



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

ANORMALIDADES PERSISTENTES EN LA ESTRUCTURA Y
FUNCION DEL VENTRÍCULO IZQUIERDO EN NIÑOS CON
CORRECCIÓN EXITOSA DE COARTACION AÓRTICA
OPERADOS EN EL HOSPITAL INFANTIL DE MÉXICO

T E S I S

PARA OBTENER EL TÍTULO DE
ESPECIALISTA EN:

PEDIATRÍA

P R E S E N T A:

Dra. Vanessa Trejo Rosas

TUTOR DE TESIS
DRA. NORMA ALICIA BALDERRABANO SAUCEDO
MEDICO ADSCRITO DEL DEPARTAMENTO DE
CARDIOLOGÍA
HOSPITAL INFANTIL DE MÉXICO
"FEDERICO GÓMEZ"



HOSPITAL INFANTIL DE MÉXICO
FEDERICO GÓMEZ
Instituto Nacional de Salud



MÉXICO, D. F

Febrero 2012



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.



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

ANORMALIDADES PERSISTENTES EN LA ESTRUCTURA Y
FUNCION DEL VENTRÍCULO IZQUIERDO EN NIÑOS CON
CORRECCIÓN EXITOSA DE COARTACION AÓRTICA
OPERADOS EN EL HOSPITAL INFANTIL DE MÉXICO

T E S I S

PARA OBTENER EL TÍTULO DE
ESPECIALISTA EN:

PEDIATRÍA

P R E S E N T A:

Dra. Vanessa Trejo Rosas

TUTORA DE TESIS

DRA. NORMA ALICIA BALDERRABANO SAUCEDO



HOSPITAL INFANTIL DE MÉXICO
FEDERICO GÓMEZ
Instituto Nacional de Salud

MÉXICO, D. F.

Febrero 2012

AGRADECIMIENTOS

A mis padres porque son mi inspiración y mi fuerza y por todo el amor.

A Karina, Ulises y César por estar siempre ahí.

A Isabel, Denise, Juan y Leticia por acompañarme y ser parte incondicional de mi familia.

A los niños por dejarme aprender de ellos y por ellos.

A la Universidad Nacional Autónoma de México por ser mi casa y al Hospital Infantil de México por enseñarme a amar con pasión mi trabajo.

AGRADECIMIENTO ESPECIAL

A mi asesora, la Doctora Norma Balderrabano por toda la ayuda brindada.

ÍNDICE

CAPÍTULO 1: RESUMEN	5
CAPITULO 2: MARCO TEÓRICO.....	6
CAPÍTULO 3: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	12
CAPÍTULO 4: JUSTIFICACIÓN.....	13
CAPÍTULO 5: PREGUNTA DE INVESTIGACIÓN.....	14
CAPÍTULO 6: HIPOTESIS.....	15
CAPÍTULO 7: OBJETIVOS	16
CAPITULO 8: MATERIALES Y MÉTODOS.....	17
CAPÍTULO 9: RESULTADOS.....	25
CAPÍTULO 10: DISCUSIÓN.....	30
CAPÍTULO 11: CONCLUSIONES.....	32
BIBLIOGRAFÍA.....	33

CAPÍTULO 1: RESUMEN

La obstrucción causada por la Coartación Aórtica condiciona sobrecarga de presión del ventrículo izquierdo (VI). Pese a una corrección exitosa, la adaptación del VI a la sobrecarga de presión previa persiste aún en pacientes con presión arterial normal. Alteraciones de la función cardiaca pueden ser detectadas con el Speckle Tracking es una método ecocardiográfico basado en la búsqueda de patrones característicos creados por la interferencia de los impulsos del ultrasonido en el tejido cardiaco, se basa en una escala de grises, bidimensional. Se ha demostrado que el Speckle Tracking puede asegurar la función miocárdica exactamente en sujetos saludables en la instauración de la isquemia aguda o crónica, discromía y cardiomiopatía.

La sobrevida estimada de los pacientes con CoAo es menor a la de la población general pese a una corrección exitosa, debido a emergencia de complicaciones graves. La identificación temprana de alteraciones en la estructura y la función del ventrículo izquierdo permitirá un manejo adecuado y la prevención de algunas complicaciones.

Se trata de un estudio epidemiológico descriptivo, transversal tipo serie de casos clínicos en el que se estudiaron 40 pacientes con corrección exitosa de coartación aórtica y 40 niños sanos pareados con los casos por edad y sexo por medio de ecocardiograma Speckle Tracking.

Las alteraciones ecocardiográficas que se encontraron a nivel funcional del ventrículo izquierdo fueron el volumen sistólico incrementado así como el volumen diastólico. La masa del ventrículo izquierdo también se encontró aumentada.

Se encontró alteración estructural en 11 de los 17 segmentos del ventrículo izquierdo estudiados de manera significativa, así como en 3 de las 9 regiones del miocardio estudiadas.

Por medio del Speckle Tracking se consiguió demostrar la persistencia de anomalías funcionales y estructurales del ventrículo izquierdo en pacientes con corrección exitosa de la coartación aórtica.

CAPÍTULO 2: MARCO TEÓRICO

Las cardiopatías congénitas aparecen en el 0.5-0.8% de los recién nacidos vivos, siendo la incidencia mayor en los prematuros (alrededor de 2%). El diagnóstico se establece en el primer año de vida en cerca del 50% de los casos y en el primer mes hasta el 60%. Gracias al diagnóstico cada vez más temprano (ultrasonograma prenatal) y los avances en la cirugía correctora y paliativa el número de niños que sobreviven hasta la edad adulta se ha incrementado espectacularmente, aunque a pesar de estos avances las cardiopatías congénitas siguen siendo la principal causa de muerte en niños con malformaciones congénitas.²⁸

En el recién nacido se debe realizar una valoración detallada en busca de datos de cardiopatía congénita. Se debe valorar desde la actividad precordial, evaluar la intensidad y el ritmo de los pulsos superiores e inferiores, así como toma de la tensión arterial en las cuatro extremidades y la auscultación de los ruidos cardiacos y presencia de soplos.²⁷

La coartación de la aorta es una de las cardiopatías congénitas más frecuentes. Representa el 6-8% de todas las cardiopatías congénitas. Es más frecuente en hombre que en mujeres (2:1).^{25, 28}

La estenosis de la aorta puede encontrarse desde el cayado aórtico hasta la bifurcación aórtica, pero el 98% se encuentra justo por debajo del origen de la arteria subclavia izquierda a la altura del origen del conducto arterioso o yuxtaductal. La estrechez de la aorta es producto de un pliegue de la capa media hacia la luz del vaso que genera un gradiente sistólico. La fisiopatología en esta entidad depende de la importancia de la constricción, la presencia o no de circulación colateral y su extensión, la permeabilidad o no del conducto arterioso y la localización de la Coartación aórtica.^{25, 28}

Cuando existe coartación aórtica al nacimiento, se ponen en juego una serie de mecanismos compensadores para asegurar y mantener una perfusión adecuada en la mitad inferior del cuerpo. Hay aumento de la presión sistólica en el segmento aórtico proximal y vasoconstricción de las arteriolas sistémicas para mantener una presión diastólica elevada y a través de las colaterales mantener el flujo. La persistencia de conducto arterioso tiene un papel importante ya que al ocurrir su cierre, la sangre que pasaba a la porción inferior de la aorta a través del conducto, no lo hace más y si la obstrucción es grave y los otros mecanismos compensadores no son adecuados se presenta la insuficiencia cardiaca (IC).²⁵

Las coartaciones aórticas diagnosticadas posterior a la lactancia rara vez presentan síntomas significativas, incluso las que son graves. El signo clásico de la coartación aórtica es la disparidad de la presión arterial entre los brazos y piernas, encontrándose disminuidos los pulsos femorales, poplíteos, tibiales posteriores y pedios, y ausentes hasta en un 40%; a diferencia de los pulsos saltones de los brazos y los vasos carotídeos. Además de clásicamente presentar tensión arterial disminuida en los miembros inferiores. En la auscultación de los ruidos cardiacos puede encontrarse a lo largo del borde esternal izquierdo en el tercer y cuarto espacio intercostal un soplo sistólico corto que se transmite al área infraescapular izquierda.²⁸

El tratamiento de la coartación aórtica consiste en liberar la obstrucción aórtica ya sea con técnicas transcaterismo por medio de la dilatación con globo o bien mediante cirugía cardiaca con corte de la zona estrecha y anastomosis de los cabos aórticos. No se recomienda retrasar la reparación ya que la cirugía puede cursar con menos éxito por el deterioro de la función ventricular y a los cambios degenerativos de la pared aórtica.^{5, 28}

Pese a una corrección exitosa, la sobrevida estimada de los pacientes con coartación aórtica es menor a la de la población general con un 80% de los pacientes vivos a los 40-50 años después de la reparación⁸. Esta disminución en la sobrevida obedece a la emergencia de complicaciones como recoartación, hipertensión arterial, enfermedad aterosclerosa, insuficiencia cardiaca, accidentes cerebrovasculares precoces e incluso muerte súbita^{4, 9}. Debido a la alta frecuencia de complicaciones tardías, algunos estudios sugieren que la coartación aórtica más que una entidad aislada caracterizada por la simple obstrucción mecánica de la aorta es en realidad una enfermedad generalizada del sistema cardiovascular⁴. Algunos factores sugeridos como predisponentes de las anomalías persistentes son: la edad mayor a la corrección^{6, 9} anomalías elásticas de la aorta^{11,12} distinto umbral del sistema nervioso autónomo^{13,14} y la presencia de hipertensión arterial⁶ y de hipertrofia del ventrículo izquierdo persistentes.

La obstrucción causada por la Coartación aórtica condiciona sobrecarga de presión del ventrículo izquierdo. Después de liberar la obstrucción por la Coartación aórtica, el ventrículo izquierdo inicia un proceso de remodelación; sin embargo la geometría del ventrículo izquierdo y la hipertrofia no se normalizan completamente¹⁵ incluso en pacientes con tensión arterial normal y sin gradiente de presión significativo en el sitio reparado,^{15,25} habiéndose descrito patrones anormales de remodelación con hipertrofia concéntrica en el 12.5% de los casos y hasta en el 27.5% una remodelación excéntrica¹⁶.

La evaluación por ecocardiografía de la función ventricular juega un rol importante en la evaluación de la remodelación patológica, un proceso de desencadenamiento de la dilatación ventricular (remodelación excéntrica) que está asociada con la disfunción del ventrículo izquierdo.⁷

El ecocardiograma es un examen no invasivo usado para el diagnóstico de enfermedades cardíacas, el cual también brinda información funcional principalmente con el uso de Doppler y mapeo a color. El ecocardiograma bidimensional tiene la habilidad de demostrar la relación espacial entre estructuras lo cual facilita el diagnóstico de anomalías anatómicas del corazón y los grandes vasos. El Doppler y el mapeo a color nos brindan la oportunidad de detectar la presencia de regurgitación en las valvas y la presencia de cortocircuitos durante el ecocardiograma. También brinda información sobre gradientes de presión y estimación de presiones en ventrículos y grandes arterias.²⁶

En las últimas décadas la ecocardiografía se ha desarrollado como una técnica de imagen ampliamente disponible para la investigación cardiovascular. La determinación de la función miocárdica es vital para la evaluación clínica de las enfermedades cardiovasculares. Alteraciones de la función cardíaca pueden ser detectadas con ecocardiografía como anomalías de los movimientos de la pared, cambios en los volúmenes ventriculares y la disfunción global del ventrículo izquierdo. Anomalías del movimiento de la pared pueden identificar y cuantificar áreas de infartos de miocardio previos. Evaluación visual categoriza el movimiento de la pared en base a: el grado de excursión miocárdica, grado de engrosamiento de endocardio durante la sístole, tiempo de movimiento, forma del ventrículo izquierdo.³¹

Utilizando los índices endocárdicos habituales por ecocardiografía como la fracción de eyección (FEVI) y la fracción de acortamiento del ventrículo izquierdo (FA),^{32,33} se valora la función sistólica del ventrículo izquierdo. La fracción de eyección, es decir la sangre que es expulsada al final de la diástole se determina, mediante los volúmenes telediastólicos y telesistólicos respectivamente. Los rangos normales se consideran entre el 56 y 78%, otros autores han dicho que 61% +/- 10%, sin embargo en general se considera que debajo del 54% se encuentra disminuida. Se ha clasificado según grados de fracción de eyección Normal: 55%, Disminuida en grado leve: 45 a 54% Disminuida en grado moderado: 35 a 44% Disminuida en grado severo: < 35%.⁷ Se ha demostrado que aquellos pacientes con fracción de eyección < 40% tienen mayor índices de mortalidad.^{26,30}

Para la evaluación de la masa total ventricular se toman en cuenta el volumen ventricular izquierdo y el grosor de la pared ventricular. Los resultados que se encuentran en gramos se

deben de dividir por la superficie corporal en m^2 . Se consideran valores normales en niños $< 60 g/m^2$.¹⁸

El Speckle Tracking es un método ecocardiográfico basado en la búsqueda de patrones característicos creados por la interferencia de los impulsos del ultrasonido en el tejido cardiaco, se basa en una escala de grises, bidimensional, en el que se valoran 17 segmentos y 9 regiones del ventrículo izquierdo.^{29, 30} Es un método recientemente introducido, representa una modalidad simplificada, objetiva y ángulo dependiente para la cuantificación de la deformación miocárdica. El software de uso convencional toma en cuenta la deformación miocárdica radial y longitudinal que puede ser medida simultáneamente de las grabaciones del eje longitudinal, deformación radial y circunferencial de grabaciones de eje corto y torsión del ventrículo izquierdo desde asesoramiento de la rotación apical y basal de eje corto. Estudios clínicos y experimentales han demostrado que el Speckle Tracking puede asegurar la función miocárdica exactamente en sujetos saludables en la instauración de la isquemia aguda o crónica, discromía y cardiomiopatía.^{11,18} Abarca el movimiento de los marcadores acústicos naturales o speckles con una escala gris de ultrasonido. Estos speckles aparecen como resultado de la reflexión y la interferencia del ultrasonido en el tejido miocárdico. Con el uso de los movimientos de la pared, el movimiento speckle (y el movimiento del tejido miocárdico) puede ser visualizado de cuadro a cuadro durante el ciclo cardiaco.^{16,24}

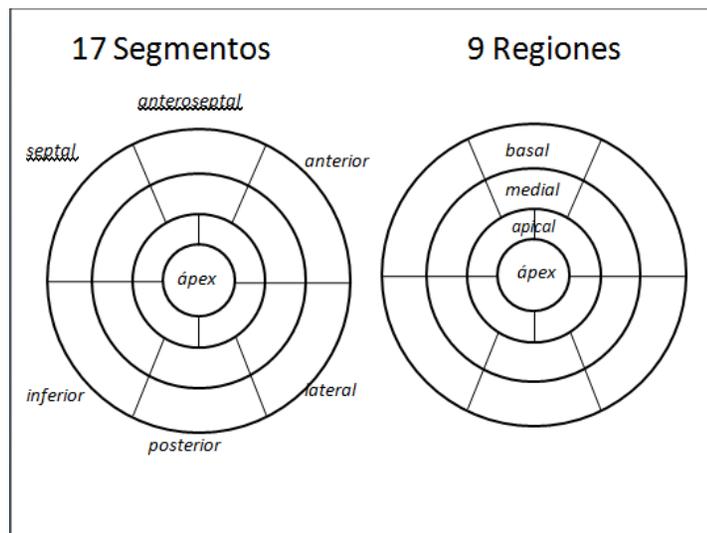


Fig. 1. Segmentos y regiones del ventrículo izquierdo valorables por Speckle-Tracking.

Estudios previos han mostrado una función sistólica normal o incrementada en estos pacientes^{18,32}. Dichos estudios contrastan con modelos animales en los que se indujo sobrecarga de presión^{19,20} y con estudios en humanos con hipertensión^{21,22} en los que la hipertrofia del ventrículo izquierdo se asocia al deterioro gradual en la función y en la contractilidad ventricular esto se explica porque en el ventrículo izquierdo con una geometría alterada el acortamiento de la fibra no es uniforme ya que existe un acortamiento miocárdico subendocárdico que excede al acortamiento subepicárdico por lo que los índices endocárdicos frecuentemente sobre-evalúan el acortamiento de la fibra.³ Algunos autores incluso postulan que FEVI y FA normales o elevadas implican disfunción sistólica en presencia de hipertrofia del ventrículo izquierdo.²¹ El índice de rendimiento miocárdico o índice de Tei es un parámetro ecocardiográfico que incluye en su cálculo el tiempo de contracción isovolumétrica, el tiempo de relajación isovolumétrica y el tiempo de eyección lo que permite evaluar la función global del ventrículo izquierdo. Al ser un método menos dependiente de la geometría y de la precarga ventricular²³ es mucho más sensible que los métodos endocárdicos y que el flujo doppler de la válvula mitral tradicionalmente empleados para la evaluación de la función del ventrículo izquierdo. El índice de rendimiento miocárdico ha demostrado su utilidad en el estudio de varias cardiopatías y se ha comprobado una buena correlación entre los métodos invasivos de función sistólica y diastólica ventricular izquierda por cateterismo (dP/dt y tau) y el índice de rendimiento miocárdico.¹⁰

Un estudio reciente evaluó la función global del ventrículo izquierdo en un grupo de niños con antecedente de reparación de Coartación aórtica y demostró una función ventricular izquierda global alterada en el 47.5% de los casos y valores de índice de rendimiento endocárdico significativamente mayores que en los de un grupo control de niños sanos pese a tener presión arterial normal al reposo, gradientes bajos en la zona de Coartación aórtica y valores de FEVI y FA normales o elevados. Estos resultados se compaginan bien con otros estudios recientes que han demostrado anomalías en la deformación regional miocárdica con reducción de la deformación longitudinal y un incremento en la deformación radial del ventrículo izquierdo de pacientes después de una reparación exitosa de Coartación aórtica.^{17, 18} Las alteraciones subclínicas de la función global del ventrículo izquierdo encontradas en estos estudios pueden ser uno más de los múltiples factores capaces de promover la hipertrofia del ventrículo izquierdo persistente en estos pacientes. Algunos factores encontrados como probables predisponentes a la disfunción global del ventrículo izquierdo en estos casos fueron la edad de la corrección mayor de 4 años, un ventrículo izquierdo con características muy anormales antes de la corrección y la

presencia de hipertensión arterial antes de la corrección. Estas alteraciones sutiles y subclínicas en la función del ventrículo izquierdo aunadas a una aorta rígida y poco elástica, a una onda de pulso alterada en el sitio de la reparación y a las alteraciones del sistema autónomo descritas en Coartación aórtica pueden jugar un papel en la aparición de hipertensión arterial tardía de un porcentaje elevado de casos después de la reparación de la Coartación aórtica que a su vez predispone a mayor hipertrofia del ventrículo izquierdo, enfermedad aterosclerosa y eventos cardiovasculares tempranos. Es probable que el ventrículo izquierdo de algunos pacientes con Coartación aórtica al estar sometido a una poscarga elevada desarrolle hipertrofia con o sin dilatación subsecuente y que, una vez liberada la obstrucción mejore en algunos casos y en otros continúe hacia la pérdida de la geometría normal dando lugar a alteraciones en la función del ventrículo izquierdo que a su vez puede favorecer a la emergencia de las complicaciones tardías: hipertensión arterial, insuficiencia cardíaca, entre otras.

CAPÍTULO 3: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Pese a una corrección exitosa la sobrevivencia de los pacientes con Coartación aórtica es menor a la de población general debido a la emergencia de complicaciones cardiovasculares graves durante el seguimiento como hipertensión arterial, miocardiopatía hipertrófica, enfermedad aterosclerosa, accidentes cerebro-vasculares e incluso muerte súbita. Después de la corrección de la Coartación aórtica, la remodelación ventricular no siempre es normal y se han descrito anormalidades persistentes en la estructura y función del ventrículo izquierdo aún en aquellos pacientes con presión arterial normal y sin gradiente significativo en la zona de la reparación. Las alteraciones sutiles y subclínicas del ventrículo izquierdo de estos pacientes frecuentemente pasan desapercibidas o se identifican tardíamente. Se desconoce cuál es la frecuencia real de las anormalidades del ventrículo izquierdo en niños después de la corrección exitosa de Coartación aórtica. Las causas de estas alteraciones persistentes no están bien establecidas. Se reconoce la participación de factores ambientales y genéticos en su etiología. Nos interesa identificar la frecuencia de las alteraciones persistentes en la estructura y en la función del ventrículo izquierdo de niños después de una corrección exitosa de Coartación aórtica.

CAPÍTULO 4: JUSTIFICACIÓN

Es necesario tratar de identificar las causas que expliquen el porqué después de la corrección exitosa, algunos casos con Coartación aórtica presentan anomalías cardiocirculatorias persistentes (hipertrofia \pm dilatación del ventrículo izquierdo, disfunción ventricular, etc.), que dan lugar a la emergencia de complicaciones tardías y afectan la sobrevida de estos pacientes.

Aún existe controversia con respecto a la estructura y función del VI después de la corrección de Coartación aórtica; la técnica de Speckle-tracking no se ha utilizado.

Al identificar tempranamente alteraciones en la estructura y función del ventrículo izquierdo de estos pacientes será de gran importancia para dar recomendaciones específicas a las familias, indicar un seguimiento más estrecho y un tratamiento más dirigido en casos particulares de niños después de una corrección de Coartación aórtica.

El presente estudio nos permite:

1.- Identificar por medio de técnicas ecocardiográficas modernas si existen anomalías en la estructura y función del ventrículo izquierdo de niños con antecedente de corrección exitosa de Coartación aórtica que pasan desapercibidas al utilizar las técnicas habituales. Lo que nos permitirá identificar subgrupos de alto riesgo para el desarrollo de complicaciones tardías graves y ofrecer un mejor seguimiento a estos pacientes.

Así mismo nos ayuda optimizar nuestros recursos ya que en la actualidad estas alteraciones sutiles requieren de equipos costosos, muchas veces inaccesibles, tiempos de evaluación prolongados y de personal altamente calificado todo esto no siempre disponible en nuestro país.

CAPITULO 5: PREGUNTA DE INVESTIGACION

¿Se encuentran anomalías persistentes en la función y estructura del ventrículo izquierdo de niños con antecedente de corrección exitosa de coartación aórtica evaluada por Speckle-Tracking?

CAPÍTULO 6: HIPOTESIS:

A pesar de una corrección exitosa, el 50% de los niños con Coartación aórtica tienen anomalías en la deformación segmentaria y global del ventrículo izquierdo.

CAPÍTULO 7: OBJETIVOS

GENERAL

Conocer la prevalencia de anomalías en la deformación del ventrículo izquierdo de niños con corrección exitosa de Coartación aórtica.

ESPECÍFICOS

- 1.- Determinar las características en la estructura y función del ventrículo izquierdo de un grupo de niños mexicanos sanos.
- 2.- Determinar las características en la estructura y función del ventrículo izquierdo de un grupo de niños mexicanos con coartación aórtica después de una corrección exitosa.
- 3.- Determinar si existen diferencias en la estructura y función del ventrículo izquierdo de un grupo de niños mexicanos con coartación aórtica después de una corrección exitosa comparadas con un grupo control de niños sanos.

CAPÍTULO 8: MATERIALES Y MÉTODOS

DISEÑO DEL ESTUDIO

Se trata de una serie de casos clínicos, que consiste en un estudio epidemiológico, observacional y transversal.

A continuación se explica con detalle la clasificación de este estudio desde el punto de vista metodológico.

Por las características del estudio, el presente proyecto de investigación es:

De acuerdo a su naturaleza, un estudio epidemiológico (estudio de investigación médica).

De acuerdo a la maniobra, un estudio observacional (no existe manipulación de las variables por parte del investigador y este se limitará a describir la frecuencia de las variables que se eligieron en el estudio).

De acuerdo a la temporalidad, un estudio transversal (se desarrollará en un solo momento temporal en el que se medirá a la vez la prevalencia de la exposición y del efecto en una muestra seleccionada).

Al corresponder a la categoría de serie de casos clínicos este estudio se limita a la identificación y descripción de un conjunto de casos clínicos que han aparecido en un intervalo de tiempo. Las series de casos contribuyen a la caracterización del perfil y delimitación de las enfermedades pero para valorar la importancia de los antecedentes y posibles asociaciones es necesaria la presencia de un grupo control que sirva de referencia y comparación.

CRITERIOS DE INCLUSIÓN

1. Pacientes del Hospital Infantil de México Federico Gómez (HIMFG) con corrección exitosa de coartación aórtica.
2. Periodo de seguimiento mínimo 3 años.
3. Controles: Niños sanos pareados con los casos por edad y sexo.

CRITERIOS DE EXCLUSIÓN

1. Coartación aórtica residual o re-coartación.
2. Cardiopatía congénita asociada (incluyendo la válvula aórtica bicúspide).
3. Síndromes genéticos
4. Co-existencia de enfermedad sistémica (ej. insuficiencia renal, cáncer, enfermedad hepática, endócrina, etc.).
5. Condición que pueda afectar la evaluación de la función ventricular izquierda (arritmia, medicamentos, radiaciones, hipertensión pulmonar, sepsis etc).

TAMAÑO DE LA MUESTRA

El cálculo del tamaño de la muestra para estudios de series de casos clínicos se realiza dependiendo del tipo de variable que interesa encontrar. En este protocolo de investigación interesa conocer la proporción de niños con antecedente de corrección exitosa de Coartación aórtica que tienen anomalías en la estructura y función del ventrículo izquierdo en comparación con un grupo control de niños sanos, por lo que la fórmula que se debe utilizar para calcular el tamaño de la muestra es la fórmula para estimación de parámetros, en este caso de proporciones.

Aunque por cuestión metodológica se presenta de forma detallada el cálculo del tamaño de la muestra con un número ideal de pacientes a estudiar de 96, en un estudio piloto realizado en el departamento de cardiología del Hospital Infantil de México y recientemente publicado en la revista española de cardiología²⁵, se conoce que en nuestro hospital se han atendido 379 pacientes con diagnóstico de Coartación aórtica desde 1990 a la fecha, 285 (75%) tuvieron alguna cardiopatía congénita asociada, incluida la válvula aórtica bicúspide; 49 (52%) de los restantes 94 pacientes tuvieron alguna complicación después de la corrección de la Coartación aórtica (hipertensión arterial, recoartación, coartación residual, aneurisma en la zona de Coartación aórtica secuelas neurológicas, etc.). Por lo que únicamente 40 pacientes reúnen los criterios de inclusión para el presente

estudio. Es poco probable que pacientes atendidos antes de 1990 sigan siendo vistos en la consulta de cardiología dado que al cumplir la mayoría de edad son referidos a otros hospitales.

Como se explicó anteriormente por el diseño del estudio, al tratarse de una serie de casos clínicos en la que se espera presentar prevalencias de las variables definidas (alteraciones persistentes en la estructura y función del ventrículo izquierdo) se requiere de un grupo control comparable al grupo de pacientes que permita comparar los resultados. Por lo que se estudiará también a un grupo control de niños sanos que se define a continuación

Grupo control:

Niños sanos pareados con los pacientes por edad, sexo y superficie corporal, cuyos padres acepten participar en el estudio y firmen una carta de consentimiento informado.

Fuente de obtención del grupo control: en la pre-consulta de cardiología se atienden alrededor de 1000 niños sanos por año. Por lo general, dichos niños son referidos por algún médico general o pediatra al auscultar un soplo o un ritmo aparentemente anormal o bien ante el antecedente de falta de ganancia ponderal, fatiga, dolor precordial, síncope o pre-síncope y son enviados para descartar la presencia de cardiopatía congénita. La evaluación completa de estos pacientes incluye: electrocardiograma, radiografía de tórax y ecocardiograma. Después de la evaluación completa, los diagnósticos finales de estos pacientes habitualmente son: soplo funcional, arritmia fisiológica y síncope vaso-vagal, que son comunes en los niños sanos. Para este proyecto de investigación se invitó a los padres de estos pacientes a participar una vez que el diagnóstico de cardiopatía congénita se halla descartado. Se incluirán solo los niños sanos cuyos padres acepten participar en el estudio y firmen una carta de consentimiento informado. Para evitar sesgos en la comparación de los resultados, se invitará a participar a los niños que compartan edad, sexo y superficie corporal con los pacientes.

Análisis Ecocardiográfico:

Los estudios Ecocardiográficos los realizará un ecocardiografista que desconocerá la naturaleza del estudio así como la pertenencia de los pacientes y controles a cada grupo así mismo desconocerá los resultados de los estudios clínico y bioquímico.

Para evaluar la función del ventrículo izquierdo actual se utilizará un ecocardiógrafo IE 300 de Philips con trazo electrocardiográfico simultáneo. Las mediciones se obtendrán del promedio de 5 ciclos consecutivos.

Gradiente residual corregido en la zona de la Coartación aórtica: El gradiente residual corregido se obtendrá en el eje supraesternal y para su cálculo se utilizará la ecuación de Bernoulli: $\text{gradiente (mm Hg)} = 4(V_2^2 - V_1^2)$ m/s; donde V_2 es la velocidad máxima en la aorta descendente y V_1 es la velocidad máxima en la aorta descendente por arriba del sitio de la reparación.

Masa del ventrículo izquierdo: La masa del ventrículo izquierdo se calculará utilizando la fórmula de Dereveux ajustada a la superficie corporal.

Grosor de Pared libre y grosor del septum del ventrículo izquierdo: Los diámetros del grosor del septum y de la pared libre del ventrículo izquierdo se obtendrán de acuerdo a las guías de la Sociedad Americana de Ecocardiografía.

Volumen del ventrículo izquierdo: Se obtendrá por planimetría siguiendo la metodología habitual.

FEVI: se obtendrá en el eje paraesternal largo en modo M siguiendo la metodología habitual.

FA: se obtendrá en el eje paraesternal largo en modo M siguiendo la metodología habitual.

Flujo Doppler de la válvula mitral: El flujo doppler mitral se valorará en el eje apical de cuatro cámaras, colocando el doppler pulsado en el sitio de apertura y cierre de la válvula mitral. La velocidad pico de la diástole temprana (onda E) y diástole tardía (onda A) se medirán desde la línea basal hasta el flujo de máxima velocidad. Se calculará la relación E/A mitral para cada ciclo cardíaco y se medirá el tiempo de duración de la onda A mitral (Ad). Los valores normales son: E= 80-102 cm/s, A= 41-57 cm/s y E/A= 1.5-2.3

Flujo Doppler de las venas pulmonares: El FVP se evaluará utilizando el corte apical de cuatro cámaras, colocando el doppler color pulsado a 5-10 mm. proximal a la unión de la vena pulmonar superior derecha con la AI. Se medirá el flujo de la sístole (onda S: el flujo que ocurre desde el cierre de la válvula mitral hasta su apertura) y el flujo de la diástole (onda D: el flujo que ocurre desde la apertura de la válvula mitral hasta después de la inscripción de la onda P en el electrocardiograma). También se medirá la velocidad de la onda A reversa (AR); que es el flujo retrógrado al momento de la contracción auricular, la duración de la AR (ARd) y se calculará la diferencia entre la duración de la AR y la duración de la A mitral (ARd-Ad). Los valores normales son: S= 36-64 cm/s, D= 35-47 cm/s, S/D= 1.17-1.5, AR= 5-37 cm/s

Índice de Rendimiento Miocárdico (IRM): Se obtendrá en el eje apical de 5 cámaras según lo previamente reportado utilizando la fórmula: $IRM = TCI + TRI / TE$; donde TCI (tiempo de contracción isovolumétrica) es el intervalo de tiempo entre el final del flujo mitral y el inicio del flujo aórtico, TRI (tiempo de relajación isovolumétrica) es el intervalo de tiempo entre el final del flujo aórtico y el inicio del siguiente flujo mitral y TE (tiempo de eyección) es el intervalo de tiempo desde el inicio hasta el final del flujo aórtico. El valor de IRM considerado como normal es ≤ 0.42 .

DEFINICIONES:

Definición operacional de las variables

Coartación aórtica (Coartación aórtica): Es la cardiopatía congénita caracterizada por la obstrucción de la aorta descendente situada generalmente a la altura del conducto arterioso.

Corrección exitosa de coartación aórtica: diferencia de presión arterial sistólica entre brazo derecho y pierna derecha ≤ 15 mmHg y corroborado por ecocardiografía en el sitio de la reparación utilizando la fórmula de Bernoulli.

Coartación residual o re-coartación: diferencia de presión arterial sistólica entre brazo derecho y pierna derecha y/o gradiente corregido en la zona de reparación $>$ de 15 mmHg.

Hipertensión arterial (HA): presión arterial sistólica y/o diastólica \geq percentil 90 para la edad, sexo y superficie corporal.

Alteraciones en la estructura del ventrículo izquierdo: hipertrofia del ventrículo izquierdo, dilatación del ventrículo izquierdo.

Hipertrofia del ventrículo izquierdo: masa del ventrículo izquierdo $>$ +1 desviación estándar del valor normal para la edad, sexo y superficie corporal.

Dilatación del ventrículo izquierdo: volumen del ventrículo izquierdo $>$ +1 desviación estándar del valor normal para la edad, sexo y superficie corporal.

Alteraciones en la función del ventrículo izquierdo: ventrículo izquierdo hiperdinámico, disfunción sistólica del ventrículo izquierdo, disfunción diastólica del ventrículo izquierdo, disfunción global del ventrículo izquierdo.

Ventrículo izquierdo hiperdinámico: Fracción de eyección del ventrículo izquierdo > 70%, Fracción de acortamiento del ventrículo izquierdo > 40%.

Disfunción sistólica del ventrículo izquierdo: Fracción de eyección del ventrículo izquierdo $\leq 50\%$, Fracción de acortamiento del ventrículo izquierdo $\leq 25\%$.

Disfunción diastólica del ventrículo izquierdo: flujo Doppler de la válvula mitral anormal, flujo Doppler de las venas pulmonares anormal.

Disfunción global del ventrículo izquierdo: Índice de rendimiento miocárdico anormal (>0.42).

ANÁLISIS ESTADÍSTICO

Se utilizó SPSS y SAS

Se realizó análisis estadístico descriptivo.

Para la comparación entre grupos se utilizó T de Student o U de Mann-Whitney.

Las variables continuas se compararon con χ^2 de Pearson o test exacto de Fisher.

Las diferencias se consideraron significativas cuando $p < 0,05$.

La asociación entre las variables se analizará con regresión lineal y se expresará como R^2 .

Consideraciones éticas

El presente protocolo de investigación es de riesgo mínimo. Incluye la realización de un examen clínico completo y un estudio ecocardiográfico. Se explicará claramente a los padres la naturaleza del estudio y solo se incluirán a los pacientes y controles cuyos padres acepten participar en el estudio y firmen una carta de consentimiento informado.

Dado que los padres de los pacientes con Coartación aórtica están familiarizados con la enfermedad y con los procedimientos que se realizan en el departamento de cardiología, consideramos necesario hacer dos cartas de consentimiento informado diferentes, una para los pacientes y otra más dirigida a los padres de los controles ya que la terminología que se utiliza en cada una es diferente, con el objeto de explicar de la manera más clara y sencilla a los padres de los niños sanos en qué consiste la enfermedad que estamos estudiando (Coartación aórtica) cuáles son las repercusiones que presentan esos pacientes y la necesidad de incluir un grupo de niños sanos para poder validar nuestros resultados

CAPÍTULO 9: RESULTADOS

Se estudiaron 40 pacientes, distribuidos de la siguiente manera; 72.5% corresponden al sexo masculino y 27.5% al sexo femenino. Con edad mínima de 7.25, máxima de 13.75 y media de 10.5. desviación estándar de

La edad de corrección fue de mínimo 1.2 años y máxima de 1.3 con media de 2.5 años, la edad actual a la que se realizó el estudio fue de 10.5 ± 3.25 con seguimiento de 8.33 ± 2.0 años.

El tipo de coartación aórtica más frecuente fue la yuxtaductal circunscrita con 28 pacientes (70%) y la hipoplasia del istmo fue de 12 pacientes (30%)

El tipo de cirugía se encontraba distribuido de la siguiente manera; anastomosis termino-terminal 34 casos (85%), plastía utilizando la subclavia izquierdo 4 casos (10%) y plastía con subclavia izquierda más parche de dacrón 2 casos (5%)

Tabla 1: Resultados de evaluación de 40 pacientes incluidos el estudio

	Media DS
Pacientes estudiados	40
Sexo varón	29 (72.5%)
Edad de la corrección (años)	2.5 ± 1.3
Edad actual (años)	10.5 ± 3.25
Seguimiento (años)	8.33 ± 2.0
Tipo de CoAo	
Yuxtaductal circunscrita	28 (70%)
Hipoplasia del istmo aórtico	12 (30%)
Gradiente previo a la corrección	30 – 66 (m:45)
Tipo de cirugía	
Anastomosis término-terminal	34 (85%)
Plastía utilizando la subclavia izquierda	4 (10%)
Plastía con subclavia izquierda más parche de dacrón	2 (5%)

Se realizó ecocardiograma bidimensional en los 40 pacientes estudiados, las estructuras y función del ventrículo izquierdo, los promedios de los casos y de los controles se muestran en la tabla 2.

Tabla 2: Resultados parámetros de estructura y función del ventrículo izquierdo estudiados por ecocardiografía bidimensiona.

Variable	Casos	Controles	Valor de p
SIVs (cm)	0.91 ± 0.18	0.45 ± 0.11	
SIVd (cm)	0.66 ± 0.13	0.40 ± 0.09	
DVIs (cm)	2.50 ± 0.63	2.29 ± 0.75	
DVIId (cm)	3.68 ± 0.78	3.18 ± 0.91	
PPVIs (cm)	0.85 ± 0.22	0.80 ± 0.42	
PPVIId (cm)	0.60 ± 0.15	0.58 ± 0.21	
VVIs (cm)	24.64 ± 15.43	14.23 ± 3.45	*
VVIId (cm)	61.64 ± 31.72	38.34 ± 12.16	*
VL (cm)	36.76 ± 17.80	45.34 ± 10.06	
MasaVI (cm/m ² SC)	57.16 ± 38.46	29.11 ± 10.81	*
FE (%)	64.29 ± 8.73	55.0 ± 5.0	
FA (%)	32.41 ± 5.95	27.5 ± 2.5	

SIV: Septum interventricular, **DVI:** Diámetro del ventrículo izquierdo, **PPVI:** Pared posterior de ventrículo izquierdo, **VVI:** Volumen ventricular izquierdo, **VL:** Volumen latido, **FE:** Fracción de eyección, **FA:** Fracción de acortamiento, **S:** Sístole, **D:** Diástole.

* p < 0.05

Los parámetros estructurales y funcionales del ventrículo izquierdo en los que se encontró diferencia significativa (p < 0.05) se encontró el volumen ventricular izquierdo sistólico en el que se encontró 24.64 ± 15.43 cm (controles 14.23 ± 4.35), el volumen ventricular

izquierdo diastólico 61.64 ± 31.72 cm (38.34 ± 12.16) y la masa de ventrículo izquierdo 57.16 ± 38.46 cm/m²SC (29.11 ± 10.81)

El grado de deformación de las fibras miocárdicas de los segmentos del ventrículo izquierdo, se evaluaron por medio del Speckle-Tracking. Se muestran los resultados en la tabla 3.

Tabla 3: Grado de deformación de la fibra miocárdica de 17 segmentos del ventrículo izquierdo evaluados por Speckle-Tracking

Segmento Analizado	Casos	Controles	Valor de p
Anterosept basal	18.47 ± 2.47	23.14 ± 1.47	*
Anterior basal	17.58 ± 2.12	23.58 ± 2.12	*
Lateral basal	18.41 ± 1.92	20.91 ± 0.92	*
Posterior basal	19.88 ± 1.81	23.88 ± 2.81	*
Inferior basal	18.94 ± 1.73	23.04 ± 3.02	*
Septal basal	19.64 ± 2.62	24.64 ± 3.12	*
Anterosept medial	19.29 ± 2.75	24.29 ± 1.95	*
Anterior medial	19.05 ± 1.91	25.01 ± 2.11	*
Lateral medial	18.82 ± 1.73	23.06 ± 2.13	*
Posterior medial	21.52 ± 1.83	25.52 ± 1.92	*
Inferior medial	21.47 ± 1.02	25.10 ± 3.02	*
Septal medial	21.41 ± 1.10	24.19 ± 1.19	
Anterior apical	21.64 ± 1.80	23.64 ± 1.77	
Lateral apical	20.94 ± 2.08	23.15 ± 1.90	
Inferior apical	23.52 ± 2.24	23.96 ± 5.11	
Septal apical	21.76 ± 2.02	23.66 ± 5.10	
Ápex	22.0 ± 2.20	23.13 ± 4.15	

* p < 0.05

El grado de deformación de las fibras miocárdicas de 9 regiones del ventrículo izquierdo, evaluados por medio del Speckle-Tracking. Se muestran los resultados en la tabla 4.

Segmento Analizado	Casos	Controles	Valor de p
Anteroseptal	18.94 ± 1.98	23.28 ± 2.07	*
Anterior	19.42 ± 4.35	23.92 ± 3.12	*
Lateral	19.38 ± 4.05	23.99 ± 2.16	
Posterior	21.48 ± 4.30	22.09 ± 3.03	
Inferior	21.32 ± 4.56	23.24 ± 3.65	
Septal	20.94 ± 4.06	22.90 ± 2.33	
Basal	18.94 ± 1.98	22.58 ± 2.25	*
Medial	20.35 ± 2.91	22.91 ± 1.79	
Apical	22.11 ± 5.23	23.98 ± 3.37	

Tabla 4: Grado de deformación de la fibra miocárdica de 9 regiones del ventrículo izquierdo evaluados por Speckle-Tracking

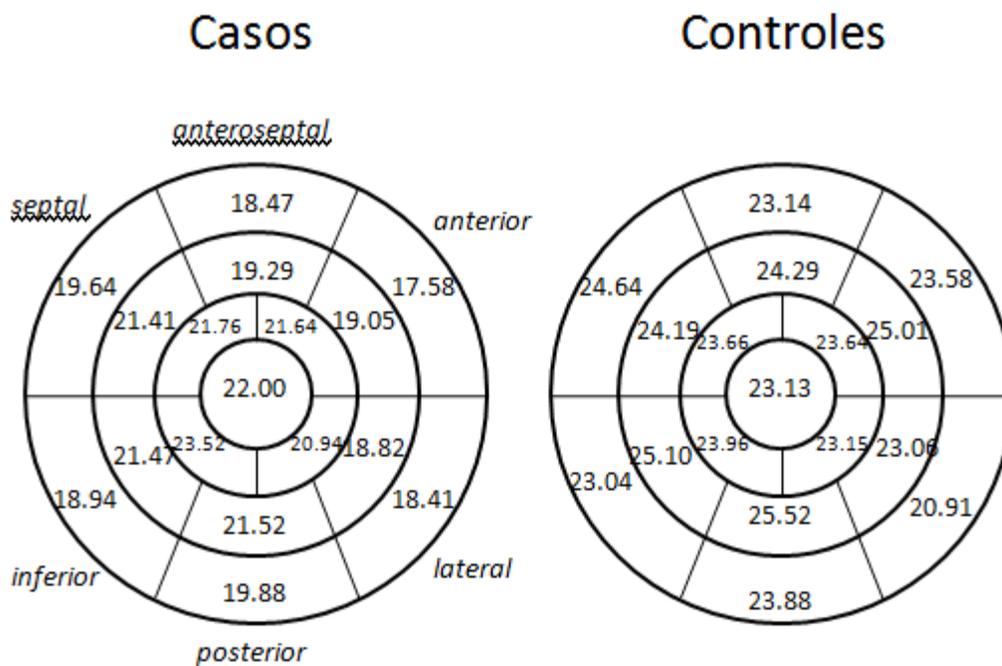


Fig. 2. Segmentos y regiones del ventrículo izquierdo valorables por Speckle-Tracking en la que se observa la media encontrada y su comparación con los controles.

Según los resultados en este estudio se encontró un grado de deformación de las fibras miocárdicas con diferencias significativas en 11 de los 17 segmentos y en 3 de las 9 regiones del ventrículo izquierdo ($p < 0.05$) en pacientes con corrección exitosa de coartación aórtica después de 8 años de seguimiento, en pacientes valorados por Speckle-Tracking.

Los segmentos del ventrículo izquierdo con deformación significativa ($p < 0.05$) son Anteroseptal basal en los casos se encontró con 18.47 ± 2.47 cm (controles 23.14 ± 1.47) anterior basal 17.58 ± 2.12 cm (23.58 ± 2.12), lateral basal 18.41 ± 1.92 cm (20.91 ± 0.92), posterior basal 19.88 ± 1.81 (23.88 ± 2.81), inferior basal 18.94 ± 1.73 cm (23.04 ± 3.02), septal basal 19.64 ± 2.62 (24.64 ± 3.12), anteroseptal medial 19.29 ± 2.75 cm (24.29 ± 1.95), anterior medial 19.05 ± 1.91 (25.01 ± 2.11), lateral medial 18.82 ± 1.73 cm (23.06 ± 2.13), posterior medial 21.52 ± 1.83 cm (25.52 ± 1.92) e inferior medial 21.47 ± 1.02 cm (25.10 ± 3.02).

Las regiones del ventrículo izquierdo que se encontraron con deformación de las fibras miocárdicas con valores significativos fueron el anteroseptal con valor de 18.94 ± 1.98 cm (controles 23.28 ± 2.07), anterior 19.42 ± 4.35 cm (23.92 ± 2.07) y basal 18.94 ± 1.98 cm (22.58 ± 2.25)

CAPITULO 10: DISCUSIÓN

Debido a la alta aparición de complicaciones, algunos estudios indican que la coartación aórtica, más que ser una entidad única caracterizada únicamente por la obstrucción mecánica de la aorta es realmente una enfermedad general del sistema cardiovascular.⁴ Los siguientes factores se han propuesto como predisponentes para anomalías persistentes: Mayor edad al momento de la corrección,⁶ propiedades elásticas de la aorta comprometidas,^{11, 12} diferentes umbrales del sistema nervioso central autónomo, hipertensión^{13, 14} e hipertrofia persistente del ventrículo izquierdo. Posterior a la eliminación de la obstrucción causada por la coartación aórtica el ventrículo izquierdo inicia un proceso de remodelación, sin embargo no regresan completamente a lo normal, se han encontrado hipertrofia concéntrica en 12.5% de los pacientes y remodelación excéntrica en hasta un 27.5%.²⁵ Estudios previos con ecocardiograma convencional han demostrado que la función sistólica del ventrículo izquierdo y su contractilidad se incrementan en pacientes con reparación de coartación aórtica.³² En un estudio se encontró que una reparación posterior a los 4 años de edad y un ventrículo izquierdo con características anormales del ventrículo izquierdo antes de la reparación podría relacionarse con la disfunción generalizada del ventrículo izquierdo observada en los pacientes²⁵ los hallazgos de este estudio son relevantes ya que las anomalías sutiles y subclínicas en la función del ventrículo izquierdo asociadas con una aorta rígida con poca elasticidad y pulso anormal en el sitio de la reparación y las anomalías descritas en el sistema autónomo podrían jugar un papel en la aparición de hipertensión tardía en gran parte de los casos con reparación de coartación aórtica. Se encontró que algunos pacientes con coartación aórtica presentaban mejoría con respecto a la remodelación ocasionada por la obstrucción mecánica, sin embargo en otros continúa perdiéndose la geometría normal del ventrículo izquierdo y conllevando a alteraciones funcionales.

En 2008 Delgado realizó un estudio en el que utilizaron el ecocardiograma Speckle Tracking para valorar el grado de deformación del ventrículo izquierdo en pacientes con insuficiencia cardíaca encontrando que es el mejor método para determinar el grado de

deformación e identificar de acuerdo a la respuesta al tratamiento factores que predispongan estructuralmente a la respuesta al manejo médico.²⁹

Se ha utilizado el Speckle Tracking para medir rotación del ventrículo izquierdo, en el 2005 Helle realizó un estudio en perros y humanos para valorar la rotación del ventrículo izquierdo de manera basal, con infusión de dobutamina y en casos de isquemia, encontrando que este método es acertado para medir la rotación y torsión del ventrículo izquierdo sugiriendo en este estudio que el Speckle Tracking es un método ecocardiográfico confiable para valorar la función sistólica del ventrículo izquierdo.

A pesar de los múltiples estudios en los que se ha utilizado el ecocardiograma con Speckle Tracking en valoración funcional y estructural del ventrículo izquierdo, no podemos comparar nuestros resultados con otros estudios similares ya que aun que se han realizado estudios en adultos no existen hasta la fecha estudios en niños con corrección de coartación aórtica exitosa y la valoración funcional y estructural del corazón por medio de ecocardiograma Speckle Tracking.

CAPÍTULO 11: CONCLUSIONES

Se encontraron alteraciones estructurales y funcionales en ecocardiograma y Speckle Tracking (ST) en los pacientes con corrección exitosa de coartación aórtica lo cual demuestra que al eliminar la obstrucción mecánica de la aorta no elimina los factores de posibles complicaciones en los pacientes corregidos.

Las alteraciones ecocardiográficas que se encontraron a nivel funcional del ventrículo izquierdo fueron el volumen sistólico incrementado así como el volumen diastólico. La masa del ventrículo izquierdo también se encontró aumentada.

De los 17 segmentos del ventrículo izquierdo con deformación que se encontraron fueron los segmentos Anteroseptal basal, anterior basal, lateral basal, posterior basal, inferior basal, septal basal, anteroseptal medial, anterior medial, lateral medial, posterior medial e inferior medial. De las 9 regiones del miocardio estudiadas se encontraron deformaciones en las fibras miocárdicas de la región anteroseptal, anterior y basal.

Por medio del Speckle Tracking se consiguió demostrar la persistencia de anormalidades funcionales y estructurales del ventrículo izquierdo en pacientes con corrección exitosa de la coartación aórtica.

BIBLIOGRAFÍA

1. Trung T, Nallur G, Gnanadevan M, Ibrar A, Frenneaux M. Left ventricular torsion strain patterns in heart failure with normal ejection fraction are similar to age related changes. *European Journal of Echocardiography* 2009; 10:793-800
2. Flu W, van Kuijk J, Jeroen J, Poldermans D. Three dimensional speckle tracking echocardiography: a novel approach in the assessment of left ventricular volume and function?. *European Heart Journal* 2009;30:2304-2307
3. Gentles TL, Cowan BR, Occleshaw CJ, Colan SD, Young AA. Midwall shortening alter coarctation repair: the effect of through-plan motion on single-plane indices of left ventricular function. *J Am Soc Echocardiogr* 2005;18:1131-6.
4. Meyer AA, Joharchi MS, Kundt G, Shuff-Werner P, Steinhoff G, Kienast W. Predicting the risk of early atherosclerotic disease development in children after repair of aortic coarctation. *Eur Heart J*. 2005;26:617-22.
5. Maroto-Monedero, C. Enriquez de Salamanca, F. Herráiz-Sarachaga I. Zabala-Argüelles, JI. Guía de práctica clínica de la sociedad española de cardiología en las cardiopatías congénitas más frecuentes. *Rev Esp Cardiol* 2001; 54: 67-82.
6. Clarkson PM, Nicholson MR, Barratt-Boyes BG, Neutze JM, Whitlock RM. Results after repair of coarctation of the aorta beyond infancy: a 10 to 28 years follow-up with particular reference to late systemic hypertension. *Am J Cardiol* 1983;81:1541-8.
7. Sociedad Uruguaya de Cardiología Consenso Uruguayo de Función Ventricular.
8. Toro-Salazar OH, Steinberg J, Thomas W, Rocchini AP, Carpenter B, Moller JH. Long term follow-up of patients after coarctation of the aorta repair. *Am J Cardiol* 2002;89:541-7.
9. Cohen M, Fuster V, Steele PM, Driscoll D and McGoon DC. Coarctation of the aorta: long-term follow-up and prediction of outcome after surgical correction. *Circulation* 1989;80:840-5.

10. Tei C, Nishimura RA, Seward JB, Tajik AJ. Noninvasive doppler-derived myocardial performance index: correlation with simultaneous measurements of cardiac catheterization measurements. *J Am Soc Echocardiogr* 1997; 10: 169-78.
11. Vogt M, Kühn A, Baumgartner D, Baumgartner C, Bush Raymando, Kostolny M, et al. Impaired elastic properties of the ascending aorta in newborns before and early after successful coarctation repair. Proof of a systemic vascular disease of the prestenotic arteries? *Circulation* 2005;111:3269-73.
12. Kim GB, Kang SJ, Bae EJ, Yun YS, Noh ChL, Lee JR, et al. Elastic properties of the ascending aorta in young children after successful coarctoplasty in infancy. *Int J of Cardiol* 2004;97:471-7.
13. Iso T, Arai M, Wada A, Kogure K, Suzuki T, Nagai R. Humoral factor(s) produced by pressure overload enhance cardiac hypertrophy and natriuretic peptide expression. *Am J Physiol* 1997;273:H113-8.
14. Jonson D, Parrault H, Vobecky SJ, Trudeau F, Delvin E, Fournier A, et al. Resetting of the cardiopulmonary baroreflex 10 years after surgical repair of the coarctation of the aorta. *Heart* 2002;85:318-25
15. Crepaz R, Cemin R, Romeo C, Bonsante E, Gentili L, Trevisan D, et al. Factors affecting left ventricular remodelling and mechanics in the long-term follow-up after successful repair of aortic coarctation. *Cardiol Young*. 2005;15:160-7.
16. Pacileo G, Pisacane C, Russo MG, Crepaz R, Sarubbi B, Tagliamonte E, et al. Left ventricular remodeling and mechanics after successful repair of aortic coarctation. *Am J Cardiol* 2001;87:748-52.
17. Di Salvo G, Pacileo G, Limongelli G, Verrengia M, Rea A, Santoro G, et al. Abnormal regional myocardial deformation properties and increased aortic stiffness in normotensive patients with aortic coarctation despite succesful correction: an ABPM, standard echocardiography and strain rate imaging study. *Clin Science* 2007;113:259-66.
18. García M. Ecocardiograma en el paciente con Hipertensión Arterial. Capítulo 10. Libro Ecocardiografía Básica. 661-672.

19. Aoyagi T, Fujii AM, Flanagan MF, Arnold LW, Brathwaite KW, Colan SD, et al. Transition for compensated hypertrophy to intrinsic myocardial dysfunction during development of left ventricular pressure overload-hypertrophy in conscious sheep. Systolic dysfunction precedes diastolic dysfunction. *Circulation* 1993; 88:2415-25.
20. Mirsky I, Pfeffer JM, Pfeffer MA, Braunwald E. The contractile state as a major determinant in the evolution of left ventricular dysfunction in the spontaneously hypertensive rat. *Circ Res* 1983; 53:767-78.
21. De Simone G, Devereux RB, Celentano A, Roman MJ. Left ventricular chamber and wall mechanics in the presence of concentric geometry. *J. Hypertens* 1999;17:1001-6.
22. De Wolf D, Fourbert L, Suys B, Verhaaren H, Matthys D, Skuysmans T, et al. The midwall stress velocity relationship during manipulation of afterload. *Pediatr Cardiol* 2003;24:263-9.
23. Tei C, Ling LH, Hodge DO, Bailey KR, Oh JK, Rodeheffer RJ, et al. New index of combined systolic and diastolic myocardial performance: a simple and reproducible measure of cardiac function: a study in normals and dilated cardiomyopathy. *J Cardiol* 1995;26:357-66.
24. Concalves I, Moreira R, Cuimaraes E. Echocardiography Evaluations for Asymptomatic patients with severe obesity. *Arqu Bras Cardiol* 2007; 88 (1): 48-53
25. Balderrábano-Saucedo NA, Vizcaíno-Alarcón A, Reyes de la Cruz L, Espinosa-Islas G, Arévalo-Salas A, Segura-Stanford B. Función ventricular izquierda en niños después de la reparación aórtica de coartación aórtica. *Rev Esp Cardiol*. 2008;61(11):1126-33.
26. Park, MK. *Pediatric cardiology for practitioners*. Mosby. 5th edition. 2008: 118 – 37.
27. Silberbach, M. Hannon, D. Presentation of congenital heart disease in the neonate and young infant. *Pediatrics in Review*. 28;2007: 123 -31.
28. Behrman, RE. Kliegman, RM. Jenson HB. *Tratado de pediatría Nelson*. 17^a edición. Elsevier. España, 2004: 1513 – 21.
29. Delgado V, Ypenburg, C. Van-Bommel, Tops, L. Mollema, S. Marsan, N. Bleecker G. Assessment of left ventricular dyssynchrony by Speckle Tracking strain imaging. *J Am Coll Cardiol*. 2008;51:1944-52.

30. Helle-Valle, T. Crosby, J. Thor, E. Lyseggen, E. Amundsen, BH. Smith, H. Rosen, B. Lima, J. New noninvasive method for assessment of left ventricular rotation. *J Am Coll Cardiol*. 2005;112;3149-3156
31. Schiller NB, Sha PM, Crawford M et al: Recommendations for quantitation of the left ventricle by two-dimensional echocardiography. *J. Am. Soc. Echocardiog*. 1989; 2:358-67.
32. Carpenter MA, Dammann JF, Watson DD, Jedeikin R, Tompkins DG, Beller GA. Left ventricular hyperkinesia at rest and during exercise in normotensive patients 2 to 27 years after coarctation repair. *J Am Coll Cardiol* 1985;6:879-86.
33. Kimball TR, Reynolds JM, Mays WA, Khoury P, Claytor RP, Daniels SR. Persistent hyperdynamic cardiovascular state at rest and during exercise in children after successful repair of coarctation of the aorta. *J Am Coll Cardiol* 1994;24:194-200.