

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO  
FACULTAD DE MEDICINA  
DIVISIÓN DE ESTUDIOS DE POSGRADO  
HOSPITAL INFANTIL DE MÉXICO FEDERICO GÓMEZ



Patrón de crecimiento de ramas  
pulmonares tras la paliación de  
cardiopatías ducto-dependientes  
con Fístula de Blalock-Taussig vs  
Stent en el conducto arterioso

T E S I S

PARA OBTENER EL TÍTULO DE  
ESPECIALISTA EN :

CARDIOLOGÍA PEDIÁTRICA

P R E S E N T A:

Dr. Vincenzo Arenas Fabiani

TUTOR:

Dr. Liborio Solano Fierro

ASESOR:

Dr. Julio Erdmenger Orellana

CIUDAD DE MÉXICO

FEBRERO 2022





Universidad Nacional  
Autónoma de México



**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**  
**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

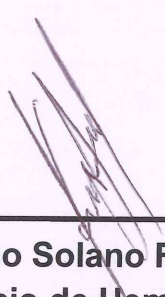
**DERECHOS RESERVADOS ©**  
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

---

**Dr. Sarbelio Moreno Espinosa**  
**Director de enseñanza y desarrollo académico**



---

**Dr. Liborio Solano Fiesco**  
**Jefe del Servicio de Hemodinámica**  
**TUTOR**



---

**Dr. Julio Erdmenger Orellana**  
**Jefe del Departamento de Cardiología Pediátrica**  
**ASESOR**

A mi madre por ser constante en cada logro  
A mi padre, hermana y abuelos por su incesante apoyo  
A mi pareja, la Dra Sofía Najar, por ser pilar en ésta compleja etapa

## ÍNDICE

Resumen.....	5
Antecedentes.....	6
Marco Teórico.....	7
Contexto histórico.....	7
Epidemiología.....	9
Cardiopatías cianógenas y ducto-dependientes.....	10
Infusión de prostaglandinas.....	11
Fístula modificada de Blalock-Taussig.....	11
Colocación de stent en el conducto arterioso.....	13
Comparación de métodos paliativos.....	14
Planteamiento del problema.....	15
Pregunta de investigación.....	15
Justificación.....	15
Objetivos.....	16
Objetivo general.....	16
Objetivos específicos.....	16
Métodos.....	17
Diseño del estudio.....	17
Criterios de Inclusión.....	17
Criterios de exclusión.....	17
Criterios de eliminación.....	17
Población en estudio.....	17
Tamaño de la muestra.....	17
Mediciones.....	18
Plan de análisis estadístico.....	18
Descripción de Variables.....	19
Resultados.....	21
Población de estudio.....	21
Variables asociadas al tratamiento.....	21
Análisis del patrón de crecimiento de ramas.....	22
Discusión.....	23
Limitaciones del estudio.....	24
Conclusión.....	24
Cronograma de Actividades.....	25
Bibliografía.....	25
Anexos.....	28

## RESUMEN

**Antecedentes:** Las cardiopatías cianógenas son defectos congénitos complejos que ameritan intervención en los primeros meses de vida para asegurar flujo pulmonar. La fístula modificada de Blalock-Taussig es considerada el estándar de oro, sin embargo, no está exento de complicaciones y efectos adversos. El desarrollo del stenting del conducto arterioso ha sustituido a la FBT en gran parte del mundo gracias sus múltiples ventajas, entre las que destacan lograr un crecimiento adecuado y simétrico de ramas pulmonares. El objetivo del estudio fue: evaluar el crecimiento de ramas pulmonares comparando los dos métodos de paliación existentes para cardiopatías cianógenas ducto-dependientes

**Métodos:** Se realizó un estudio de cohorte retrospectivo, comparando a ambas modalidades de paliación realizadas en pacientes del Hospital Infantil de México entre 2015-2020. Se evaluó el patrón de crecimientos de ramas pulmonares pre y post intervención mediante índices de Nakata e índice de simetría.

**Resultados:** Se incluyeron 34 pacientes en el estudio, 20 FBT y 14 stents en el conducto. Los pacientes del stent fueron significativamente más jóvenes. El 53% de los pacientes tuvieron diagnóstico de AP+CIV y VD hipoplásico. Hubo una menor incidencia de complicaciones en el grupo de stent en el conducto, 65 vs 55% (p 0.05). La media de días de estancia de hospitalización fue de 15 para las FBT y 13.5 de stent en conducto (p0.3). El índice de Nakata en el grupo de FBT tuvo un incremento tras intervención de 74, mientras que el de stent fue de 127 (p0.09). El índice de simetría final se mantuvo igual en ambas intervenciones, con una diferencia entre medidas de .001 y -0.020 para cada grupo (p0.3)

**Conclusiones:** La paliación de cardiopatías congénitas cianógenas ducto-dependientes por medio de métodos intervencionistas como la colocación de stent en el conducto arterioso es una opción efectiva para garantizar flujo pulmonar y promover un patrón adecuado de crecimiento de ramas pulmonares

## ANTECEDENTES

Las cardiopatías congénitas cianógenas, representan un grupo heterogéneo de entidades clínicas caracterizadas por un flujo pulmonar anterógrado limitado o ausente. Los pacientes afectados por estas anomalías, suelen presentarse temprano en la vida con grados variables de cianosis, agravada por el cierre fisiológico del conducto arterioso. Por este motivo, dichas cardiopatías también son consideradas ducto-dependientes, enfatizando la importancia que tiene esta estructura para mantener flujo pulmonar. Estos pacientes frecuentemente necesitan ser sometidos cerca del periodo neonatal a procedimientos paliativos para proveer o aumentar flujo pulmonar estable que permita llevar al paciente a corrección total o paliación definitiva en etapas.

Históricamente, esto ha sido más frecuentemente logrado mediante la Fistula de Blalock-Taussig (FBT), procedimiento desarrollado en la década de los 40 y perfeccionado desde entonces por cirujano alrededor del mundo. No obstante, se ha puesto en manifiesto la potencial mortalidad y morbilidad de dicho procedimiento, por lo que otras técnicas se han desarrollado. El stenting del conducto arterioso se introdujo a principios de la década de los 90 como un método alternativo para proveer adecuado flujo pulmonar en estos pacientes. Desde la primera descripción, han sido numerosos los reportes de su reproducibilidad exitosa y seguridad. Entre las ventajas de este procedimiento se reportan evitar un procedimiento tan invasivo como una cirugía cardiorácica, con todos los riesgos que esto implica y más recientemente la potencial ventaja de establecer un flujo más cercano al fisiológico con lo que se logra estimular un crecimiento de ramas más adecuado y simétrico.

Si bien las ventajas del stenting del conducto arterioso son atractivas, como cualquier procedimiento no está exento de complicaciones y eventos adversos particularmente asociados a su durabilidad como un flujo estable.

## MARCO TEÓRICO

### Contexto histórico

Hablar de paliación en cardiopatías congénitas cianógenas de flujo pulmonar disminuido amerita invariablemente remitirnos a los principios de la cardiología pediátrica como disciplina. Fue en la década de los 40 que gracias a las brillantes observaciones realizadas por la Dra Helen Taussig, hoy reconocida como “madre de la cardiología pediátrica”, sobre los llamados “bebés azules” con diagnóstico de Tetralogía de Fallot, se inició la intervención en estos pacientes. La Dra Taussig observó cómo en los pacientes con Fallot y conducto arterioso persistente, la saturación era superior e incidencia de crisis de hipoxia menor, por lo que elaboro la hipótesis de establecer flujo pulmonar de manera quirúrgica. Tras obtener la negativa por parte del Dr Robert Gross, la Dra Taussig logro persuadir al Dr Alfred Blalock, quien se dio a la tarea de crear la primera fistula sistémico pulmonar en el Hospital John Hopkins<sup>1</sup>.

Tras múltiples experimentos fallidos, gracias a la insistencia del Dr Blalock y a la pericia de su asistente Viven Thomas, lograron conectar de manera exitosa la arteria subclavia a la pulmonar ipsilateral en modelos animales. Seguido de su experimentación en perros, el 29 de noviembre de 1944 la niña Eileen Saxon fue intervenida por el Dr Blalock y Viven Thomas, logrando crear la primera FBT. Meses tras la cirugía la niña volvió a esta cianótica, por probable trombosis de la fistula, ameritando una segunda intervención en la rama contralateral, la cual no fue exitosa, falleciendo a los pocos días tras la operación. Sin embargo, los pocos meses tras la intervención fueron suficientes para comprobar la factibilidad de la cirugía e iniciar un importante camino en la paliación de estos pacientes.

Este procedimiento dio origen a la idea de realizar muchos otros procedimientos similares en los que la aorta se utilizó como sitio de origen del flujo sistémico, tales como: la fistula de Waterston (entre la aorta ascendente y la arteria pulmonar derecha) y la fistula de Potts, (entre la aorta descendente y la arteria pulmonar izquierda). Estas técnicas, junto con la descripción original de la FBT han caído en desuso debido a la alta incidencia de complicaciones y eventos adversos, tales como el desarrollo de sobre circulación pulmonar, hipertensión pulmonar, aneurismas, estenosis, trombosis e isquemia del brazo ipsilateral, reportada hasta en 1% de los casos.

A principios de la década de los 80, Leval y colaboradores<sup>2</sup>, describieron la primera modificación a la técnica original que consistía en la interposición de un tubo de politetrafluoroetileno (Gore-Tex) para la construcción de una fistula entre la arteria subclavia proximal y la arteria pulmonar izquierda. Más tarde, el grupo de Boston describió la misma técnica, pero por abordaje derecho, alejándose de estructuras vitales expuestas a lesión por abordaje izquierdo.

Debido a la aun alta incidencia reportada de complicaciones y mortalidad, otras opciones terapéuticas para garantizar flujo pulmonar han ganado popularidad. A principios de los años 80, la FDA autorizo el uso de la infusión de prostaglandina E1 para mantener patente el



conducto arterioso en pacientes cianóticos con cardiopatía conducto-dependientes para evitar la hipoxemia secundaria al cierre espontáneo, como método de estabilización inicial, permitiendo la evaluación completa del paciente previo a establecer una decisión terapéutica definitiva. Cabe mencionar que los efectos adversos asociados a la infusión limitan su uso al abordaje inicial.

En 1992, Gibbs y colaboradores<sup>3</sup>, reportaron los primeros casos de stenting en el conducto arterioso. En el estudio se intervinieron dos neonatos con atresia pulmonar con septum íntegro, logrando en ambos mantener patente el conducto mediante la implantación de stents coronarios, logrando saturaciones por arriba del 80%. Desafortunadamente ambos pacientes presentaron complicaciones que les condicionó evolución tórpida, falleciendo brevemente tras el procedimiento, sin embargo, los estudios de patología reportaron que ambos conductos arteriosos estaban patentes. Tras esta publicación la paliación de stenting del conducto arterioso se ha convertido en un tema ampliamente estudiado y practicado en centros de referencia internacional.

## Epidemiología

La incidencia global estimada de cardiopatías congénitas se reporta en aproximadamente 4-8 casas por cada 1000 nacidos vivos. En cuanto a cardiopatías complejas, definidas como patologías que, a pesar de tener una incidencia relativamente baja, representan una fracción alta de mortalidad, morbilidad y costos de atención, la incidencia se estima en aproximadamente 2 casos por cada 100 nacidos. En nuestro país, no existen casuísticas que estimen de manera exacta la frecuencia de este grupo de enfermedades, sin embargo, estimaciones publicadas reportan una incidencia de 8-10 casas por cada 1000 nacidos vivos, que se extrapolan según la tasa de natalidad a 18,000 – 20,000 casos nuevos anuales.

En 2017, el grupo de la Clínica de cardiopatías congénitas del Hospital de cardiología del Centro Médico Nacional Siglo XXI, publicó un análisis demográfico completo de su experiencia de 2011 a 2016. De 5780 pacientes referidos a la clínica por sospecha de cardiopatía congénita, el diagnóstico se confirmó en 3,483 pacientes. Para su análisis, las cardiopatías se clasificaron en acianógenas, cianógenas y según el flujo pulmonar<sup>4</sup>.

El grupo más frecuente, representando el 43% de todos los casos fueron las cardiopatías acianógenas de flujo pulmonar aumentado, de las cuales la más frecuente fue la comunicación interatrial que representó el 49% de todas. Lo interesante para nuestro estudio es que el segundo grupo más prevalente fue el de las cardiopatías cianógenas de flujo pulmonar disminuido, encontrando 767 pacientes, el 22.02% de toda la cohorte. En este grupo se incluyeron pacientes con diagnósticos de: Tetralogía de Fallot (TOF), Atresia pulmonar con CIV (AP+CIV), Atresia pulmonar con septum integro (AP sin CIV), anomalía de Ebstein (AE) y Atresia tricuspídea (AT).

En cuanto a mortalidad, internacionalmente las cardiopatías congénitas representan la causa de muerte por anomalía congénita más frecuente. En nuestro país, el INEGI reporta que desde el 2005, las cardiopatías congénitas representan la segunda causa de muerte en menores de un año y la tercera en niños de entre uno y cuatro años. Es evidente que, como problema de salud pública, las anomalías congénitas del corazón son relevantes, siendo las cardiopatías cianógenas un grupo frecuente que amerita atención especializada, la cual es escasa en nuestro país<sup>5</sup>.

## Cardiopatías cianógenas y ducto-dependientes

Aproximadamente, 1% de todos los recién nacidos tienen algún tipo de cardiopatía congénita. Una cuarta parte de estos pacientes se presentan con defectos que les condicionan un estado crítico de salud y de estos, la mayoría es secundario a una cardiopatía ducto-dependiente, es decir, que requiere intervenciones para mantener la patencia del conducto arterioso para evitar el deterioro clínico<sup>6</sup>.

Según una revisión sistemática de Cochrane publicada en 2014<sup>7</sup>, los pacientes portadores de cardiopatías ducto-dependientes se pueden clasificar en tres grupos:

- El primer grupo es en aquellos pacientes en donde existen lesiones obstructivas en el tracto de salida del ventrículo derecho, las cuales condicionan hipoflujo pulmonar. En este grupo se incluyen los pacientes con estenosis pulmonar crítica, Tetralogía de Fallot y atresia pulmonar con CIV y atresia pulmonar con septum íntegro y atresia tricuspídea con atresia o estenosis pulmonar grave.
- El segundo grupo incluye a los pacientes con restricción severa al gasto sistémico, secundario a lesiones obstructivas izquierdas. En este grupo se incluyen pacientes con estenosis aórtica crítica, coartación aórtica, interrupción del arco aórtico y síndrome de ventrículo izquierdo hipoplásico.
- El tercer grupo se conforma por la D-transposición de las grandes arterias, en donde existe una fisiología en paralelo del circuito pulmonar y sistémico. En este caso la existencia de sitios de cortocircuito y/o mezcla es obligado para mantener oxigenación y gasto sistémico.

Existe otro grupo de pacientes que, si bien no es posible categorizar de manera exacta en ninguno de estos, vale la pena describir por su similitud con los pacientes de primer grupo, estos son los pacientes con Anomalía de Ebstein grave en donde existe atresia pulmonar funcional secundario a un ventrículo derecho funcional hipoplásico, incapaz de generar flujo anterógrado a través de la válvula pulmonar, la cual a su vez puede estar obstruida por la valva anterior redundante. Tanto en estos pacientes, como en los del primer grupo, el flujo pulmonar está siendo provisto de manera retrograda desde la aorta hacia los pulmones a través de un conducto arterioso persistente, por lo que el cierre o constricción del mismo generaran hipoxemia severa, cianosis, choque y eventualmente la muerte.

Una vez que se sospecha en una cardiopatía cianógeno ducto-dependiente, existen medidas terapéuticas que se deben instaurar de manera pronta para garantizar flujo pulmonar. Estas medidas pueden ser farmacológicas, mediante el inicio de la infusión de prostaglandinas, intervencionista con stenting del conducto arterioso y quirúrgicas, colocando una FMBT. Si bien todas las modalidades terapéuticas tienen indicaciones y ventajas establecidas, también existen complicaciones y eventos adversos que hay que tener en cuenta.

## **Infusión de prostaglandinas**

La prostaglandina E1 es una sustancia análoga a la endógena que se encuentra aprobada desde la década de los 80 para tratar a pacientes con cardiopatías ducto-dependientes, como puente terapéutico de corta duración que permite la estabilización del paciente previo a decidir el método por el cual se lograra garantizar flujo pulmonar estable y duradero.

La PGE1 promueve vasodilatación ductal mediante efectos directos en la vasculatura y el musculo liso del conducto, esto a través de receptores dependientes de AMP cíclico. La PGE1 sufre metabolismo de primer paso en los pulmones por lo que debe de ser administrado por infusión continua. Con dosis iniciales de 0.025 a 1 mcg/kg/min, el ducto se reabre en los primeros 30 minutos obteniendo respuesta clínica casi inmediata<sup>8</sup>.

Debido a que las prostaglandinas tienen múltiples efectos fisiológicos, la infusión está asociada a múltiples efectos adversos a corto y largo plazo. Los efectos a corto plazo más relevantes con apnea que aumenta el riesgo de intubación y ventilación mecánica, vasodilatación periférica, que condicione caída de las resistencias vasculares, hipotensión e hipoperfusión de tejidos periféricos y fiebre. En pacientes sometidos a más de 5 días de infusión, se ha reportado hiperostosis cortical, necrosis de grasa parda y obstrucción gástrica.

Es relevante para este estudio mencionar que diversos autores recomiendan detener la infusión de PGE1 al menos 6 horas previas al stenting del conducto arterioso con la intención de lograr cierto grado de constricción ductal para así mejorar la estabilidad y el agarre del stent dentro del conducto<sup>9</sup>.

## **Fistula modificada de Blalock-Taussig**

Desde mediados de la década de los 40, la FBT marco el inicio en paliación quirúrgica para cardiopatías congénitas cianógenos. En la época actual, las tendencias se han movido hacia la reparación correctiva total temprana, gracias al desarrollo de tecnologías y técnicas quirúrgicas modernas, logrando tasas de sobrevida más altas y menores tasas de discapacidad a largo plazo. A pesar de existir nuevas modalidades de paliación primaria, como stenting del conducto arterioso y del tracto de salida del ventrículo derecho, la FMBT continúa siendo considerada la técnica estándar de oro para asegurar flujo pulmonar en estos pacientes.

A pesar de una amplia experiencia, desarrollada por más de 7 décadas alrededor del mundo, las tasas de mortalidad y morbilidad asociadas con el procedimiento son altas, mostrando una tendencia a la inversa de la mayoría de las técnicas quirúrgicas extensamente descritas. Cohortes publicadas en los Países Bajos y Reino Unido han reportado incrementos significativos es mortalidad comparada con las reportadas en épocas

pasadas, cuestión notable por ser la única técnica quirúrgica cardiovascular pediátrica mostrando dicho comportamiento en la época moderna.

Un estudio publicado en 2017 por Sasikumar y colaboradores<sup>10</sup> reporta los resultados de un centro de referencia internacional en Canadá. Incluyeron a 95 pacientes sometidos a FBT entre 2004-2014, encontrando una mortalidad hospitalaria de 12%. La tasa de trombosis o estenosis de la fistula se reportó en 23% y de sobre circulación pulmonar en 30%. El 12% de los pacientes requirieron reoperación y 8% intervención por cateterismo. La supervivencia a 1 año fue de 82%. En cuanto a los diagnósticos, el 58% tenían una cardiopatía ducto-dependiente en el 73% tenían fisiología univentricular.

Otro estudio publicado en el Reino Unido en 2017 por Dorobantu y colaboradores<sup>11</sup>, muestra resultados similares. Ellos reportan un incremento importante en la mortalidad, aumentando de 5.1% en la década pasada a 9.8% en la actualidad. En cuanto a la supervivencia a 1.5 años, el 13.9% habían fallecido y el 17.8% habían requerido algún tipo de reintervención. Entre los factores de riesgo para mortalidad encontraron: peso bajo, AP con septum íntegro y fistulas centrales. Al igual que en el estudio previo, el uso en Tetralogía de Fallot ha disminuido y en contraste a aumentando en patología con fisiología univentricular y AP+CIV.

Es evidente tras revisar la literatura que el aumento en la corrección temprana y paliaciones intervencionistas en patologías menos complejas como la Tetralogía de Fallot, aunado al aumento en la paliación de cardiopatías más complejas usualmente de fisiología univentricular son responsables de la acentuada mortalidad en una intervención tan ampliamente desarrollada como la FBT

Más allá de la mortalidad, como cualquier procedimiento mayor, no está exento de complicaciones, entre las cuales destacan: adherencias, sangrado abundante, derrame pleural, quilotórax por lesión del conducto torácico, parálisis diafragmática secundario a lesión del nervio frénico, datos de sobrecirculación pulmonar por hiperfunción de la fistula, arritmias y uno particularmente de interés en este trabajo es la distorsión anatómica de las ramas pulmonares como resultado de estenosis circunscrita secundaria en el sitio de anastomosis y el crecimiento diferencial asimétrico de las ramas al favorecer el flujo de la rama contralateral.

Otro aspecto relevante a considerar es el costo derivado del procedimiento quirúrgico, cuidados postoperatorio y recuperación. Sasikumar y colaboradores<sup>10</sup> en el estudio previamente referenciado reportan una duración hospitalaria media de 15 días y en la unidad de cuidados intensivos de 8 días, hallazgos compatibles con los descritos en otros estudios. En este mismo estudio, el 94% de los pacientes fueron dados de alta con enoxaparina como anticoagulante preventivo mientras que 5 solo fueron antiagregados con ácido acetilsalicílico. Evidentemente una estancia hospitalaria mayor implica altos costos de tratamiento, así como un riesgo incrementado de adquirir infecciones nosocomiales, lo cual puede alargar un mas este periodo. Si bien el uso de anticoagulantes y/o antiagregantes es necesario en ambos grupos de paliación, las guías publicadas en 2014 por la American Heart Association<sup>12</sup> recomiendan solo el uso de antiagregación en pacientes con bajo riesgo. Derivado del alta de incidencia de trombosis asociada a la fistula, centros experimentados han implementado el uso de anticoagulación de manera preventiva, hecho que se suma a los costos y la posibilidad de eventos adversos relacionados.

## Colocación de stent en el conducto arterioso

Si bien es considerada una técnica emergente, desde el reporte original a principios de los 90, múltiples grupos en hospitales de referencia internacional han descrito su experiencia, publicando altas tasas de éxito, reproducibilidad y un perfil de seguridad adecuado. Esta técnica tiene las potenciales ventajas de prescindir de un procedimiento quirúrgico, evitando las complicaciones y efectos adversos asociados. Añadida se describe la posibilidad teórica de proveer un flujo sanguíneo con características más cercanas al fisiológico, promoviendo un crecimiento de ramas pulmonares adecuado y simétrico, evitando el flujo preferencial a la rama contralateral a la intervenida, sin el riesgo añadido de distorsión de la misma por efectos de la anastomosis con el tubo de Gore-Tex<sup>12</sup>.

El procedimiento se realiza mediante anestesia general. Preferencialmente se discontinúa la infusión de prostaglandinas si fuese el caso, con la intención de lograr cierto grado de constricción ductal que permita estabilizar el conducto y permitir un mejor agarre del stent. Se canalizan accesos vasculares arteriales y se asciende de manera retrograda hasta la aorta descendente para delimitar mediante angiografía la morfología, tamaño y longitud del conducto arterioso<sup>13</sup>. Una vez seleccionado el stent apropiado para el caso, tomando en cuenta que cubra la longitud total del conducto, se pasa una guía coronaria a través de este, la cual se ancla distalmente a una rama lobar inferior, para posterior ferulización con un stent coronario.

Es imperativo mencionar que existen desventajas potenciales asociadas a esta intervención. Algunas de estas son las complicaciones intrínsecas al procedimiento que, si bien ha sido comprobado seguro, siempre existe el riesgo de: trombosis aguda del stent, luxación o migración del stent, hipoxemia severa secundario a espasmo ductal durante la colocación, perforación vascular y cardíaca.

Cuando comparando este procedimiento con el estándar de oro, la FBT, se han encontrado resultados similares en cuanto a supervivencia (88% vs 85%) y necesidad de reintervención (25% vs 25%)<sup>14</sup>.

Una vez que se colocó exitosamente el stent, es la durabilidad del flujo pulmonar establecido. Las experiencias publicadas por grupos expertos reportan que usualmente el diámetro interno del stent colocado representa aproximadamente el 75% del diámetro del tamaño de la fistula propuesta, hecho en que se basan las observaciones que sustentan las desventajas acerca de su menor duración como flujo pulmonar adecuado.

Sivakumar y colaboradores publicaron en 2012 un reporte de 22 pacientes sometidos a stenting del conducto arterioso, con una media de edad de 12 días. A la mayoría se le colocó un stent de 4 mm, el cual asegura flujo pulmonar suficiente para garantizar saturaciones y crecimiento de ramas pulmonares adecuado hasta la siguiente intervención. Se realizó angiografías de control a una edad media de 6 meses, en donde se demostró un aumento en el índice de Nakata de 143 a 270 mm/m<sup>2</sup>, de valor Z score de rama derecha de arteria pulmonar de -0.6 a 1.3 y de rama izquierda de -0.1 a 1.7<sup>15</sup>.

## Comparación de métodos paliativos

Múltiples autores alrededor del mundo han publicado hallazgos complementarios en cuanto a los resultados obtenidos de la comparación directa de la FBT y el stenting del conducto.

Santoro y colaboradores<sup>16</sup>, publicaron una cohorte retrospectiva de 27 pacientes con diagnósticos variados en Italia, encontrando que no hubo diferencias en el crecimiento de ramas pulmonares entre ambos grupos, sin embargo, el grupo de stent en el conducto demostró un patrón de crecimiento más uniforme.

En 2011, Amoozgar y colaboradores<sup>17</sup> reportaron los hallazgos de una cohorte retrospectiva de 38 pacientes en Irán, al igual que Santoro, los diagnósticos fueron variados y no se encontró diferencia en cuanto al crecimiento de ramas, sin embargo, la estancia hospitalaria fue significativamente menor en el grupo e stenting.

Maulla y colaboradores en 2013, publicaron una cohorte retrospectiva en Estados Unidos, esta vez incluyendo solo pacientes con AP con septum integro. Ellos reportaron una menor duración en ventilación mecánica, menor estancia hospitalaria, menor incidencia de complicaciones agudas y menor necesidad de reintervenciones agudas en el grupo de Stenting. Sin embargo, en este mismo grupo la incidencia de reintervenciones tras el alta fue significativamente mayor.

Para finalizar, una de las publicaciones más relevantes en esta materia fue la cohorte retrospectiva publicada por Glatz y colaboradores<sup>18</sup> en *Circulation* en 2018. Producto de una colaboración de 4 centros de referencia internacional en Estados Unidos, se incluyeron a 106 pacientes con diagnósticos variados sometidos a stenting del conducto entre 2008-2015 y 251 pacientes a FBT entre 2012-2015. Entre los resultados relevantes se encontró que no hubo diferencias en mortalidad y necesidad de reintervención no planeada, sin embargo, el grupo de stent en el conducto mostró una menor necesidad de uso de diuréticos, menos incidencia de complicaciones y menor estancia en terapia intensiva. En contraste el grupo de FBT tuvo una necesidad significativamente menor de reintervenciones. En cuanto al crecimiento de ramas, el grupo de stenting del conducto tuvo un mayor y más simétrico patrón de crecimiento al momento de la siguiente intervención o último seguimiento.

## **PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

Las cardiopatías cianógenas representan un conjunto heterogéneo de defectos congénitos complejos, de relevancia en salud pública, que usualmente ameritan paliación en los primeros meses de vida para asegurar un flujo sanguíneo estable a los pulmones y así garantizar una adecuada oxigenación sistémica. La fístula modificada de Blalock-Taussig es históricamente considerada la intervención estándar de oro para garantizar flujo pulmonar en este grupo de pacientes, sin embargo, a pesar de ser un procedimiento realizado rutinariamente, no está exento de complicaciones y efectos adversos.

El desarrollo de técnicas modernas en el cateterismo intervencionista ha logrado en gran parte del mundo igualar e incluso sustituir a la FBT como primera paliación, mediante la implementación del stenting del conducto arterioso. Al ser un procedimiento menos invasivo, se ha logrado reducir la incidencia de eventos adversos graves y tiempos de hospitalización. Una de las ventajas añadidas del stenting del conducto arterioso es lograr un flujo sanguíneo más uniforme a ambas ramas pulmonares, lo que se traduce a un crecimiento simétrico, evitando hipoplasia en sitios de anastomosis y facilitando procedimientos ulteriores. A pesar de ser un tema estudiado ampliamente en la última década, no existen estudios que reporten los resultados en nuestra población y particularmente en nuestro instituto

## **PREGUNTA DE INVESTIGACIÓN**

¿Cuál es el patrón de crecimiento de ramas pulmonares tras la primera paliación de cardiopatías congénitas cianógenas ducto dependientes, comparando la FBT y el stenting del conducto arterioso?

## **JUSTIFICACIÓN**

Como ya se ha mencionado, desde hace más de 2 décadas numerosos estudios han comparan ambas intervenciones para paliación primaria en cardiopatías cianógenas ducto-dependientes, sin embargo, no existen reportes publicados en poblaciones mayormente latinoamericanas.

A su vez, nuestro centro se encuentra desde hace aproximadamente 5 años en un proceso de transición hacia el uso predominante de stenting del conducto arterioso como modalidad principal de paliación. El análisis de los resultados obtenidos de nuestra incipiente pero creciente experiencia nos permitirá evaluar lo logrado hasta el momento y así mejorar nuestros resultados a corto y mediano plazo



## **OBJETIVOS**

### **Objetivo general**

Comparar el patrón de crecimiento de ramas pulmonares entre las dos principales intervenciones para paliación primaria en cardiopatías congénitas cianógenas ducto-dependientes: la fístula modificada de Blalock Taussig como estándar de oro vs el stenting del conducto arterioso como técnica emergente

### **Objetivos específicos**

- Crear una base de datos de los pacientes con cardiopatías cianógenas ducto dependientes sometidos a paliación para aumentar flujo pulmonar en los últimos 5 años
- Identificar los datos demográficos de la muestra
- Calcular mortalidad, tasa de complicaciones, estancia hospitalaria y en cuidados intensivos como predictores de seguridad de ambos procedimientos
- Calcular índices que permitan evaluar de manera objetiva el patrón de crecimiento de ramas pulmonares al momento de la primera intervención y tras el seguimiento
- Comparar los predictores de seguridad e índices de crecimiento pulmonar para valorar cuál de las dos intervenciones ofrece mejores resultados
- Comparar los resultados obtenidos con los publicados en centros de referencia internacional para enriquecer nuestra experiencia y mejorar los resultados futuros

## **HIPÓTESIS**

### **Hipótesis alterna**

La colocación de stent en el conducto arterioso como primera paliación en cardiopatías cianógenas ducto-dependientes, es una intervención efectiva y segura para lograr un crecimiento simétrico y mayor de ramas pulmonares, cuando se compara con el estándar de oro, la fístula modificada de Blalock-Taussig

### **Hipótesis nula**

La colocación de stent en el conducto arterioso como primera paliación en cardiopatías cianógenas ducto-dependientes, no es una intervención efectiva y segura para lograr un

crecimiento simétrico y mayor de ramas pulmonares, cuando se compara con el estándar de oro, la fístula modificada de Blalock-Taussig

## **MÉTODOS**

### **Diseño del estudio**

Se realizó un estudio observacional, analítico y longitudinal de tipo cohorte retrospectivo

### **Criterios de inclusión**

Pacientes pediátricos con cardiopatías cianógenas ducto-dependientes sometidos a alguno de los dos métodos de paliación para garantizar flujo pulmonar, que tuvieran algún estudio de imagen disponible para realizar el análisis comparativo pre y post intervención.

### **Criterios de exclusión**

Pacientes con cardiopatías cianógenas no ducto-dependientes  
Pacientes con cardiopatías cianógenas ducto-dependientes que no tuvieron estudios de imagen disponibles para medición de ramas pulmonares o en quienes las medidas no fueron confiables

### **Criterios de eliminación**

Expedientes no localizados o que no contaron con los datos necesarios para completar la base de datos

### **Población en Estudio**

Pacientes con cardiopatías congénitas ducto-dependientes sometidos a paliación por medio de FMBT incluidos en la base de datos del Departamento de Cirugía Cardiovascular o stent en el conducto incluidos en la base de datos del servicio de Hemodinámica del Departamento de Cardiología, ambos del Hospital Infantil de México Federico Gómez, en el periodo comprendido entre 2015-2020.

### **Tamaño de la Muestra**

El tamaño de muestra se seleccionó por muestreo no probabilístico. Se decidió trabajar con el total de los pacientes incluidos en las bases de datos previamente mencionadas que reunieran criterios durante la temporalidad del estudio

## Mediciones

Revisamos reportes de estudios de imagen en busca de medidas de ramas pulmonares en dos periodos; el primero previo a la intervención paliativa o en su defecto en el estudio más próximo a ésta y el segundo previo a la segunda paliación o en el seguimiento medio. Para todos los pacientes las medidas de ambas ramas se normalizaron por superficie corporal, calculando valores Z según lo publicado por Pettersen y colaboradores en 2008. En caso de contar con más de una modalidad de estudio de imagen se utilizó la siguiente jerarquía: Angiografía > Tomografía > Ecocardiograma transtorácico.

Para valorar el patrón de crecimiento de ramas pulmonares se calculó en ambos periodos:

- Índice de Nakata: indexando a la superficie corporal el área de sección transversal sumado de ambas ramas pulmonares. Este índice nos permite cuantificar el crecimiento global de ambas ramas y generalizarlo mediante la normalización por superficie corporal.
- Índice de simetría: estableciendo una relación del diámetro de la rama pulmonar menor con la mayor, de esta manera el índice siempre es igual o menor a 1. Mientras más se acerca al uno mayor simetría y por lo tanto crecimiento uniforme entre ramas.

## Análisis estadístico

La estadística se reportó con frecuencia en medidas de tendencia central y de dispersión. Para la evaluación de marcadores vasculares en ambos grupos de intervención se utilizó análisis de covarianza de un factor (ANCOVA) uni y multivariado. Los intervalos de confianza para proporciones se calcularon con el método de Agresti y cols. Un valor de  $p < 0.05$  se consideró estadísticamente significativo. El análisis estadístico se realizó en el entorno de programación R v 4.0.4

## Variables

Variable	Definición conceptual	Definición operacional	Tipo de variable	Escala medición
Intervención	Tratamiento o procedimiento para prevenir o tratar enfermedad	FBT o stent en el conducto	Cualitativa Nominal	1- FBT 2- Stent
Edad	Tiempo que ha vivido una persona	Meses de vida registrado a al momento de la intervención y mediciones	Cualitativa Nominal	Meses
Peso	Medida de fuerza gravitatoria que actúa sobre un objeto	Kg registrados a al momento de la intervención y mediciones	Cuantitativa Discreta	Kilogramos
Talla	Medida de longitud de un objeto	Cm registrados a al momento de la intervención y mediciones	Cuantitativa Discreta	Centímetros
Superficie corporal	Medida o cálculo de la superficie que ocupa el cuerpo humano	Calculó de superficie corporal al momento de intervención y mediciones mediante formula de Haycock	Cuantitativa Discreta	Metros cuadrados
Sexo	Condición orgánica masculina o femenina	Genero registrado en las bases de datos	Cualitativa Nominal	0- Femenino 1- Masculino
Diagnóstico	Proceso en el que se identifica una enfermedad, afección o lesión	Tipo de cardiopatía congénita cianógena que se encontró por alguno de los métodos	Cualitativa Nominal	1-AP+CIV 2-Heterotaxia, AP 3-Heterotaxia, Canal AV,AP 4-TOF 5-VD Hipoplásico 6-Otros
Clase funcional	Capacidad de ejecutar y desempeñar tareas de la vida diaria	Clase funcional registrada en bases de datos	Cualitativa Ordinal	I, II, III, IV
Síndrome	Conjunto de síntomas que se presentan juntos y caracterizan una enfermedad	Diagnóstico genético registrado en base de datos	Cualitativa Nominal	0-Ninguno 1-Down 2-22q11 3-VACTERL
Urgencia	Situación apremiante con potencial de amenazar la vida	Momento y estado del paciente en el que se realizó el procedimiento	Cualitativa Nominal	1-Si 2-No
Complicaciones	Problema médico que se presenta durante el curso de una enfermedad o después de un	Eventos adversos registrados durante el procedimiento y en el postquirúrgico inmediato	Cualitativa Nominal	1-Ninguna 2-Sangrado 3-TSV 4-PCR 5-Neumotorax 6-Disección aórtica

	procedimiento o tratamiento			
Estancia hospital	Número de días que permanece un paciente internado en el hospital	Días que el paciente paso internado en piso o en terapia intensiva	Cuantitativa Discreta	Días
Prostaglandinas	Uso terapéutico de prostaglandinas	Uso de infusión de PGE1 previo a la intervención	Cualitativa Nominal	1-Si 2-No
Tipo corrección	Cirugía o intervenciones destinadas a tratar una enfermedad	Tipo de corrección definitiva o paliativa apropiada	Cualitativa Nominal	1.Univentricular 2.Biventricular
Método imagen	Conjunto de modalidades utilizadas para elaborar diagnóstico	Método de imagen utilizado para medir las ramas pulmonares	Cualitativa Nominal	1-Angiografía 2-TAC 3-ECOTT
Rama derecha de arteria pulmonar (RDAP)	Estructura anatómica proveniente de la bifurcación de la arteria pulmonar	Medición del diámetro de la RDAP	Cuantitativa Continua	Milímetros
Rama izquierda de arteria pulmonar (RIAP)	Estructura anatómica proveniente de la bifurcación de la arteria pulmonar	Medición del diámetro de la RIAP	Cuantitativa Continua	Milímetros
Valor Z de ramas pulmonares	estadístico de prueba para las pruebas Z que mide la diferencia entre un estadístico observado y su parámetro hipotético de población en unidades de la desviación estándar	Normalización de la medida de los diámetros de las ramas pulmonares a la superficie corporal usando los valores publicados por Pettersen	Cuantitativa Continua	Valor Z
Índice Nakata	Fórmula que permite objetivar el tamaño de las arterias pulmonares en enfermedades congénitas	Área de sección transversa de ambas ramas pulmonares indexada a la superficie corporal	Cuantitativa Continua	Mm2/m2
Índice simetría	Relación que permite conocer la simetría entre ramas de la arteria pulmonar	Relación del diámetro de la rama pulmonar menor con la mayor	Cuantitativa Continua	0-1

## RESULTADOS

### Población del estudio

Se encontraron 75 pacientes al revisar las bases de datos, 44 intervenidos con FBT y 31 con stent en el conducto arterioso. Del total, 41 cumplieron criterios de exclusión y eliminación, por lo que se incluyeron 34 pacientes al análisis estadístico. La frecuencia de realización de FBT fue de 20 (59%, IC 95% [42.2-73.6]) y de colocación de stent en el conducto de 14 (41%, IC 95% [26.3-57.8]). La relación FBT:Stent fue de 1.42:1. (**Figura1**)

La mortalidad en los primeros 30 días tras la paliación, fue de 18% en el grupo de FBT y de 19% en stent en conducto. Cuatro pacientes del grupo stent en conducto (12%) requirieron pasar a quirófano para colocación de FBT en ese mismo internamiento. Ninguno de estos pacientes cumplió la definición de criterios de inclusión.

La mediana de edad fue de 153.5 días RI(27.5-320.75). Si bien la mayoría de los pacientes se presentaron sin diagnóstico sindromático, 19 pacientes presentaron alguno asociado (55.88% IC 95[39.44,71.13]). El síndrome asociado más frecuente fue el síndrome de Down con 13(38.23%, IC 95[23.86,55]). Las características demográficas se plasman en la **Tabla1**.

Los diagnósticos más frecuentes fueron atresia pulmonar con CIV y VD hipoplásico, habiendo 9 casos de cada uno, lo que representa el 53% de todas las cardiopatías incluidas. El 62% de los pacientes fueron previstos para paliación univentricular en etapas debido a las características de su cardiopatía.

### Variables asociadas al tratamiento

La mediana de días de estancia hospitalaria fue de 14.5 días RI(11.25-20.5) y la frecuencia de complicaciones del 41%(IC 95% [26.34-57.8]). La hemorragia fue la complicación más frecuente con 4(11.76%, IC 95% [4.07,27.22]) casos, de los cuales todos se presentaron como consecuencia de la cirugía (**Tabla 2**).

Se intervinieron de igual manera la rama izquierda y derecha (17(50%) vs 17(50%)). El procedimiento se realizó de urgencia en 13 pacientes (38%), sin haber diferencias entre intervención. Se utilizaron prostaglandinas en 12 pacientes, de los cuales la mayoría fueron del grupo de stent en el conducto (75%)

Es evidente el contraste en la incidencia en paro cardiorrespiratorio entre grupos, reportándose en 21% de los pacientes a los que se los implanto stent y en 0% de los pacientes de fistula, sin embargo, hay que considerar que todos los pacientes que cayeron en paro en el grupo de stent tuvieron retorno a circulación espontanea tras las maniobras

de reanimación. El hecho de que no haya paros en el grupo de cirugía probablemente es por porque no hayan tenido respuesta a la reanimación y por lo tanto se excluyeron del análisis al no tener valoración de ramas pulmonares posteriores

### **Análisis del patrón de crecimiento de ramas**

En el grupo de FBT, la mediana de edad en la primera medida fue de 139 días y la segunda de 689; mientras que en el grupo de stent fue de 27 y 423 días respectivamente. Por lo que el intervalo de tiempo entre medidas fue de 15 meses para el grupo de FBT vs 13 en el grupo de Stent en el conducto.

En referencia a los métodos de imagen utilizados, en la primera medición el más usado fue el ecocardiograma transtorácico, que se usó en el 56% de todas las mediciones, seguido por la Angiografía en el 44%. Para la segunda medición, la angiografía fue el método más utilizado, seguido del ecocardiograma y por último la Tomografía (53%, 32%, 15%). Sumando todas las mediciones realizadas en el estudio, la Angiografía fue usada en el 48%, el ecocardiograma en 44% y la TAC en el 8%.

La **tabla 3** se muestran de manera detallada las variables comparadas entre grupos que se utilizaron para evaluar el patrón de crecimiento de ramas pre y post intervención. Las figuras 2 y 3 ejemplifican la tendencia en simetría y crecimiento con relación al tiempo.

## DISCUSIÓN

A pesar del cambio en tendencias hacia reparación total de manera temprana, las FMBT continúa siendo un recurso terapéutico importante como modalidad de paliación inicial en cardiopatías cianógenas congénitas de hipoflujo pulmonar y ducto-dependientes, particularmente en pacientes de alto riesgo. A lo largo de las últimas décadas, cada vez son más las evidencias que reportan un perfil de seguridad inadecuado, caracterizado por el incremento en la morbi-mortalidad y la alta incidencia de reintervenciones. Aunado a esto, existe el riesgo de distorsión y estenosis asociados a la anastomosis del tubo, así como el posible crecimiento asimétrico propiciado por un flujo desbalanceado que pudiese preferenciar a alguna de las ramas.

Como respuesta a estos inconvenientes, impulsado por el avance en tecnologías que permiten desarrollar técnicas novedosas en intervencionismo, desde hace 2 décadas se propuso como alternativa viable, exitosa y segura, la paliación mediante la colocación de stent en el conducto arterioso. Esta modalidad terapéutica ha crecido en popularidad con base a beneficios obtenidos tanto el perfil de seguridad como en los buenos resultados en crecimiento de ramas pulmonares. Al tratarse de un procedimiento menos invasivo, se han reportado tasas menores de complicaciones graves, menos tiempo en terapia intensiva y de estancia hospitalaria. A su vez, el hecho de proveer un flujo pulmonar uniforme ha demostrado logara un crecimiento de ramas adecuado y sobre todo simétrico. Existen evidencias que reportan algunas desventajas de este método, particularmente asociadas a un periodo de tiempo menor libre de reintervenciones tras el egreso, secundario a un tamaño usualmente menor que el que tendría una fistula propuesta para el paciente. Es por esto que grupos expertos alrededor del mundo han propuesto al stenting del conducto arterioso como una medida apropiada para pacientes de bajo riesgo que pueden ser candidatos a reparación o segunda etapa de paliación de manera temprana<sup>19</sup>.

Nuestro estudio reporto una mortalidad similar al del procedimiento quirúrgico, sin embargo, una incidencia de complicaciones significativamente menor. Si bien la diferencia en los días de estancia hospitalaria no fue estadísticamente significativa, existió una diferencia de poco menos de dos días, hecho que puede ser relevante en la prevención de infecciones nosocomiales y reducción de costos derivados de la hospitalización<sup>20</sup>.

Es relevante hacer mención que, a pesar de tener una muestra heterogénea en cuanto a diagnósticos, no hubo diferencias estadísticas entre ambas cohortes. En referencia a los momentos de evaluación, es importante aclarar que, si bien la población fue diferente en cuanto a edad y tamaño, el periodo entre mediciones fue similar, siendo de 15 meses para el grupo quirúrgico y de 13 meses en el intervencionista.

En cuanto a los métodos de mediciones utilizados, en la primera ocasión, todos salvo un paciente del grupo de FBT fueron evaluados por ECOTT y evidentemente todos los de stent en el conducto fueron evaluados por angiografía. Para la segunda medición aumento el uso de la angiografía derivado del alto porcentaje de pacientes seleccionados para paliación univentricular que requirieron cateterismo previo a la derivación cavopulmonar superior.



En lo que concierne a nuestro objetivo primario, analizar el patrón de crecimiento de ramas pulmonares, encontramos que ambas intervenciones fueron exitosas en promover crecimiento. Si bien, hubo una diferencia numérica sustancial que favoreció al stent en el conducto en cuanto a la magnitud de crecimiento medido por índice de Nakata, no fue suficiente para ser estadísticamente significativa. Lo anterior siendo compatible con numerosos estudios publicados que tampoco reportan diferencias. Con respecto al crecimiento diferencial de las ramas, no encontramos diferencias significativas en cuanto al índice de simetría entre ambos grupos, permaneciendo prácticamente idéntico antes y después de la intervención, hallazgo que no es correspondiente con las publicaciones más recientes que reportan crecimiento más uniforme con menos asimetría en pacientes paliados con stent en el conducto<sup>21,22</sup>.

## **LIMITACIONES**

Indudablemente la principal limitación radica en el diseño del estudio, al tratarse de un estudio retrospectivo no randomizado existen múltiples sesgos. Uno particularmente relevante es la complejidad de obtener datos completos mediante la revisión de expedientes clínicos en físico. La segunda limitación es que, a pesar de ser un centro de referencia nacional, la muestra es pequeña, lo que limita la evaluación del impacto real de las intervenciones. La tercera es referente a la evaluación de las dimensiones de las ramas pulmonares, ya que sería preferente hacer las mediciones en su totalidad por el mismo método y por un grupo limitado de revisores expertos.

## **CONCLUSIONES**

La paliación de cardiopatías congénitas cianógenas ducto-dependientes por medio de métodos intervencionistas como la colocación de stent en el conducto arterioso es una opción efectiva para garantizar flujo pulmonar y promover un patrón adecuado de crecimiento de ramas pulmonares ✓

Este es el primer estudio realizado en nuestra población que compare de manera directa las dos principales opciones de paliación para este tipo de cardiopatías, el análisis de los resultados nos permitirá evaluar nuestra experiencia y mejorar los resultados a futuro.

## **AGRADECIMIENTOS**

Agradezco a todas las personas que facilitaron la realización de estudio, destacando a mi tutor por el apoyo durante el proceso, al Dr Josué Ángeles y al Dr Carlos Alcántara por facilitar la base de datos de Hemodinámica y Cirugía cardiovascular. Ofrezco también un especial agradecimiento a mi amigo y compañero, el Dr Enrique Delgadillo por su invaluable apoyo en la realización del análisis estadístico.

## CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES

Creación del protocolo	Julio-agosto 2020
Revisión de expedientes	Septiembre-noviembre 2020
Creación de base de datos	Diciembre 2020-enero 2021
Análisis estadístico	Febrero-marzo 2021
Análisis de resultados	Abril-mayo 2021
Elaboración de discusión y conclusiones	Mayo-junio 2021
Revisión final	Junio 2021

## BIBLIOGRAFÍA

1. Attie F, Rosas Peralta M, Pastelín Hernández G. Pasado, presente y futuro de la cardiología pediátrica [Past, present and future of pediatric cardiology]. *Arch Cardiol Mex.* 2006 Apr-Jun;76 Suppl 2:S48-56. Spanish. PMID: 17017074.
2. Leval MR, McKay R, Jones M, et al. Modified Blalock-Taussig shunt. Use of subclavian artery orifice as flow regulator in prosthetic systemic-pulmonary artery shunts. *J Thorac Cardiovasc Surg.* 1981;81:112-9.
3. Gibbs JL, Rothman MT, Rees MR, Parsons JM, Blackburn ME, Ruiz CE. Stenting of the arterial duct: a new approach to palliation for pulmonary atresia. *Br Heart J.* 1992 Mar;67(3):240-5. doi: 10.1136/hrt.67.3.240. PMID: 1372815; PMCID: PMC1024799.
4. Márquez-González H, Yáñez-Gutiérrez L, Rivera-May JL, López-Gallegos D, Almeida-Gutiérrez E. Análisis demográfico de una clínica de cardiopatías congénitas del Instituto Mexicano del Seguro Social, con interés en el adulto [Demographic analysis of a congenital heart disease clinic of the Mexican Institute of Social Security, with special interest in the adult]. *Arch Cardiol Mex.* 2018 Dec;88(5):360-368. Spanish. doi: 10.1016/j.acmx.2017.09.003. Epub 2017 Nov 7. PMID: 29126909.
5. Mendieta-Alcántara GG, Santiago-Alcántara E, Mendieta-Zerón H, Dorantes-Piña R, Ortiz de Zárate-Alarcón G, Otero-Ojeda GA. Incidencia de las cardiopatías congénitas y los factores asociados a la letalidad en niños nacidos en dos hospitales del Estado de México [Incidence of congenital heart disease and factors associated with mortality in children born in two Hospitals in the State of Mexico]. *Gac Med Mex.* 2013 Nov-Dec;149(6):617-23. Spanish. PMID: 24276184.
6. Calderón-Colmenero J, Cervantes-Salazar JL, Curi-Curi PJ, Ramírez-Marroquín S. Problemática de las cardiopatías congénitas en México. Propuesta de regionalización

[Congenital heart disease in Mexico. Regionalization proposal]. Arch Cardiol Mex. 2010 Apr-Jun;80(2):133-40. Spanish. PMID: 21147578.

7.Akkinapally S, Hundalani SG, Kulkarni M, Fernandes CJ, Cabrera AG, Shivanna B, Pammi M. Prostaglandin E1 for maintaining ductal patency in neonates with ductal-dependent cardiac lesions. Cochrane Database Syst Rev. 2018 Feb 27;2(2):CD011417. doi: 10.1002/14651858.CD011417.pub2. PMID: 29486048; PMCID: PMC6491149.

8.Yuan SM. Palliative Therapies for Congenital Heart Disease with Ductus Dependent Pulmonary Circulation. Z Geburtshilfe Neonatol. 2017 Dec;221(6):272-275. doi: 10.1055/s-0043-116017. Epub 2017 Sep 15. PMID: 28915527.

9.Santoro G, Gaio G, Palladino MT, Iacono C, Carrozza M, Esposito R, Russo MG, Caianiello G, Calabrò R. Stenting of the arterial duct in newborns with duct-dependent pulmonary circulation. Heart. 2008 Jul;94(7):925-9. doi: 10.1136/hrt.2007.123000. Epub 2007 Jul 30. PMID: 17664187.

10.Sasikumar N, Hermuzi A, Fan CS, Lee KJ, Chaturvedi R, Hickey E, Honjo O, Van Arsdell GS, Caldarone CA, Agarwal A, Benson L. Outcomes of Blalock-Taussig shunts in current era: A single center experience. Congenit Heart Dis. 2017 Dec;12(6):808-814. doi: 10.1111/chd.12516. Epub 2017 Jul 24. PMID: 287366

11.Dorobantu DM, Pandey R, Sharabiani MT, Mahani AS, Angelini GD, Martin RP, Stoica SC. Indications and results of systemic to pulmonary shunts: results from a national database. Eur J Cardiothorac Surg. 2016 Jun;49(6):1553-63. doi: 10.1093/ejcts/ezv435. Epub 2016 Jan 13. PMID: 26768397.

12.Giglia TM, Massicotte MP, Tweddell JS, Barst RJ, Bauman M, Erickson CC, Feltes TF, Foster E, Hinoki K, Ichord RN, Kreutzer J, McCrindle BW, Newburger JW, Tabbutt S, Todd JL, Webb CL; American Heart Association Congenital Heart Defects Committee of the Council on Cardiovascular Disease in the Young, Council on Cardiovascular and Stroke Nursing, Council on Epidemiology and Prevention, and Stroke Council. Prevention and treatment of thrombosis in pediatric and congenital heart disease: a scientific statement from the American Heart Association. Circulation. 2013 Dec 17;128(24):2622-703. doi: 10.1161/01.cir.0000436140.77832.7a. Epub 2013 Nov 13. Erratum in: Circulation. 2014 Jan 14;129(2):e23. PMID: 24226806.

13.Boshoff DE, Michel-Behnke I, Schranz D, Gewillig M. Stenting the neonatal arterial duct. Expert Rev Cardiovasc Ther. 2007 Sep;5(5):893-901. doi: 10.1586/14779072.5.5.893. PMID: 17867919.

14.Hussain A, Al-Zharani S, Muhammed AA, Al-Ata J, Galal OM. Midterm outcome of stent dilatation of patent ductus arteriosus in ductal-dependent pulmonary circulation. Congenit Heart Dis. 2008 Jul-Aug;3(4):241-9. doi: 10.1111/j.1747-0803.2008.00197.x. PMID: 18715457.

15.Michel-Behnke I, Akintuerk H, Thul J, Bauer J, Hagel KJ, Schranz D. Stent implantation in the ductus arteriosus for pulmonary blood supply in congenital heart disease. Catheter Cardiovasc Interv. 2004 Feb;61(2):242-52. doi: 10.1002/ccd.10766. PMID: 14755821.

16.Santoro G, Capozzi G, Capogrosso C, Mahmoud HT, Gaio G, Palladino MT, Russo MG. Pulmonary artery growth after arterial duct stenting in completely duct-dependent pulmonary circulation. *Heart*. 2016 Mar;102(6):459-64. doi: 10.1136/heartjnl-2015-308493. Epub 2016 Feb 1. PMID: 26830664.

17.Nasser BA, Abdulrahman M, Qwaee AAL, Alakfash A, Mohamad T, Kabbani MS. Impact of stent of ductus arteriosus and modified Blalock-Taussig shunt on pulmonary arteries growth and second-stage surgery in infants with ductus-dependent pulmonary circulation. *J Saudi Heart Assoc*. 2020 Apr 17;32(1):86-92. doi: 10.37616/2212-5043.1014. PMID: 33154897; PMCID: PMC7640615.

18.Glatz AC, Petit CJ, Goldstein BH, Kelleman MS, McCracken CE, McDonnell A, Buckey T, Mascio CE, Shashidharan S, Ligon RA, Ao J, Whiteside W, Wallen WJ, Metcalf CM, Aggarwal V, Agrawal H, Qureshi AM. Comparison Between Patent Ductus Arteriosus Stent and Modified Blalock-Taussig Shunt as Palliation for Infants With Ductal-Dependent Pulmonary Blood Flow: Insights From the Congenital Catheterization Research Collaborative. *Circulation*. 2018 Feb 6;137(6):589-601. doi: 10.1161/CIRCULATIONAHA.117.029987. Epub 2017 Oct 17. PMID: 29042354.

19.Santoro G, Capozzi G, Capogrosso C, Mahmoud HT, Gaio G, Palladino MT, Russo MG. Pulmonary artery growth after arterial duct stenting in completely duct-dependent pulmonary circulation. *Heart*. 2016 Mar;102(6):459-64. doi: 10.1136/heartjnl-2015-308493. Epub 2016 Feb 1. PMID: 26830664.

20.Bentham JR, Zava NK, Harrison WJ, Shauq A, Kalantre A, Derrick G, Chen RH, Dhillon R, Taliotis D, Kang SL, Crossland D, Adesokan A, Hermuzi A, Kudumula V, Yong S, Noonan P, Hayes N, Stumper O, Thomson JDR. Duct Stenting Versus Modified Blalock-Taussig Shunt in Neonates With Duct-Dependent Pulmonary Blood Flow: Associations With Clinical Outcomes in a Multicenter National Study. *Circulation*. 2018 Feb 6;137(6):581-588. doi: 10.1161/CIRCULATIONAHA.117.028972. Epub 2017 Oct 30. PMID: 29084734.

21.Boucek DM, Qureshi AM, Goldstein BH, Petit CJ, Glatz AC. Blalock-Taussig shunt versus patent ductus arteriosus stent as first palliation for ductal-dependent pulmonary circulation lesions: A review of the literature. *Congenit Heart Dis*. 2019 Jan;14(1):105-109. doi: 10.1111/chd.12707. PMID: 30811802.

22.Santoro G, Gaio G, Giugno L, Capogrosso C, Palladino MT, Iacono C, Caianiello G, Russo MG. Ten-years, single-center experience with arterial duct stenting in duct-dependent pulmonary circulation: early results, learning-curve changes, and mid-term outcome. *Catheter Cardiovasc Interv*. 2015 Aug;86(2):249-57. doi: 10.1002/ccd.25949. Epub 2015 Apr 9. PMID: 25855154.

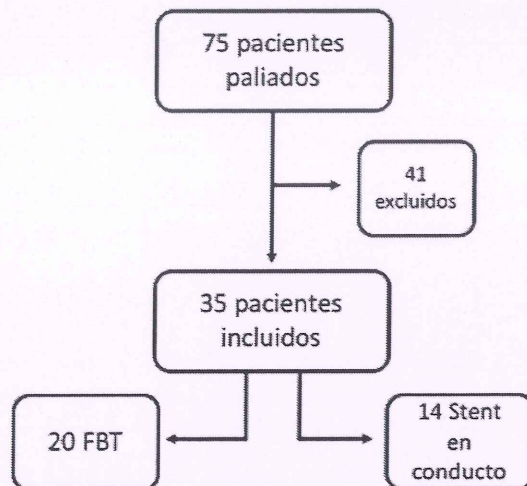


Figura 1. Selección de población

	<b>FBT</b> (n=20, 94%)	<b>Stent</b> (n=14, 41%)	<b>Valor p</b>
Edad(d)	139	26.5	<b>0.002</b>
Peso(kg)	6.7	3.7	<b>0.005</b>
Talla(cm)	64	51.5	<b>0.0001</b>
Sexo			0.52
F	8(40)	8(57)	
M	12(60)	6(43)	
Diagnósticos			0.16
AP+CIV	7(35)	2(14)	
Heterotaxia, AP	2(10)	2(14)	
Heterotaxia, canal AV, AP	3(15)	1(7)	
TOF	2(10)	1(7)	
VD hipoplásico	2(10)	7(50)	
Otros	4(20)	1(7)	
Síndrome			0.06
Ninguno	6(30)	9(65)	
T21	11(55)	2(14)	
22q11	3(15)	2(14)	
VACTERL	0(0)	1(7)	
Corrección definitiva			0.8
Univentricular	12(60)	9(64)	
Biventricular	8(40)	5(36)	

Tabla 1. Características clínicas y demográficas

	<b>FBT</b> <b>(n=20, 94%)</b>	<b>Stent</b> <b>(n=14,41%)</b>	<b>Valor p</b>
Estancia hospitalaria(d)	15	13.5	0.3
Prostaglandinas	3(15)	9(64)	<b>0.003</b>
Urgencia	8(40)	5(36)	0.8
Rama intervenida			<b>0.014</b>
Derecha	14(70)	3(21)	
Izquierda	6(30)	11(79)	
Complicaciones			
Ninguna	11(55)	9(65)	<b>0.05</b>
Sangrado	4(20)	0(0)	.21
TSV	2(10)	1(7)	1
PCR	0(0)	3(21)	0.12
Neumotórax	3(15)	0(0)	0.3
Disección Ao	0(0)	1(7)	0.85

Tabla 2. Variables asociadas al tratamiento

	<b>FBT</b> <b>Media(DE)</b>	<b>Stent</b> <b>Media(DE)</b>	<b>p</b> <b>(Univariado)</b>	<b>p</b> <b>(Multivariado)</b>
<b>RDAP</b>				
Inicial	5.02(2.1397)	4.6(1.5981)	0.5384	0.27
Final	7.655(2.8491)	8.8214(2.9603)		
Cambio	2.635(1.8114)	4.2214(1.8766)		
<b>Valor Z RDAP</b>				
Inicial	-1.615(2.737)	-1.2029(1.4596)	0.1152	<b>0.0058</b>
Final	-0.536(2.243)	0.7043(2.0489)		
Cambio	1.079(2.2261)	1.9071(1.5125)		
<b>RIAP</b>				
Inicial	4.4(1.9309)	4.3143(1.7051)	0.9837	0.99
Final	7.41(3.1104)	7.4214(2.0577)		
Cambio	3.01(1.7256)	3.1071(1.4478)		
<b>Valor Z RIAP</b>				
Inicial	-1.5235(3.1252)	-1.0957(1.4724)	0.9959	0.9837
Final	0.4465(2.1043)	0.45(1.6027)		
Cambio	1.97(2.7999)	1.5457(1.5524)		
<b>Nakata</b>				
Inicial	130.85(93.9744)	125.4286(66.4283)	0.3019	0.0958
Final	205.4(127.5454)	252.6429(131.5801)		
Cambio	74.55(64.637)	127.2143(91.3018)		
<b>Índice de simetría</b>				
Basal	0.8025(0.174)	0.8536(0.1123)	0.4617	0.3766
Final	0.8035(0.1242)	0.8329(0.0944)		
Cambio	0.001(0.1853)	-0.0207(0.1593)		

Tabla 3. Análisis de patrón de crecimiento de ramas

Figura 2. Cambio en índice de simetría en relación a grupo

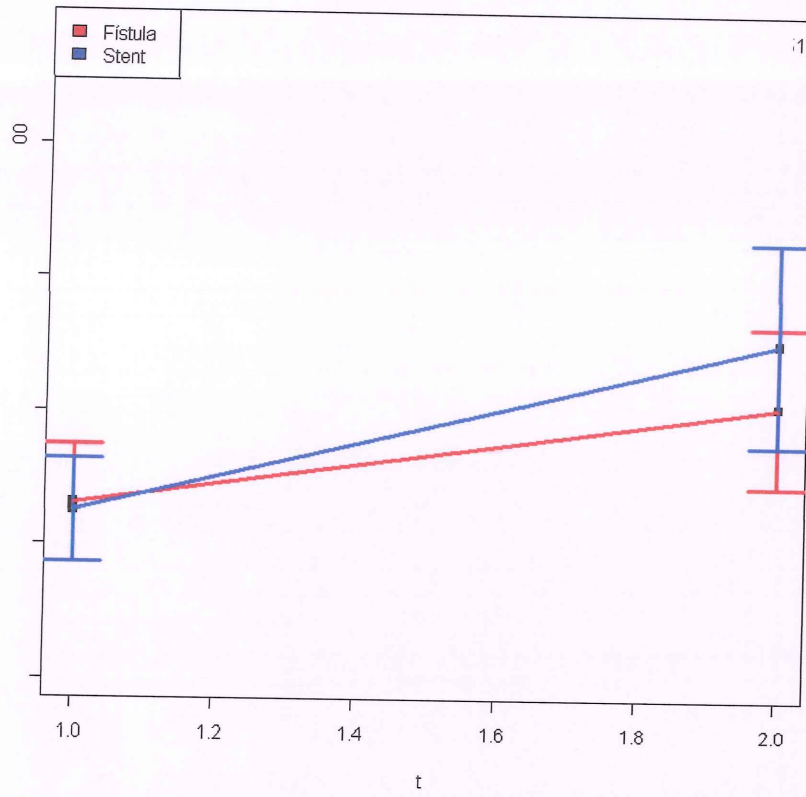


Figura 3. Cambio en Nakata en relación a grupo

