

# Presente y futuro del cateterismo intervencionista en el tratamiento de las cardiopatías congénitas

J. Rodés-Cabau

Quebec Heart Institute, Quebec, Canadá.

## INTRODUCCIÓN

En 1953, Rubio-Álvarez et al<sup>1</sup> realizaron el primer cateterismo intervencionista al tratar mediante catéter una estenosis pulmonar. Una década más tarde, Rashkind y Miller realizaron la primera septostomía auricular<sup>2</sup>. Sin embargo, no ha sido hasta estas últimas dos décadas en que el tratamiento percutáneo de las cardiopatías congénitas se ha convertido en una realidad y, de hecho, muchas de las cardiopatías que debían recibir tratamiento quirúrgico en el pasado pueden tratarse actualmente en el laboratorio de hemodinámica.

## ANGIOPLASTIAS E IMPLANTACIÓN DE STENTS

La angioplastia con balón de diferentes estenosis vasculares asociadas a cardiopatías congénitas ha sido un tratamiento ampliamente utilizado en el intervencionismo pediátrico con resultados variables. De hecho, el retroceso elástico de la pared vascular tras el desinflado del balón representa una limitación importante de la técnica, condicionando el resultado inmediato y la aparición de reestenosis a medio plazo. Los *stents* son mallas metálicas con forma tubular capaces de limitar el retroceso elástico del segmento vascular que ha sido dilatado, permitiendo así mejorar los resultados inmediatos de las angioplastias y disminuir la reestenosis. En este número de ANALES DE PEDIATRÍA, Moruno Tirado et al<sup>3</sup> comunican una serie de 12 pacientes (edad media 82 meses) con diferentes cardiopatías congénitas y estenosis vasculares en las que se implantaron un total de 17 *stents*. A pesar del limitado número de pacientes, destaca la variedad de procedimientos y la baja incidencia de complicaciones. Ocho de los 12 pacientes presentaban una estenosis de ramas pulmonares, asociada en todos los casos a una cardiopatía. La

angioplastia con balón de la estenosis de ramas pulmonares se asocia a unos resultados mediocres (~50% subóptimos). El presente artículo y numerosas publicaciones previas demuestran que la implantación de *stents* mejora de forma significativa los resultados de la angioplastia con balón, consiguiéndose la desaparición del gradiente translesional y una reducción significativa de la presión ventricular derecha en la mayoría de casos<sup>4-6</sup>. Como complicación durante el procedimiento destaca la rotura del balón y migración del *stent* en un caso, consecuencia muy probablemente del montaje manual del *stent* sobre el balón de expansión. Esta complicación es reflejo de uno de los problemas actuales del intervencionismo pediátrico: la escasez de *stents* diseñados específicamente para las anomalías cardiovasculares congénitas, al contrario de lo que ocurre en la enfermedad coronaria y vascular periférica del adulto. Aunque generalmente sin trascendencia clínica, la incidencia de complicaciones asociadas a la implantación de *stents* puede llegar a un 31%<sup>7</sup>, y la mayoría son secundarias a problemas técnicos derivados de la falta de un material adecuado para los casos pediátricos. Tal como apuntan Moruno Tirado et al<sup>3</sup>, recientemente se han diseñado *stents* más adecuados para el intervencionismo en cardiopatías congénitas<sup>8</sup>, pero no cabe duda de que en los próximos años deberán mejorarse diversos aspectos técnicos de los *stents* destinados al intervencionismo pediátrico (premontado del *stent*, mejora de la flexibilidad, etc.) para aumentar la seguridad de estos procedimientos y mejorar los resultados, haciéndolos comparables a los obtenidos en el tratamiento de las enfermedades coronaria y vascular periférica.

La dilatación mediante balón de la recoartación aórtica (tras reparación quirúrgica) se asocia una tasa de éxitos

**Correspondencia:** Dr. J. Rodés Cabau.  
Quebec Heart Institute,  
2725 Chemin Sainte-Foy,  
G1V 4G5 Sainte-Foy, Quebec, Canada.  
Correo electrónico: joseprodes@hotmail.com

Recibido en febrero de 2004.

Aceptado para su publicación en febrero de 2004.

aceptable (alrededor del 75%), con una baja incidencia de complicaciones. Sin embargo, la reestenosis ocurre en aproximadamente un 30% de casos, y también se ha descrito la aparición de aneurismas aórticos (0-14%) durante el seguimiento<sup>9</sup>. La implantación de *stents* ha mejorado los resultados del procedimiento (ausencia de gradiente residual significativo en > 95% de casos), y ha disminuido de manera significativa la reestenosis (< 10%), aunque todavía queda por demostrar si reducirá la incidencia de aneurismas<sup>10,11</sup>. En cualquier caso, el tratamiento percutáneo es aceptado como el de elección para la recoartación aórtica (de preferencia con implantación de *stent* en pacientes con peso > 25 kg). Sin embargo, la angioplastia (con o sin implantación de *stent*) como tratamiento de la coartación nativa es todavía motivo de controversia. Algunos estudios demuestran unos resultados similares a los obtenidos en la recoartación aórtica<sup>12,13</sup> y, además, la implantación de *stents* ha mejorado los resultados inmediatos y a corto y medio plazo<sup>14,15</sup>. Sin embargo, existen argumentos que favorecen la opción quirúrgica, como la existencia de algún caso comunicado de disección y rotura aórtica<sup>16</sup>, la presencia de un porcentaje variable (7-20%) de aneurismas en el seguimiento con pocos estudios que evalúen de forma sistemática este problema<sup>13,17</sup>, y la falta de un seguimiento a largo plazo. En cualquier caso, numerosos servicios de cardiología pediátrica han adoptado la dilatación como tratamiento inicial de la coartación aórtica nativa, sobre todo en pacientes mayores de 3 meses de edad. Muy probablemente en los próximos años este tratamiento será aplicado por la gran mayoría de centros, aunque idealmente su generalización como alternativa a la cirugía debería basarse en los resultados de estudios comparativos (a ser posible aleatorizados) con la reparación quirúrgica.

Existen una serie de cardiopatías congénitas graves en las que se precisa mantener el *ductus* abierto en espera de un tratamiento quirúrgico (cardiopatías dependientes del *ductus*). Como alternativa al tratamiento con prostaglandinas, Ruiz et al<sup>18</sup> comunicaron en 1993 una serie de 5 recién nacidos afectados de hipoplasia ventricular izquierda que en espera de un trasplante cardíaco fueron tratados con éxito mediante la implantación de *stents* en el *ductus*. Las principales complicaciones durante el procedimiento fueron secundarias al tipo de *stents* disponibles en aquellos momentos. Recientemente, Gewilling et al<sup>19</sup> han publicado una serie de 10 recién nacidos con cardiopatías dependientes del *ductus* tratados mediante la implantación de *stents* coronarios a nivel del *ductus*, consiguiendo unos excelentes resultados iniciales que se mantuvieron a los 3 o 4 meses de seguimiento en todos los casos. En la serie comunicada por Moruno Tirado et al<sup>3</sup> destaca un caso con cardiopatía compleja dependiente del *ductus* en el que se implantó un *stent* coronario a nivel del *ductus* con éxito, siendo de destacar la buena evolución del paciente al año de seguimiento. Sin duda,

esta es una alternativa terapéutica que en el futuro deberá considerarse en los casos de recién nacidos con cardiopatías dependientes del *ductus*.

Finalmente, cabe destacar que la implantación de *stents* en pacientes pediátricos conlleva el "problema" del crecimiento de la estructura vascular proximal y distal al *stent*, que puede llegar a provocar a medio y largo plazo una estenosis relativa en la zona de implantación del *stent*. Afortunadamente, la redilatación de los *stents* ha demostrado ser un procedimiento seguro<sup>20,21</sup>. Sin embargo, el tratamiento óptimo para la población pediátrica consistiría en la utilización de *stents* reabsorbibles o con posibilidad de remodelado para poder adaptarse al crecimiento vascular, y de hecho, ésta será probablemente una de las líneas importantes de investigación en el campo del intervencionismo pediátrico durante los próximos años<sup>22-24</sup>.

## CIERRE PERCUTÁNEO DE DEFECTOS CARDÍACOS

### Comunicaciones interauriculares

En 1974, King y Mills<sup>25</sup> diseñaron el primer dispositivo para el cierre percutáneo de las comunicaciones interauriculares (CIA) tipo *ostium secundum*. Actualmente existen numerosos dispositivos para el cierre percutáneo de las CIA, aunque el más utilizado es el Amplatzer Septal Occluder (AGA, MN, EE.UU.)<sup>26</sup>. Este dispositivo está compuesto por una malla de nitinol con forma de doble disco y parches de poliéster en su interior. Cada disco se sitúa en una de las aurículas y ambos discos están unidos por un cuello central que se posiciona a través del defecto interauricular. El tamaño del dispositivo se elige en función del tamaño del defecto interauricular, que se determina por ecocardiografía transesofágica y mediante una medida adicional con balón en el laboratorio de hemodinámica. Actualmente existen dispositivos de 4-40 mm de diámetro. El procedimiento se realiza bajo anestesia general, ya que la implantación debe guiarse mediante ecocardiografía transesofágica, aunque en adolescentes y adultos la sonda de ecografía intracardíaca puede reemplazar la sonda transesofágica, evitándose así la anestesia general<sup>27</sup>. Tras el procedimiento los pacientes pueden trasladarse a una planta convencional y ser dados de alta en 24 h, con un ecocardiograma de control. Un tratamiento con aspirina en dosis antiagregantes está indicado durante los 6 meses que siguen al procedimiento.

Los numerosos estudios publicados hasta el momento demuestran una tasa de éxitos (cierre del defecto sin *shunt* residual) superior al 95%, con una incidencia de complicaciones mayores inferior al 2% (embolización del dispositivo ~ 1%), y la ausencia de mortalidad asociada al procedimiento<sup>26-29</sup>. De hecho, en un estudio comparativo no aleatorizado, el cierre percutáneo demostró una eficacia similar al tratamiento quirúrgico con una menor morbilidad asociada<sup>29</sup>. Así pues, al menos un

70 % de las CIA tipo *ostium secundum* (porcentaje que puede variar según los centros) pueden cerrarse por cateterismo, quedando para el cierre quirúrgico los defectos de gran tamaño con bordes septales insuficientes (< 5 mm, a excepción del borde septal aórtico) que no permitirían un anclaje adecuado del dispositivo.

### Comunicaciones interventriculares

Bridges et al<sup>30</sup> describieron en 1991 el cierre percutáneo de la comunicación interventricular (CIV) de tipo muscular en 12 pacientes<sup>30</sup>. Sin embargo, no ha sido hasta la presente década en que la mejoría de los dispositivos disponibles ha permitido establecer el abordaje percutáneo de las CIV musculares como una alternativa segura a la cirugía. Así pues, aunque el número de pacientes es todavía limitado, los estudios preliminares demuestran unos resultados excelentes, con porcentajes de cierre completo del defecto sin complicaciones mayores superiores al 90%<sup>31,32</sup>. Además, se han publicado casos de cierre percutáneo con éxito en recién nacidos y CIV residuales poscirugía<sup>33,34</sup>.

Recientemente se ha diseñado una prótesis para el cierre percutáneo de CIV perimembranosas (*Amplatzer membranous VSD occluder*, AGA), y ya existen diversas publicaciones incluyendo un total de 43 pacientes en los que se consiguió la implantación con éxito del dispositivo en un 95% de casos, con una mínima incidencia de complicaciones (3 casos de bloqueo de rama izquierda transitorio y un caso de insuficiencia aórtica mínima)<sup>35-37</sup>.

En conclusión, en la actualidad, algunas CIV congénitas pueden cerrarse percutáneamente. La realización de estudios con un mayor número de pacientes y el seguimiento a medio y largo plazo de éstos deberá permitir en los próximos años establecer de forma definitiva este tratamiento como una alternativa al tratamiento quirúrgico.

### Persistencia del *ductus* arterioso

El cierre percutáneo es actualmente el tratamiento de elección para la gran mayoría de *ductus* arteriosos persistentes. Los dispositivos más utilizados para este fin son los *coils*, con forma espiral, y compuestos de acero inoxidable y fibras de poliéster adheridas para aumentar la trombogenicidad del dispositivo. El cierre completo del *ductus* (sin *shunt* residual) se obtiene en un 60-80% de casos inmediatamente después de la implantación, llegando a > 90% en los meses que siguen al procedimiento<sup>38</sup>. La incidencia de complicaciones es baja, y está sobre todo relacionada con la embolización del *coil* hacia la arteria pulmonar (< 10%), y la aparición de hemólisis secundaria a *shunt* residual (< 1%). En los últimos años la disponibilidad de *coils* de liberación controlada (Cook Europa, Bjaerskov, Dinamarca) ha disminuido la

cifra de embolizaciones situándola en menos del 5%<sup>39,40</sup>. La embolización suele ocurrir a los pocos segundos de la implantación, y en la gran mayoría de casos el *coil* puede recuperarse percutáneamente sin consecuencias clínicas. Sin embargo, el porcentaje de fracasos aumenta de forma significativa en los *ductus* de gran tamaño (> 2,5-3 mm de diámetro mínimo)<sup>38</sup>. Actualmente se dispone de un nuevo dispositivo autoexpandible constituido por una malla de nitinol con forma tubular que se sitúa en la ampolla ductal, un disco de retención que se sitúa en el lado aórtico de la ampolla ductal, y un parche de poliéster cosido en su interior (*Amplatzer duct occluder*, AGA). Los resultados de dos estudios incluyendo un total de 535 pacientes con *ductus* arterioso persistente, demostraron el cierre completo del *ductus* en más del 95% de casos a los 6 meses-1 año de seguimiento, con menos del 2% de embolizaciones (aunque en un caso, la embolización sistémica del dispositivo motivó la muerte del paciente)<sup>41,42</sup>. La aparición de hemólisis tras la implantación del dispositivo es excepcional, y en ocasiones puede resolverse sin necesidad de retirar el dispositivo mediante cirugía<sup>43</sup>.

Por lo tanto, el número de pacientes que en la actualidad deben ser operados por un *ductus* arterioso persistente es mínimo, limitándose prácticamente a aquellos de menos de 6 kg de peso con *ductus* de gran tamaño.

### VALVULOPLASTIAS. IMPLANTACIÓN PERCUTÁNEA DE VÁLVULAS

La valvuloplastia pulmonar es el tratamiento de elección de la estenosis pulmonar<sup>44</sup>. A los excelentes resultados obtenidos inmediatamente después del procedimiento, cabe añadirle una baja incidencia de complicaciones (< 20%, la gran mayoría reintervención por reestenosis) a largo plazo<sup>45</sup>.

La atresia pulmonar con septo íntegro es una enfermedad que puede tratarse en el laboratorio de hemodinámica mediante la perforación de la válvula pulmonar (cáteteres de radiofrecuencia, extremo rígido de una guía metálica) y posterior dilatación de la misma mediante balón con resultados aceptables (procedimiento con éxito en > 80% de casos, aunque un número importante de pacientes precisará una fistula quirúrgica como fuente adicional de flujo pulmonar)<sup>46,47</sup>.

La valvuloplastia aórtica es una alternativa a la valvulotomía quirúrgica y para la mayoría de grupos es actualmente el tratamiento de primera elección en los casos de estenosis aórtica congénita<sup>44</sup>. A diferencia de la valvuloplastia pulmonar, la aparición de una insuficiencia valvular significativa (10-20% de casos) puede implicar consecuencias mayores en pacientes pediátricos (recambio valvular, intervención de Ross). Por otra parte, un 50% de pacientes requerirán una reintervención a largo plazo, fundamentalmente debido a una reestenosis

valvular<sup>45</sup>. En cualquier caso, estos resultados son comparables a los obtenidos mediante la valvulotomía quirúrgica.

En numerosos pacientes afectados de tetralogía de Fallot o atresia pulmonar, la intervención quirúrgica conlleva la aparición de una insuficiencia pulmonar grave o la implantación de un conducto valvulado que con el tiempo se hará progresivamente estenótico y/o insuficiente. La reparación de estas anomalías implica una reintervención quirúrgica con elevada morbimortalidad. En el año 2000, Bonhoeffer et al<sup>48</sup> diseñaron la primera válvula implantable por cateterismo, utilizando una válvula de vena yugular bovina cosida a un *stent*. Esta válvula ha sido implantada en posición pulmonar en 8 pacientes (edad media 15 años) con tetralogía de Fallot o atresia pulmonar operadas durante la infancia, que presentaban una estenosis y/o insuficiencia en los conductos ventrículo derecho-arteria pulmonar. En todos los casos la válvula se implantó con éxito, y el seguimiento a corto plazo evidenció la resolución completa de la insuficiencia pulmonar y la resolución al menos parcial de la estenosis<sup>49</sup>. El seguimiento a medio y largo plazo permitirá establecer el papel de esta técnica en el tratamiento de esta enfermedad residual de difícil manejo y con un número creciente de pacientes. En estos momentos existen ya numerosos prototipos de válvula percutánea en fase de experimentación animal, y sin duda, éste va a ser uno de los campos de la cardiología intervencionista con mayor desarrollo en los próximos años. Por otra parte, recientemente se ha publicado el primer caso de implantación de una válvula percutánea en posición aórtica con éxito<sup>50</sup>.

La cardiología intervencionista pediátrica permite en la actualidad tratar de manera eficaz y segura un gran número de cardiopatías congénitas. Al enorme desarrollo vivido en las últimas dos décadas se añadirán en los próximos años mejoras en las tecnologías ya existentes y la aparición otras nuevas. Así pues, aunque todavía en fase muy preliminar, en la actualidad ya se han completado con éxito intervenciones de tipo Fontan por cateterismo<sup>51,52</sup>; se está trabajando en el diseño de dispositivos para la reparación percutánea de insuficiencias valvulares<sup>53</sup>; en un intento de realizar un *banding* percutáneo se han implantado los primeros dispositivos para disminuir el flujo pulmonar<sup>54</sup>; se han comunicado los primeros cateterismos guiados por resonancia magnética (RM)<sup>55</sup> y, a pesar de unos resultados iniciales decepcionantes<sup>56</sup>, existen grandes expectativas en el campo del intervencionismo fetal, especialmente para el tratamiento de estenosis valvulares críticas<sup>57</sup>. Por lo tanto, en las próximas dos décadas asistiremos a una progresión de límites imprevisibles en el campo del intervencionismo pediátrico, lo cual comportará la posibilidad de tratar percutáneamente la mayoría de cardiopatías congénitas.

## BIBLIOGRAFÍA

- Rubio-Álvarez V, Limon RL, Soni J. Valvulotomías intracardíacas por medio de un catéter. *Arch Inst Cardiol Mexico* 1953;23:784-92.
- Rashkind WJ, Miller WW. Creation of an atrial septal defect without thoracotomy: A palliative approach to complete transposition of the great arteries. *JAMA* 1966;196:991-2.
- Moruno Tirado A, Santos de Soto J, Grueso Montero J, Maya Carrasco E, Gavilán Camacho J, Descalzo A. Implantación de *stent* en cardiología pediátrica. Resultados iniciales. *An Pediatr (Barc)* 2004;60:316-22.
- O'Laughlin MP, Perry SB, Lock JE, Mullins CE. Use of endovascular stents in congenital heart disease. *Circulation* 1991;83:1923-39.
- O'Laughlin MP, Slack MC, Grifka RG, Perry SB, Lock JE, Mullins CE. Implantation and intermediate follow-up of stents in congenital heart disease. *Circulation* 1993;88:605-14.
- Fogelman R, Nykanen D, Smallhorn JF, McCrindle BW, Freedom RM, Benson LN. Endovascular stents in the pulmonary circulation: Clinical impact on the management and medium-term follow-up. *Circulation* 1995;92:881-5.
- Agnoletti G, Boudjemline Y, Aggoun Y, Abdel-Massih TA, Bonnet C, Bonnet D, et al. Early complications of stenting in children and young adults with congenital heart disease. *Arch Mal Coeur Vaiss* 2003;96:473-8.
- Ing F. Stents: What's available to the pediatric interventional cardiologist? *Cathet Cardiovasc Intervent* 2002;57:374-86.
- Benson L, Ovaert C, Nykanen D, Freedom RM. Nonsurgical management of coarctation of the aorta. *J Intervent Cardiol* 1998;11:345-54.
- Piéchaud JF. Stent implantation for coarctation in adults. *J Interv Cardiol* 2003;16:413-8.
- Hamdan M, Maheshwari S, Fahey J, Hellebrand WE. Endovascular stents for coarctation of the aorta: Initial results and intermediate-term follow-up. *J Am Coll Cardiol* 2001;38:1524-7.
- McCrindle BW, Jones T, Morrow R, Hagler DJ, Lloyd TR, Nouri S, et al. Acute results of balloon angioplasty of native coarctation versus recurrent aortic obstruction are equivalent. *J Am Coll Cardiol* 1996;28:1810-7.
- Fawzy M, Sivanandam V, Galal O, Dunn B, Patel A, Rifai A, et al. One-to-ten year follow-up results of balloon angioplasty of native coarctation of the aorta in adolescents and adults. *J Am Coll Cardiol* 1997; 30:1542-6.
- 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;83:400-6.
- Harrison D, McLaughlin PR, Lazzam C, Connelly M, Benson LN. Endovascular stents in the management of coarctation of the aorta in the adolescent and adult: One year follow-up. *Heart* 2001;85:561-6.
- Varma C, Benson LN, Butany J, McLaughlin PR. Aortic dissection after stent dilatation for coarctation of the aorta: A case report and literature review. *Catheter Cardiovasc Interv* 2003;59:528-35.
- Shaddy R, Boucek M, Sturtevant RN, Ruttenberg HD, Jaffe RB, Tani LY, et al. Comparison of angioplasty and surgery for unoperated coarctation of the aorta. *Circulation* 1993;87:793-9.
- Ruiz CE, Gamra H, Zhang HP, García EJ, Boucek MM. Stenting of the ductus arteriosus as a bridge to cardiac transplantation in infants with the hypoplastic left-heart syndrome. *N Engl J Med* 1993;328:1605-8.
- Gewillig M, Boshoff DE, Dens J, Mertens L, Benson LN. Stenting the neonatal arterial duct in duct-dependent pulmonary circulation: New techniques, better results. *J Am Coll Cardiol* 2004;43:107-12.

20. Ing FF, Grifka RG, Nihill MR, Mullins CE. Repeat dilation of intravascular stents in congenital heart defects. *Circulation* 1995;92: 893-7.
21. Duke C, Rosenthal E, Qureshi SA. The efficacy and safety of stent redilatation in congenital heart disease. *Heart* 2003;89:905-12.
22. Ruiz CE. Use of intravascular stents in children with congenital heart disease, outside of the pulmonary arteries. *J Interv Cardiol* 1998;11:449-58.
23. Tsuji T, Tamai H, Igaki K, Kyo E, Kosuga K, Hata T, et al. Biodegradable polymeric stents. *Curr Interv Cardiol Rep* 2001;3:10-7.
24. Peuster M, Wohlsein P, Brüggemann M, Ehlerding M, Seidler K, Fink C, et al. A novel approach to temporary stenting: Degradable cardiovascular stents produced from corrodible metal - results 6-18 months after implantation into New Zealand white rabbits. *Heart* 2001;86:563-9.
25. King TD, Mills NL. Nonoperative closure of atrial septal defects. *Surgery* 1974;75:383-8.
26. Masura J, Gavora P, Formanek A, Hijazi Z. Transcatheter closure of secundum atrial septal defects using the new self-centering Amplatzer septal occluder: Initial human experience. *Catheter Cardiovasc Diagn* 1997;42:388-93.
27. Zanchetta M, Onorato E, Rigatelli G, Pedon L, Zennaro M, Carrozza A, et al. Intracardiac echocardiography-guided transcatheter closure of secundum atrial septal defect: A new efficient device selection method. *J Am Coll Cardiol* 2003;42:1677-82.
28. Omeish A, Hijazi ZM. Transcatheter closure of atrial septal defects in children and adolescents with the amplatzer septal occluder. *J Interv Cardiol* 2001;14:37-44.
29. Du ZD, Hijazi ZM, Kleinman CS, Silverman NH, Larntz K. Amplatzer Investigators. Comparison between transcatheter and surgical closure of atrial septal defects in children and adults: Results of a multicenter nonrandomized study. *J Am Coll Cardiol* 2002;39:1836-44.
30. Bridges ND, Perry SB, Keane JF, Goldstein SA, Mandell V, Mayer JE, et al. Preoperative transcatheter closure of congenital muscular ventricular septal defects. *N Engl J Med* 1991;324:1312-7.
31. Hijazi Z, Hakim F, Al-Fadley F, Abdelhamid J, Cao Q. Transcatheter closure of single muscular ventricular septal defects using the Amplatzer muscular VSD occluder: Initial results and technical considerations. *Catheter Cardiovasc Interv* 2000;49: 167-72.
32. Thanopoulos B, Tsaousis GS, Konstadopoulou GN, Zarayelyan AG. Transcatheter closure of muscular ventricular septal defects with the Amplatzer ventricular septal defect occluder: Initial clinical applications in children. *J Am Coll Cardiol* 1999;33: 1395-9.
33. Rodés J, Piéchaud JF, Ouaknine R, Hulin S, Cohen L, Magnier S, et al. Transcatheter closure of apical ventricular muscular septal defect combined with arterial switch operation in a newborn infant. *Catheter Cardiovasc Interv* 2000;49:173-6.
34. Fábrega-Sabaté J, Rodés-Cabau J, Piéchaud JF, Albert Brotons D, Casaldàliga Ferrer J, Goncalves A, et al. Percutaneous closure of a mid-muscular residual ventricular septal defect using the Amplatzer device. *Ann Pediatr* 2002;57:66-9.
35. Hijazi ZM, Hakim F, Haweleh AA, Madeni A, Tarawna W, Hiari A, et al. Catheter closure of perimembranous ventricular defects using the VSD occluder: Initial clinical experience. *Catheter Cardiovasc Interv* 2002;56: 508-15.
36. Thanopoulos BD, Tsaousis GS, Karanasios E, Eleftherakis NG, Paphitis C. Transcatheter closure of perimembranous ventricular septal defects with the Amplatzer septal defect occluder: Preliminary experience in children. *Heart* 2003;89:918-22.
37. Bass JL, Kalra GS, Arora R, Masura J, Gavora P, Thanopoulos BD, et al. Initial human experience with the Amplatzer perimembranous ventricular septal occluder. *Catheter Cardiovasc Interv* 2003;58:238-45.
38. Magee AG, Huggon IC, Seed PT, Qureshi SA, Tynan M. Transcatheter coil occlusion of the arterial duct; results of the European Registry. *Eur Heart J* 2001;22:1817-21.
39. Bermúdez-Cañete R, Santoro G, Bialkowski J, Herraiz I, Formigari R, Szkutaik M, et al. Patent ductus arteriosus occlusion using detachable coils. *Am J Cardiol* 1998;82:1547-9.
40. Hofbeck M, Bartolomaens G, Buheitel G, Esser R, Gravinghoff L, Hoffman W, et al. Safety and efficacy of interventional occlusion of patent ductus arteriosus with detachable coils: A multi-centre experience. *Eur J Pediatr* 2000;159:331-7.
41. Bikis AA, Alwi M, Hasri S, Haifa AL, Geetha K, Rehman MA, et al. The Amplatzer duct occluder: Experience in 209 patients. *J Am Coll Cardiol* 2001;37:258-61.
42. Faella HJ, Hijazi ZM. Closure of the patent ductus arteriosus with the Amplatzer PDA device: Immediate results of the international registry. *Catheter Cardiovasc Interv* 2000;15:50-4.
43. Godart F, Rodés J, Rey C. Severe haemolysis after transcatheter closure of a patent arterial duct with the new Amplatzer occluder. *Cardiol Young* 2000;10:265-7.
44. Allen HD, Beekman RH, Garson A, Hijazi ZM, Mullins C, O'Laughlin M, et al. Pediatric therapeutic catheterization. A statement for healthcare professionals from the council on cardiovascular disease in the young. American Heart Association. *Circulation* 1998;97:609-25.
45. Rao PS. Long-term follow-up results after balloon dilatation of pulmonic stenosis, aortic stenosis, and coarctation of the aorta: A review. *Prog Cardiovasc Dis* 1999;42:59-74.
46. Agnoletti G, Piéchaud JF, Bonhoeffer P, Aggoun Y, Abdel-Masih T, Boudjemline Y, et al. Perforation of the atretic pulmonary valve. Long-term follow-up. *J Am Coll Cardiol* 2003;41:1399-403.
47. Humpl T, Söderberg B, McCrindle BW, Nykanen DG, Freedom RM, Williams WG, et al. Percutaneous balloon valvotomy in pulmonary atresia with intact ventricular. Impact on patient care. *Circulation* 2003;108:826-32.
48. Bonhoeffer P, Boudjemline Y, Saliba Y, Hausse AO, Aggoun Y, Bonnet D, et al. Transcatheter implantation of a bovine valve in pulmonary position: A lamb study. *Circulation* 2000;102:813-6.
49. Bonhoeffer P, Boudjemline Y, Qureshi SA, Le Bidois J, Iserin L, Acar P, et al. Percutaneous insertion of the pulmonary valve. *J Am Coll Cardiol* 2002;39: 1664-9.
50. Cribier A, Eltchaninoff H, Bash A, Borenstein N, Tron C, Bauer F, et al. Percutaneous transcatheter implantation of an aortic valve prosthesis for calcific aortic stenosis. First human case description. *Circulation* 2002;106: 3006-8.
51. Hausdorf G, Schneider M, Konertz W. Surgical preconditioning and completion of total cavopulmonary connection by interventional cardiac catheterization: A new concept. *Heart* 1996; 75:154-9.
52. Murphy J, Mordison K, Nehyme R, Pizarro C, Norwood W. Catheter facilitated completion of Fontan procedure. *Circulation* 2003;17:IV-704.
53. Condado JA, Vélez-Gimón M. Catheter-based approach to mitral regurgitation. *J Interv Cardiol* 2003;16:523-34.
54. Boucek MM, Pietra BA, Mashburn C, et al. Combined primary interventional palliation of hypoplastic left heart syndrome. *Pediatr Cardiol* 2002;23:663.
55. Razavi R, Hill DL, Keevil SF, Miquel ME, Muthurangu V, Hedge S, et al. Cardiac catheterization guided by MRI in children and adults with congenital heart disease. *Lancet* 2003;362:1877-82.
56. Kohl T, Sharland G, Allan LD, Gembruch U, Ghaoui R, Lopes LM, et al. World-experience of percutaneous ultrasound-guided balloon valvuloplasty in human fetuses with severe aortic valve obstruction. *Am J Cardiol* 2000; 85:1230-33.
57. Gardiner H, Franklin R, Loughna P, Kumars S, Daubeney PE, Chaturvedi R, et al. Percutaneous fetal valvuloplasty - case selection and outcome. *Circulation* 2003;17: IV-495.