



**Universidad Nacional Autónoma de México**

**Facultad de Medicina**

**División de Estudios de Posgrado**

**Secretaría de Salud**

**Instituto Nacional de Cardiología**

**"Ignacio Chávez"**



---

**CARECTERÍSTICAS DE LOS PACIENTES PEDIÁTRICOS OPERADOS  
DE COARTACIÓN AÓRTICA EN LOS AÑOS 2009 A 2018 EN EL INSTITUTO  
NACIONAL DE CARDIOLOGÍA "IGNACIO CHÁVEZ"**

***TESIS PARA OBTENER EL GRADO  
DE SUBESPECIALISTA EN CARDIOLOGÍA PEDIÁTRICA***

**PRESENTA**

**DR. FERNANDO ANTONIO MURALLES CASTILLO**

**TUTOR**

**DRA. EMILIA JOSEFINA PATIÑO BAHENA**

**CIUDAD DE MÉXICO**

**JULIO DE 2019**



Universidad Nacional  
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

**Biblioteca Central**



**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.

## **DEDICATORIA**

A Dios principalmente, por la oportunidad de estar vivo y las bendiciones que me da a diario con mi familia y las personas que me aprecian.

Con mi familia, mi hermana Sofía un gran ejemplo de mujer, te amo. Mi madre Lorena, gracias a ti he llegado hasta donde estoy, tu apoyo, cariño y palabras día con día me los llevaré hasta el último día que viva. A mi padre Elwin, como persona mi ejemplo a seguir, tu sabiduría, tu forma de ver la vida me la transmites día con día y espero hacerte sentir orgullo por siempre. A mi familia en general que me ha apoyado a vivir este sueño lejos de ellos pero siempre en mi corazón, por último pero no menos importante a mi abuelita Julia, se que estás viendome desde el cielo con tus lindos ojos y manos entrelazadas, por ti soy todo lo que soy desde siempre hasta el día en que muera.

A ti Mireya por tu incomparable apoyo día con día, me has visto en mis peores y mejores días, sin ti esto hubiera sido muy diferente y mis días hubieran sido grises, te amo.

Familia que he elegido, amigos que la vida me dio, Jorge Aceituno gracias por todo tu apoyo, mis compañero de promoción especialmente Monserrat, Katia, Dilcia, Javier, Edgar. A mis amigos que me han acompañado a la distancia desde Guatemala.

Al Instituto Nacional de Cardiología; a mis maestras y maestros de cardiología, enfermería, y finalmente, a los pacientes por ser un libro abierto de consulta para aprender día tras día.

Gracias.

# ÍNDICE

<b><u>1</u></b>	<b><u>RESUMEN</u></b>	<b><u>6</u></b>
<b><u>2</u></b>	<b><u>MARCO TEÓRICO</u></b>	<b><u>10</u></b>
2.1	INTRODUCCIÓN	10
2.2	CLASIFICACIÓN	11
2.3	FISIOPATOLOGÍA	12
2.4	PRESENTACIÓN CLÍNICA	14
2.5	DIAGNÓSTICO	15
2.6	EVOLUCIÓN NATURAL	16
2.7	TRATAMIENTO POR CATETERISMO	17
2.8	PRONÓSTICO	19
2.9	TÉCNICAS QUIRÚRGICAS	20
<b><u>3</u></b>	<b><u>PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA</u></b>	<b><u>23</u></b>
<b><u>4</u></b>	<b><u>PREGUNTA DE INVESTIGACIÓN</u></b>	<b><u>23</u></b>
<b><u>5</u></b>	<b><u>JUSTIFICACIÓN</u></b>	<b><u>23</u></b>
<b><u>6</u></b>	<b><u>OBJETIVOS</u></b>	<b><u>24</u></b>
6.1	GENERAL	24
6.2	OBJETIVOS ESPECÍFICOS	24
<b><u>7</u></b>	<b><u>DISEÑO DEL ESTUDIO</u></b>	<b><u>25</u></b>
<b><u>8</u></b>	<b><u>POBLACIÓN</u></b>	<b><u>25</u></b>

<b>8.1</b>	<b>POBLACIÓN OBJETIVO</b>	<b>25</b>
<b>8.2</b>	<b>POBLACIÓN DE ESTUDIO</b>	<b>25</b>
<b>9</b>	<b><u>CRITERIOS DE SELECCIÓN</u></b>	<b><u>26</u></b>
<b>9.1</b>	<b>INCLUSIÓN</b>	<b>26</b>
<b>9.2</b>	<b>EXCLUSIÓN</b>	<b>26</b>
<b>10</b>	<b><u>MATERIAL Y MÉTODOS</u></b>	<b><u>26</u></b>
<b>10.1</b>	<b>MATERIAL</b>	<b>26</b>
<b>10.2</b>	<b>MÉTODOS</b>	<b>26</b>
<b>11</b>	<b><u>TAMAÑO DE LA MUESTRA</u></b>	<b><u>27</u></b>
<b>12</b>	<b><u>VARIABLES DEL ESTUDIO</u></b>	<b><u>28</u></b>
<b>13</b>	<b><u>ANÁLISIS ESTADÍSTICO</u></b>	<b><u>30</u></b>
<b>14</b>	<b><u>CONSIDERACIONES ÉTICAS</u></b>	<b><u>30</u></b>
<b>15</b>	<b><u>CONFLICTO DE INTERESES</u></b>	<b><u>31</u></b>
<b>16</b>	<b><u>FACTIBILIDAD</u></b>	<b><u>31</u></b>
<b>17</b>	<b><u>LIMITACIONES</u></b>	<b><u>31</u></b>
<b>18</b>	<b><u>RESULTADOS</u></b>	<b><u>32</u></b>
<b>19</b>	<b><u>DISCUSIÓN</u></b>	<b><u>36</u></b>
<b>20</b>	<b><u>CONCLUSIONES</u></b>	<b><u>41</u></b>
<b>21</b>	<b><u>REFERENCIAS</u></b>	<b><u>43</u></b>



## **1 Resumen**

**Objetivo:** determinar las características clínicas, radiográficas, electrocardiográficas, angiográficas y quirúrgicas y de los pacientes operados con coartación aórtica en el Instituto Nacional de Cardiología Ignacio Chávez entre los años 2009 y 2018.

**Descripción:** estudio retrospectivo que evaluó a los pacientes portadores de coartación aórtica que fueron sometidos a cirugía durante el periodo comprendido entre los años 2009 y 2018.

**Métodos:** se recabaron del expediente electrónico las variables consideradas relevantes para el estudio, se registraron en la hoja de captura Excel previamente diseñada. Se analizaron diversas variables antropométricas, clínicas, radiográficas, electrocardiográficas, angiográficas y quirúrgicas. Se valoró la evolución clínica postquirúrgica, complicaciones, requerimiento de procedimientos intervencionistas o quirúrgicos, y se valoró la respuesta a estos mismos como también los diferentes desenlaces.

**Resultados:** se reportan 187 cirugías de pacientes desde los 2 días de vida hasta los 12 años, en donde se mencionan las características radiológicas, electrocardiográficas y edad de presentación. Se hace referencia si el paciente requirió cateterismo previo y posterior, siendo estos un total de 64 intervenciones. El total de fallecimientos en los 9 años fue de 17 casos, los cuales son en su gran mayoría (94%) fueron antes del primer año de vida.

La técnica quirúrgica más utilizada (90%) fue la coartectomía extendida con anastomosis termino - terminal. Las complicaciones posquirúrgicas registradas fueron en orden descendente: falla ventricular, hipertensión arterial sistémica, falla renal que requirió diálisis peritoneal, etc.

**Conclusiones:** La población registrada que requirió una intervención quirúrgica en el Instituto Nacional de Cardiología fue en su mayoría lactante menor con una mediana de 3 meses en su edad de la cirugía. La coartación aórtica debe ser tratada, ya sea por medio de intervencionismo, o quirúrgicamente, sin embargo, se debe individualizar cada caso según la condición clínica y anatómica del paciente, y de esta forma se decide el tratamiento. En cuanto a la técnica quirúrgica empleada, la que tuvo mejores resultados y que no demostró tener una asociación significativa con el número de defunciones, fue la coartectomía extendida con anastomosis termino-terminal.

El tratamiento por medio de cateterismo, previo y posterior a la cirugía, da un nuevo panorama de opciones a los cardiólogos pediatras, y como se mencionó antes, cada caso es diferente, se debe de ofrecer la opción de intervencionismo siempre y cuando sea viable para el paciente en cuestión.

Se debe de tener en cuenta y estar preparados para las complicaciones de los pacientes que fueron sometidos a coartectomía, de esta forma tener una

adecuada evolución postquirúrgica, que traduce menor número de días de estancia hospitalaria y hace un mejor uso de recursos para cada institución en general. Conociendo las complicaciones, que de acuerdo a la literatura pueden presentarse a largo plazo, se deberá hacer un seguimiento del paciente por medio del cardiólogo pediatra de por vida y contrarrestar los síntomas asociados al incremento de la presión arterial sistémica.

Dr. Carlos Rafael Sierra Fernández

Director de Enseñanza



Dra. Emilia Josefina Patiño Bahena

Adscrita al Departamento de Cardiología Pediátrica

Tutora



Alfonso Buendía Hernández

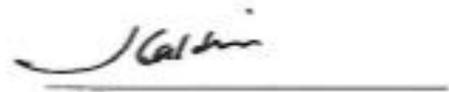
Editor en Jefe de la revista Archivos de Cardiología de México

Titular del Curso de Cardiología Pediátrica



Dr. Juan Eberto Calderón Colmenero

Jefe del Departamento de Cardiología Pediátrica



Dr. Fernando Antonio Muralles Castillo

Médico Residente de Cardiología Pediátrica



## **2 Marco teórico**

### *2.1 Introducción*

La coartación aórtica es una de las cardiopatías congénitas que frecuentemente disminuyen la expectativa de vida y por sus complicaciones ameritan de un seguimiento constante de la enfermedad ya que a largo plazo pueden desarrollar accidentes cerebrovasculares, hipertensión arterial sistémica y enfermedades coronarias. Esta enfermedad representa entre el 5 al 7% de todas las cardiopatías congénitas. La prevalencia es de 0.2 por cada 1,000 nacidos vivos con un predominio del sexo masculino(1).

La lesión en la coartación aórtica sucede por el engrosamiento de la capa media aórtica y por hiperplasia de la íntima y la localización se encuentra en la pared posterior de la aorta descendente después del origen de la arteria subclavia izquierda. La estrechez puede situarse en la porción torácica o abdominal del trayecto de la aorta. Según la edad de presentación habrá áreas de necrosis quística de la capa media aórtica. Según el desarrollo embriológico las lesiones obstructivas izquierdas producen esta estrechez y también podría ser por la presencia del tejido ductal ectópico en la aorta a nivel del istmo que hace constricción al momento del cierre del conducto arterioso (1).

## 2.2 Clasificación

Hay dos tipos de coartación de aorta: la primera, con estrechamiento tubular e hipoplasia del cayado aórtico, se asocia con mayores defectos intracardiacos y su presentación sucede de forma temprana en el primer año de vida(1,2); la otra presentación, con un estrechamiento localizado en donde hay un diafragma que obstruye la luz aórtica y al contrario de la tubular, hay menor defecto cardíaco y puede pasar inadvertida en el primer año de vida(1).

Al igual, se ha utilizado la clasificación según sea su localización y esta es en relación con el conducto arterioso, es decir preductal, yuxtaductal o posductal(1).

Dentro de las anomalías asociadas se encuentran la aorta bivalva (25 - 42%), persistencia del conducto arterioso (30%) e hipoplasia del arco aórtico distal. En un número menor pero también se presentan la comunicación interatrial, anomalías en la válvula mitral, transposición de grandes arterias, origen anómalo de la arteria subclavia derecha, fibroelastosis endocárdica, defecto del tabique atrioventricular, etc. Alrededor del 20% se encuentra de forma aislada(1,3,4).

### *2.3 Fisiopatología*

Una consecuencia a largo plazo es el aneurisma de las arterias cerebrales en el polígono de Willis y constituye una causa importante de secuelas neurológicas. También se ha observado la presencia de enfermedad coronaria de forma temprana, se ha visto que se ha presentado tanto en pacientes que han sido diagnosticados de forma tardía como en aquellos que inclusive ya fueron intervenidos quirúrgicamente por lo cual el seguimiento debe ser de forma permanente(1). La hipertensión arterial sistémica se presenta en la mayoría de los pacientes y estos requieren un tratamiento farmacológico de por vida(1,5). En cuanto a su fisiopatología dependerá la importancia de la constricción y su extensión, así como si hay o no circulación colateral, conducto arterioso y la localización de la coartación(5).

Las alteraciones en la etapa fetal están determinadas por la sobrecarga que genera la obstrucción, tanto al ventrículo izquierdo como derecho, que finalmente genera hipertrofia del ventrículo izquierdo. Si la obstrucción no es tan severa la perfusión a nivel distal estará conservada. Cuando hay una obstrucción importante y distal al conducto arterioso se desarrollará circulación colateral en el útero, ya que de no haber las probabilidades de muerte son mayores(1,4).

Cuando la circulación es yuxtaductal no se desarrollan colaterales, ya que el flujo no tiene obstrucción y cuando se cierra el conducto arterioso la poscarga del ventrículo izquierdo aumenta de forma repentina(1).

En la etapa de recién nacido la sobrecarga de presión es para el ventrículo izquierdo a diferencia de la circulación fetal en la que la sobrecarga es para el ventrículo derecho. Así mismo, sucede una elevación de la presión sistólica en el segmento aórtico proximal, vasoconstricción de las arteriolas sistémicas para conservar la presión diastólica elevada y a través de colaterales mantener el flujo suficiente(1,3).

Al momento del cierre del conducto arterioso que lleva la circulación a la parte inferior del cuerpo sucede una falla ventricular izquierda y debido a la hipovolemia de la parte inferior del cuerpo sucede hipoxia y trastornos ácido-base, por lo cual la administración de oxígeno en esta etapa debe ser considerada porque favorece al cierre del conducto arterioso y agrava las condiciones del paciente(1,4,5).

## 2.4 *Presentación clínica*

El diagnóstico del tipo de coartación y su asociación con más defectos cardiacos, ya que, al tener defectos septales, así como hipoplasia del arco aórtico, hace un organismo más vulnerable a una falla cardiaca temprana. Los pacientes llegan a desarrollar una insuficiencia temprana y hay una alteración de su clase funcional dada por diaforesis, llanto, disnea a la alimentación y falla de medro(6,7). Si la presentación de la coartación es aislada las manifestaciones clínicas se presentan más tardíamente. Puede haber un mayor desarrollo del cuerpo en la parte superior y al contrario de la parte inferior que parece estar hipodesarrollada(1,3,7).

A la exploración física puede haber datos de bajo gasto cardiaco si el compromiso a la circulación es severo, el precordio es hiperdinámico con impulso del ventrículo derecho y a la presencia de otras manifestaciones a la auscultación serán propias de los defectos asociados (aorta bivalva, defecto del tabique ventricular, hipertensión pulmonar, etc.)(1,3,7).

Si el defecto es aislado la auscultación es variable, puede escucharse un soplo sistólico en mesocardia suave por la irradiación del soplo en el área coartada. En la región interescapular hay presencia de soplo sistólico, el cual en ocasiones, puede ser continuo por la presencia de colaterales y conducto arterioso. Los pulsos femorales estarán disminuidos en comparación con los

pulsos de los miembros torácicos. En cuanto a la diferencia de presión arterial, se encontrará diferencia entre los miembros superiores e inferiores con hipertensión en la parte superior y una diferencia mayor a 20 mmHg será significativa(1,7).

Los pacientes pueden presentar datos de hipertensión arterial sistémica como hallazgo en el examen de rutina y esto se presenta porque la coartación no es muy severa y con el paso del tiempo es progresiva(1,5).

### *2.5 Diagnóstico*

El electrocardiograma no es característico de la patología, en el recién nacido y lactante el ritmo es sinusal y la onda P es normal; solo en el 20% de los casos se observa crecimiento atrial izquierdo; el eje del intervalo QRS tiene una desviación hacia la derecha y con crecimiento ventricular derecho por sobrecarga de presión o mixta, en caso de haber crecimiento de ventrículo izquierdo se explica por las anomalías asociadas(1,3).

En la radiografía de tórax se observa cardiomegalia de grado variables y dependerá de los defectos asociados, puede haber hipertensión venocapilar y aumento del flujo si se acompaña de defectos septales. Se han observado indentaciones costales que se presentan después de los 6 años y se conocen como signo de Roessler, las cuales se producen por erosiones

ocasionadas por el flujo colateral de las arterias intercostales(1,5). Un hallazgo que se puede observar en niños mayores es el signo clásico del “3 invertido” el cual se hará más evidente según la severidad de la coartación(1).

El ecocardiograma ha sido la piedra angular del diagnóstico y con la ayuda del Doppler se podido hacer mediciones cuantitativas de la lesión obstructiva y con base a esto se puede decidir si el tratamiento será quirúrgico o intervencionista(1,2). Se debe de buscar la presencia de lesiones asociadas con énfasis en el conducto arterioso permeable y las dimensiones de la arteria subclavia izquierda(1,8).El cateterismo cardiaco está reservado en la actualidad para fines terapéuticos al realizar la dilatación con balón de la zona afectada y el uso de stents(1-3).

## *2.6 Evolución natural*

Se conoce que la historia natural de la enfermedad de la coartación aórtica no tratada es de mal pronóstico con una mortalidad que va aumentando proporcionalmente a la edad de presentación, desde el 25 % a los 20 años hasta el 92% a la edad de 60 años(1,2).

## *2.7 Tratamiento por cateterismo*

Las indicaciones para llevar a cateterismo o cirugía a un paciente dependerán del gradiente que genere entre el sitio de obstrucción y el paso de flujo hacia la circulación sistémica, el cual se llevará a cabo si este es mayor a 30 mmHg en reposo o por cateterismo mayor de 20 mmHg, asociado a hipertensión arterial sistémica y a la demostración por imagen el sitio de obstrucción. Se considerará exitoso el tratamiento si el gradiente desaparece y la presión arterial se normaliza(6,9).

El tratamiento médico con prostaglandina E está reservado cuando hay presencia de conducto arterioso y el sitio de coartación es lo suficientemente severo para proporcionar un flujo adecuado al organismo(1,3,7).

Respecto a la decisión de tomar si el tratamiento es por medio de cirugía o cateterismo se deberán de tomar varios aspectos, por ejemplo, la edad. Se ha reportado que existe hasta un 50% de recoartación si el tratamiento fue intervencionista si el paciente es recién nacido, por lo cual en este grupo de edad se prefiere la coartectomía. Aunque, si bien se menciona que si hay mucha inestabilidad hemodinámica, el tratamiento podría ser intervencionista para que la descompensación hemodinámica que conlleva la cirugía no se presente en el caso del recién nacido en estado de

choque descompensado con la observación de que al estabilizarse se debe de llevar a cabo el tratamiento quirúrgico(1,2).

El paciente pediátrico de 6 a 8 años es un paciente que se perfila como un buen candidato al tratamiento con dilatación con balón, sin embargo, por la edad no son susceptibles a la colocación de stents por el alto índice de recoartación, así como los pacientes con síndrome de Turner o de Marfan, ya que en algunas ocasiones necesitarán más tratamientos del mismo tipo(1,6). El tratamiento ideal para mayores de 8 años con coartación aórtica aislada es el intervencionista, ya que tiene un alto índice de éxito y bajo riesgo de complicaciones(1,2).

Los resultados de la angioplastia son comparables a la cirugía, tanto en la tasa de reestenosis, como en la presentación de aneurismas, pero con un menor grado de complicaciones, sobretodo la isquemia medular(2,6). Además, es bien sabido que se reducen costos, tiempo de estancia hospitalaria y no hay cicatriz quirúrgica con el uso del tratamiento intervencionista(2,6,10).

Según la presentación anatómica de la coartación aórtica se puede abordar según sea diafragmática o no diafragmática se puede emplear la dilatación con balón y / o la colocación de stent, ya que al tratarse de una

anatomía no favorable se recomienda el uso de stent primario en la zona de coartación; en cambio si el caso tiene una condición diafragmática se podrá realizar una dilatación con balón y medir el gradiente residual, y si este es menor de 10 mmHg se da por terminado el procedimiento, si esta por arriba de 10 mmHg se colocará stent y asimismo si hay un aneurisma(1,2).

En aproximadamente del 85 al 90% de los casos llevados a cateterismo se logra una reducción significativa del gradiente sistólico quedando un gradiente residual menor de 20 mmHg; el gradiente residual se considera adecuado cuando es menor de 10 mmHg e insuficiente si es mayor a esta cifra, por lo cual se prefiere colocar stent como se mencionó anteriormente, con lo que se han tenido muy buenos resultados a largo plazo en cuanto a supervivencia y calidad de vida(6,9).

## *2.8 Pronóstico*

Los seguimientos a largo plazo muestran que en general la reducción del gradiente y el aumento del diámetro se mantienen sin mayores cambios, a lo que se le suma la remodelación aórtica con realineación entre las porciones proximal y distal a la coartación, lo que indica que al normalizarse el flujo por la zona dilatada se permite el crecimiento normal de los segmentos aórticos. El porcentaje de recoartación va del 14 – 31%(7).

El mayor grupo de edad que se ve afectado por la recoartación es el de 3 a 12 meses, aquellos con istmo aórtico menor de la mitad del tamaño de la aorta ascendente, un segmento coartado con diámetro menor de 3.5 mm antes de la dilatación y menor de 6mm después de la misma y un gradiente residual inmediato mayor de 20 mmHg(1,5).

## 2.9 Técnicas quirúrgicas

El abordaje por lo regular es una toracotomía posterolateral izquierda cuando se trata de un defecto aislado, y si se trata de una coartación compleja, se realiza un abordaje por vía anterior por medio de esternotomía y los defectos se reparan por medio de circulación extracorpórea. Al tratarse de coartaciones complejas se pueden hacer reparaciones quirúrgicas por etapas. Se realiza una escisión completa del tejido ductal y una disección amplia para evitar anastomosis tensas y el uso de suturas absorbibles(1).

La técnica de aortoplastía con parche se utiliza en coartación tubular para evitar disecciones extensas, tiene como desventaja que se asocia a la formación de aneurismas en la pared opuesta al parche(1).Esta técnica utilizada en recién nacidos se ha utilizado con material sintético de polyester (Dacron) o politetrafluroetileno (PTFE, GoreTex)(5). En esta cirugía se puede no realizar la ligadura del conducto arterioso y se ha utilizado en pacientes que tienen síndrome de ventrículo izquierdo hipoplásico(7).

El flap de subclavia es una técnica en donde se sacrifica la subclavia izquierda y ha sido asociada a un alto índice de recoartación probablemente por la falta de resección del tejido ductal. En este procedimiento sucede el síndrome del robo de subclavia y las secuelas circulatorias en el miembro torácico derecho(1). Esta técnica previamente se empleaba más a menudo, sin embargo, debido al compromiso de la circulación del brazo y que en comparación con otras técnicas tiene un peor resultado, se ha dejado en desuso(5).

Otra técnica es la resección de la zona con anastomosis término-terminal simple que evita la utilización de material protésico. Se realiza una disección amplia y cuidadosa para evitar tensión en la anastomosis. En esta técnica se ha reportado un alto índice de obstrucción tardía posiblemente por la formación de una cicatriz circular en el sitio de anastomosis(1,5).

La resección de la coartación con técnica de tipo anastomosis término-terminal extendida es la técnica usada en la mayoría de casos, ya sea para casos de neonatos o de niños de 1 a 10 años(1,3,5). La técnica refiere que se realizan cortes biselados amplios en ambos cabos aórticos y se anastomosa con tejido absorbible; esta técnica se utiliza en los pacientes que tienen hipoplasia distal del arco aórtico, ya que puede incluirse tejido de la aorta descendente para la ampliación de éste(1,5). Esta técnica se

prefiere en neonatos y tiene muy buena repuesta a la largo plazo respecto al índice de recoartación(5). La sobrevida a más de 10 años es del 86%, dependiendo de la anatomía del paciente. La presentación diafragmática tiene mayor sobrevida que la presentación tubular(1).

La respuesta posterior a la cirugía es una elevación en la presión arterial sistémica en las primeras 24 horas, se puede utilizar inhibidor de la enzima convertidora de angiotensina, beta bloqueadores y nitroprusiato de sodio(1).Así mismo, puede haber complicaciones propias de la intervención quirúrgica, por lo cual podemos esperar falla ventricular, uso de diálisis peritoneal si hay una afección renal(1,5).

Las complicaciones quirúrgicas pueden ser una fuga en la anastomosis, paro cardíaco, quilotórax, hemorragia gastrointestinal, lesión del nervio frénico, hipertensión postcoartectomia, lesión del nervio laríngeo recurrente, lesión espinal y convulsiones(4,5). Las complicaciones propias de cada técnica quirúrgica se mencionaron antes, dentro de ellas la recoartación, el compromiso al miembro torácico izquierdo y el aneurisma en la zona del parche(1,5).

### **3 Planteamiento del Problema**

A nivel mundial las cardiopatías congénitas son la principal malformación congénita, representando un alto porcentaje de muertes entre las edades de recién nacidos a los 4 años. Es de suma importancia mencionar que, si bien esta enfermedad ha tenido una alta frecuencia en las últimas décadas, aun no se cuenta con la suficiente información en el ámbito pediátrico, por lo cual se necesita estudiar esta cardiopatía para ofrecer información actualizada al cardiólogo clínico e intervencionista y al cirujano cardiovascular para realizar un diagnóstico temprano y ofrecer un tratamiento oportuno de esta enfermedad.

### **4 Pregunta de investigación**

¿Cuál son las características clínicas, radiográficas, electrocardiográficas, angiográficas y quirúrgicas de los pacientes operados de coartación aórtica?

### **5 Justificación**

Es importante conocer las características de estos pacientes, así como las complicaciones que pueden presentar en el posquirúrgico inmediato para que los médicos encargados de su cuidado conozcan las particularidades de la población mexicana, con la finalidad de difundir su experiencia a nivel nacional e internacional con el objetivo de mejorar el tratamiento que se ofrece a estos pacientes. Así mismo ha habido un cambio en el tratamiento

quirúrgico y postquirúrgico una vez que ha llegado el cateterismo intervencionista.

## **6 Objetivos**

### *6.1 General*

Determinar las características clínicas, radiográficas, electrocardiográficas, angiográficas y quirúrgicas y de los pacientes pediátricos operados con coartación aórtica en el Instituto Nacional de Cardiología Ignacio Chávez entre los años 2009 y 2018.

### *6.2 Objetivos específicos*

- Describir las características demográficas de la muestra
- Describir los hallazgos radiográficos de los pacientes con coartación aórtica
- Describir los hallazgos electrocardiográficos de los pacientes con coartación aórtica
- Describir las diferentes técnicas quirúrgicas utilizadas
- Comparar los resultados entre los cateterismos realizados antes y después de la cirugía de corrección de coartación aórtica
- Determinar la frecuencia de complicaciones en el posquirúrgico de coartación aórtica
- Determinar la tasa de mortalidad posterior a la cirugía de corrección de coartación aórtica

## **7 Diseño del estudio**

El diseño de la investigación será descriptivo, transversal, observacional y retrospectivo.

- Descriptivo: descripción de las características de los pacientes sometidos a cirugía para corrección de coartación aórtica
- Longitudinal: evaluación de diferentes variables a lo largo del tiempo, estado prequirúrgico, cirugía realizada y evolución posquirúrgica incluyendo la realización de cateterismo posterior a cirugía para corrección de coartación aórtica
- Observacional: no se realizó ninguna intervención, únicamente se obtuvieron datos de la evolución del paciente.
- Retrospectivo: se incluyeron pacientes operados y cuyos datos se encuentran disponibles en el expediente electrónico.

## **8 Población**

### *8.1 Población objetivo*

Pacientes menores de 18 años sometidos a cirugía para corrección de coartación aórtica.

### *8.2 Población de estudio*

Pacientes pediátricos sometidos a cirugía para corrección de coartación aórtica en el Instituto Nacional de Cardiología "Ignacio Chávez" en el periodo comprendido de 2009 a 2018.

## **9 Criterios de selección**

### *9.1 Inclusión*

- Pacientes pediátricos de cualquier género
- Pacientes con diagnóstico de coartación aórtica

### *9.2 Exclusión*

- Pacientes con expediente electrónico incompleto
- Pacientes en quienes se realizó otra cirugía en el mismo tiempo quirúrgico además de la corrección de coartación aórtica

## **10 Material y Métodos**

### *10.1 Material*

- Los recursos que serán utilizados para la realización del estudio son:
  - o Hoja de captura Excel prediseñada
  - o Computadora con paquete Microsoft Office 2016 Versión 15.2
  - o Paquete estadístico SPSS v.23
  - o Expediente electrónico del Instituto Nacional de Cardiología "Ignacio Chávez"

### *10.2 Métodos*

El diagnóstico de los pacientes se realizó mediante estudios semiológicos, radiológicos y electrocardiográficos, basados en el análisis secuencial segmentario de cardiopatías congénitas realizado por un grupo de expertos del Departamento de Cardiología Pediátrica del Instituto Nacional de Cardiología "Ignacio Chávez".

La decisión del requerimiento y realización de la cirugía con la técnica empleada fue tomada por medio de la evaluación conjunta de cada caso entre el departamento de Cardiología Pediátrica y el Departamento de Cirugía Cardiovascular Pediátrica, mediante sesiones clínicas médico-quirúrgicas donde se evaluaron variables clínicas, radiográficas, electrocardiográficas y angiográficas.

Se identificaron los pacientes que cumplían con los criterios de selección. Se recabaron del expediente electrónico las variables consideradas relevantes para el estudio y se registraron en la hoja de captura Excel previamente diseñada, para finalmente realizar el análisis estadístico planeado para reportar los resultados obtenidos.

## **11 Tamaño de la muestra**

Se utilizó la fórmula para el cálculo de tamaño de muestra para proporción de una población (porcentaje de complicaciones en el periodo posquirúrgico de coartación de aorta). La fórmula es la siguiente:

$$n = \frac{Z_{\alpha^2} P(1 - P)^2}{i^2}$$

En donde:

n = tamaño de muestra

$Z_{\alpha^2}$  = valor de Z correspondiente a riesgo  $\alpha$  fijado para hipótesis bilateral (0.05)

P = valor de la proporción que se supone que existe en la población (20%)

I<sup>2</sup>= precisión con que se desea estimar el parámetro (6%)

Entonces:

$$n = \frac{1.96^2 \times 0.20 \times (1 - 0.20)^2}{0.06^2} = 171$$

Por lo que el tamaño de muestra para este estudio proporción con error alfa de 0.05 para hipótesis bilateral y un error total aceptado del 6% fue de 171 pacientes.

## 12 Variables del estudio

A continuación, se presenta el listado de variables con su definición conceptual u operacional correspondiente:

Variable	Definición	Tipo de variable	Unidad
Género	División del género humano en dos grupos: mujer u hombre	Nominal dicotómica	0: Masculino 1: Femenino
Edad	Tiempo transcurrido desde el nacimiento de un individuo al momento de la cirugía	Numérica discreta	años
Diagnóstico asociado	Patología que acompaña el diagnóstico de Coartectomía	Nominal policotómica	1: TGA 2: Estenosis aórtica 3: Complejo de Shone 4: DSVD 5: Hipoplasia de Istmo 6: Hipoplasia de arco transversal 7: Hipoplasia de arco aórtico

			8: CIV 9: CIA 10: HAP 11: Síndrome de Down 12: Subclavia aberrante 13: Falla cardiaca
Hallazgos radiográficos	Signos radiográficos que aportan al diagnóstico de coartación aórtica	Nominal policotómica	1: Cardiomegalia 2: Signo de Roessler 3: Congestión venocapilar 4: "3" invertido 5: Sin cambios
Hallazgos electrocardiográficos	Signos que traducen la actividad eléctrica cardiaca	Nominal policotómica	1: Sin cambios 2: HVI 3: HVD 4: No se realizó 5: HAD
Cateterismo previo	Procedimiento intervencionista que se realizó antes de la cirugía	Nominal policotómica	1: Valvuloplastia aórtica 2: Diagnóstico 3: Angioplastia aórtica 4: Embolización de secuestro pulmonar 5: Atrioseptostomía 6: Aortoplastia con stent 7: Angioplastia con stent en TSVD
Técnica quirúrgica	Método empleado por el cirujano cardiovascular que mejor se haya adaptado a la condición anatómica del paciente	Nominal policotómica	1: Coartectomía extendida + Anastomosis término-terminal 2: Reparación de arco 3: Aortoplastia con parche 4: Damus-Kaye-Stansel 5: Avance aórtico 6: Coartectomía 7: Coartectomía extendida con avance aórtico lateroterminal
Complicaciones	Eventos no deseados que surgieron posteriori a la intervención quirúrgica	Nominal policotómica	1: Falla ventricular 2: Choque cardiogénico 3: Falla renal aguda 4: Disfunción del ventrículo izquierdo 5: Hipertensión arterial sistémica 6: Bloqueo AV completo 7: Taquicardia de la unión 8: Paro cardiaco 9: Extrasístoles ventriculares 10: Falla de ventrículo derecho 11: Taquicardia ventricular 12: Choque hemorrágico 13: Taquicardia supraventricular 14: Fibrilación ventricular
Cateterismo	Procedimiento	Nominal	1: Atrioseptostomía fallida

posquirúrgico	intervencionista que se realizó posterior a la cirugía	policotómica	2: Diagnóstico 3: Valvuloplastia aórtica 4: Atrioseptostomía 5: Aortoplastía con Stent
Cirugía posquirúrgica	Intervención quirúrgica que se realizó en un mismo tiempo de estancia hospitalaria con el paciente que previamente fue llevado a coartectomía independientemente la técnica utilizada	Nominal policotómica	1: Jatene 2: Retiro de bandaje 3: Exploración 4: Cierre esternal 5: Desempaquetamiento 6: Ventana pericárdica 7: Reconstrucción de arco aórtico 8: Cierre de CIV 9: Ampliación de arco aórtico por recoartación y cierre de CIA 10: Bandaje de TAP 11: Ligadura de conducto torácico 12: Traqueostomía y gastrostomía
Defunción	Estado del paciente luego de la cirugía hasta su último instante en el hospital	Nominal dicotómica	1: Sí 2: No

### 13 Análisis estadístico

Para todas las variables se realizará un análisis descriptivo. Las variables numéricas continuas se someterán a pruebas de normalidad para reportarlas de acuerdo con su distribución; promedios y desviación estándar, si presentaron distribución normal; mediana con mínimos y máximos, si presentaron distribución no paramétrica. Las variables cualitativas se reportarán con frecuencias y porcentajes.

### 14 Consideraciones éticas

Para la realización de este estudio no se requirió de una intervención que ponga en peligro al sujeto de estudio. Todos los datos se obtuvieron a través

del expediente electrónico, los datos personales permanecieron en el anonimato, ya que los pacientes se identificaron con folios no relacionados con su registro de expediente.

Se considera una investigación sin riesgo que no transgrede las normas de la Conferencia de Helsinki de 1964 ni su revisión de 2012, al igual se respeta el reglamento de la Ley General de Salud en Materia de Investigación para la Salud.

### **15 Conflicto de intereses**

Los investigadores que participan en este estudio declaran no tener ningún conflicto de intereses en la realización de este estudio.

### **16 Factibilidad**

En el Instituto Nacional de Cardiología "Ignacio Chávez" se realizan alrededor de 500 cirugías de cardiopatías congénitas por año, incluyendo cirugías para corrección de coartación de aorta, por lo que se cree factible la realización de este estudio durante el periodo de tiempo considerado.

### **17 Limitaciones**

Es un estudio realizado en un solo centro y de forma retrospectiva con los sesgos que conlleva la revisión de expediente.

## 18 Resultados

Se incluyeron 187 pacientes con diagnóstico de coartación aórtica que fueron sometidos a cirugía en el periodo comprendido entre el 2009 y 2018. La mediana de edad fue de 3 meses (mínimo 2 días, máximo 11 años). El 64.2% de los pacientes fue de género masculino. El diagnóstico más frecuente asociado a la coartación aórtica fue la persistencia del conducto arterioso en 57.2% (n = 107) de los pacientes, seguido de hipoplasia del arco aórtico en el 50.3% (n = 94) de los pacientes e hipertensión arterial pulmonar en el 39.6% (n = 74). La descripción demográfica de la muestra se presenta en la Tabla 1.

Los pacientes fueron evaluados de forma prequirúrgica con radiografía de tórax y electrocardiograma. El hallazgo más frecuentemente encontrado en la radiografía de tórax fue cardiomegalia en el 93% (n = 174) de los pacientes, seguido de congestión venocapilar en el 4.8% (n = 9). En el electrocardiograma la mayoría, el 35.8% (n = 67), no mostraron cambios importantes, pero el 34.7% (n = 34.7%) mostró hipertrofia del ventrículo derecho y el 23.5% (n = 44), hipertrofia del ventrículo izquierdo. El resto de los hallazgos encontrados se muestran en la Tabla 2.

**Tabla 1. Descripción demográfica de la muestra (n = 187)**

<b>Característica</b>	<b>n (%)</b>
Edad (años)	0.25 (0.005 - 11)
Género Masculino, n (%)	120 (64.2)
Diagnóstico asociado, n (%)	
Transposición de grandes arterias	12 (6.4)
Persistencia del conducto arterioso	107 (57.2)
Estenosis aórtica	8 (4.3)
Complejo de Shone	1 (0.5)
Doble salida de ventrículo derecho	5 (2.7)
Hipoplasia del Istmo	27 (14.4)
Hipoplasia de arco transverso	2 (1.1)
Hipoplasia de arco aórtico	94 (50.3)
Comunicación interventricular	63 (33.7)
Comunicación interauricular	15 (8)
Hipertensión arterial pulmonar	74 (39.6)
Síndrome de Down	5 (3.7)
Arteria subclavia aberrante	7 (3.7)
Falla cardiaca	32 (17.1)

*\*Distribución no paramétrica, se reporta mediana, mínimo y máximo*

**Tabla 2. Evaluación prequirúrgica (n = 187)**

<b>Característica</b>	<b>n (%)</b>
Radiografía de tórax, n (%)	
Cardiomegalia	174 (93)
Signo de Roessler	2 (1.1)
Congestión venocapilar	9 (4.8)
Signo de "3" invertido	2 (1.1)
Sin cambios	1 (0.5)
Electrocardiograma	
Sin cambios	67 (35.8)
Hipertrofia del Ventrículo izquierdo	44 (23.5)
Hipertrofia del Ventrículo derecho	65 (34.7)
No se realizó	2 (1.1)
Hipertrofia auricular derecha	27 (14.4)

Al 31% de los pacientes (n = 58) se les realizó un cateterismo previo, el cual en el 45% (n = 26) de los pacientes fue únicamente diagnóstico, en el 40% (n = 23) se realizó angioplastia aórtica y 3 pacientes se les realizó valvuloplastia aórtica.

La técnica quirúrgica más utilizada fue la Coartectomía extendida con anastomosis término-terminal en el 91.4% (n = 171) de los pacientes, seguida de la Coartectomía extendida con avance aórtico latero-terminal en el 5.3% (n = 10), y sólo al 3.2% (n = 6) se les realizó avance aórtico. Las técnicas quirúrgicas se muestran en la Tabla 3.

**Tabla 3. Técnica quirúrgica (n = 187)**

<b>Característica</b>	<b>n (%)</b>
Coartectomía extendida + Anastomosis término-terminal	171 (91.4)
Avance aórtico	6 (3.2)
Coartectomía extendida con avance aórtico latero-terminal	10 (5.3)

La complicación más frecuente posterior a la cirugía fue falla ventricular, presente en el 90.9% (n = 170) de los pacientes y el 9.1% (n = 17) presentó choque cardiogénico. En la Tabla 4 se muestran las cirugías realizadas posteriormente.

**Tabla 4. Cirugía posterior (n = 52)**

<b>Característica</b>	<b>n (%)</b>
Cierre esternal	27 (51.9)
Exploración mediastinal	11 (21.1)

*\*Se informa un caso perdido*

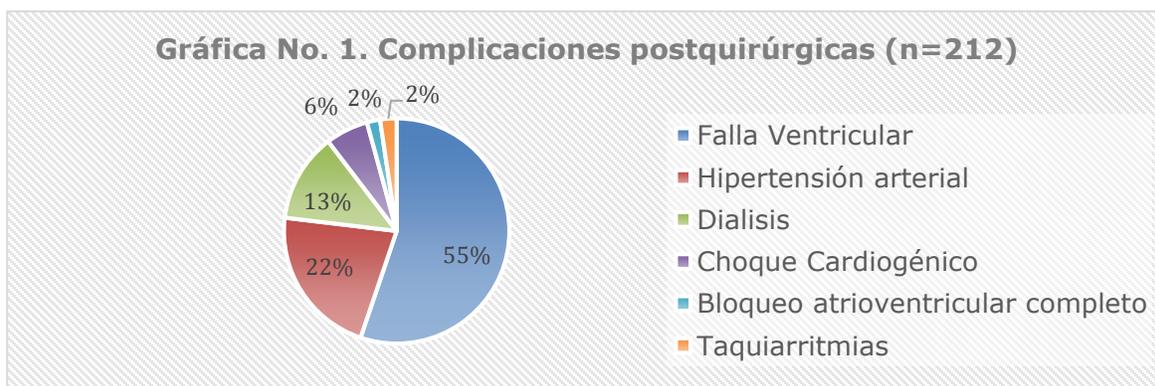
Además, se realizó un análisis entre las variables técnica quirúrgica y defunción para identificar si existía alguna asociación. No se obtuvo ninguna p significativa, los resultados se muestran en la Tabla 5.

**Tabla 5. Técnicas quirúrgicas vs defunción (n = 187)**

<b>Característica</b>	<b>Defunción</b>	<b>Vivo</b>	<b>p</b>	<b>OR</b>	<b>IC 95%</b>
Coartectomía extendida + Anastomosis Término-Terminal	17 (9.1)	170 (90.1)	0.644	1.476	(0.306–7.121)
Avance aórtico	1 (16.6)	5 (83.3)	0.442	0.488	(0.054–4.436)
Coartectomía extendida + Avance aórtico Latero-Terminal	1 (10)	9(90)	0.923	0.900	(0.107 – 7.565)

\*n, (%); Prueba exacta de Fisher

En la gráfica no. 1 se identifican las complicaciones que existieron en el periodo postquirúrgico, siendo la falla ventricular la principal (55%), luego hipertensión arterial y falla renal utilizando diálisis en total de 22 y 13% respectivamente, es de suma importancia exponer esta información ya que es en donde el médico deberá de implementar todas las medidas preventivas y curativas para no dejar que progresen a un desenlace fatal ya que como sabemos son factores de alto riesgo para la mortalidad de estos pacientes.



## **19 Discusión**

En esta investigación se observó que, tal como lo establece la literatura, mientras más temprano se hace una intervención a un paciente con coartación aórtica tendrá un mejor pronóstico. Se debe de establecer que, si bien para los pacientes neonatos se han descrito 3 técnicas quirúrgicas, por mucho, la que más se ha realizado desde el año 2009 ha sido la Coartectomía termino terminal, la cual ha traído mejores resultados, en cuanto a la sobrevida.

Del total de pacientes intervenidos quirúrgicamente, en el 91% se realizó la técnica antes mencionada, mismos pacientes que tuvieron una evolución favorable, por lo cual se puede establecer que es la mejor técnica empleada.; Se debe recordar que hay cardiopatías que generan una obstrucción a nivel del arco aórtico y como tal, éste es intervenido con un avance aórtico, sin embargo, se hizo una exclusión de este tipo de enfermedades debido a que cardiopatías complejas que ameritaban una corrección intracardiaca, además de la corrección aórtica, generan un riesgo de morbimortalidad mayor en la escala RACH-1(11), lo cual elevaría la mortalidad en este estudio.

No se puede dejar de mencionar que hubo un total de 17 fallecimientos por esta entidad, en donde se debe hacer énfasis que los pacientes pudieron

haber llegado en un mal estado hemodinámico y posteriormente a su llegada al hospital y su manejo prequirúrgico, transoperatorio y posquirúrgico sólo fue el reflejo de un estado de choque que no obtuvo mejoría y presentó un desenlace fatal(12).

En cuanto al tratamiento proporcionado por intervencionismo, tanto en el prequirúrgico como posquirúrgico, se puede identificar que ha incrementado en los pacientes congénitos dentro del Instituto, además, se debe mencionar la importancia de realizar un cateterismo previo, ya que como se observó en los resultados, 58 pacientes se sometieron a cateterismo previo al procedimiento quirúrgico. En relación con las muertes registradas, se puede apreciar que en el 82% de los fallecidos, no se realizó un estudio hemodinámico previo a la cirugía, lo cual hace cuestionarnos si el tratamiento intervencionista puede ayudar al paciente previo al tratamiento definitivo, si el caso lo amerita y es viable realizarlo. Esto último generará preguntas e hipótesis posteriores a este estudio.

En lo que concierna a los 3 pacientes que fallecieron y que sí se les realizó cateterismo antes de la cirugía, se debe resaltar que hubo complicaciones transoperatorias en un paciente, y los otros dos presentaron falla ventricular izquierda importante, lo que impidió una evolución y desenlace favorable en el posquirúrgico.

Independientemente de la técnica utilizada se debe mencionar que los pacientes con una edad menor a los 2 años se benefician más de la intervención quirúrgica, ya que tienen mejores resultados según lo consultado en la literatura y que va acorde a nuestra realidad. En cuanto a la intervención por cateterismo, se ha visto que ha tenido mejores resultados en niños mayores y adolescentes, y si bien esta investigación era para la caracterización de los datos de los pacientes sometidos a intervención quirúrgica, se debe tener en cuenta que el tratamiento intervencionista cada vez más está en ascenso. Un ejemplo, es esta investigación, ya que tanto en cateterismo prequirúrgico y postquirúrgicos se alcanzó la cifra de 66 procedimientos, el 35% del total de los pacientes.

Otro dato importante que se debe resaltar es el que arroja la información del electrocardiograma y radiografía. En cuanto al primer aspecto, la población en su mayoría fue de 3 meses aproximadamente, recordando que hasta esta edad las resistencias pulmonares pueden estar elevadas, lo cual puede traducir un electrocardiograma con un eje desviado hacia la derecha y una imagen que correspondería a una hipertrofia ventricular, aspecto que más se encontró durante la investigación.

En cuanto a la radiografía, se aprecia que la cardiomegalia fue el dato que más se observó, después le siguen imágenes que corresponden a

congestión venocapilar, y en muy pocos pacientes, se observaron signos típicos de coartación aórtica como el signo de Roessler y de "3 invertido", los cuales se aprecian en niños más grandes, explicando por qué no se presentaron dado que la mediana de la muestra fue de 3 meses.

Dentro de las complicaciones no hay hallazgos que no se hayan discutido previamente en la literatura(1), es bien reconocido que estos pacientes pueden hacer falla cardiaca ventricular y elevación de la presión arterial sistémica, la cual puede observarse incluso después de la hospitalización del paciente. El número total de los pacientes con falla ventricular fue de 54% (n = 117), como complicación le sigue la hipertensión arterial sistémica en el 21% y con 26 casos, la falla renal aguda que requirió diálisis durante el postquirúrgico. Aunque no es tan común que en los pacientes operados de coartación aórtica se registraran arritmias postquirúrgicas, la que más se registró fue el bloqueo atrioventricular completo (4%).

Por último, se debe de mencionar que, si bien fueron 17 casos reportados que fallecieron durante los años 2009 a 2018, en los últimos 4 años, incluyendo el 2015 a 2018, han fallecido únicamente 3 pacientes, disminuyendo la tasa de mortalidad con especial énfasis que en el año 2018 no falleció ningún paciente postoperado de coartación aórtica. Este dato es de gran importancia, ya que siempre que se habla de la experiencia de un

grupo de cirujanos y de un adecuado manejo posquirúrgico en terapia intensiva, se evalúan en resultados de complicaciones y defunciones, por lo tanto, es un dato que insta a seguir trabajando de la misma manera en el Instituto Nacional de Cardiología y comprueba la adecuada selección del paciente para intervención quirúrgica en el momento oportuno.

## 20 Conclusiones

1. La coartación aórtica es una cardiopatía que tiene que ser intervenida precozmente, sino el desenlace puede ser fatal, por lo tanto, la intervención oportuna a una edad más temprana genera mejor pronóstico de supervivencia en la población pediátrica.
2. Los hallazgos de electrocardiograma y radiografía dependen mucho de la edad de presentación del paciente con coartación aórtica pudiéndose identificar que el paciente lactante puede tener las resistencias pulmonares elevadas lo cual traduce un eje de QRS hacia la derecha y en cuanto a la radiografía se aprecia en su mayoría cardiomegalia. En niños mayores se puede apreciar el signo de Roessler.
3. La técnica quirúrgica empleada con mejores resultados en cuanto a pacientes operados y una menor tasa de mortalidad fue la coartectomía extendida con anastomosis termino-terminal.
4. El tratamiento por medio de cateterismo, previo y posterior a la cirugía, da un nuevo panorama de opciones a los cardiólogos pediatras y se debe de tener en cuenta la opción para ofrecer a esta población

5. Dentro de las complicaciones postquirúrgicas se identificaron la falla ventricular, hipertensión arterial sistémica y falla renal aguda que traducen mayor número de días de estancia hospitalaria y eleva la morbimortalidad de estos pacientes.
  
6. La sobrevida de estos pacientes dependerá de la complejidad de la cardiopatía, edad y además la condición hemodinámica que presenten antes, durante y posterior a la cirugía.

## 21 Referencias

1. Calderón-Colmenero J, Cervantes-Salazar J, García-Montes J, Attie F. Coartación de la aorta en Cardiología Pediátrica. 2da edición. Panamericana; 2012. Pp 323-330 .
2. Zabal C, Attie F, Rosas M, Buendía-Hernández A, García-Montes JA. The adult patient with native coarctation of the aorta: balloon angioplasty or primary stenting? *Heart*. 2003;89(1):77–83.
3. Park M. *Cardiología Pediátrica*. 6ta edición. Elsevier; 2008. Pp 195-203.
4. Prapa M, Pepper J, Gatzoulis M. Abnormalities of the Aortic Root. En: Allen HD, Driscoll DJ, Shaddy RE, Feltes. *Moss and Adam's Heart Disease in Infants, Children and Adolescents*. 8th ed. Philadelphia: Lippincott Williams & Wilkins; 2013. Pp 799-808.
5. Hastings L, Nichols DG. Coarctation of the Aorta and Interrupted Aortic Arch. En: Nichols DG, Cameron DE, Ungerleider RM, Nichols DG, Spevak PJ, Greeley WJ, et al. *Critical Heart Disease in Infants and Children*. 2nd ed. Philadelphia: Elsevier; 2006. Pp 625-648.
6. Galdeano Miranda JM, Romero Ibarra C, Barrios OA. Insuficiencia cardíaca en pediatría. In 2009. p. 179–96.
7. Brontons D. *Cardiología pediátrica y cardiopatías congénitas del niño y del adolescente*. 3rd ed. Grupo CTO; 2015.
8. Turner T, Lindley K, Makan M. Enfermedad cardíaca congénita. En:

- Nishatht Q. Manual Washington de Ecocardiografía. 2da edición. Wolters Kluwer; 2017. Pp 242-268.
9. Zabal-Cerdeira C, García-Montes J. Intervención percutánea en la coartación de aorta en los diversos grupos de edad. En Sousa A, AbizaidAlexandre, Martínez-Ríos M, Berrocal D, Sousa E. Intervenciones Cardiovasculares SOLACI. 2nd ed. Distribuna; 2009. Pp 937-945.
  10. Calderón-Colmenero J, Attie F. Coartación aórtica. Aspectos importantes en la evolución tardía después de la corrección. Rev Española Cardiol. 2008;61(11):1117-9.
  11. Cervantes-salazar JL, Ramírez-Marroquín S, Benita-Bordes A, Rosas-Peralta M, Attie F. Tratamiento quirúrgico de la coartación aórtica. Resultados a largo plazo en el Instintuo Nacional de Cardiología. Arch Cardiol Mex. 2006;76(1):63-8.
  12. Calderón-Colmenero J, Ramírez Marroquín S, Cervantes Salazar J. Métodos de estratificación de riesgo en la cirugía de cardiopatías congénitas. Arch Cardiol Mex. 2008;78(1):60-7.