

TERAPÉUTICA

Experiencia con el *stent* de Palmaz en la estenosis de rama pulmonar

Juan Alcibar*, José Ramón Rumoroso*, Alberto Cabrera**, Agustín Oñate*, Natividad Peña*, José Ignacio Arana*, José Ignacio Barrenetxea*, José Miguel Galdeano**, Esteban Pastor**, Juan González-Liébanas*, Alberto Llorente*** y Pablo Martínez***

*Sección de Hemodinámica. Servicio de Cardiología. **Sección de Cardiología Pediátrica.

***Servicio de Cirugía Cardiovascular. Hospital de Cruces. Baracaldo. Vizcaya.

cardiopatías congénitas/ estenosis pulmonar/ arteria pulmonar/ implante de stent/ prótesis de palmaz-schatz

Introducción y objetivos. El *stent* de Palmaz (Johnson & Johnson Interventional Systems) expandible con balón se utiliza para el tratamiento de las cardiopatías congénitas desde 1989. Este estudio describe los resultados y la técnica de su implantación para el tratamiento de las estenosis de rama pulmonar nativa y secundaria a la retracción cicatrizal posquirúrgica en nuestro medio.

Materiales y métodos. Desde el mes de febrero de 1995 a junio de 1996, hemos aplicado la técnica en 11 niños/jóvenes sintomáticos con estenosis de rama pulmonar, con una edad media de 11 ± 2 años. Se realizaron 14 procedimientos y se implantaron 16 *stents*. Como patología de base presentaban: 7 tetralogía de Fallot con corrección total previa, uno síndrome de Noonan con comunicación interauricular operada, uno aneurisma del tronco pulmonar con estenosis valvular y de rama con cirugía previa, uno atresia pulmonar del septo íntegro con valvulotomía quirúrgica y posterior valvuloplastia percutánea con buen desarrollo ventricular posterior y uno atresia tricuspídea con Waterston previo que estenosaba la rama derecha con posterior Fontan modificado y estrechamiento severo de rama pulmonar media e inferior derecha. Se encontraban afectados los ostium de rama en 5 casos y uno de ellos de forma bilateral con hipoplasia difusa de rama derecha. Nueve de las estenosis fueron nativas y 4 secundarias a cirugía previa (2 Waterston, 1 Blalock-Taussig y 1 Fontan). La vía de acceso fue la vena femoral derecha y/o izquierda en todos los casos menos en 2, en los que se realizó vía yugular interna. Se siguió la técnica descrita en la experiencia Boston-Houston, con guía de alto soporte y vaina de Mullins hasta el punto de la estenosis.

Resultados. El procedimiento fue efectivo en todos los casos menos en uno. El diámetro de la rama pulmonar fue de 11 ± 3 mm, el del balón de 14 ± 2 mm y su relación 1,2. El diámetro de la estenosis aumentó de $4,8 \pm 1$ a 11 ± 2 mm ($p < 0,001$) con re-

ducción del porcentaje del 63 ± 5 al $2 \pm 1\%$ ($p < 0,001$). El gradiente descendió de 30 ± 5 a 5 ± 1 mmHg ($p < 0,001$) y la presión sistólica del ventrículo derecho de 77 ± 6 a 48 ± 3 mmHg ($p < 0,01$). El seguimiento fue de 10 ± 3 meses, objetivándose una mejoría sintomática y de la perfusión isotópica. Se comprobaron angiográficamente 6 pacientes/9 *stents* a los 8 ± 4 meses, excluyéndose trombosis, aneurismas y oclusión de ramas segmentarias o lobares interpuestas. En un caso observamos reestenosis proximal al *stent* por no cubrir la malla toda la estenosis y se reimplantó otro *stent* solapado. Se reexpandieron 3 de ellos/4 *stents* aumentando sensiblemente su diámetro inicial.

Complicaciones. Migración del *stent* en un caso con extracción quirúrgica.

Conclusiones. La implantación del *stent* de Palmaz es un procedimiento eficaz para el tratamiento de la estenosis pulmonar nativa o posquirúrgica. Es posible su aplicación en formas hipoplásicas y ostiales. Se confirma la validez de la reexpansión a medio plazo.

EXPERIENCE WITH THE PALMAZ STENT IN THE PULMONARY ARTERY STENOSIS

Introduction and objectives. Since 1989, the balloon expandable Palmaz stent (Johnson & Johnson Interventional Systems) has been used for the treatment of congenital heart disease. This study reports the results and the technique used for its implantation in native and post surgical retraction pulmonary branch stenosis.

Materials and methods. From february 1995 to june 1996, we have performed this technique in 11 symptomatic children/adolescents with pulmonary branch stenosis, the mean age was 11 ± 2 years. Fourteen procedures were made and 16 stents were implanted. The mean condition of the patients was: 7 with tetralogy of Fallot after a previous complete correction, 1 with Noonan syndrome and a surgically corrected atrial septal defect, 1 with pulmonary trunk aneurysm and a previous

Correspondencia: Dr. J. Alcibar.
Avda. de Algorta, 60, 2.º D.
48990 Getxo. Vizcaya.

Recibido el 12 de agosto de 1996.

Aceptado para su publicación el 21 de noviembre de 1996.

surgical correction for pulmonary valve and branch stenosis, 1 with pulmonary atresia and an intact septum who underwent a surgical valvotomy and posterior percutaneous valvuloplasty with a good ventricular development, and final was a tricuspid atresia with a previous Waterston anastomosis which produced a stenosis at the right pulmonary branch who underwent a modified Fontan operation with the result of a severe stenosis at the medial and inferior right pulmonary artery. The branch ostium was affected in five cases, and in one case with diffuse hypoplasia of the right branch, the stenosis was at both sites. The stenosis was native in nine cases and post surgery in the other five (2 Waterston, 1 Blalock-Taussig, 1 Fontan). We used the right and/or left femoral vein in all cases except two, in which we used the internal jugular vein. We followed the technique reported by the Boston-Houston experience, with an extra stiff guide and Mullins sheath towards the site of the stenosis.

Results. The procedure was effective in all cases except one. The mean pulmonary branch and balloon diameter was 11 ± 3 mm and 14 ± 2 mm, respectively, rate 1.2. The stenosis diameter rose from 4.8 ± 1 to 11 ± 2 mm ($p < 0.001$) with a percentage fall from 63 ± 5 to $2 \pm 1\%$ ($p < 0.001$). The pressure gradient fell from 30 ± 5 to 5 ± 1 mmHg ($p < 0.001$) and the right ventricle systolic pressure fell from 77 ± 6 to 48 ± 3 mmHg ($p < 0.01$). The mean follow-up was 10 ± 3 months, a symptomatic and pulmonary perfusion improvement was seen. After 8 ± 4 months, we evaluated six patients/nine stents with angiography, and we excluded thrombosis, aneurysms and occlusion of lobar or segmental branches. One case had a proximal stent re-stenosis as it did not cover the whole stenosis, so a new stent was implanted. Three patients/four stents underwent redilatation getting a slightly higher diameter than previously.

Complications. One patient had a stent migration and he underwent surgical stent retrieval.

Conclusions. Implantation of the Palmaz stent is a useful procedure for the treatment of native or post-operative pulmonary stenosis. It is possible to apply it to hypoplastic and ostial pulmonary stenosis. We confirm the effectiveness of redilatation at mid term.

(*Rev Esp Cardiol* 1997; 50: 179-186)

INTRODUCCIÓN

Conocidos los resultados con el *stent* de Palmaz (Johnson & Johnson)¹⁻⁴ en experimentación animal²⁻⁷ y los subsiguientes estudios clínicos de buenos resultados⁸⁻¹⁶, comenzó nuestra experiencia a principios de

1995. El propósito del estudio ha sido evaluar la eficacia de la implantación de este *stent* en la estenosis de rama pulmonar congénita o nativa y secundaria a cirugía previa en nuestro medio.

El *stent* de Palmaz expandible con balón está diseñado para soportar las paredes vasculares tras la dilatación con balón permaneciendo la estructura expandida por un tiempo que puede ser indefinido. Se entiende así su aplicación por los resultados desfavorables conocidos de la angioplastia convencional en rama pulmonar. Debido al retroceso elástico y a la retracción cicatrizal posquirúrgica se produce reestenosis inmediata que obliga a sobredilatar el área estenótica con el riesgo de graves complicaciones^{17,18}. Es indudable el interés clínico al mejorar el pronóstico de los pacientes y en concreto al reducir el índice de muerte súbita conocida en la tetralogía de Fallot con estenosis de rama residual¹⁹.

MATERIALES Y MÉTODOS

Pacientes

Desde el mes de febrero de 1995 hasta junio de 1996 hemos realizado angioplastia e implantación de 16 *stents* de Palmaz en 14 procedimientos a 11 jóvenes/niños, 3 varones y 8 mujeres con edad media de 11 ± 2 años, todos ellos con estenosis de rama pulmonar (tabla 1).

Siete casos presentaban como patología de base una tetralogía de Fallot con corrección quirúrgica total previa, con un tiempo medio desde la cirugía de 7 ± 5 años (casos 1, 2, 4, 5, 6, 7 y 9). Uno presentaba un síndrome de Noonan con comunicación interauricular corregida (caso 3). Un caso tenía estenosis valvular y supra-ventricular pulmonar con aneurisma de tronco y cirugía previa sobre válvula y rama (caso 8). Había un caso de atresia pulmonar del septo íntegro con valvulotomía quirúrgica y posterior valvuloplastia percutánea con buen desarrollo ventricular evolutivo (caso 10), así como un caso de atresia tricuspídea y Waterston previo que estenosaba la rama pulmonar derecha; se realizó ampliación de esta rama mediante parche de pericardio autólogo tratado con glutaraldehído y Fontan modificado con túnel de Goretex interauricular fenestrado, produciéndose por retracción del parche de pericardio una estenosis severa con gradiente de 5 mm en la unión Fontan-rama izquierda (caso 11).

En 5 casos, la estenosis fue de la rama principal izquierda, en otros 4 de la rama principal derecha y en 2 bilateral (uno de ellos en ambas ramas principales y otro en la rama principal izquierda y lobar inferior derecha). Se encontraban afectados los ostium de ramas en 5 casos, en uno de ellos de forma bilateral con hipoplasia difusa de rama derecha. Nueve de las estenosis fueron consideradas nativas y 4 secundarias a ciru-

TABLA 1
Material. Pacientes

Caso	Edad (años)	Sexo	Cardiopatía de base	Causa de la estenosis	Rama afectada	Acceso	N.º de procedimientos	Stent
1	4	V	TFct	BT	I	F	1	2 P204
2	16	V	TFct	WAT	D	Y	2	2 P308
3	21	M	Noonan + CIA	NAT	D	F	1	1 P308
4	5	M	TFct	NAT + NAT	I + D	F	2	1 PS204 1 P204
5	11	M	TFct	WAT	D	F	1	1 P204
6	15	M	TFct	NAT	I	F	1	1 P308
7	17	M	TFct	NAT + NAT	I + D	F	2	2 P308 1 P204
8	3	M	EVP + ESP	NAT	D	F	1	1 P294
9	13	M	TFct	NAT	I	F	1	1 P308
10	13	V	APSI	NAT	I	F	1	1 P204
11	5	M	AT + WAT + Fontan	Fontan	D	Y	1	1 P204

APSI: atresia pulmonar del septo íntegro; AT: atresia tricuspídea; BT: Blalock-Taussig; CIA: comunicación interauricular; D: derecha; ESP: estenosis supraavalvular pulmonar; F: femoral; M: mujer; I: izquierda; EVP: estenosis valvular pulmonar; NAT: nativa; TFct: tetralogía de Fallot corrección total; V: varón; WAT: Waterston; Y: yugular.

gía o retracción cicatrizal (2 Waterston, 1 Blalock-Taussig y 1 Fontan).

Todos los pacientes presentaban incapacidad o intolerancia para el ejercicio variable con hipertensión ventricular moderada o severa. Se valoró especialmente a los 4 niños de más corta edad indicándose la implantación únicamente tras el fracaso de la angioplastia convencional y por sintomatología severa: dos de ellos con disnea y fatigabilidad importante (casos 4 y 8), uno por hemoptisis repetitivas amenazantes para su vida (caso 1) y el caso 11 con derrame pleural persistente tras dos meses de evolución poscirugía del Fontan. Todos los pacientes habían sido operados previamente, lo que añadía riesgo al acceso quirúrgico.

Material

Se utilizó en todos los casos el *stent* de Palmaz periférico Johnson & Johnson, que consiste básicamente en una malla de acero inoxidable dilatada con balón y capaz de soportar las estructuras vasculares tras su expansión. Se comercializan de forma independiente, de tal forma que deben montarse sobre el balón de angioplastia convencional. Los dos tipos que se describen son el mediano, que debe ir con vaina de Mullins del 8F y rango de expansión de 4 a 14 mm y el grande, que precisa vaina de Mullins del 11F con rango de expansión de 8 a 18 mm. En nuestra experiencia implantamos 16 *stents*: 7 P204, 1 PS204 (articulado), 1 P294 y 7 P308; las dos primeras cifras indican la longitud y la tercera la expansión mínima. Se tuvieron muy en cuenta a la hora de la expansión las mediciones realizadas sobre diámetro del vaso/estenosis y longitud del *stent* con la tabla de acortamientos.

Método

En todos los casos, previamente al procedimiento se realizaron un estudio cardiológico completo y un estudio de perfusión pulmonar con isótopos para su comparación post-*stent*. Se utilizó una gammacámara General Electric con colimador de baja energía y cuantificación en dos proyecciones, anterior y posterior, tras la inyección de microesferas de albúmina (0,3 µg/kg) marcadas con ^{99m}Tc.

Todos los procedimientos se hicieron con anestesia y/o sedación parcial. Se realizó acceso percutáneo venoso doble femoral y/o yugular registrando gradientes en ramas con inyección de contraste en tronco/ramas en proyecciones: AP craneal, OAD 30° y OAI 60° Cr 25°. Seguidamente se realizó procesado de la imagen digital y estudio de las dimensiones del segmento estenótico mediante el sistema de cuantificación de la estenosis (Siemens-Digitron) que nos calcula el diámetro luminal estenótico, el diámetro del vaso y la longitud de la estenosis. En todos los procedimientos se realizó angioplastia convencional con catéter balón Balt (Montmorency-France) de diámetro 3 a 4 veces superior a la estenosis y a presión nominal hasta hacer desaparecer la indentación del balón. Durante el inflado fue importante el comportamiento balón/estenosis considerándose de elección aquellos casos en que la indentación desaparecía y volvía a reaparecer en los siguientes inflados. Se desestimaron 4 casos para la implantación de *stent*: uno de ellos por persistencia de la estenosis con imposibilidad de hacer desaparecer la indentación a pesar de alcanzarse grandes presiones de inflado y otros tres por ser estenosis moderadas con aceptable resultado angiográfico tras la dilatación convencional. Tras la predilatación se introdujo guía

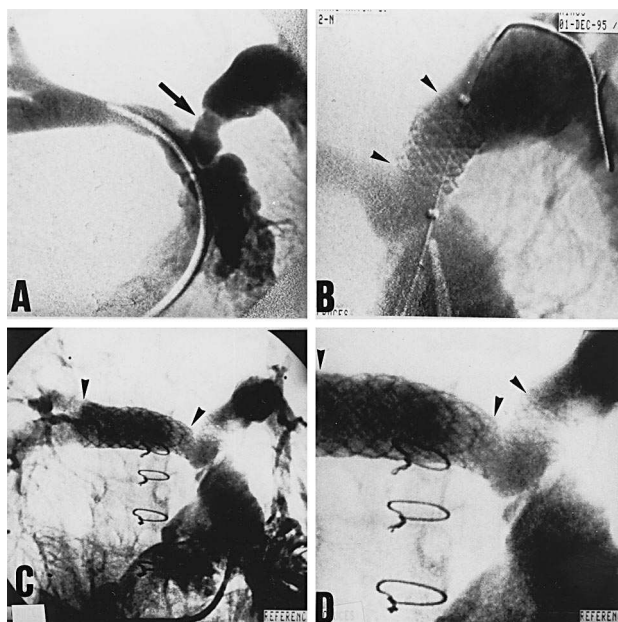


Fig. 1. Caso 7: tetralogía de Fallot; A: estenosis nativa en el ostium de la rama izquierda (flecha) e hipoplasia de la rama derecha; B: stent P204 expandido (puntas de flecha) con catéter balón 12 x 20 en el origen de rama izquierda; C y D: implantación seriada de 2 P308 expandidos secuencialmente (puntas de flecha) con catéter balón 15 x 30 en rama derecha.

de 0,035 pulgadas extrarrígida de 260 cm tipo Amplatz para la vaina de Mullins del 11F con *stent* grande y de 0,020 pulgadas pediátrica para vaina del 8F con *stent* mediano. Se alojó la guía rígida lo más distalmente posible en la arteria pulmonar y tras la preformación de la vaina de Mullins, se introdujo ésta cuidadosamente pasando la estenosis. Seguidamente se administró heparina sódica a dosis de 150 U/kg y se montó el *stent* en un balón de longitud similar al *stent*. Se introdujo el *stent*-balón por el Mullins hasta llegar al punto de estenosis. En ocasiones fue dificultoso el paso por el tracto de salida del ventrículo derecho, por lo que el *stent*-balón se curvó ligeramente.

Una vez en el punto de estenosis, se retrajo la vaina de Mullins descubriendo el *stent*. Para lograr precisión en la implantación nos ayudamos de angiografías consecutivas a través de la vaina de Mullins o por el catéter contralateral. Seguidamente se hinchó el catéter balón a presión nominal fijando el *stent* en la pared arterial, seguido de otra segunda dilatación. Finalmente, se procedió a la arteriografía pulmonar en tronco o selectiva y valoración hemodinámica.

A todos los pacientes se les administró una dosis de cefalotina de 40 mg/kg y se anticoaguló con heparina sódica a dosis de 100 U/kg durante el procedimiento. En las siguientes 24 horas se mantuvo una infusión de heparina de 20-30 U/kg y se continuó con antibiótico 8 días. Se realizó tratamiento antiagregante con ticlopidina o aspirina durante 6 meses.

Desde el punto de vista estadístico, los valores fueron expresados como media y desviación estándar, comparándose las medias apareadas con la prueba de la t de Student mediante el test de Wilcoxon con significación $p \leq 0,05$.

RESULTADOS

El procedimiento fue efectivo en todos los casos menos en uno (caso 10). Se implantaron 16 *stents* de Palmaz en 11 pacientes con diámetro de rama pulmonar de 11 ± 3 mm, diámetro de balón de 14 ± 2 mm y su relación de 1,2. Se obtuvo un aumento significativo del diámetro de la estenosis de $4,8 \pm 2$ a 11 ± 2 mm ($p < 0,001$), con reducción del porcentaje de la estenosis del 63 ± 5 al $2 \pm 1\%$ ($p < 0,001$) (figs. 1, 2, 3, 4). El gradiente transtenosis descendió de 30 ± 5 a 5 ± 1 mmHg ($p < 0,001$) y la presión sistólica del ventrículo derecho de 77 ± 6 a 48 ± 3 mmHg ($p < 0,01$). En los casos 2 y 4 con tetralogía de Fallot, como patología de base, previamente a la implantación del *stent* se realizó valvuloplastia pulmonar con efectividad ante la coexistencia de estenosis de dicha válvula. En 3 casos con estenosis de rama muy severa observamos una

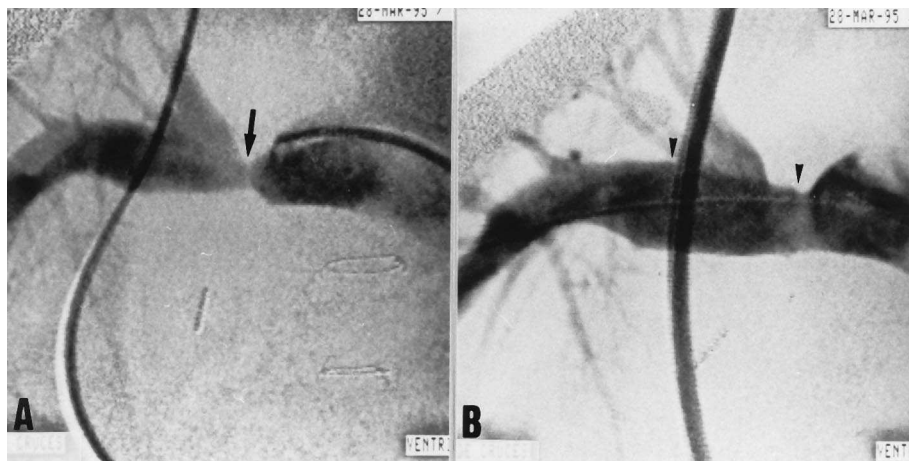


Fig. 2. Caso 2: tetralogía de Fallot. Acceso yugular; A: estenosis severa de rama derecha (flecha) secundaria a Waterston; B: angioplastia e implantación de stent P308 expandido (puntas de flecha) con catéter balón 15 x 30 con aparente buen resultado.

Fig. 3. Caso 1: tetralogía de Fallot con corrección total y Blalock-Taussig previo; A: estenosis crítica en el punto de inserción del injerto (flecha) e hipoplasia de esta rama por flujo reducido; B: implantación de 2 stents P204 seriados (puntas de flecha) con catéter balón 8 × 20. Solución de la estenosis y mejor diámetro de la rama.

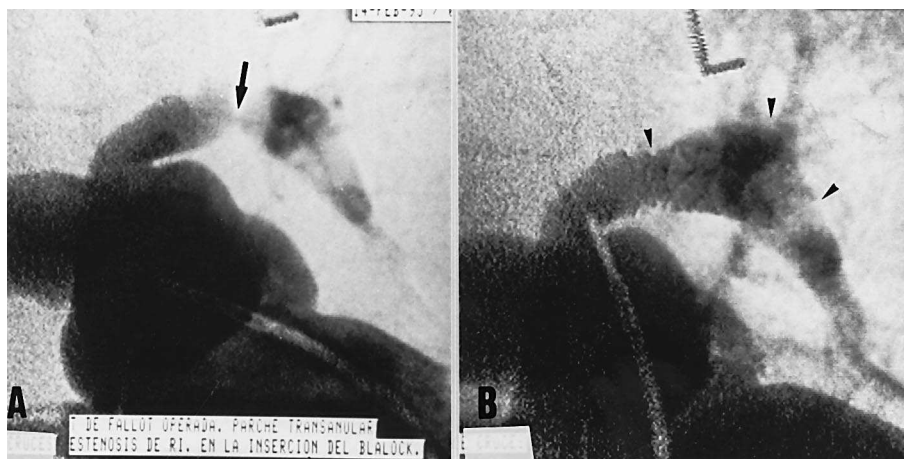
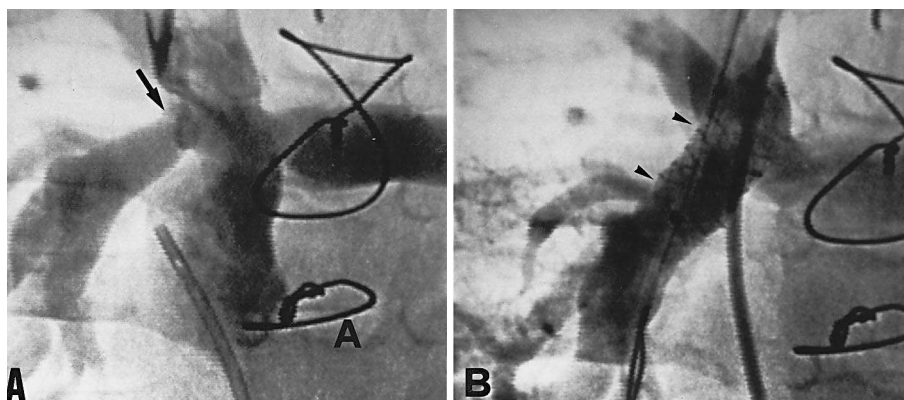


Fig. 4. Caso 11: atresia tricuspídea con Waterston previo y Fontan modificado. Acceso yugular; A: estenosis severa en la unión del Fontan con la gran rama lobar media-inferior derecha (flecha); B: stent P204 expandido (puntas de flecha) con catéter balón 12 × 20. Solución de la estenosis y del gradiente.



gran mejoría comparativa de la perfusión angiográfica de dicho pulmón. Se obtuvo un buen resultado en 5 casos de estenosis ostial y en uno de ellos bilateral asociado a hipoplasia de rama derecha en el que realizamos técnica seriada solapando 2 stents (fig. 1).

El seguimiento clínico fue de 10 ± 4 meses (1-18) y encontramos una mejoría de la disnea y la capacidad de ejercicio en todos los pacientes, aunque esto no fue objetivado. Con gran satisfacción, observamos la desaparición de la hemoptisis en el caso 1 (fig. 3) y el cese de la efusión pleural persistente en el caso 11 (fig. 4). Se comprobaron angiográficamente 6 pacientes/9 stents, a los 8 ± 4 meses, persistiendo una excelente luz del vaso en 8 de ellos con ausencia de trombosis, oclusión de ramas laterales o reestenosis. El caso 2 presentó reestenosis proximal al stent en la rama derecha al no cubrirse con la malla toda la extensión de la estenosis; se implantó un segundo stent P308 solapado con el primero por el mismo acceso yugular y buen resultado. En los casos 1, 4 y 8 con el fin de mejorar el resultado y adecuar el calibre al crecimiento del paciente, redilatamos 4 stents demostrán-

dose un aumento cuantificado de diámetros de 1, 2 y 3 mm a los 6, 7 y 16 meses del implante inicial.

Los estudios de perfusión con isótopos demostraron en las estenosis unilaterales una sensible mejoría de perfusión salvo en el caso 11, en el que este estudio no se realizó: para el pulmón derecho del 30 ± 5 al $57 \pm 4\%$ y para el pulmón izquierdo del 23 ± 2 al $42 \pm 3\%$.

COMPLICACIONES

En el caso 3 al comienzo de la experiencia, el stent quedó mal expandido por una retirada insuficiente de la vaina de Mullins redilatándose posteriormente con efectividad y en el lugar adecuado con resolución de la estenosis. En el caso 10, una vez implantado el stent en el origen de la rama izquierda se produjo una migración del mismo al tronco pulmonar. Se consiguió conducirlo a la rama lobar inferior derecha donde se reimplantó, pero al día siguiente, debido a su expansión y acortamiento, se colocó transversal a la luz. Se propuso extracción percutánea a lo que la familia se negó, realizándose extracción quirúrgica.

DISCUSIÓN

Por los estudios de experimentación animal, son conocidos los buenos resultados de la implantación del *stent* de Palmaz en las estenosis vasculares. Histológicamente se observa recubrimiento endotelial de la malla de forma temprana²⁻⁷, incluso a la semana de la implantación³. La malla queda en la media del vaso produciéndose una ligera fibrosis y reducción de fibras musculares con fragmentación de la lámina elástica interna respetándose la lámina externa y la adventicia⁶. Las áreas de ramificación del vaso son respetadas por la endotelización sin obstrucción de flujo y con recubrimiento de los brazos metálicos por una fina capa de fibrina⁶.

Aunque nuestra serie no es muy extensa, debe tenerse en cuenta que corresponde a la experiencia de un único centro, cuando la mayoría de los estudios publicados son multicéntricos^{9,10,15,20}. Los resultados obtenidos son buenos, cumplen los criterios de Rothman¹⁷ y corresponden a una curva de aprendizaje donde las dificultades y el mayor número de complicaciones pueden ser importantes²¹. Describimos, como en otras publicaciones^{9-11,13-15}, un alto porcentaje de casos de tetralogía de Fallot, lo cual es lógico, debido a que esta patología en sí misma cursa con estenosis nativa de rama y con frecuencia exige cirugía previa paliativa que puede estenotar-distorsionar la rama pulmonar. De una forma más aislada también es conocida la implantación del *stent* tras la cirugía del Fontan, ya sea sobre *baffle* intraauricular o sobre la rama pulmonar^{9-11,14}.

Hemos seguido la técnica descrita en el estudio del Texas Children's Hospital de Houston y Children's Hospital de Boston⁹⁻¹⁰, donde se detalla el método en diferentes situaciones: 1) implantación en serie para la estenosis de más de 2 cm alojando primero el distal y solapando el proximal; 2) implantación simultánea para estenosis bilateral descrita por Mullins, con el fin de salvaguardar el ostium de rama contralateral y proteger el balón de la rotura por el *stent* opuesto, y 3) implantación paralela para la estenosis de rama lobar superior y media en su origen con hinchado simultáneo, etc. Como comunica el estudio Boston-Houston referido, el acceso preferencial fue la vena femoral derecha o izquierda. En dos casos y 3 procedimientos usamos la vía yugular interna, en uno de ellos por interrupción de cava inferior implantando dos *stents* en dos procedimientos sobre rama derecha, como previamente fue descrito por Lock⁹ para facilitar el acceso y apoyo para la rama izquierda, y en el caso 11. En este niño, la unión del Fontan-rama izquierda desde el acceso femoral presentaba una severísima angulación, ante lo cual de primera intención elegimos la vía yugular, lo que hizo posible la implantación sin dificultad. En todos los casos procuramos tener control angiográfico mediante otro catéter venoso para asegurar

una buena posición del *stent* antes del hinchado del balón como ha sido también recomendado⁹. Recientemente, se ha publicado una variante al método tradicional seguido en esta experiencia. Se trata de la técnica descrita por el grupo de la Universidad de Minnesota²² y consiste básicamente en sustituir el introductor de la vaina de Mullins por el balón-*stent* montado, haciendo avanzar todo el conjunto por la guía de soporte, lo que permite reducir el grosor de la vaina, utilizando catéteres-balón de menos perfil. Debe tenerse en cuenta que una dificultad habitual en este procedimiento es el paso del catéter balón-*stent* por las curvas que hace la vaina a través de estructuras cardíacas. Con el fin de facilitar el acceso, se ha publicado recientemente la experiencia con el catéter balón de Olbert^{20,23} que tiene textura de nailon, soporta presiones moderadamente elevadas, pasa por curvaturas de vaina marcada y tortuosidades, previene el deslizamiento del *stent* en el hinchado y adquiere un perfil ideal al deshincharse, anulando la posibilidad de descolocación por arrastre del *stent* al retirar el catéter balón.

Los estudios de seguimiento a medio plazo demuestran la persistencia de los buenos resultados obtenidos. Se produce una mínima proliferación intimal con una fina capa de hiperplasia de 1 a 2 mm de grosor entre la malla del *stent* con ausencia de trombosis quedando resuelta la estenosis^{8-10,12-16}, lo que concuerda con los resultados de experimentación animal⁵⁻⁷. Así como en la vena pulmonar es frecuente la reestenosis⁸, en la arteria pulmonar es rara, aunque se ha descrito algún caso aislado^{10,13-16}. En el caso del estudio Boston-Houston, los *stents* fueron implantados en serie pero no solapados, lo que permitió la presencia de un anillo de tejido no sellado, que fue redilatado posteriormente¹⁰. En uno de nuestros casos apreciamos reestenosis al segundo mes y también fue debido a un recubrimiento parcial de la estenosis, solucionándose con otro *stent* solapado. La experiencia más amplia con control angiográfico corresponde al estudio de Ing et al¹⁶ con 163 *stents* implantados, comprobación de 73 de ellos, con una cifra de reestenosis del 3%.

Como en esta experiencia, los buenos resultados angiohemodinámicos suponen sin duda una buena evolución clínica de los pacientes con mejoría de la perfusión pulmonar en los estudios isotópicos^{9,10,12,15}. En nuestro medio, indicamos la implantación del *stent* con preferencia en adolescentes o adultos con desarrollo del árbol pulmonar y cuando la angioplastia convencional no soluciona la estenosis o hipertensión ventricular. En los más jóvenes y niños, la indicación se apoya, además de lo referido, en la clínica y siempre con previo intento de angioplastia. Los cuatro enfermos más jóvenes de nuestra serie presentaban sintomatología severa y en 3 se realizó la reexpansión a un diámetro más favorable para la adolescencia, como recomiendan estudios previos, para evitar que,

con el desarrollo, se pueda crear una estenosis relativa^{9,10,15,16}. Los trabajos experimentales demuestran la efectividad de la reexpansión en el animal en desarrollo; la redilatación ejerce una deformación plástica de la neointima sin disección de la misma o hemorragia medial-adventicial, preservándose la estructura del vaso^{5,24-26}. La experiencia clínica en este sentido y a medio plazo mejora los resultados obtenidos^{9,10,13,15,16}, sobre todo en los que tienen menor proliferación intimal, con peores resultados cuando se trata de casos con previa hipoplasia difusa de arterias pulmonares¹³. Es interesante resaltar que para los pacientes con una mejoría inicial parcial, la implantación del *stent* puede alterar las características del área fibrótica no distensible, quizá por la presión radial ejercida por la malla y puede hacerla más favorable para posteriores redilataciones²⁷, como se describe en la serie de O'Laughlin et al⁹.

Aunque el *stent* de Palmaz es altamente resolutivo en la estenosis de rama pulmonar y evita una cirugía de riesgo y de resultados no del todo favorables, debe reconocerse que no está exento de complicaciones que pueden ser graves, recomendándose su realización por parte de un hemodinamista experto²¹. Como en nuestra experiencia, se describen malposición, embolización o migración del *stent* con extracción quirúrgica en la mayoría de los casos o expansión en otro segmento de la arteria pulmonar o en otro vaso^{9,10,12-14}, habiéndose publicado algún caso de extracción percutánea²⁸. En nuestro caso consideramos que la migración de la rama izquierda al tronco se produjo por la interferencia del balón deshinchado con la malla del *stent* que arrastró el implante. Quizá en un futuro la técnica con el balón de Olbert, con la ventaja de su bajo perfil de deshinchado, pueda evitar este desastre^{20,23}. Otra complicación seria y frecuente es la rotura del balón con expansión parcial del *stent*^{9,12-14}. Ante esta situación se recomienda avanzar el *sheath* para mantener en posición el *stent* e intercambiar el catéter balón⁹. Recientemente se está insistiendo en el empleo de catéteres balón de alta presión y resistentes al pinchazo o laceración por el *stent*²¹. La contrapartida al manejo de altas presiones puede ser la rotura o disección de la arteria que debe ser sellada por el propio *stent*^{9,10}. Otra complicación seria es la oclusión o trombosis de una rama principal resuelta mediante trombolíticos^{13,15} o heparina intrapulmonar⁹. La causa de la oclusión hace referencia a la interposición del catéter en una estenosis muy severa⁹ o por defecto en el deshinchado del balón¹⁵. Otros problemas descritos son el compromiso de rama lobar por interposición del *stent*¹⁵, el embolismo gaseoso a través de la vaina de Mullins⁹ y algún caso de hemorragia en el lugar de punción¹³. En la experiencia Boston-Houston se describen 2 fallecimientos, ninguno de ellos en relación directa con la implantación del *stent* en la arteria pulmonar; uno de ellos fue un postoperatorio de Fontan con *stent* bien

posicionado en la rama izquierda con proceso trombótico en aurícula derecha y embolismo fatal⁹ y el otro en el postoperatorio de un homoinjerto ventrículo-pulmonar estenótico, el *stent* causó regurgitación masiva al interferir con el cierre valvular¹⁰. Sin embargo, en la serie de Hijazi et al¹⁴ en un caso de tetralogía de Fallot y agenesia de válvula pulmonar se produjo perforación con la guía en rama lobar superior con hemoptisis masiva y muerte horas después del procedimiento.

CONCLUSIONES

1. El *stent* de Palmaz es eficaz para el tratamiento de la estenosis de rama pulmonar incidiendo en la mejoría sintomática y de perfusión pulmonar.
2. Se demuestra su efectividad tanto para la estenosis nativa como secundaria a retracción cicatrizal postquirúrgica.
3. Posibilidad de aplicación en estenosis largas/forma hipoplásica con técnica seriada y de formas ostiales, donde es importante la precisión en la expansión.
4. La reexpansión es posible a medio plazo para adecuar el diámetro de rama al desarrollo del niño.

BIBLIOGRAFÍA

1. Palmaz JC, Richter GM, Noeldge G, Schatz RA, Robinson PD, Sardiner GA Jr et al. Intraluminal stents in atherosclerotic iliac artery stenosis: preliminary report of a multicenter study. *Radiology* 1988; 168: 727-731.
2. Palmaz JC, Windeler SA, Garcia F, Fio FO, Gibbit RR, Renter SR. Atherosclerotic rabbit aortas: expandable intraluminal grafting. *Radiology* 1986; 160: 723-726.
3. Palmaz JC, Tio FO, Schatz RA, Avarado R, Rees C, Garcia O. Early endothelization of balloon-expandable stents: experimental observations. *J Intervent Radiol* 1988; 3: 119-124.
4. Schatz RA, Palmaz JC, Tio FO, Garcia O, Renter SR. Balloon expandable intracoronary stents in the adult dog. *Circulation* 1987; 76: 450-457.
5. Grifka RG, Vick III GW, O'Laughlin MP, Myers TJ, Morrow WR, Nihill MR et al. Balloon expandable intravascular stents: aortic implantation and late further dilatation in growing mini pigs. *Am Heart J* 1993; 126: 979-984.
6. Benson LN, Hamilton F, Dasmahapatra H, Rabinowitch M, Coles JC, Freedom RM. Percutaneous implantation of a balloon-expandable endoprosthesis for pulmonary artery stenosis: an experimental study. *J Am Coll Cardiol* 1991; 18: 1.303-1.308.
7. Mullins CE, O'Laughlin MP, Vick III GW, Mayer DC, Myers TJ, Kearney DL et al. Implantation of balloon-expandable intravascular grafts by catheterization in pulmonary arteries and systemic veins. *Circulation* 1988; 77: 188-199.
8. Mendelsohn AM, Bove EL, Lupinetti FM, Crowley DG, Lloyd TR, Fedderley RT et al. Intraoperative and percutaneous stenting of congenital pulmonary artery and vein stenosis. *Circulation* 1993; 88 (Supl 2): 210-217.
9. O'Laughlin MP, Perry SP, Lock JE, Mullins CE. Use of endovascular stents in congenital heart disease. *Circulation* 1991; 83: 1.923-1.939.
10. O'Laughlin MP, Slack MC, Grifka RG, Lerry SB, Lock JE, Mullins CE. Implantation and intermediate-term follow-up of stents in congenital heart disease. *Circulation* 1993; 88: 605-614.

11. Nakanishi T, Kondoh C, Nishikawa M, Imai Y, Nomma K. Intravascular stents for management of pulmonary artery and right ventricular outflow obstruction. *Heart Vessels* 1994; 9: 40-48.
12. Hosking MC, Benson LN, Nakanishi T, Burrows PE, Williams WG, Freedom RM. Intravascular stent prosthesis for right ventricular outflow obstruction. *J Am Coll Cardiol* 1992; 20: 373-380.
13. Hatai Y, Nykanen DG, Williams WG, Freedom RM, Benson LN. Endovascular stents in children under 1 year of age: acute impact and late results. *Br Heart J* 1995; 74: 689-695.
14. Hijazi ZM, Al-Fadley F, Geggel RL, Marx GR, Galal O, Al-Hallees Z et al. Stent implantation for relief of pulmonary arteries stenosis: immediate and short-term results. *Cathet Cardiovasc Diagn* 1996; 38: 16-23.
15. Fogelman R, Nykanen D, Smallhorn JF, McCrindle BW, Freedom RM, Benson LH. Endovascular stents in the pulmonary circulation. Clinical impact on management and medium term follow-up. *Circulation* 1995; 92: 881-885.
16. Ing FF, Grifka RG, Nihill MR, Mullins CE. Repeat dilatation of intravascular stents in congenital heart defects. *Circulation* 1995; 92: 893-897.
17. Rothman A, Perry SB, Keane JF, Lock JE. Early results and follow up of balloon angioplasty for branch pulmonary artery stenosis. *J Am Coll Cardiol* 1990; 15: 1.109-1.117.
18. Lock JE, Castaneda-Zuniga WR, Furhman BP, Bass JL. Balloon dilatation angioplasty of hypoplastic and stenotic pulmonary arteries. *Circulation* 1983; 67: 962-967.
19. Garson A Jr, Nihill MR, McNamara DG, Cooley DA. Status of the adult and adolescent after repair of tetralogy of Fallot. *Circulation* 1977; 59: 1.232-1.240.
20. Olbert F, Kasprzak P, Musika A, Schlegler A. Percutaneous transluminal dilatation and recanalization: long term results and report on experience with a new catheter system. *Ann Radiol* 1984; 27: 349-356.
21. Ruiz CE, Zhang HP, Mullins CE. The superiority of stenting stenotic pulmonary arteries-Best but not easiets. *Cathet Cardiovasc Diagn* 1996; 38: 24.
22. Salazar OH, Krabill KA, Hunter DW, Vance MS, Rocchini AP. A new method for placing branch pulmonary artery stents. *Circulation* 1993; 88: 390.
23. Quereshi SA, Tynan M, Rosenthal E. Implantation of Palmaz stents in branch pulmonary arteries using Olbert balloons. *Cathet Cardiovasc Diagn* 1996; 38: 92-95.
24. Morrow WR, Palmaz JC, Tio FO, Ehler WJ, Van Dellen AF, Mullins CE. Re-expansion of balloon-expandable stents after growth. *J Am Coll Cardiol* 1993; 22: 2.007-2.013.
25. Trerotola SO, Lund GB, Newman J, Olson JL, Widlus DM, Anderson JH et al. Repeat dilatation of Palmaz stents in pulmonary arteries: study of safety and effectiveness in a growing animal model. *J Vasc Interv Radiol* 1994; 5: 425-432.
26. Rocchini AP, Meliones JN, Beekman RH. Redilatation of balloon-expandable stainless steel stents placed in the branch pulmonary arteries of the dog [resumen]. *J Am Coll Cardiol* 1991; 17: 19A.
27. Ellis SG, Topol EJ. Intracoronary stents: will they fulfill their promise as an adjunct to angioplasty? *J Am Coll Cardiol* 1989; 13: 1.425-1.430.
28. Saeed M, Knowles HJ Jr, Brems JJ, Takiff H. Percutaneous retrieval of a large Palmaz stent from pulmonary artery. *J Vasc Interv Radiol* 1993; 4: 811-814.