles han ido mejorando desde que King y cols.⁽¹⁾ reportaron el primer cierre percutáneo de CIA en humanos en 1976. Du y cols.⁽²⁾ publicaron su experiencia en el cierre percutáneo de CIAs con bordes deficientes, demostrando unos resultados similares en el cierre completo del defecto a las 24 horas y a los 6 meses del procedimiento comparados con

las CIAs con bordes suficientemente grandes (> 5 mm). Sin embargo, se ha descrito como complicación durante el seguimiento las erosiones (perforaciones) cardíacas en los casos con borde retroaórtico deficiente^(3,4). Esta complicación es rara, con una incidencia estimada de 2 por cada 1.000 implantes. Algunas publicaciones sugieren que la ausencia de borde anterosuperior (retroaórtico), así como el uso de dispositivos sobredimensionados son factores de riesgo para estas perforaciones cardíacas diferidas. Esta complicación ha sido descrita con los dispositivos autoexpandibles de nitinol (Amplatzer, Occlutech, Coocoon), pero no ha sido reportada con los dispositivos tipo membrana como el Helex (Gore®), en los que el cierre no se produce por una cintura oclusiva, sino por la aposición de los discos formados por una membrana de PTFe, y en los que la fuerza radial y la presión sobre las estructuras cardíacas circundantes es mucho menor. Algunas modificaciones estructurales de estas endoprótesis, como la creación de una fenestración han sido descritas en la práctica clínica⁽⁵⁾, de esta forma el cierre del defecto no es completo, y el orificio que mantiene un cortocircuito residual serviría para descargar las cavidades izquierdas o derechas (en el caso de la existencia de algún grado de hipertensión pulmonar). El cierre no solo se puede realizar por vía femoral, sino que en algunos pacientes se ha utilizado la vía transhepática, o la vía peratrial, o través de la pared de la aurícula derecha expuesta mediante una esternotomía media sin de extracorporea⁽⁶⁾. Finalmente la utilización de la ecografía intracardiaca hace que, en ocasiones, no sea necesaria la realización de la ecocardiografía

Correspondencia: José Luis Zunzunegui Martínez. Hospital General Universitario Gregorio Marañón. Sección de Cardiología Pediátrica. Calle del Doctor Esquerdo, 46. 28007 Madrid.

© 2015 Sociedad de Pediatría de Asturias, Cantabria, Castilla y León
Éste es un artículo de acceso abierto distribuido bajo los términos de la licencia Reconocimiento-No Comercial de Creative Commons (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/2.5/es/>), la cual permite su uso, distribución y reproducción por cualquier medio para fines no comerciales, siempre que se cite el trabajo original.

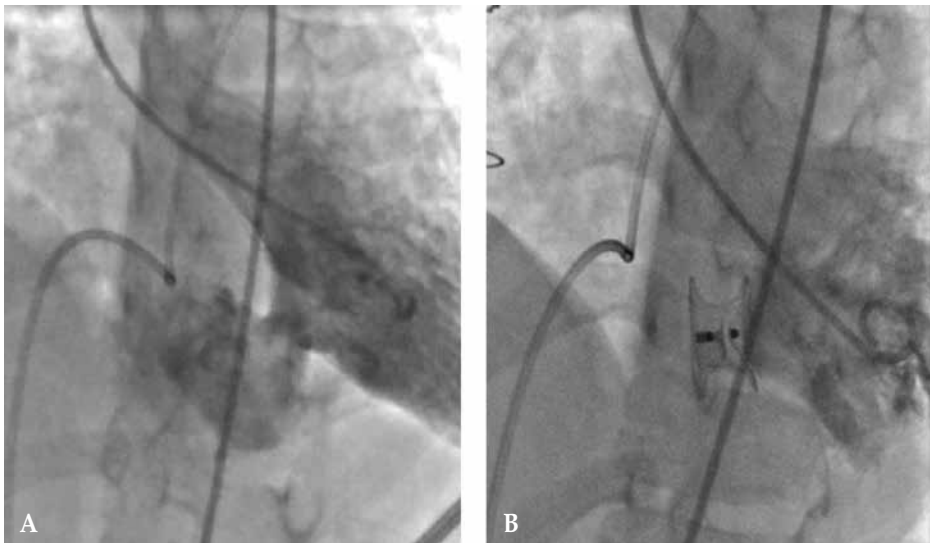


Figura 1. Paciente de 4 años, 18 kg. 1) Comunicación Interventricular (CIV) muscular amplia medioventricular. 2) Dispositivo Amplatzer Muscular Occluder de 12 mm implantado ocluyendo el defecto.

transesofágica (ETE) para guiar el procedimiento, obviando la necesidad de intubación traqueal, incluso la necesidad de anestesia general en niños más mayores.

CIERRE DE DUCTUS ARTERIOSO PERSISTENTE

El cierre quirúrgico del Ductus Arterioso Persistente (DAP) se viene realizando desde hace más de 60 años. Fue realizado por primera vez en 1967 y se ha establecido como la técnica de elección después del periodo neonatal, siempre que las condiciones anatómicas sean favorables. Los dispositivos tipo coil se suelen utilizar para el cierre de los conductos más pequeños, estos suelen tener incorporadas a la estructura de la espira fibras protrombóticas de Dacron, a parte de un sistema de liberación controlada mediante "microtuerca". En 2004, Pass y cols.⁽⁷⁾ publicaron los resultados del cierre percutáneo del DAP con dispositivo Amplatzer, con una estructura de nitinol autoexpandible similar a la de los ocluidores de CIA. Un total de 439 pacientes con DAP moderado o grande fueron tratados de forma percutánea, con una edad media de 1,8 años y un peso medio de 11 kg. La implantación se realizó con éxito en 435 de los 439 pacientes, con una morbilidad del 9,4% sin incidencia de éxitus. El seguimiento medio fue de 12 meses, y la tasa de oclusión después de un año alcanzó el 99,7%. Sin embargo, si existe el consenso de que el cierre percutáneo en pacientes < 6 g se asocia a una mayor incidencia de estenosis del arco aórtico o de ramas pulmonares por protrusión de la endoprótesis. Sin embargo la aparición de nuevas generaciones de dispositivos Amplatzer mas blandos y flexibles ha hecho posible el cierre en pacientes < 6 kg, incluso en el periodo neonatal. En nuestro centro hemos

acumulado en los últimos 3 años una serie de 19 prematuros de < 2.000 g (el peso mínimo fue de 1.060 g) en los que se trató percutáneamente el ductus arterioso con buenos resultados en el seguimiento a corto y medio plazo.

CIERRE DE COMUNICACIONES INTERVENTRICULARES MUSCULARES

El cierre de Comunicaciones Interventriculares (CIV) musculares puede resultar muy complicado por los cirujanos, con una morbilidad significativa en relación a la presencia de cortocircuitos residuales, y disfunción ventricular provocada por la ventriculotomía izquierda y/o derecha necesaria para acceder quirúrgicamente al defecto⁽⁸⁾. Lock y cols. publicaron su experiencia en el cierre de cierre percutáneo de CIVs musculares en 1988 usando el dispositivo denominado "Rashkind Double Umbrella Device"⁽⁹⁾. En los últimos años han aparecido distintos tipos de endoprótesis de nitinol autoexpandibles, formados por dos discos de retención conectados por una cintura de 7 mm de ancho (el diámetro de los discos ocluidores supera en 5 mm en de la cintura del dispositivo) (Fig. 1). Pueden ser implantados a través de vía femoral (en caso de una localización anterior) o yugular (en caso de defectos medioventriculares o apicales). En los niños más pequeños el procedimiento híbrido ha demostrado ser de una enorme utilidad. Mediante una esternotomía media se expone la pared anterior del ventrículo derecho, el cirujano introduce en la cavidad ventricular una vaina que es asegurada mediante una sutura hemostática. El procedimiento es guiado mediante ETE, introduciéndose una guía a través de la CIV muscular, para posteriormente

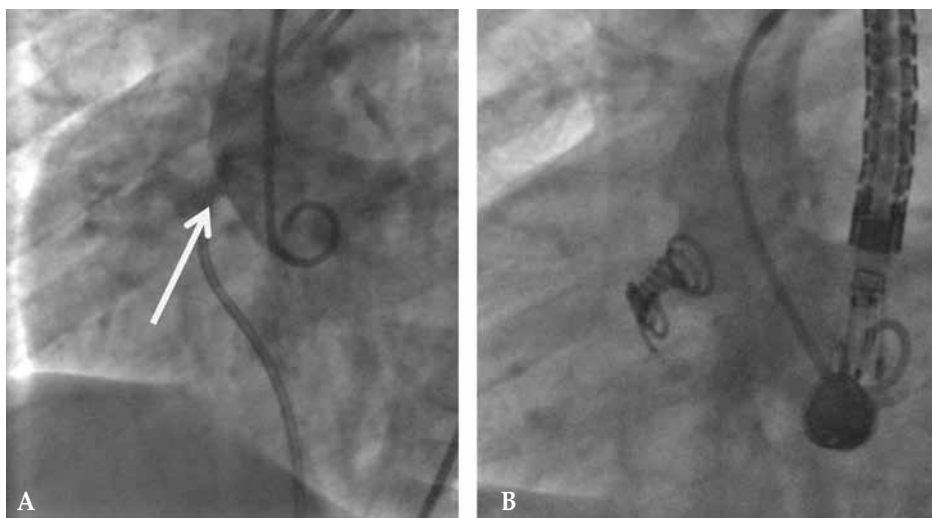


Figura 2. Paciente de 2 años. A) Comunicación Interventricular Perimembranosa (flecha). B) Cierre del defecto con dispositivo tipo coil (Nit-Occlud) sin interferencia con la válvula aórtica.

avanzar sobre ella la vaina a través del defecto hasta alcanzar el ventrículo izquierdo. Posteriormente a través de dicha vaina se realizara el implante del dispositivo autoexpandible acomodándola al tabique con la información anatómica aportada por la ETE. Como expondremos más adelante, el procedimiento híbrido tiene la ventaja de evitar la cirugía extracorporea, y obviar el problema de los accesos vasculares de los niños mas pequeños^(19,20). Holzer y cols.⁽²¹⁾ publicaron su experiencia en el cierre percutáneo de CIVs musculares con dispositivos autoexpandibles, en una población de 73 pacientes con una edad media de un 1.4 años. El dispositivo fue implantado con éxito en el 86,7% de los pacientes, con una tasa de oclusión total del cortocircuito del 92,3% al año.

CIERRE DE COMUNICACIONES INTERVENTRICULARES PERIMEMBRANOSAS

El primer intento de cierre percutáneo de CIV perimembranas con distintos tipos de dispositivo fue publicado a finales de los años 90, pero con una alta incidencia de cortocircuitos residuales y complicaciones. El dispositivo tipo Amplatzer pmVSD occluder fue utilizado por primera vez en el año 2002, y fue el primer dispositivo diseñado especialmente para el cierre de CIVs perimembranas. Se trata de una endoprótesis autoexpandible de nitinol, compuesto por dos discos oclusores unidos por una cintura de 0,5 mm. El disco izquierdo es asimétrico sin casi borde superior (para no interferir con la válvula aórtica), y con un borde inferior 5 mm mas largo. Holzer y cols.⁽¹³⁾ publicaron unos esperanzadores resultados a corto y medio plazo en un registro internacional que incluía 100 pacientes. La tasa de éxito en la implantación

alcanzo el 93%, no hubo éxitos en relación con el procedimiento. Sin embargo, existió algún tipo de complicación en 29 de los 100 casos, incluido la aparición de bloqueo auriculo ventricular (BAV) completo en 2 pacientes que requirió la implantación de marcapasos permanente, y 9 pacientes con algún grado de insuficiencia aórtica (que no progreso, ni requirió ningún tipo de reintervencion posterior). El BAV completo es sin duda uno de los grandes condicionantes de esta técnica, con una incidencia del 2-5,7% en otros estudios multicéntricos (14-16). El bloqueo se puede producir de forma inmediata después del implante, o incluso meses después del procedimiento. Nuevos dispositivos de nueva generación mas blandos se están desarrollando y aplicando en la clínica de forma preliminar, aunque todavía no se han publicado resultados que garanticen su seguridad y eficacia. Sin embargo, en los últimos años se han desarrollado dispositivos tipo coil para el cierre de CIV perimembranas con anatomía favorable, sin incidencia de BAV, aunque con algo mas de cortocircuito residual en el seguimiento a medio plazo⁽¹⁷⁾ (Fig. 2).

VALVULOPLASTIA CON BALÓN PARA ESTENOSIS AÓRTICA

La valvuloplastia aórtica (VA) es un proceso ampliamente validado como alternativa a la cirugía en la estenosis congénita de la válvula aórtica en pacientes pediátricos. Incluso el consenso internacional la sitúa como la técnica de elección en pacientes por debajo de los 18 años sin calcificaciones valvulares y una anatomía favorable. McCrindle y cols.⁽¹⁸⁾ comparan los resultados de la valvuloplastia aórtica quirúrgica frente a la cirugía en 110 neonatos con estenosis

aórtica crítica. La mortalidad precoz fue de un 11% y un 18% respectivamente, sin diferencias significativas ajustando el análisis a las características clínicas y anatómicas. La ausencia de reintervención en el seguimiento fue similar en los dos grupos al mes (91%), a los 6 meses (68%), al año (58%) y a los 5 años (48%). La incidencia de insuficiencia aórtica relevante fue más alta después de la valvuloplastia percutánea, aunque que no de forma estadísticamente significativa. Fratz y cols.⁽¹⁹⁾ describieron en una serie de 188 niños un periodo de libre de reintervención quirúrgica de 10 años después de la valvuloplastia percutánea aórtica del 59% para los neonatos, y del 70% para los pacientes mayores de un mes.

VALVULOPLASTIA CON BALÓN PARA ESTENOSIS PULMONAR

La valvuloplastia pulmonar es una técnica segura y eficaz, y es la primera opción terapéutica para el tratamiento de estenosis pulmonares con válvulas no displásicas. En las válvulas displásicas es menos eficaz pero es también útil para disminuir la presión en el ventrículo derecho y posponer, incluso eliminar, la valvulotomía quirúrgica. La dilatación paliativa con balón en pacientes con tetralogía de Fallot, realizada incluso de forma intraoperatoria durante la corrección quirúrgica, es realizada en muchos centros y parece disminuir la necesidad de la corrección con parche transanular, mejorando el crecimiento del anillo valvular pulmonar. Aunque la controversia sobre este tipo de actuación combinada con la cirugía sigue siendo muy elevada⁽²⁰⁾.

VALVULOPLASTIA MITRAL CON BALÓN

Esta es la técnica de elección en las estenosis mitrales reumáticas, ya que la fusión de los velos es el mecanismo de la reducción de flujo a través de la válvula Mitral, pero existe discusión sobre su papel en la estenosis Mitral congénita. MzElhinney y cols.⁽²¹⁾ compararon los resultados de la valvuloplastia mitral percutánea con el tratamiento quirúrgico (valvuloplastia y reemplazo valvular por una endoprótesis) en una serie de 108 niños con estenosis Mitral congénita con una media de 18 meses. La valvuloplastia con balón fue el tratamiento de elección en la mayoría de los casos, sobre todo para aquellos casos con las características anatómicas típicas de la estenosis Mitral congénita (velos engrosados, cuerdas tendinosas cortas o ausentes, y dos músculos papilares independientes pero en ocasiones casi fusionados), y en los casos de válvula Mitral de doble orificio. Los resultados de

la cirugía fueron más favorables cuando la estenosis estaba causada por un anillo fibroso supra-avalvular, o en presencia de insuficiencia concomitante, o asociada a otras anomalías congénitas subsidiarias de tratamiento quirúrgico. La supervivencia global fue del 77% a los 5 años. Después del tratamiento percutáneo se produjo una insuficiencia Mitral significativa en el 28% de los casos, y la ausencia de reintervención o fracaso de la corrección biventricular fue del 55% al año, comparado con el 68% después de la valvuloplastia quirúrgica. Sin embargo estas cifras reflejan la experiencia de un solo centro con enorme experiencia (Boston Children's Hospital), y la opción quirúrgica suele ser la de elección en la mayoría de los hospitales del mundo.

ANGIOPLASTIA CON BALÓN E IMPLANTACIÓN DE STENTS EN RAMAS PULMONARES

El tratamiento percutáneo de la estenosis de ramas pulmonares es la técnica de elección, sobre todo si se tratan de lesiones residuales después de la cirugía correctora de una cardiopatía congénita. La mejoría en los balones y los *stents* ha incrementado el uso de la angioplastia pulmonar, con muy buenos resultados, desde principios de los años 90. McMahon y cols.⁽²²⁾ publicaron una serie de 338 pacientes, con una edad media de 12,2 años, en los que se implantó *stents* en las arterias pulmonares. La relación de presiones entre ventrículo derecho y aorta disminuyó desde el 66% al 45% después de la implantación del *stent*, con un 50% de media en el seguimiento a 5 años. El balón de corte (un balón que incluye en su estructura 3 microcuchillas de 0,2 mm) añade al mecanismo de la dilatación el de la microendarterectomía, se ha usado con éxito en los pequeños vasos pulmonares resistentes a la dilatación con balones de alta presión⁽²³⁾. La aparición de *stents* bioabsorbibles abre el camino a la implantación de *stents* en neonatos y lactantes, sin bloquear el crecimiento natural del vaso⁽²⁴⁾.

ANGIOPLASTIA CON BALÓN E IMPLANTACIÓN DE STENT EN COARTACIÓN DE AORTA

La terapia de elección para los pacientes con Coartación de Aorta (CAo) es objeto de debate, desde los excelentes resultados que la opción percutánea ha ido demostrando en los últimos años. Sin embargo el tratamiento intervencionista es muy controvertido en neonatos y lactantes debido a la alta incidencia (> 50% en muchas series) de recoartación. Es una técnica alternativa a la cirugía en niños entre 1-7 años,

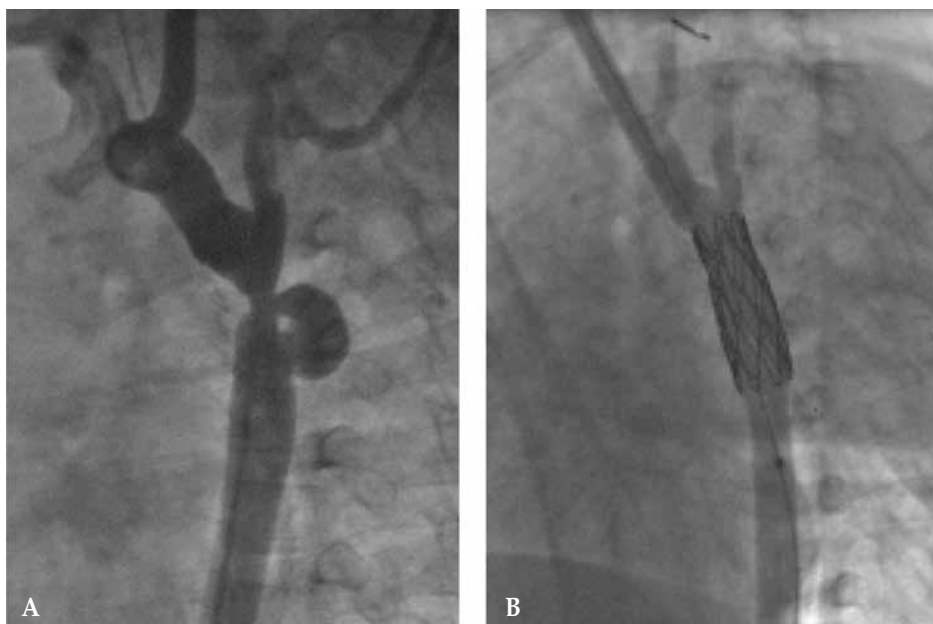


Figura 3. Paciente de 2 años, 12 kg. A) Recoartación y aneurismas después de 6 meses de angioplastia de coartación de aorta nativa. B) Implantación de *stent* recubierto a través de disección carotídea; tratamiento de la estenosis con exclusión y sellado de aneurismas.

aunque la incidencia de aneurismas en el seguimiento alcanza el 10-15%. Para pacientes próximos al tamaño adulto (> 7 años o > 35 kg) el tratamiento con *stent* se ha generalizado en muchos centros. Sin embargo, la mayoría de estos niños necesitarán alguna sobredilatación de la endoprótesis durante su periodo de crecimiento. Un registro multicéntrico muestra un implante del *stent* satisfactorio en el 97,9% de los casos (563 de 565 procedimientos), en el tratamiento de CAo nativas y recoartaciones postquirúrgicas, en pacientes mayores de 4 años. El índice de complicaciones agudas fue del 14,3% (81 de 565), incluidas dos muertes, 6 aneurismas y 9 disecciones de aorta⁽²⁵⁾. El riesgo de disección aórtica es mayor en el caso de aortas pseudoatrésicas, o en coartaciones asociadas a algún grado de hipoplasia de arco. El uso de *stents* recubiertos de una capa de PTFe (*stents* "recubiertos") ha permitido no solo tratar la estenosis vascular, sino también algunas lesiones asociadas a la Coartación (aneurismas, ductus arterioso) (Fig. 3).

IMPLANTACIÓN PERCUTÁNEA DE VÁLVULA PULMONAR

Muchos pacientes con cardiopatía congénita (tetralogía de Fallot, atresia pulmonar, transposición de grandes vasos, truncus arteriosus, valvuloplastia aórtica intervenida con técnica de Ross) precisan la interposición de un conducto valvulado entre el ventrículo derecho y las arterias pulmonares, en el momento de su corrección quirúrgica. La vida media de estos conductos es limitada, porque la degradación

de los componentes biológicos puede provocar la aparición de estenosis y/o insuficiencia. La implantación de *stent* en el conducto puede ser eficaz para el tratamiento de las estenosis severas, y ha disminuido la necesidad de reintervenciones en estos pacientes. Aunque esto puede resolver el problema de la estenosis, empeora en la mayoría de los casos el grado de regurgitación pulmonar. Bonhoeffer y cols.⁽²⁶⁾ reportaron su experiencia en la implantación percutánea de válvula pulmonar (IPVP), la endoprótesis está compuesta por un *stent* en cuyo interior se ha suturado un conducto biológico proveniente de yugular de vaca (válvula Melody, Medtronic®) que se implanta premontándola sobre un balón protegido por una vaina plástica retráctil. Las indicaciones estrictas para la implantación de esta válvula han sido inicialmente establecidas para aquellos pacientes con un conducto valvulado (más o menos rígido) entre el ventrículo derecho y las ramas pulmonares (diámetro mínimo de 16 mm y máximo de 22 mm), o con una prótesis biológica en posición pulmonar previamente implantada quirúrgicamente. En los últimos años las indicaciones se han extendido a pacientes en los que se ha ampliado con un parche transanular el tracto de salida del ventrículo derecho (sin conducto), siempre que las condiciones anatómicas sean favorables⁽²⁷⁾ (Fig. 4).

PROCEDIMIENTO HÍBRIDO

La realización de cateterismo terapéuticos complejos para el tratamiento de cardiopatías congénitas en niños,

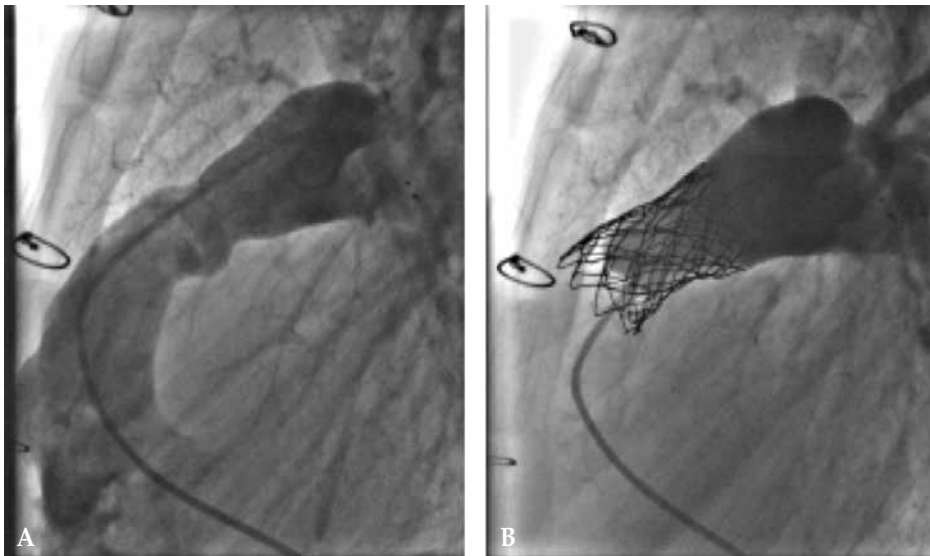


Figura 4. Paciente de 8 años intervenido de Tetralogía de Fallot con parche infundibular. A) Arteriografía en tronco pulmonar con insuficiencia pulmonar libre. B) Arteriografía postimplantación de prótesis Melody sin insuficiencia pulmonar.

está limitado en los niños más pequeños por la necesidad de vainas de gran diámetro dentro de las cavidades cardíacas, y por los condicionantes de los accesos vasculares. Algunos procedimientos que requieren cirugía extracorporea pueden estar asociados a una alta morbi-mortalidad, como por ejemplo el cierre quirúrgico de CIVs musculares, o la cirugía paliativa de Norwood (estadio I) para la hipoplasia de cavidades izquierdas. Para superar estos inconvenientes, los intervencionistas y los cirujanos han trabajado juntos para desarrollar los denominados “procedimientos híbridos”. Estos procedimientos se han ido utilizando para tratar distintos tipos de lesiones principalmente; cierre de CIVs, síndrome de hipoplasia izquierda (SHI), implantación perventricular de prótesis pulmonares, e implantación de *stents* en ramas pulmonares. El procedimiento híbrido para el SHI requiere la colaboración de anestesistas, cirujanos e intervencionistas. El cirujano realiza un Banding de ambas arterias pulmonares mediante una esternotomía media, posteriormente el intervencionista coloca un stent en el ductus arterioso mediante un introductor colocado en el tronco de la arteria pulmonar. En casos de una comunicación interauricular restrictiva, se realiza una atrioseptostomía percutánea por vía femoral (procedimiento de Raskind). Aunque el procedimiento híbrido reduce la mortalidad en comparación con el primer estadio de la paliación quirúrgica (Norwood I), la morbilidad se ve incrementada en el segundo estadio ya que la paliación quirúrgica es más compleja; reconstrucción del arco aórtico con extracción del stent ductal, debanding de arterias pulmonares, y realización de anastomosis de la vena cava superior con las arterias pulmonares (procedimiento de Glenn)⁽²⁸⁾.

OTROS AVANCES

La perforación con catéteres de radiofrecuencia del tracto de salida del ventrículo derecho se ha empleado con enorme éxito en los pacientes con atresia pulmonar y septo interventricular íntegro⁽²⁹⁾. La radiofrecuencia se ha empleado también en lactantes con SHI y septo interauricular íntegro, perforando el tabique e implantando un stent, creando una vía de descarga para la descompresión de la aurícula izquierda, mejorando la congestión venosa pulmonar, y previniendo el desarrollo de hipertensión pulmonar. Por último, el stent en el ductus arterioso en el periodo neonatal, para mantenerlo permeable de forma prolongada, ha sustituido en muchos casos a la realización quirúrgica de una fistula de Blalock-Taussing en cardiopatías con flujo pulmonar severamente disminuido (Fallot extremo y distintos tipos de atresia pulmonar)⁽³⁰⁾.

BIBLIOGRAFÍA

1. Mills NL, King TD. Nonoperative closure of left-to-right shunts. *J Thorac Cardiovasc Surg.* 1976; 72: 371-8.
2. Du DZ, Koenig P, Cao QL, et al. Comparison of transcatheter closure secundum atrial septal defect using the Amplatzer septal occlude associated with deficient-vs-sufficient rims. *Am J Cardiol.* 2002; 90: 865-9.
3. Divekar A, Gaamangwe T, Shaikh N, et al. Cardiac perforation after device closure of atrial septal defects with the Amplatzer septal occluder. *J Am Coll Cardiol.* 2005; 45: 1213-8.
4. Amin Z, Hijazi ZM, Bass JL, et al. PFO closure complications from the AGA registry. *Catheter Cardiovasc Interv.* 2008; 72: 74-9.

5. Amin Z, Danford DA, Pedra CA. A new Amplatzer device to maintain patency of Fontan fenestrations and atrial septal defects. *Catheter Cardiovasc Interv.* 2002; 57: 246-51.
6. Diab KA, Cao QL, Bacha EA, et al. Device closure of atrial septal defects with the Amplatzer septal occluder: safety and outcome in infants. *J Thorac Cardiovasc Surg.* 2007; 134: 960-6.
7. Pass RH, Hijazi Z, Hsu DT, et al. Multicenter USA Amplatzer patent ductus arteriosus occlusion device trial: initial and 1-year results. *J Am Coll Cardiol.* 2004; 44: 513-9.
8. Griffiths SP, Turi GK, Ellis K, et al. Muscular ventricular septal defects repaired with left ventriculotomy. *Am J Cardiol.* 1981; 48: 877-86.
9. Lock JE, Block PC, McKay RG, et al. Transcatheter closure of ventricular septal defects. *Circulation.* 1988; 78: 361-8.
10. Amin Z, Berry JM, Foker JE, et al. Intraoperative closure of muscular ventricular septal defect in a canine model and application of the technique in a baby. *J Thorac Cardiovasc Surg.* 1998; 115: 1374-6.
11. Bacha EA, Cao QL, Galantowicz ME, et al. Multicenter experience with perventricular device closure of muscular ventricular septal defects. *Pediatr Cardiol.* 2005; 26: 169-75.
12. Holzer R, Balzer D, Cao QL, et al. Device closure of muscular ventricular septal defects using the Amplatzer muscular ventricular septal defect occluder: immediate and midterm results of a US registry. *J Am Coll Cardiol.* 2004; 43: 1257-63.
13. Holzer R, de Giovanni J, Walsh KP, et al. Transcatheter closure of perimembranous ventricular septal defects using the Amplatzer membranous VSD occluder: immediate and midterm results of an international registry. *Catheter Cardiovasc Interv.* 2006; 68: 620-8.
14. Butera G, Carminati M, Chessa M, et al. Transcatheter closure of perimembranous ventricular septal defects: early and longterm results. *J Am Coll Cardiol.* 2007; 50: 1189-95.
15. Thanopoulos BV, Rigby ML, Karanasios E, et al. Transcatheter closure of perimembranous ventricular septal defects in infants and children using the Amplatzer perimembranous ventricular septal defect occluder. *Am J Cardiol.* 2007; 99: 984-9.
16. Yip WC, Zimmerman F, Hijazi ZM. Heart block and empirical therapy after transcatheter closure of perimembranous ventricular septal defect. *Catheter Cardiovasc Interv.* 2005; 66: 436-41.
17. Chungsomprasong P, Durongpisitkul K, Viajarnsorn C, Soongswang J, Le TP. The results of transcatheter closure of VSD using AmplatzerR device and Nit OccludR Le coli. *Catheter Cardiovasc Interv.* 2011; 78: 1032-40.
18. McCrindle BW, Blackstone EH, Williams WG, et al. Are outcomes of surgical versus transcatheter balloon valvotomy equivalent in neonatal critical aortic stenosis? *Circulation.* 2001; 104: 1152-8.
19. Fratz S, Gildein HP, Balling G, et al. Aortic valvuloplasty in pediatric patients substantially postpones the need for aortic valve surgery: a single-center experience of 188 patients after up to 17.5 years of follow-up. *Circulation.* 2008; 117: 1201-6.
20. Sluysmans T, Neven B, Rubay J, et al. Early balloon dilatation of the pulmonary valve in infants with tetralogy of Fallot. Risks and benefits. *Circulation.* 1995; 91: 1506-11.
21. McElhinney DB, Sherwood MC, Keane JF, et al. Current management of severe congenital mitral stenosis: outcomes of transcatheter and surgical therapy in 108 infants and children. *Circulation.* 2005; 112: 707-14.
22. McMahon CJ, El Said HG, Vincent JA, et al. Refinements in the implantation of pulmonary arterial stents: impact on morbidity and mortality of the procedure over the last two decades. *Cardiol Young.* 2002; 12: 445-52.
23. Bergersen LJ, Perry SB, Lock JE. Effect of cutting balloon angioplasty on resistant pulmonary artery stenosis. *Am J Cardiol.* 2003; 91: 185-9.
24. Zartner P, Cesnjevar R, Singer H, et al. First successful implantation of a biodegradable metal stent into the left pulmonary artery of a preterm baby. *Catheter Cardiovasc Interv.* 2005; 66: 590-4.
25. Forbes TJ, Garekar S, Amin Z, et al. Procedural results and acute complications in stenting native and recurrent coarctation of the aorta in patients over 4 years of age: a multiinstitutional study. *Catheter Cardiovasc Interv.* 2007; 70: 276-85.
26. Bonhoeffer P, Boudjemline Y, Saliba Z, et al. Transcatheter implantation of a bovine valve in pulmonary position: a lamb study. *Circulation.* 2000; 102: 813-6.
27. Malekzadeh-Milani S, Ladouceur M, Cohen S, Iserin L, Boudjemline Y. Results of transcatheter pulmonary valvulation in native or patched right ventricular outflow tracts. *Arch Cardiovasc Dis.* 2014; 107: 592-8.
28. Galantowicz M, Cheatham JP. Lessons learned from the development of a new hybrid strategy for the management of hypoplastic left heart syndrome. *Pediatr Cardiol.* 2005; 26: 190-9.
29. Walsh MA, Lee KJ, Chaturvedi R, et al. Radiofrequency perforation of the right ventricular outflow tract as a palliative strategy for pulmonary atresia with ventricular septal defect. *Catheter Cardiovasc Interv.* 2007; 69: 1015-20.
30. Udink Ten Cate FE, Sreeram, Hamza H, Agha h, Rosenthal E, Queshi SA. Stenting the arterial duct in neonates and infants with congenital heart disease and duct-dependent pulmonary blood flow: a multicenter experience of an evolving therapy over 18 years. *Catheter Cardiovasc Interv.* 2013; 82: 233-43.