

Manejo del tracto de salida del ventrículo derecho con implante percutáneo de válvula Melody en pacientes pediátricos: experiencia en un centro de alta complejidad en Colombia

Management of right ventricular outflow tract with percutaneous Melody valve implantation in pediatric patients: experience in a high complexity center in Colombia

Lina P. Montaña-Jiménez^{1,2}, Ana M. Aristizabal^{1,2}, Walter Mosquera-Álvarez¹, Jaiber Gutiérrez-Gil¹, Luis E. Ponce-Bravo³, Estefanía Beltrán⁴, Valentina Mejía-Quiñones^{2,4*} y José L. Zunzunegui^{5,6}

¹Departamento de Materno Infantil, Fundación Valle del Lili, Cali, Colombia; ²Facultad de Ciencias de la Salud, Universidad Icesi, Cali, Colombia; ³Departamento de Cardiología Pediátrica, Fundación Hospital Infantil Los Ángeles, Pasto, Nariño, Colombia; ⁴Centro de Investigaciones Clínicas, Fundación Valle del Lili, Cali, Colombia; ⁵Servicio Materno Fetal, Sección de Cardiología Pediátrica, Hospital General Universitario Gregorio Marañón, Madrid, España; ⁶Instituto de Investigación Sanitaria Gregorio Marañón, Madrid, España

Resumen

Antecedentes: Las cardiopatías congénitas plantean un desafío terapéutico, específicamente la estenosis de la válvula pulmonar. Esta ha sido tratada durante muchos años con procedimientos invasivos e inserción de bioprótesis, que con el tiempo se vuelven disfuncionales y pueden reestenosarse por acumulación de tejido fibroso y calcificación. Debido a las complicaciones generadas por la injuria quirúrgica, se han descrito medidas menos invasivas para el manejo de la estenosis residual e inicial por medios endovasculares en adultos y más recientemente en población pediátrica. **Objetivo:** El objetivo de este reporte es describir la misma en el manejo endovascular del tracto de salida del ventrículo derecho, como el inicio de un trabajo continuo para la mejoría de los resultados pediátricos en países en vía de desarrollo. **Métodos:** Se presentan siete casos pediátricos de manejo endovascular del tracto de salida derecho; tres de ellos sometidos a valvuloplastia quirúrgica con persistencia de la estenosis pulmonar, por lo cual se decidió inserción percutánea de una válvula pulmonar (IVPP) transcatóter con válvula Melody utilizando la técnica valve-in-valve, con lo que se consiguió una resolución del 100% de la estenosis y no se presentó ningún tipo de complicación asociada al procedimiento. **Resultados:** En cuatro pacientes se logró una implantación exitosa de la válvula por vía percutánea en diferentes cardiopatías congénitas, siendo uno de ellos en tracto nativo; además, destaca el caso de un paciente en quien se realizó fractura intencional de la válvula pulmonar, procedimiento innovador en el manejo endovascular pediátrico en Colombia. **Conclusiones:** En estos pacientes el procedimiento resultó ser poco invasivo, seguro y efectivo. La técnica IVPP podría ser considerada una opción viable en Colombia (y en otros países en desarrollo) para el manejo de implantes valvulares primarios fallidos o incluso en tractos nativos.

Palabras clave: Estenosis de válvula pulmonar. Tetralogía de Fallot. Válvula pulmonar. Pediatría.

Abstract

Background: Congenital heart disease poses a therapeutic challenge, specifically pulmonary valve stenosis. This has been treated for many years with invasive procedures and bioprostheses, which over time, become dysfunctional due to the accumulation of fibrous tissue and calcification. **Objective:** The aim of this study is to describe the use of endovascular management in the right

*Correspondencia:

Valentina Mejía-Quiñones
E-mail: valentina.mejia@fvl.org.co

Fecha de recepción: 15-09-2022

Fecha de aceptación: 06-04-2023

DOI: 10.24875/ACM.22000226

Disponible en internet: 28-04-2023

Arch Cardiol Mex. 2024;94(1):7-14

www.archivoscardiologia.com

1405-9940 / © 2023 Instituto Nacional de Cardiología Ignacio Chávez. Publicado por Permanyer. Este es un artículo open access bajo la licencia CC BY-NC-ND (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>).

ventricular outflow tract, as the beginning of an ongoing effort to improve pediatric outcomes in developing countries. **Methods:** Seven pediatric patients with endovascular management of the right outflow tract are presented. Three of them underwent surgical valvuloplasty with persistent pulmonary stenosis. They decided to insert a percutaneous transcatheter pulmonary valve (PPVI) with a Melody valve using the valve-in-valve technique, with 100% stenosis and no complications associated with the procedure. **Results:** Four patients with successful percutaneous valve implantation had different congenital heart diseases. In addition, the case of a patient in whom an intentional pulmonary valve fracture was performed, an innovative procedure in pediatric endovascular management in the country, is highlighted. **Conclusions:** The procedure was minimally invasive, safe, and effective. The IVPP technique could be a viable option in our country for managing failed primary valve implantations or even in native tracts.

Keywords: Pulmonary valve stenosis. Tetralogy of Fallot. Pulmonary valve. Pediatrics.

Introducción

Las cardiopatías congénitas plantean un desafío terapéutico en el campo de la cardiología pediátrica y la cirugía cardiovascular. Los avances en cirugía cardíaca, intervencionismo percutáneo, cuidados intensivos y técnicas de imagen no invasiva han impactado en el manejo de estos pacientes, aumentando su expectativa de vida¹. Sin embargo, actualmente la búsqueda constante de técnicas y procedimientos poco invasivos representa un reto², en particular para aquellas malformaciones cardíacas que exigen un alivio de la obstrucción del tracto de salida del ventrículo derecho (TSVD) o que necesitan una restauración de la continuidad entre el ventrículo derecho y las arterias pulmonares, sujetas al requerimiento de múltiples intervenciones a lo largo de la vida. Dentro de esta categoría, la tetralogía de Fallot sigue siendo el defecto más común y suele ser corregida quirúrgicamente en edades tempranas. No obstante, en el periodo posoperatorio se pueden encontrar complicaciones, como disfunción del TSVD y estenosis o insuficiencia pulmonar crónica³, que a su vez requerirán una reintervención a corto o largo plazo, dependiendo de la comorbilidad del paciente^{4,5}.

Específicamente, la estenosis de la válvula pulmonar fue tratada durante muchos años con procedimientos invasivos e inserción de bioprótesis, que con el tiempo se volvían disfuncionales o podían reestenosarse por acumulación de tejido fibroso y calcificación de la válvula^{6,7}. Debido a las complicaciones generadas por la injuria quirúrgica, se han descrito medidas menos invasivas para el manejo de la estenosis residual. La primera de estas fue el desarrollo del implante de stent percutáneo (stent de platino Cheatham) por medio de un cateterismo *balloon-in-balloon*, el cual fue documentado por primera vez por Bonhoeffer et al.⁶, con un caso exitoso en el año 2000. Posteriormente se inició el uso de una nueva generación de *stent* percutáneo con la válvula Melody extraída de vena yugular bovina, montada en un *stent* de platino-iridio, la cual se implanta de manera percutánea con un sistema Ensemble⁸, y la

válvula SAPIEN⁹. El término *valve-in-valve* hace referencia al enfoque descrito en el año 2008, en el que se realiza la inserción percutánea de una válvula pulmonar transcáteter (IVPP) dentro de un primer dispositivo valvular degenerado o disfuncional¹⁰.

Estas válvulas están indicadas para pacientes adultos y pediátricos con disfunción en el TSVD, en conductos de diámetro entre 16 y 22 mm y pacientes con un peso > 30 kg¹¹. Adicionalmente, se ha usado fuera de indicación para conductos de menor tamaño y largos en casos de aneurismas^{9,11}.

La perspectiva de ofrecer un abordaje alternativo y menos invasivo para tratar la disfunción del TSVD es claramente atractiva tanto para el paciente como para el cardiólogo y el cirujano⁵. Desde la descripción del implante percutáneo en el año 2000, diferentes centros incorporaron esta práctica, con más de 10,000 válvulas percutáneas implantadas en el mundo hasta el momento¹²⁻¹⁴.

En Latinoamérica y en particular en Colombia hay pocos casos reportados de implantes percutáneos en posición pulmonar en pacientes pediátricos^{13,15}. En Colombia existen pocos centros con experiencia en colocación de válvulas pulmonares percutáneas en la población pediátrica. Nuestra institución es un centro de referencia en el manejo de cardiopatías congénitas en el suroccidente colombiano y cuenta con dicha experiencia. El objetivo de este reporte es describir nuestra experiencia en el manejo endovascular del TSVD, como el inicio de un trabajo continuo para la mejoría de los resultados pediátricos en países en vías de desarrollo.

Material y métodos

Técnica del procedimiento

Uno de los procedimientos para la reparación del TSVD es el IVPP *valve-in-valve*, en el cual se realiza un cateterismo anterógrado de la arteria pulmonar a través del ventrículo derecho hasta lograr pasar el catéter y realizar el intercambio en la arteria pulmonar lobar

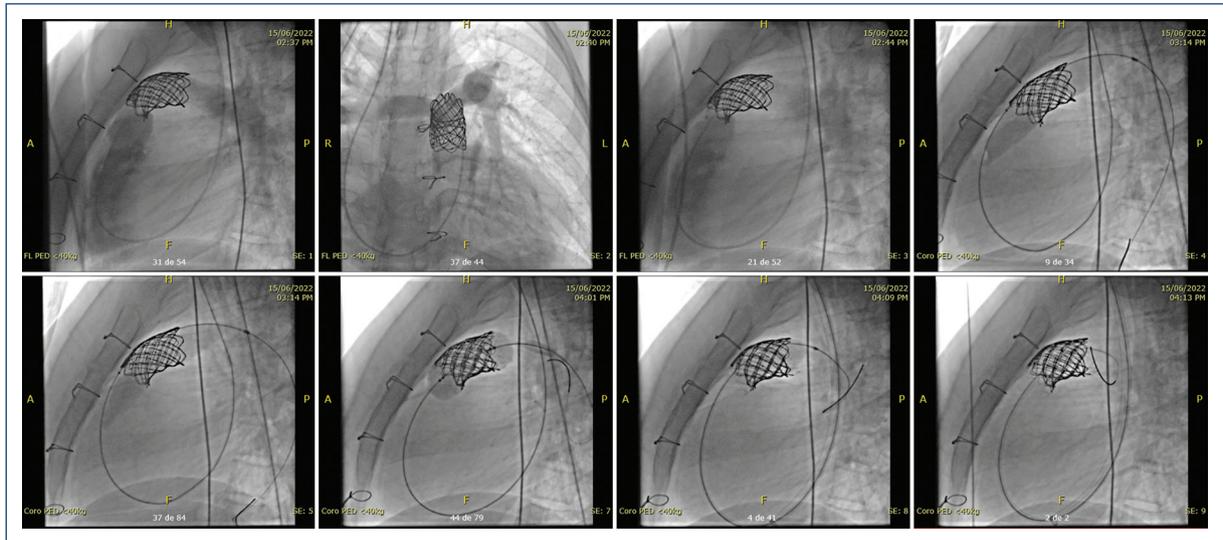


Figura 1. Colocación endovascular de una válvula Melody en el paciente 7.

inferior izquierda por una guía de alto soporte (Lauder Quist). A través de esta guía se realiza un intercambio del introductor por otro (Sentrant, Medtronic). Posteriormente, se pasa un introductor Mullins, que se sitúa en el infundíbulo previo a la prótesis biológica.

En nuestros casos se monta un *stent* de platino Cheatham sobre un *ballon-in-ballon*, se llega hasta el plano valvular y se dilata el *ballon-in-ballon*, primero el interno y luego el externo, quedando un tercio del *stent* en el infundíbulo y el resto en el tronco pulmonar. Se realiza angiografía por la vaina y se comprueba la adecuada posición, y seguidamente se impacta de nuevo el *stent* con el *ballon-in-ballon* arriba y abajo. Después se procede a montar la válvula Melody en el Ensemble y se perfila adecuadamente. Se retiran el Mullins y el introductor, y a través de la guía Lunder Quist se pasa el Ensemble con la válvula montada hasta colocarla en posición. Acto seguido, una vez logrado su adecuado posicionamiento, se descubre la válvula del Ensemble y se procede a dilatar el balón interno y posteriormente el balón externo hasta impactarla. Luego, el *ballon-in-ballon* se impacta de manera distal y se realiza el mismo procedimiento en proximal. Se retira el Ensemble y se coloca de nuevo el introductor Sentrant. A continuación se sube la vaina hasta el tracto de salida y se pasa un catéter Multitrack acompañado del catéter coronario derecho. Se realiza *pullback* para demostrar el gradiente residual. Así mismo, se hace una angiografía lateral y posteroanterior con el mismo catéter, para exponer la competencia de la válvula, evidenciar si hay disecciones y comprobar la adecuada posición de la Melody, así como la integridad de las ramas pulmonares posterior a

la colocación. Se retiran los introductores y se realiza una sutura jareta tipo bolsa de tabaco con una gasa, comprobando la hemostasia (Fig. 1).

Casos clínicos

El detalle resumido de los siete casos y sus características clínicas se presenta en la [tabla 1](#), y las características basales del procedimiento en la [tabla 2](#). En general, los pacientes tenían alrededor de 17 años, un peso de más de 40 kg, clase funcional inicial de la New York Heart Association (NYHA) entre I y III, permanecieron en promedio 2 días en hospitalización y la mayoría tenían un diagnóstico inicial de tetralogía de Fallot. En el seguimiento temprano, detallado en la [tabla 3](#), se evidencia que todos los pacientes mejoraron el gradiente transvalvular pulmonar de manera significativa, su clase funcional y el tamaño ventricular derecho, y hasta el momento no ha habido mortalidad en la serie.

Enfatizamos el segundo paciente, a quien se realizó la primera rotura endovascular pediátrica en el país, conocida por el grupo, de manera satisfactoria. Este nació con tetralogía de Fallot, en el primer año de vida se realizó corrección total y posteriormente, a los 3 años, fue intervenido por aneurisma del tronco pulmonar. En el año 2013 se le colocó una prótesis biológica pulmonar St. Jude No. 23. Más adelante presentó deterioro de su clase funcional, con bloqueo completo de rama derecha y estenosis grave con un gradiente pico de 100 mmHg y medio de 49 mmHg, con insuficiencia leve y volumen en fin de diástole indexado de 135 ml/m² y sistólico de 85 ml/m². El caso fue presentado en junta

Tabla 1. Características clínicas de los pacientes

	Paciente 1	Paciente 2	Paciente 3	Paciente 4	Paciente 5	Paciente 6	Paciente 7
Edad en el momento del procedimiento	18 años	18 años	18 años	22 años	16 años	19 años	15 años
Peso en el momento del procedimiento	55 kg	73 kg	48 kg	65 kg	60 kg	56 kg	64 kg
Clase NYHA en el momento del procedimiento	III	III	II	I	I	III	I
Estancia hospitalaria tras el implante	3 días	4 días	2 días	5 días	2 días	2 días	2 días
Diagnóstico	Estenosis pulmonar por tetralogía de Fallot	Estenosis pulmonar por tetralogía de Fallot	Transposición de grandes arterias con estenosis supra valvular pulmonar grave	Atresia pulmonar con comunicación interventricular corregida	Estenosis pulmonar por tetralogía de Fallot	Tetralogía de Fallot con múltiples comunicaciones interventriculares	Tronco arterioso tipo I

cardioquirúrgica y se decidió la colocación de una prótesis biológica por vía endovascular en el año 2019, con lo que evolucionó satisfactoriamente. En el seguimiento presentó estenosis de la prótesis, por lo que fue llevado nuevamente a la sala de hemodinamia, donde se demostró que no había alteración de la circulación coronaria, se realizó un cateterismo anterógrado por la arteria pulmonar a través del ventrículo derecho, se tomaron angiografías ventriculares y de la arteria pulmonar, se logró pasar el catéter a través de la prótesis y realizar el intercambio en la arteria pulmonar lobar inferior izquierda por una guía de alto soporte (Lauder Quist). Se realizó intercambio del introductor por un número 18 y a través de este se pasó un balón Atlas 24 × 20, que se insufló, pero no se pudo mantener firmemente, por lo que fue necesario iniciar apoyo con marcapaso en el momento de la insuflación, lo cual tampoco dio resultado y se decidió finalmente cambiar el balón de 24 × 20 por un Atlas Gold 24 × 40, con lo que se logró realizar adecuadamente la dilatación y la rotura intencionada de la válvula. El diámetro que se logró obtener en esta zonaestenótica de la válvula fue de 23 mm y además se observó la rotura del anillo valvular. El procedimiento se realizó sin complicaciones mayores.

Solo una paciente tuvo complicaciones durante el procedimiento. La cuarta paciente presentó obstrucción del TSVD y choque cardiogénico secundario. Tuvo necesidad de manejo vasopresor e incremento de

profundidad anestésica, con lo que se recuperó la estabilidad hemodinámica y se logró finalizar la colocación de la válvula sin problemas.

Desde nuestro conocimiento, presentamos la serie más grande de pacientes con manejo endovascular del TSVD en Colombia, con innovaciones en el campo pediátrico para nuestro país, como es la fractura intencional de la bioprótesis en posición pulmonar y el uso de válvula percutánea en tracto nativo.

Resultados

Los resultados mostrados en esta serie de casos son similares a los descritos por Cabalka et al.¹⁶ con mayor cantidad de pacientes, por ser una cohorte de 313 pacientes reimplantados con válvula Melody en los que obtuvieron buenos resultados tras el implante.

Discusión

En los procedimientos de este tipo existe una preocupación cada vez mayor relacionada con el desajuste de la prótesis. Los pacientes que se someten a un reemplazo valvular percutáneo tienen riesgo de que la prótesis no coincida, debido a que la expansión de la válvula transcáteter puede estar limitada por la sutura de la válvula quirúrgica anterior¹⁷. Como resultado, se han desarrollado técnicas de fractura y remodelación de la

Tabla 2. Características basales del procedimiento

	Paciente 1	Paciente 2	Paciente 3	Paciente 4	Paciente 5	Paciente 6	Paciente 7
Intervenciones previas	Corrección del tracto de salida del ventrículo derecho con colocación de tubo de ventrículo derecho a arteria pulmonar (23-01-2013) Colocación de bioprótesis en posición pulmonar (xenoinjerto 23) (<i>freestyle</i>) (<i>miss match</i>) (06-02-2017)	Intervención por dilatación y aneurisma del tronco pulmonar a los 3 años Cambio valvular pulmonar biológico (15-10-2013) St. Jude No. 23	<i>Banding</i> pulmonar al mes de vida Switch arterial en 2001 Plastia de tronco y ramas pulmonares en 2001 Angioplastia pulmonar con balón de rama derecha e izquierda en 2002 Ampliación de ramas y tronco pulmonar en 2005 Angioplastia de tronco de arteria pulmonar en 2011 Angioplastia con <i>stent</i> en tronco pulmonar en 2011 Angioplastia con balón en tronco pulmonar en 2014 Corrección de estenosis supraavalvular pulmonar y ampliación de ramas en 2014	Reemplazo de válvula pulmonar protésica No. 24 en 2006 Retiro de válvula pulmonar biológica en 2007	Corrección de tetralogía de Fallot a los 2 meses de vida Prótesis biológica pulmonar y corrección de aneurisma de tracto de salida del ventrículo derecho en 2014	Corrección de tetralogía de Fallot y colocación de homoinjerto pulmonar No. 18 a los 6 años	Corrección de tronco arterioso, homoinjerto pulmonar en 2006 Ampliación y colocación de válvula monocúspide en 2010 Angioplastia con balón en 2016 Cambio de homoinjerto pulmonar No. 17 en 2017
Válvula	Melody No. 22	Melody No. 22	Melody No. 18	Melody No. 22	Melody No. 22	Melody No. 22	Melody No. 22
<i>Valve-in-valve</i>	Sí	Sí	No	No	No	No	Sí
Gradiente pico transvalvular pulmonar antes del procedimiento (mmHg)	40	100	40	29	50	20	30
Gradiente pico transvalvular pulmonar después del procedimiento (mmHg)	23	25	27	No se demostró gradiente residual	4	3	5
Complicaciones agudas	No	No	No	No	No	No	No

Tabla 3. Seguimiento de los pacientes

	Paciente 1	Paciente 2	Paciente 3	Paciente 4	Paciente 5	Paciente 6	Paciente 7
Diámetro del tronco pulmonar previo al procedimiento	Normal (-)	27 mm	Dos ramas de 12 mm cada una	24 mm	22 mm	16 mm	12 mm
Diámetro del tronco pulmonar tras el procedimiento	Normal (-)	23 mm	Ramas pulmonares de buen tamaño, de 12-14 mm cada una	19 mm	20 mm	19 mm	Sin control posoperatorio
Insuficiencia previa al procedimiento	No	No	Leve a moderada	Abierta	No	No	Abierta
Insuficiencia posterior al procedimiento	No	Trivial	No	No	No	No	Sin control posoperatorio
Clase NYHA	I	I	I	I	I	I	I
Ritmo actual	Taquicardia ventricular ablacionada Ritmo sinusal con episodios de ritmo ventricular acelerado, con patrón de bloqueo de rama derecha y eje superior, con AVR positivo y DI negativo	Ritmo sinusal, extrasístoles ventriculares frecuentes	Ritmo sinusal	Ritmo sinusal	No cuenta con electrocardiograma	Ritmo sinusal	Ritmo sinusal
Manejo médico	ASA 100 mg/24 h Clopidogrel 75 mg/24 h	ASA 100 mg/24 h	ASA 100 mg/24 h	ASA 100 mg/24 h	Clopidogrel 75 mg/24 h ASA 100 mg/24 h	ASA 100 mg/24 h	ASA 100 mg/24 h Clopidogrel 75 mg/24 h
Endocarditis	No	No	No	No	No	No	No
Mortalidad	No	No	No	No	No	No	No
Necesidad de dilatación con balón posterior	No	No	No	No	No	No	No

válvula bioprotésica en las que se infla un balón a alta presión con el fin de fracturar intencionalmente o estirar el anillo de la válvula bioprotésica, lo cual conduce a una mayor expansión de la válvula percutánea implantada y un área mayor, con gradientes transvalvulares residuales más bajos. La mayoría de los datos publicados se han centrado en el uso de la fractura para facilitar el reemplazo percutáneo de la válvula aórtica, pero también se ha utilizado en válvulas pulmonares, con disminución del gradiente medio del TSVD de 40 a 8 mmHg, con un diámetro interno de la válvula percutánea de hasta 2 mm mayor y pocas complicaciones¹⁸.

No está del todo claro con qué válvulas se puede realizar fractura ni exactamente qué pacientes se benefician del procedimiento¹⁷. No obstante, esto parece estar relacionado con el hecho de que previamente no eran comunes los reemplazos percutáneos y se desconoce cuáles habrían sido los resultados hemodinámicos si la válvula pulmonar hubiera sido implantada de forma percutánea desde un principio. Los resultados actuales muestran que la fractura intencional de la válvula bioprotésica en posición pulmonar puede ser una técnica útil para lograr un mayor diámetro interno y un mejor resultado hemodinámico en la terapia *valve-in-valve*¹⁹.

Esta intervención es una puerta de entrada importante para evitar la reintervención de alto riesgo²⁰. Aunque la mayoría de los reportes han sido en adultos, sobre todo en reemplazo de válvula aórtica^{20,21}, también se ha venido realizando en pacientes con bioprótesis pulmonares disfuncionales, y por medio de esta técnica se espera poder disminuir la morbilidad y la mortalidad relacionadas con la revisión quirúrgica^{19,22}. Igualmente existen reportes en pacientes pediátricos con bioprótesis disfuncionales en posición tricuspídea y mitral, y en la actualidad se considera una alternativa aceptable a la cirugía²³.

No existe una intervención «ideal» para la reconstrucción del TSVD y es conocido que la durabilidad de las intervenciones quirúrgicas en el TSVD para las cardiopatías congénitas complejas es muy variable, dependiendo de la edad del paciente y del tipo de material utilizado¹. Sin embargo, parece probable que la implantación secuencial de la válvula pulmonar percutánea sea factible y, en teoría, podría retrasar la necesidad de cirugía de manera indefinida, superando así las preocupaciones sobre la longevidad del conducto y los riesgos asociados con la reintervención recurrente⁵. Además, las experiencias internacionales reportadas son alentadoras, las tasas de complicaciones son bajas, los pacientes son dados de alta en menos tiempo en comparación con el reemplazo quirúrgico regular de

la válvula pulmonar, y se describen buenos resultados a corto y mediano plazo^{7,12,14,24-26}.

Por otro lado, se ha descrito alrededor de un 6% de complicaciones periprocedimiento, con un 2.7% de complicaciones mayores (rotura del conducto, perforación de arterias pulmonares, lesión de válvula tricúspide, desplazamiento valvular, compresión de arterias coronarias u obstrucción de arteria pulmonar) y un 11.9% de complicaciones menores^{1,27}. No obstante, en el seguimiento a corto y mediano plazo la mortalidad total es de un 0-5% y en general no está relacionada con el dispositivo, a excepción de la endocarditis infecciosa^{12,28}. La causa más frecuente de reintervención percutánea o quirúrgica es la reestenosis del *stent* valvular, causada por *recoil* tardío o por pérdida de fuerza radial secundaria a fracturas^{10,22}. Los factores de riesgo de aparición de fracturas descritos son la menor edad, un gradiente ventrículo derecho-arteria pulmonar significativo antes y después del procedimiento, el menor diámetro angiográfico del conducto, el *recoil* o la compresión del injerto, y la posición directamente por debajo del esternón²⁹.

En nuestra experiencia no hay complicaciones relacionadas con el procedimiento durante el seguimiento. Además, no ha habido muertes secundarias y la estancia hospitalaria fue corta.

Dentro de las limitaciones de nuestra serie está su pequeño tamaño, pues en la institución son los primeros casos con la oportunidad de este procedimiento. La información de los pacientes se obtuvo de manera retrospectiva del sistema institucional de historias clínicas, que es llenado electrónicamente por el médico tratante, por lo que podría tener alguna información no diligenciada.

Esa serie de casos pretende mostrar nuestra experiencia, la cual podría contribuir como un antecedente para casos similares y además para promover la elaboración de más estudios. Sin embargo, esta información no puede generalizarse.

Conclusiones

Los procedimientos menos invasivos y el uso de técnicas percutáneas son benéficos para los pacientes, considerando que se relacionan con una menor cantidad de reintervenciones y una mayor longevidad de las prótesis³⁰.

La experiencia obtenida en el manejo endovascular del TSVD ha mostrado resultados exitosos, con un menor componente invasivo en el procedimiento, sin complicaciones y con una estancia hospitalaria corta, lo cual podría disminuir el riesgo de complicaciones tras la intervención, y proporcionar bienestar al paciente y a las familias.

Se considera que apuntar a manejos mínimamente invasivos brinda mayor seguridad al paciente y podría

evitar complicaciones por reintervención, probablemente ahorrando costos al sistema de salud.

Agradecimientos

Los autores agradecen al departamento de cardiología pediátrica y a los miembros de la junta cardioquirúrgica por el constante trabajo proyectado hacia la búsqueda de posibilidades terapéuticas para los pacientes de la institución.

Financiamiento

Ninguno.

Conflicto de intereses

J.L. Zunzunegui es *proctor* de implante percutáneo de válvula pulmonar para Medtronic.

Responsabilidades éticas

Protección de personas y animales. Los autores declaran que los procedimientos seguidos se conformaron a las normas éticas del comité de experimentación humana responsable y de acuerdo con la Asociación Médica Mundial y la Declaración de Helsinki.

Confidencialidad de los datos. Los autores declaran que han seguido los protocolos de su centro de trabajo sobre la publicación de datos de pacientes.

Derecho a la privacidad y consentimiento informado. Los autores han obtenido el consentimiento informado de los pacientes y/o sujetos referidos en el artículo. Este documento obra en poder del autor de correspondencia.

Uso de inteligencia artificial para generar textos. Los autores declaran que no han utilizado ningún tipo de inteligencia artificial generativa en la redacción de este manuscrito ni para la creación de figuras, gráficos, tablas o sus correspondientes pies o leyendas.

Bibliografía

1. Solana-Gracia R, Rueda F, Betrián P, Gutiérrez-Larraya F, Del Cerro MJ, Pan M, et al. Pediatrics Spanish Registry of percutaneous Melody pulmonary valve implantation in patients younger than 18 years. *Rev Esp Cardiol*. 2018;71:283-90.
2. De Torres-Alba F, Kaleschke G, Baumgartner H. Impacto del implante percutáneo de válvula pulmonar en cuanto al momento de reintervenir por disfunción del tracto de salida del ventrículo derecho. *Rev Esp Cardiol*. 2018;71:838-46.
3. Young-Seok L, Hyoung-Doo L. Percutaneous pulmonary valve implantation. *Korean Circ J*. 2012;42:652.
4. Hickey EJ, Veldtman G, Bradley TJ, Gengsakul A, Manlhiot C, Williams WG, et al. Late risk of outcomes for adults with repaired tetralogy of Fallot from an inception cohort spanning four decades. *Eur J Cardiothorac Surg*. 2009;35:156-64.

5. Coats L, Tsang V, Khambadkone S, van Doorn C, Cullen S, Deanfield J, et al. The potential impact of percutaneous pulmonary valve stent implantation on right ventricular outflow tract re-intervention. *Eur J Cardiothorac Surg*. 2005;27:536-43.
6. Bonhoeffer P, Boudjemline Y, Saïba Z, Merckx J, Aggoun Y, Bonnet D, et al. Percutaneous replacement of pulmonary valve in a right-ventricle to pulmonary-artery prosthetic conduit with valve dysfunction. *Lancet*. 2000;356:1403-5.
7. Batlivala SP, Emani S, Mayer JE, McElhinney DB. Pulmonary valve replacement function in adolescents: a comparison of bioprosthetic valves and homograft conduits. *Ann Thorac Surg*. 2012;93:2007-16.
8. Salgado-Sandoval A, Flores-Arizmendi A, Antúnez-Sánchez SP, Agustín M, José C. Válvula pulmonar percutánea Melody® en México. Experiencia inicial en un paciente de muy elevado riesgo quirúrgico. *Rev Esp Med-Quir*. 2018;23:51-4.
9. Boshoff DE, Cools BLM, Heying R, Troost E, Kefer J, Budts W, et al. Off-label use of percutaneous pulmonary valved stents in the right ventricular outflow tract: time to rewrite the label? *Catheter Cardiovasc Interv*. 2013;81:987-95.
10. Nordmeyer J, Coats L, Lurz P, Lee TY, Derrick G, Rees P, et al. Percutaneous pulmonary valve-in-valve implantation: a successful treatment concept for early device failure. *Eur Heart J*. 2008;29:810-5.
11. Bensemlali M, Malekzadeh-Milani S, Mostefa-Kara M, Bonnet D, Boudjemline Y. Percutaneous pulmonary Melody® valve implantation in small conduits. *Arch Cardiovasc Dis*. 2017;110:517-24.
12. Eicken A, Ewert P, Hager A, Peters B, Fratz S, Kuehne T, et al. Percutaneous pulmonary valve implantation: two-centre experience with more than 100 patients. *Eur Heart J*. 2011;32:1260-5.
13. Díaz LH, Lince R, Hernández K, Correa R, Palomino A. Percutaneous pulmonary valve implant: two Colombian case reports. *Arch Cardiol Mex*. 2020;90:313-20.
14. Gillespie MJ, Rome JJ, Levi DS, Williams RJ, Rhodes JF, Cheatham JP, et al. Melody valve implant within failed bioprosthetic valves in the pulmonary position: a multicenter experience. *Circ Cardiovasc Interv*. 2012;5:862-70.
15. Patrón-Chi SA, Salgado-Sandoval A, Antúnez-Sánchez SP, Montalvo-Aguilar JF, Meléndez-Urbe E, García-Aguilar H. Initial experience with the percutaneous implant of the Melody® valve in a hospital center in Mexico City. *Arch Cardiol Mex*. 2020;90:219-24.
16. Cabalka AK, Hellenbrand WE, Eicken A, Kreutzer J, Gray RG, Bergersen L, et al. Relationships among conduit type, pre-stenting, and outcomes in patients undergoing transcatheter pulmonary valve replacement in the prospective North American and European Melody valve trials. *JACC Cardiovasc Interv*. 2017;10:1746-59.
17. Chhatriwalla AK, Sorajja P. Expanding indications for bioprosthetic valve fracture and bioprosthetic valve remodeling. *Circ Cardiovasc Interv*. 2018;11:e007017.
18. Shahanavaz S, Asnes JD, Grohmann J, Qureshi AM, Rome JJ, Tanase D, et al. Intentional fracture of bioprosthetic valve frames in patients undergoing valve-in-valve transcatheter pulmonary valve replacement. *Circ Cardiovasc Interv*. 2018;11:e006453.
19. Shahanavaz S, Rockefeller T, Nicolas R, Balzer D. Fracturing a dysfunctional Edwards Perimount bioprosthetic valve to facilitate percutaneous valve-in-valve placement of SAPIEN 3 valve with modified delivery system. *Catheter Cardiovasc Interv*. 2018;91:81-5.
20. Petrov IS, Stankov ZI, Boychev DB. Valve cracking before valve-in-valve transcatheter aortic valve implantation to treat severe paravalvular leak. *JACC Case Rep*. 2021;3:875-81.
21. Dvir D, Harari E. Expanding bioprosthetic ring fracture indications: cracking the walls will tear the house down? *JACC Case Rep*. 2021;3:882-3.
22. Balzer DT. Percutaneous pulmonary valve implantation: fixing the problems and pushing the envelope. *Curr Opin Pediatr*. 2012;24:565-8.
23. Brown SC, Cools B, Gewillig M. Cracking a tricuspid Perimount bioprosthesis to optimize a second transcatheter Sapien valve-in-valve placement. *Catheter Cardiovasc Interv*. 2016;88:456-9.
24. Kogure T, Qureshi SA. The future of paediatric heart interventions: where will we be in 2030? *Curr Cardiol Rep*. 2020;22:158.
25. Guerin P, Fresse KW, Razafimahatratra O. [Percutaneous treatment of the pulmonary valve]. *Ann Cardiol Angeiol (Paris)*. 2019;68:474-9.
26. Oechslin L, Corti R, Greutmann M, Kretschmar O, Gaemperli O. Percutaneous pulmonary valve implantation in grown-up congenital heart disease patients: insights from the Zurich experience. *J Interv Cardiol*. 2018;31:251-60.
27. Armstrong AK, Balzer DT, Cabalka AK, Gray RG, Javois AJ, Moore JW, et al. One-year follow-up of the Melody transcatheter pulmonary valve multicenter post-approval study. *JACC Cardiovasc Interv*. 2014;7:1254-62.
28. Georgiev S, Tanase D, Ewert P, Meierhofer C, Hager A, von Ohain JP, et al. Percutaneous pulmonary valve implantation in patients with dysfunction of a "native" right ventricular outflow tract — mid-term results. *Int J Cardiol*. 2018;258:31-5.
29. McElhinney DB, Cheatham JP, Jones TK, Lock JE, Vincent JA, Zahn EM, et al. Stent fracture, valve dysfunction, and right ventricular outflow tract reintervention after transcatheter pulmonary valve implantation: patient-related and procedural risk factors in the US Melody Valve Trial. *Circ Cardiovasc Interv*. 2011;4:602-14.
30. Oosterhof T, Hazekamp MG, Mulder BJM. Opportunities in pulmonary valve replacement. *Expert Rev Cardiovasc Ther*. 2009;7:1117-22.