

Implante de *stent* en tracto de salida de ventrículo derecho en tetrología de Fallot grave: alternativa a la anastomosis de Blalock-Taussig

Right Ventricular Outflow Tract Stenting in Severe Tetralogy of Fallot: an Option to the Blalock-Taussig Shunt

ALEJANDRO PEIRONE^{1,4}, ALEJANDRO CONTRERAS¹, ADOLFO FERRERO GUADAGNOLI¹, VÍCTOR FRANCUCCI³, IGNACIO JUANEDA^{1,2,4}, MARCELO CABRERA^{1,2,4}, IRMA AZAR², JUAN DÍAZ¹, EDGARDO BANILLE⁴, ERNESTO JUANEDA^{1,2}

RESUMEN

Introducción: El manejo inicial de pacientes con tetrología de Fallot (TOF) asociado a una anatomía desfavorable y flujo vascular pulmonar significativamente reducido es controversial y continúa siendo un desafío clínico.

Material y métodos: Estudio multicéntrico, retrospectivo, observacional. Se incluyeron pacientes consecutivos (neonatos y lactantes menores) con diagnóstico de TOF asistidos en cuatro centros diferentes de la ciudad de Córdoba, Argentina, que recibieron *stent* en tracto de salida de ventrículo derecho (TSVD) como abordaje inicial de su cardiopatía congénita. La indicación de intervención paliativa inicial fue consensuada en reunión del equipo cardiovascular en cada centro participante. Una anatomía compleja (ramas pulmonares con Z score $\leq -2,5$), presentación en *shock* cardiogénico o en crisis de cianosis, bajo peso o comorbilidades significativas (enterocolitis necrotizante, prematuridad, insuficiencia renal, convulsiones) inclinaron la decisión hacia un abordaje percutáneo inicial.

Resultados: Entre agosto de 2017 hasta mayo de 2018, 6 pacientes con TOF sintomáticos recibieron *stent* en TSVD. La edad media fue 39,3 días (9-87), el peso medio fue 3,60 kg (2,2-5,4) y el 66% eran de sexo femenino. Los *stents* utilizados fueron coronarios o periféricos con un diámetro que varió entre 4,0 y 6,0 mm. La saturación periférica previa a la colocación del *stent* fue de 66,4% (42-77) incrementado a 90,6% (86-96) previo al alta ($p < 0,001$). No se registraron complicaciones durante la intervención. El tiempo de internación fue de 7 días (1-13) y el tiempo de seguimiento fue de 106,8 días (4-292). No hubo mortalidad a los 30 días.

Conclusión: El implante de *stent* en TSVD en pacientes con TOF y anatomía desfavorable es una opción razonable en neonatos y lactantes menores como alternativa a la realización de una anastomosis de Blalock-Taussig modificada o corrección primaria inicial.

Palabras clave: Tetralogía de Fallot - *Stent* - Tracto de salida de ventrículo derecho - Anastomosis de Blalock-Taussig

ABSTRACT

Background: The initial management of patients with Tetralogy of Fallot (TOF) associated with unfavorable anatomy and significantly reduced pulmonary blood flow is controversial and still a clinical challenge.

Methods: We conducted a multicenter, retrospective and observational study in consecutive neonates and young infants with diagnosis of TOF treated at four different centers of the city of Córdoba, Argentina, who underwent RVOT stenting as the first approach to alleviate their congenital heart defect. The indication of a primary palliative intervention was decided by the cardiovascular surgery team in each participating center. An initial percutaneous approach was considered under the following circumstances: complex anatomy (pulmonary branches with Z score ≤ -2.5), cardiogenic shock, cyanotic spells, low weight or significant comorbidities (necrotizing enterocolitis, prematurity, kidney dysfunction or convulsions).

Results: From August 2017 to May 2018, 6 patients with symptomatic TOF underwent RVOT stenting. Mean age was 39.3 days (9-87), mean weight was 3.60 kg (2.2-5.4) and 66% were girls. Coronary or peripheral stents were used with diameter between 4.0 mm and 6.0 mm. Systemic arterial oxygen saturation was 66.4% (42-77) before the procedure and increased to 90.6% (86-96) before discharge ($p < 0.001$). There were no complications during the procedure. Patients were hospitalized for an average of 7 days (1-13) and mean follow-up was 106.8 days (4-292). There were no deaths at 30 days.

Conclusions: Right ventricular outflow tract stenting in patients with TOF and unfavorable anatomy is a reasonable option for neonates and young infants as an alternative to the modified Blalock-Taussig shunt or initial primary corrective surgery.

Key words: Tetralogy of Fallot - *Stent* - Right ventricular outflow tract - Blalock-Taussig anastomosis

REV ARGENT CARDIOL 2019;87:125-130. <http://dx.doi.org/10.7775/rac.es.v87.i2.14669>

VER ARTICULO RELACIONADO: Rev Argent Cardiol 2019;87:94-95. <http://dx.doi.org/10.7775/rac.es.v87.i2.14747>

Recibido: 20/11/2018 - Aceptado: 30/12/2018

Dirección para separatas: Dr. Alejandro Peirone - Hospital Privado Universitario de Córdoba. Naciones Unidas 346 (5016) Córdoba, Argentina. e.mail: alepeirone@yahoo.com

¹Hospital Privado Universitario de Córdoba, Argentina

²Hospital de Niños de la Santísima Trinidad de Córdoba

³Clínica Privada Vélez Sarsfield de Córdoba

⁴Clínica Privada del Sol de Córdoba

INTRODUCCIÓN

El manejo inicial de pacientes con tetralogía de Fallot (TOF) asociado a una anatomía desfavorable y flujo vascular pulmonar significativamente reducido, es controversial y continúa siendo un desafío clínico. La reparación quirúrgica neonatal se realiza con poca frecuencia debido a su elevada morbi-mortalidad temprana y a la frecuente necesidad de reoperaciones. (1-3) La realización de una anastomosis de Blalock-Taussig modificada (aBTm) es la estrategia inicial habitual en estos pacientes, aunque también está asociada con índices de complicaciones elevados que incluyen obstrucciones agudas, distorsión de ramas de arterias pulmonares, hiperfunción y ocasionalmente, mortalidad. (4)

Se describieron abordajes percutáneos mediante dilatación del tracto de salida del ventrículo derecho (TSVD) con balón como paliación inicial, pero fueron abandonados debido a resultados desfavorables que incluyen frecuentes fallas técnicas y complicaciones, asociados a que la estrechez está principalmente localizada en el nivel subvalvular y es de etiología muscular por desplazamiento anterosuperior del septum infundibular. (5, 6)

A comienzos del siglo XXI un número creciente de centros en el mundo comenzaron a publicar experiencias alentadoras y reproducibles con implante de *stent* en TSVD en neonatos y lactantes menores con TOF sintomáticos, como alternativa a la creación quirúrgica de una aBTm como estrategia inicial. (7-12)

Este trabajo multicéntrico resume nuestra experiencia inicial en neonatos y lactantes menores con TOF sintomáticos a quienes se implantó un *stent* en TSVD como paliación inicial de su cardiopatía congénita cianótica.

MATERIAL Y MÉTODOS

Se realizó un estudio multicéntrico, retrospectivo, observacional. Se incluyeron pacientes consecutivos (neonatos y lactantes menores) con diagnóstico de TOF asistidos en cuatro centros diferentes de la ciudad de Córdoba, Argentina, que recibieron *stents* en TSVD como abordaje inicial de su cardiopatía congénita. Todos los procedimientos hemodinámicos fueron realizados por el mismo hemodinamista (AP).

La indicación de intervención paliativa inicial fue consensuada en reunión del equipo cardiovascular en cada centro participante. Una anatomía compleja (ramas pulmonares con $Z\ score \leq -2,5$), presentación en *shock* cardiogénico o en crisis de cianosis, bajo peso o comorbilidades significativas (enterocolitis necrotizante, bajo peso, prematurez, insuficiencia renal, convulsiones) inclinaron la decisión hacia un abordaje percutáneo inicial.

Los $Z\ score$ para cada estructura cardíaca reportada fueron obtenidos de acuerdo con la edad, el peso y la altura para cada paciente del $Z\ -Scores\ of\ Cardiac\ Structures- Wessex\ Data$: (<http://parameterz.blogspot.com.ar/2008/09/z-scores-of-cardiac-structures-wessex.html>).

Técnica

Todos los procedimientos se llevaron a cabo bajo anestesia general con intubación endotraqueal. Las drogas que recibieron los pacientes en la unidad de cuidados intensivos –tanto inotrópicas como prostaglandina– eran continuadas y adaptadas luego del implante. Los pacientes fueron posicionados sobre la mesa de hemodinamia con los brazos elevados para permitir una mejor visualización de las estructuras cardíacas en las proyecciones laterales u oblicuas. En todos los casos se realizó acceso venoso femoral derecho y se administró heparina 50 unidades/kg E.V. y profilaxis antibiótica con cefalosporina 50 mg/kg E.V.

La angiografía ventricular derecha inicial se realizó a través de un catéter de diagnóstico tipo Berman angiográfico (Arrow®, USA) colocado en el ápex del ventrículo derecho en proyección oblicua anterior derecha 45°, y en proyección lateral izquierda estricta a 90°. Posteriormente, se realizaron sistemáticamente mediciones del tronco y las ramas de las arterias pulmonares, el anillo de la válvula pulmonar y la porción distal del TSVD. La selección del tamaño (diámetro y longitud) y el tipo de *stent* se basó en el tamaño del paciente, las dimensiones del tracto de salida, la distancia a cubrir entre el TSVD y el tronco pulmonar y la duración anticipada de la paliación. Como regla general, se seleccionó un *stent* del mismo diámetro que el tronco de la arteria pulmonar distal con una longitud que abarcara el TSVD muscular distal, la válvula pulmonar y parte proximal del tronco de la arteria pulmonar tratando de respetar el origen de ambas ramas de arterias pulmonares en la región de su bifurcación (Figura 1).

Los *stents* premontados implantados fueron de tipo coronario o periférico. Para su colocación se cruzó el área de estenosis con un catéter Judkins derecho (JR) 4 Fr (Cordis®, USA), y en la rama pulmonar derecha se colocó distalmente una guía coronaria 0,014", tipo soporte extra (Boston Scientific®, USA). Luego se intercambió el catéter JR por un catéter guía JR 6 Fr (Cordis®, USA) con llave en "Y" hemostática; a través de este catéter se avanzó el *stent* seleccionado y, ayuda-

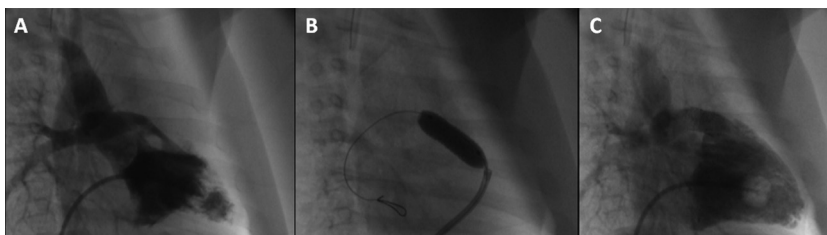


Fig. 1. (A) Imágenes angiográficas en proyección oblicua anterior derecha (45°) mostrando tracto de salida de ventrículo derecho con estenosis subvalvular pulmonar debido al desplazamiento anterosuperior del septum infundibular grave. (B) Balón insuflado durante colocación de *stent*. (C) Resultado final que evidencia mejoría de calibre de tracto de salida luego del implante de *stent*.

do por el catéter guía, se lo posicionó en el TSVD ocupando el infundíbulo pulmonar, la válvula pulmonar y parte del tronco de la arteria pulmonar.

Con la ayuda de un insuflador manual, se impactaron los *stents* a presión nominal (entre 10 y 14 ATM). Luego de retirar el balón y la guía coronaria, se realizó un nuevo ventriculograma derecho en las proyecciones mencionadas desde el catéter guía utilizado para el implante de los *stents*. En dos pacientes, las angiografías de control permitieron observar que no se había cubierto la totalidad del TSVD, por lo que se implantó con la misma técnica, un segundo *stent* telescopado sobre el ya implantado.

Los pacientes que se mantuvieron estables fueron extubados en la sala de cateterismo y trasladados de regreso a la unidad de cuidados intensivos, previo consenso alcanzado con anestesiólogos y terapeutas cardiovasculares. El resto de los pacientes fue extubado en días sucesivos de acuerdo con su evolución clínica. En los pacientes que experimentaron un aumento de saturaciones de oxígeno superior al 20% se inició la administración de diuréticos de asa dos veces al día. Una vez que el paciente se alimentó por vía oral con buena tolerancia, se inició la administración de aspirina diariamente (5 a 10 mg/kg) que se mantuvo hasta la reparación completa con la extracción del o los *stents*.

Análisis estadístico

Las variables categóricas se expresan en porcentaje y las variables continuas en promedio y rango. Para la comparación de variables continuas se usó test no paramétrico para variables independientes (prueba de Mann- Withney). Se usó el paquete estadístico SPSS 17®.

Consideraciones éticas

La colocación de *stent* en TSVD como alternativa a la aBTm fue aprobada por los comités de ética de cada institución y todos los padres y/o responsables legales firmaron el acta de información sanitaria específica para el procedimiento. El estudio se llevó a cabo de acuerdo con normativas para estudios observacionales, respetándose los principios de la Declaración de Helsinki.

RESULTADOS

Desde agosto de 2017 hasta mayo de 2018, seis pacientes (neonatos y lactantes menores) con TOF sintomáticos recibieron *stents* en TSVD como alternativa a la realización de aBTm (Tabla 1). La edad media fue 39,3 días (9-87), el peso medio fue 3,60 kg (2,2-5,4) y el 66% eran de sexo femenino. Cuatro pacientes (66%) tuvieron crisis de cianosis y tres de ellos (50%) llegaron al procedimiento con asistencia respiratoria mecánica (ARM) y se les administró prostaglandinas. A cuatro pacientes (66%) se administró betabloqueantes. En dos pacientes el procedimiento fue electivo, y de urgencia, en los restantes. Las dimensiones mayores (en diámetro) de la región infundibular fue 2,2 mm (1,5-2,9) (Z score -25,05), del anillo pulmonar 2,82 mm (2,4-3,5) (Z score -10,28), del tronco de arteria pulmonar 3,26 mm (2,3-4,5) (Z score -7,13), de la rama pulmonar derecha 3,44 mm (2,9-4) (Z score -3,07), y de la rama pulmonar izquierda 3,08 (2-3,8) (Z score -3,51). La saturación periférica previa a la colocación del *stent* fue de 66,4% (42-77) incrementada a 90,6% (86-96) previamente al alta (p < 0,001) (Figura 2).

Los *stents* utilizados fueron coronarios o periféricos con un diámetro que varió entre 4,0 y 6,0 mm. Dos pacientes recibieron dos *stents* telescopados para cubrir la totalidad del TSVD. No se registraron complicaciones durante la intervención. El tiempo de internación fue de 7 días (1-13) y el tiempo de seguimiento fue de 106,8 días (4-292). No hubo mortalidad a los 30 días ni hasta la cirugía correctiva, realizada con éxito en los dos primeros pacientes, quienes fueron intervenidos a los 7 y 10 meses de vida, respectivamente, con técnica de parche transanular y extracción subtotal del *stent* (Figura 3). Se registró un evento de extrasístole

Tabla 1. Datos demográficos, estado clínico, intervención, *stents* utilizados y complicaciones

Pacientes	Edad (días)	Sexo	Peso (kg)	Crisis cianosis	ARM	PG	Em	SatPre	Sat Post	Stent	Cirugía	Complicaciones
#1	9	F	2,2	Sí	Sí	Sí	Sí	69	93	Rebel 4,5 × 16 (uno)	Sí	EV c/amiodarona
#2	58	F	2,9	Sí	Sí	Sí	Sí	42	86	Express Vascular 6 × 18 (dos)	Sí	Convulsiones pre/post Levetiracetam
#3	45	F	4,65	No	No	No	No	72	90	Integrity 4,0 × 22 (dos)	No	No
#4	19	M	2,9	Sí	Sí	Sí	Sí	72	88	Rebel 4,0 × 20 (uno)	No	Convulsiones post Fenobarbital
#5	87	M	5,4	No	No	No	No	77	96	Express Vascular 6 × 18 (uno)	No	No
#6	18	F	3,6	Sí	No	No	Sí	74	98	Rebel 4,0 × 20 (uno)	No	No

ARM: Asistencia respiratoria mecánica. PG: Prostaglandinas. Em: Emergencia. SatPre: Saturación pre *stent*. SatPost: Saturación post *stent*.

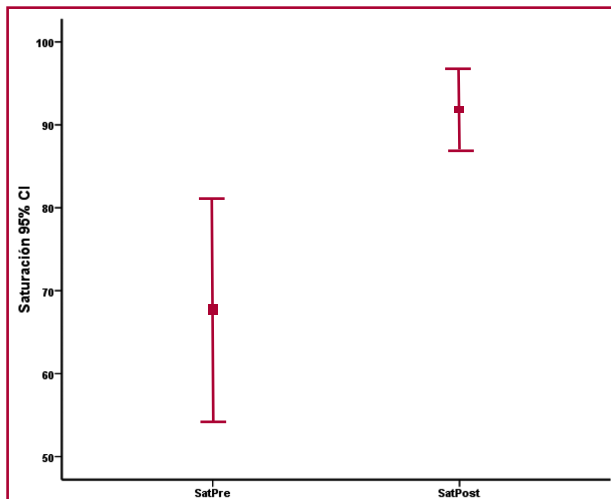


Fig. 2. Saturación periférica de oxígeno comparando niveles pre y posintervención.

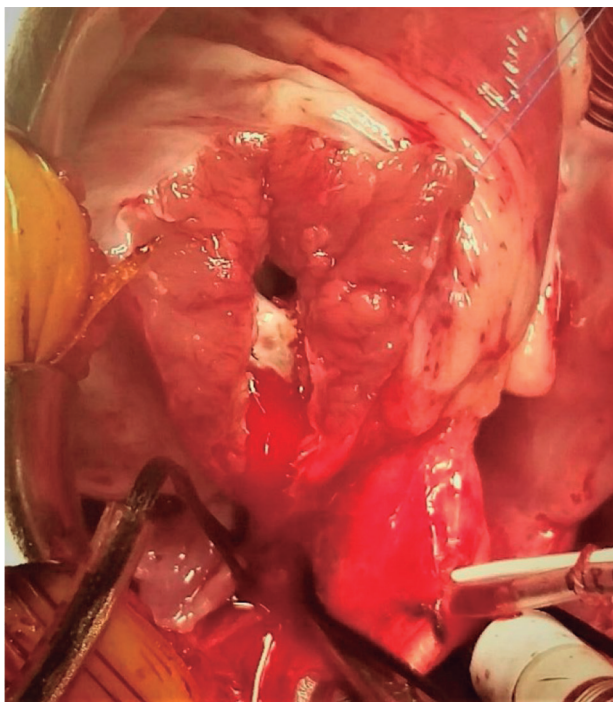


Fig. 3. Imagen durante la corrección quirúrgica completa mostrando tracto de salida de ventrículo derecho con stent parcialmente extraído.

ventricular frecuente que requirió tratamiento con drogas posintervención. Además, en dos pacientes ingresados al procedimiento en crisis de cianosis con hipoxemia grave en ARM desarrollaron convulsiones que se trataron con la administración de fenobarbital y levetiracetam, respectivamente

Las imágenes del SNC de ambos pacientes no evidenciaron signos de isquemia ni sangrado significativos. Luego del alta hospitalaria todos los pacientes fueron seguidos regularmente por su cardiólogo de ca-

becera con controles clínicos que incluyeron registro de saturación periférica de oxígeno, electrocardiograma de 12 derivaciones, telerradiografías de tórax y ecocardiograma Doppler color (Figura 4). Previo a la corrección quirúrgica completa, se indicó cateterismo cardíaco para valorar el tracto de salida, el stent implantado y el crecimiento de las ramas pulmonares.

DISCUSIÓN

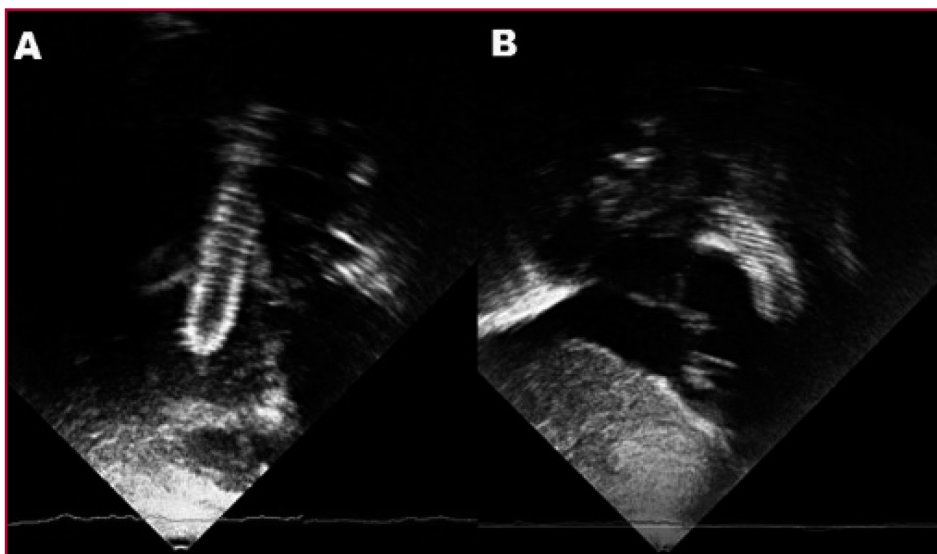
La mayoría de los pacientes asintomáticos con TOF que presentan ramas pulmonares confluentes de buen calibre, reciben reparación quirúrgica primaria entre los 3-9 meses de edad con un peso aproximado de 5-9 kg con excelentes resultados. (1-2) Los recién nacidos o los lactantes menores que requieren intervenciones tempranas, usualmente están dependientes de prostaglandinas o presentan cianosis grave con flujo anterógrado pulmonar muy disminuido a consecuencia de una anatomía desfavorable, tanto del TSVD (estenosis infundibular o valvular) o del árbol vascular pulmonar (ramas pulmonares hipoplásicas o presencia de colaterales). La realización de una aBTm inicial es una estrategia efectiva en estos pacientes sintomáticos o con mala anatomía desfavorable o comorbilidades significativas (prematurez, bajo peso, infecciones, anomalías neurológicas, renales gastrointestinales), aunque está asociada a una alta morbilidad temprana y tardía. (4) Las complicaciones alejadas –como distorsión de las ramas pulmonares, la parálisis de cuerdas vocales o del hemidiafragma, hiperfunción– y las secundarias a la toracotomía/esternotomía tienen también impacto a largo plazo. (13)

Las técnicas percutáneas intervencionistas en cardiopatías congénitas han tenido una evolución muy importante en los últimos 15 años. Como consecuencia de estos avances los pacientes prematuros y los neonatos cianóticos han sido tratados con implante de stents en el ductus arterioso o en una aBTm disfuncionante para mantener un flujo vascular pulmonar efectivo adecuado. Sobre la base de estas experiencias, el implante de stent en TSVD como alternativa a una aBTm constituye una estrategia inicial segura, efectiva y reproducible en un número creciente de pacientes. (11)

Nuestra experiencia inicial incluyó pacientes gravemente enfermos que presentaban cianosis grave, hipoxemia, ARM, –que recibieron prostaglandinas– y ramas pulmonares muy pequeñas como le demuestra su Z score. Fueron considerados de “alto riesgo” para cualquier tratamiento quirúrgico. Con esta técnica percutánea se logra una hemodinamia del paciente mejor y más estable, ya que el retorno venoso sistémico es direccionado a la circulación pulmonar que incrementa la saturación periférica de oxígeno a la vez que se evita una disminución de la presión diastólica de perfusión aórtica.

Estos cambios mejoran la perfusión coronaria en contraposición a lo observado con una aBTm. También se evita una cirugía mediante toracotomía / esternotomía

Fig. 4. Imágenes de ecocardiografía Doppler color en eje subcostal (A) largo y (B) corto, mostrando el *stent* implantado en el tracto de salida del ventrículo derecho.



tomía que a veces requiere la realización de circulación extracorpórea con las potenciales complicaciones que conllevan estas intervenciones, sobre todo, en el período neonatal. De acuerdo con la experiencia publicada, también el crecimiento de las ramas pulmonares (índices angiográficos de Nakata y McGoon y las mediciones ecocardiográficas) es mayor con el aumento del flujo anterógrado al lecho vascular pulmonar a través del *stent* en TSVD en contraposición al flujo provisto por una aBTm. (14-15)

Los *stents* elegidos para el implante fueron coronarios o periféricos expandibles con balón de entre 4 y 6 mm de diámetro. Generalmente tratamos de colocar *stents* lo más pequeño posible para limitar el flujo pulmonar y evitar la sobrecirculación o la disfunción del ventrículo derecho por incompetencia valvular pulmonar libre. El diámetro del *stent* fue escogido con un tamaño que igualara el diámetro del tronco de la arteria pulmonar distal y se colocó cruzando el TSVD en su porción muscular, la válvula pulmonar y el tronco de la arteria pulmonar previo a la bifurcación. Esta estrategia llevó, en algunos pacientes, a la colocación de dos *stents* en tándem telescopados para cubrir toda la longitud deseada del tracto de salida y así evitar una re-estenosis temprana, sobre todo en la porción muscular (subpulmonar).

La decisión de cubrir todo el TSVD, incluidos la válvula y el tronco de la arteria pulmonar, se basó en la experiencia de otros centros (8, 11) donde, en el intento inicial por respetar la válvula pulmonar durante la colocación del *stent*, tuvieron una incidencia elevada de reintervenciones tempranas por obstrucciones residuales del tracto de salida. Dada la anatomía desfavorable de este subgrupo de pacientes tratados, la gran mayoría de ellos, si no todos, requerirán invariablemente la colocación de un parche transanular durante su corrección quirúrgica completa.

En el futuro, la colocación de *stents* liberadores de drogas que previenen la neoproliferación intimal, como también los *stents* bioabsorbibles desempeñarán un papel importante en esta patología.

La extracción parcial o total del *stent* durante la corrección quirúrgica completa se logra entre el 44 y 95% de los pacientes de acuerdo con las series publicadas (11, 16), dependiendo del tiempo transcurrido desde su implante. En los centros con mayor volumen de pacientes, los tiempos descritos de circulación extracorpórea fueron similares comparando los pacientes que recibieron *stents* en TSVD con los que fueron a corrección quirúrgica primaria con colocación de parche transanular, o los que recibieron aBTm como paliación inicial (10, 11, 16). Sin embargo, una comunicación personal no publicada aún del grupo del Dr. Marcelo Jatene de San Pablo, Brasil, encontró una diferencia significativa en el tiempo de circulación extracorpórea en los pacientes que requirieron extracción del *stent* durante la cirugía correctiva comparada con pacientes controles con TOF clásica.

Dos de nuestros casos desarrollaron convulsiones; uno de ellos antes del procedimiento y el otro, posterior a la intervención con estudios de imágenes cerebrales normales. Ambos pacientes que tenían un peso inferior a 3 kg, se presentaron en crisis de cianosis, requirieron ARM e infusión de prostaglandinas y fueron intervenidos en carácter de emergencia. Consideramos que su clínica neurológica estuvo relacionada principalmente con la gravedad de su presentación clínica.

Este estudio demuestra la eficacia y la seguridad de la colocación de *stent* en TSVD como puente a la cirugía correctiva. La realización de estudios randomizados serán necesarios para identificar la estrategia de manejo inicial adecuada en neonatos y lactantes menores con TOF grave que demuestren síntomas tempranamente. A nuestro criterio, estos estudios deberían comparar

la colocación de *stent* en TSVD, la realización de una aBTm y la corrección quirúrgica primaria inicial en este subgrupo de pacientes.

CONCLUSIONES

Los resultados iniciales de nuestra experiencia con implante de *stent* en TSVD en pacientes con TOF grave en términos de sobrevida y mejoramiento de parámetros hemodinámicos reproduce resultados de otros grupos internacionales. Los criterios de selección de pacientes son cruciales para esta intervención, dato que convierte a este procedimiento en una opción razonable para neonatos y lactantes menores como alternativa a la realización de una aBTm o corrección primaria inicial.

Declaración de conflicto de intereses

Los autores declaran que no poseen conflicto de intereses (Véanse formularios de conflicto de intereses de los autores en la web/Material suplementario).

BIBLIOGRAFÍA

1. Van Arsdell GS, Maharaj GS, Tom J, Rao VK, Coles JG, Freedom RM, et al. What is the optimal age for repair of tetralogy of Fallot? *Circulation* 2000;102:123-9. <http://doi.org/czcd>
2. Al Habib HF, Jacobs JP, Mavroudis C, Tchervenkov CI, O'Brien SM, Mohammadi S, et al. Contemporary patterns of management of tetralogy of Fallot: data from the Society of Thoracic Surgeons database. *Ann Thorac Surg* 2010; 90:813-20. <http://doi.org/d8s5xm>
3. Barron DJ. Tetralogy of Fallot: controversies in early management. *World J Pediatr Congenit Heart Surg* 2013;4:186-91. <http://doi.org/f49btc>
4. Petrucci O, O'Brien SM, Jacobs ML, Jacobs JP, Manning PB, Eghtesady P. Risk factors for mortality and morbidity after the neonatal Blalock-Taussig shunt procedure. *Ann Thorac Surg* 2011; 92:642-51. <http://doi.org/c9zqz9>
5. Qureshi SA, Kirk CR, Lamb RK, Arnold R, Wilkinson JL. Balloon dilatation of the pulmonary valve in the first year of life in patients with tetralogy of Fallot: a preliminary study. *Br Heart J* 1988; 60:232-5. <http://doi.org/dc54s7>
6. Sluysmans T, Neven B, Rubay J, Lintermans J, Ovaert C, Mucumbitsi J, et al. Early balloon dilation in infants with tetralogy of Fallot: risks and benefits. *Circulation* 1995;91:1506-11. <http://doi.org/czcf>
7. Dohlen G, Chaturvedi RR, Benson LN, Ozawa A, Van Arsdell GS, Fruitman DS, et al. Stenting of the right ventricular outflow tract in the symptomatic infant with tetralogy of Fallot. *Heart* 2009;95:142-7. <http://doi.org/cj652x>
8. Stumper O, Ramchandani B, Noonan P, Mehta C, Bhole V, Reinhardt Z, et al. Stenting of the right ventricular outflow tract. *Heart* 2013;99:1603-8. <http://doi.org/f5fbox>
9. Bertram H, Emmel M, Ewert P, Grohmann J, Haas NA, Jux C, et al. Stenting of native right ventricular outflow tract obstructions in symptomatic infants. *J Intervent Cardiol* 2015; 28:279-87. <http://doi.org/czcg>
10. Castleberry CD, Gudausky TM, Berger S, Tweddell J, Pelech A. Stenting of the right ventricular outflow tract in the high-risk infant with cyanotic tetralogy of Fallot. *Pediatr Cardiol* 2014;35:423-30. <http://doi.org/f5tnbr>
11. Sandoval JP, Chaturvedi RR, Benson L, Morgan G, Van Arsdell G, Honjo O, et al. Right ventricular outflow tract stenting in tetralogy of Fallot infants with risk factors for early primary repair. *Circ Cardiovasc Interv*. 2016; *Circ Cardiovasc*: e003979.
12. Quandt D, Ramchandani B, Penford G, Stickley J, Bhole V, Mehta C, et al. Right ventricular outflow tract stent versus BT shunt palliation in Tetralogy of Fallot. *Heart* 2017;103:1985-91.
13. Williams JA, Bansal AK, Kim BJ, Nwakanma LU, Patel ND, Seth AK, et al. Two thousand Blalock-Taussig shunts: a six-decade experience. *Ann Thorac Surg* 2007;84:2070-5. <http://doi.org/bsjc86>
14. Quandt D, Ramchandani B, Stickley J, Mehta C, Bhole V, Barron DJ, et al. Stenting of the right ventricular outflow tract promotes better pulmonary arterial growth compared with modified Blalock-Taussig shunt palliation in tetralogy of Fallot-type lesions. *JACC Cardiovasc Interv* 2017;10:1774-84. <http://doi.org/gbv9qs>
15. Wilder T, Van Arsdell G, Benson L, Pham-Hung E, Gritti M, Page A, et al. Young infants with severe tetralogy of Fallot: Early primary surgery versus transcatheter palliation. *J Thorac Cardiovasc Surg* 2017;154:1692-700. <http://doi.org/gcf3cs>
16. Barron D, Ramchandani B, Murala J, Stumper O, De Giovanni J, Jones T, et al. Surgery following primary right ventricular outflow tract stenting for Fallot's tetralogy and variants: rehabilitation of small pulmonary arteries. *Eur J Cardiothorac Surg* 2013;44:656-62. <http://doi.org/f59kq4>