



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO
INSTITUTO MEXICANO DEL SEGURO SOCIAL
CENTRO MÉDICO NACIONAL DE OCCIDENTE
UNIDAD MÉDICA DE ALTA ESPECIALIDAD. HOSPITAL DE PEDIATRÍA.
SUBESPECIALIDAD EN CARDIOLOGÍA PEDIÁTRICA

**CORRELACIÓN ENTRE PARÁMETROS ECOCARDIOGRÁFICOS CON PARÁMETROS
DE RESONANCIA MAGNÉTICA PARA EVALUACIÓN DE LA FUNCIÓN
VENTRICULAR DERECHA EN PACIENTES PEDIÁTRICOS CON CARDIOPATÍAS**

T E S I S

**QUE PARA OPTAR POR EL GRADO DE LA
SUB - ESPECIALIDAD EN CARDIOLOGÍA PEDIÁTRICA**

PRESENTA:

Dr. Carlos Adrián Aguilar Félix

Director de Tesis

Dra. Paola Leticia Castro Santiago

Médico Cardióloga Pediatra

Asesor temático:

Dra. Sandra Livier Pacheco López

Médico Cardióloga Pediatra y Ecocardiografista

Asesor Metodológico:

Dra. Rosa Ortega Cortés

Médico Pediatra y Doctora en Ciencias Médicas

Guadalajara, Jalisco, México

Agosto del 2018



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.

IDENTIFICACIÓN DE AUTORES

Tesista:

Dr. Carlos Adrián Aguilar Félix, Residente de Subespecialidad en Cardiología Pediátrica. UMAE Hospital de Pediatría, CMNO, del Instituto Mexicano del Seguro Social. Matrícula: 98209537. Tel: 9993223743. Correo electrónico: adrian.aguilar2410@gmail.com

Director de Tesis:

Dra. Paola Leticia Castro Santiago, Médico Cardióloga Pediatra Intervencionista adscrita al servicio de Cardiología Pediátrica, UMAE Hospital de Pediatría, CMNO, del Instituto Mexicano del Seguro Social. Matrícula: 991414459. Tel: 3312550418. Correo electrónico: paos_c@yahoo.com

Asesor temático:

Dra. Sandra Livier Pacheco López, Médico Cardióloga Pediatra Ecocardiografista adscrita al servicio de Cardiología Pediátrica, UMAE Hospital de Pediatría, CMNO, del Instituto Mexicano del Seguro Social. Matrícula: 991433795. Tel: 3319446461. Correo electrónico: dralivier13@gmail.com

Asesor Metodológico:

Dra. Rosa Ortega Cortés. Médico pediatra. Doctorado en Ciencias Médicas. Matrícula 9951873. Educación e Investigación en salud. UMAE Hospital de Pediatría, CMNO, del Instituto Mexicano del Seguro Social: Belisario Domínguez 735 colonia Independencia. Tel 3333991658. Correo electrónico: drarosyortegac@hotmail.com

ÍNDICE

	PÁGINA
I. RESUMEN ESTRUCTURADO	5
II. MARCO TEÓRICO Y ANTECEDENTES	10
Planteamiento del problema	27
Formulación de la pregunta	28
Justificación	28
Hipótesis	29
Objetivos	30
III. MATERIAL Y MÉTODOS	31
Diseño	31
Universo de estudio	31
Criterios de inclusión	31
Criterios de no inclusión	31
Tamaño de muestra	32
Operacionalización de las variables	32
Estrategia de trabajo	35
Recursos humanos	36
Recursos materiales	37
Financiamiento	37
Aspectos éticos	37
Análisis estadístico	39
IV. RESULTADOS	40
V. DISCUSIÓN	45
VI. CONCLUSIONES	49
VII. BIBLIOGRAFÍA	50
VIII. ANEXOS	55
Hoja de recolección de datos	55

ABREVIATURAS

CMNO.- Centro Médico Nacional de Occidente

CIBO.- Centro de Investigación Biomédica de Occidente

DTDVI.- Diámetro Telediastólico del Ventrículo Izquierdo

DTSVI.- Diámetro Telesistólico del Ventrículo Izquierdo

FACVD.- Fracción de Acortamiento del Ventrículo Derecho

FEVD.- Fracción de Eyección del Ventrículo Derecho

IRM.- Índice de Rendimiento Miocárdico

RMC.- Resonancia Magnética Cardíaca

SLG.- Strain Longitudinal Global

TAPSE.- Tricuspid Annulus Plane Systolic Excursion

TCI.- Tiempo de Contracción Isovolumétrica

TE.- Tiempo de Eyección

TRI.- Tiempo de Relajación Isovolumétrica

UMAE.- Unidad Médica de Alta Especialidad

VD.- Ventrículo Derecho

VI.- Ventrículo Izquierdo

VTDVD.- Volumen Telediastólico del Ventrículo Derecho

VTSVD.- Volumen Telesistólico del Ventrículo Derecho

RESUMEN ESTRUCTURADO

TÍTULO: *Correlación entre parámetros ecocardiográficos con parámetros de resonancia magnética para evaluación de la función ventricular derecha en pacientes pediátricos con cardiopatías.*

MARCO TEÓRICO Y ANTECEDENTES: El ventrículo derecho históricamente ha recibido menor atención que la contraparte izquierda del corazón. Sin embargo, existe evidencia sustancial para demostrar que el estatus de la geometría y función ventricular derecha repercuten de manera importante en la sobrevida cardiovascular de igual manera que lo hace el ventrículo izquierdo. Gracias a los avances en la cirugía cardiovascular y los cuidados intensivos en los últimos 60 años, así como la creación de nuevas tecnologías para la evaluación de la función cardíaca; la sobrevida de pacientes con cardiopatías congénitas y adquiridas se ha incrementado. Éstos pacientes con cardiopatías moderadas a complejas ameritan seguimiento estrecho con monitoreo de los cambios estructurales para determinar la respuesta a tratamiento o la necesidad de reintervenciones quirúrgicas. En muchas de estas cardiopatías, el VD es el más afectado. La resonancia magnética representa el *gold* estándar para evaluar la función ventricular derecha, sin embargo, el ecocardiograma ofrece la ventaja de ser un método rápido y al alcance, motivo por el cual es importante determinar los parámetros ecocardiográficos que mejor se correlacionan con la resonancia magnética para evaluación de la función ventricular.

JUSTIFICACIÓN: A nivel mundial se ha observado un aumento significativo en el número de reporte de casos de pacientes pediátricos con cardiopatías. En México las cardiopatías congénitas son la segunda causa de muerte en el primer año de vida y anualmente nacen cerca de 18 mil a 21 mil niños con algún tipo de malformación cardíaca. Muchas de estas cardiopatías congénitas o adquiridas repercuten en la función ventricular derecha. El ecocardiograma, resulta una técnica eficaz, de fácil acceso y bajo costo en nuestro hospital; y con resultados inmediatos que nos pueden ser de gran ayuda cuando no se tiene acceso libre a la resonancia magnética, es por ello la importancia de determinar los parámetros

ecocardiográficos que se correlacionan con mayor fuerza a los hallazgos de resonancia magnética para evaluar la función ventricular derecha en nuestra población.

PREGUNTA DE INVESTIGACIÓN:

¿Existe una correlación directa entre los parámetros ecocardiográficos con los parámetros de resonancia magnética para evaluación de la función ventricular derecha en pacientes pediátricos con cardiopatías?

HIPOTESIS DEL ESTUDIO: Los parámetros ecocardiográficos tienen una alta correlación con parámetros de resonancia magnética para evaluación de la función ventricular.

OBJETIVO GENERAL: Determinar la correlación entre los parámetros ecocardiográficos y los medidos por resonancia magnética para evaluación de la función ventricular derecha en pacientes pediátricos.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS:

- Determinar la correlación entre el TAPSE y la FEVD medida por RMC para valoración de la función ventricular derecha en pacientes pediátricos.
- Establecer la correlación entre la FAcVD y la FEVD medida por RMC para valoración de la función ventricular derecha en pacientes pediátricos.
- Comprobar la correlación entre la onda s' tisular y la FEVD medida por RMC para valoración de la función ventricular derecha en pacientes pediátricos.
- Comprobar la correlación entre la FEVD calculada por modelo elipsoidal del VD y la FEVD medida por RMC para valoración de la función ventricular derecha en pacientes pediátricos.
- Determinar la correlación entre el VTSVD calculado por modelo elipsoidal del VD y el VTSVD medido por RMC para valoración de la función ventricular derecha en pacientes pediátricos.
- Determinar la correlación entre el VTDVD calculado por modelo elipsoidal del VD y el VTDVD medido por RMC para valoración de la función ventricular derecha en pacientes pediátricos.
- Establecer la correlación entre SLG del VD y la FEVD medida por RMC para valoración de la función ventricular derecha en pacientes pediátricos.

MATERIAL Y METODOS

Diseño: Estudio transversal observacional.

Universo de estudio: Pacientes pediátricos de la consulta externa y hospitalización de cardiología pediátrica de la UMAE, Hospital de Pediatría, CMNO.

Población de estudio: Pacientes pediátricos atendidos en el Hospital de Pediatría del Centro Médico Nacional de Occidente quienes ameriten evaluación de la función ventricular por resonancia magnética y ecocardiograma entre enero de 2018 a agosto de 2018.

Criterios de inclusión:

- Pacientes pediátricos con cardiopatía congénita o adquirida a quienes se les realice estudio de resonancia magnética cardíaca como parte de su abordaje diagnóstico y/o de seguimiento y en quienes se realice ecocardiograma transtorácico con máximo un mes de diferencia.

Criterios de no inclusión:

- Pacientes pediátricos que no cuenten con vistas ecocardiográficas completas de 4 cámaras, 2 cámaras y Doppler tisular tricuspídeo que permitan la medición de las variables.
- Pacientes que no cuenten con reporte de resonancia magnética cardíaca.
- Pacientes con mala ventana transtorácica que imposibilite la realización de las mediciones necesarias.
- Pacientes con corazón de fisiología univentricular.

VARIABLES DE ESTUDIO

Variable dependiente: Función ventricular derecha.

Variable independiente: TAPSE, FAcVD, Onda S' del VD, Fracción de eyección (FEVD_{ME}), volumen telesistólico (VTSVD_{ME}) y volumen telediastólico (VTDVD_{ME}) del VD obtenidos mediante el modelo elipsoidal, SLG del VD. Fracción de eyección (FEVD), volumen telesistólico (VTSVD_{RMC}) y volumen telediastólico (VTDVD_{RMC}) del VD medido por RMC.

Variables Intervinientes: Género, Edad, tipo de cardiopatía.

DESARROLLO DEL ESTUDIO:

Estrategia de trabajo y descripción del estudio.

- Se realizará una recolección de datos de los pacientes en quienes se hayan realizado resonancia magnética de corazón y grandes vasos como parte del abordaje diagnóstico y/o de seguimiento de su cardiopatía durante enero de 2018 a agosto de 2018.
- Se acudirá a la base de imágenes ecocardiográficas del servicio de Cardiología Pediátrica y se revisarán los estudios de ecocardiograma transtorácico. Se incluirán en el protocolo a los pacientes que cuenten con ambos estudios con una diferencia menor a un mes de su realización, y que además cuenten con al menos las vistas ecocardiográficas de 4 cámaras y 2 cámaras, así como Doppler tisular tricuspídeo que permitan la medición de las variables. En todo momento se cuidará la confidencialidad del paciente.
- Se realizará el postproceso de las imágenes para la medición de las variables ecocardiográficas de acuerdo con lo descrito en el apartado “Variables” y se vaciarán los datos en la hoja de recolección de datos (ver anexo 1). La evaluación será realizada por expertos ecocardiografistas quienes desconocerán los resultados de la resonancia magnética.
- Se recolectarán datos del reporte de resonancia magnética cardíaca. Se considerará función sistólica normal cuando la FEVD medida por RMC $\geq 45\%$ y disfunción sistólica del VD con FEVD $<45\%$.
- Se registrarán los resultados de la hoja de captura de datos en una base de datos de Excel, para posteriormente importarla en el programa SPSS 22 para el análisis de la información.

ANÁLISIS ESTADÍSTICO: Los resultados se someterán a análisis descriptivo e inferencial. Variables cualitativas con frecuencias y proporciones. Variables cuantitativas con medias y desviación estándar o medianas y rango de acuerdo a la curva de distribución de datos. Se determinará la Correlación entre variables con correlación de Spearman de acuerdo a la curva de distribución de datos. Se considerará una p estadísticamente significativa ≤ 0.05 . Todos estos cálculos se realizarán con programa IBM SPSS versión 22 para Windows.

CONSIDERACIONES ÉTICAS: El protocolo se evaluará por el Comité de Investigación de la UMAE Hospital de Pediatría de Centro Médico Nacional de Occidente (CLIES 1302), conforme a los lineamientos de la Ley General de Salud. En correspondencia con el artículo 17, inciso 1, del Reglamento de la Ley General de Salud en Materia de Investigación, el presente estudio se clasifica como una investigación con riesgo mínimo.

El desarrollo del estudio se llevará a cabo en cumplimiento de los principios de la Declaración de Helsinki de 1975, enmendada en 2013; las leyes y reglamentos del Código de la Ley General de Salud de investigación en seres humanos en México, en sus artículos XVI y XVII; los lineamientos internacionales para las buenas prácticas de la investigación clínica y la normatividad vigente en el Instituto Mexicano del Seguro Social.

Por ser un estudio de carácter retrospectivo y en donde no se realizará ningún tipo de intervención directa sobre el paciente por parte de los investigadores, no se solicitará consentimiento informado, sin embargo, se cuidará la confidencialidad de los pacientes en todo momento de acuerdo a los códigos de Ética. Se declara que se respetarán cabalmente los principios contenidos en el Código de Núremberg, la enmienda de Tokio, el Informe Belmont y el Código de Reglamentos Federales de México (Regla Común).

RECURSOS Y FINANCIAMIENTO: Se cuenta con los recursos humanos del tesista, el investigador principal y los investigadores asociados. Así mismo, contamos con el material y equipo necesario en el departamento de Cardiología Pediátrica, de la UMAE, Hospital de Pediatría del Centro Médico de Occidente.

EXPERIENCIA DEL EQUIPO DE INVESTIGACIÓN: El servicio de cardiología pediátrica cuenta con amplia experiencia con ocho médicos cardiólogos pediatras certificados y calificados en la evaluación clínica, diagnóstico ecocardiográfico y manejo del paciente con disfunción ventricular. En el aspecto metodológico se cuenta con investigadores con publicaciones a nivel nacional lo que facilitará el análisis estadístico.

MARCO TEÓRICO Y ANTECEDENTES

INTRODUCCIÓN

El ventrículo derecho (VD) históricamente ha recibido menor atención que la contraparte izquierda del corazón. Sin embargo, existe evidencia sustancial para demostrar que el estatus de la geometría y función ventricular derecha repercuten de manera importante en la sobrevida cardiovascular de igual manera que lo hace el ventrículo izquierdo (VI).¹

El VD funciona como una bomba de baja presión y alto volumen en opuesto a la función ventricular izquierda y por la misma razón, en los primeros estudios anatómicos realizados a principios de los años 40, desestimaban su trascendencia.¹

Gracias a los avances en la cirugía cardiovascular y los cuidados intensivos en los últimos 60 años, así como la creación de nuevas tecnologías para la evaluación de la función cardiaca; la sobrevida de pacientes con cardiopatías congénitas y adquiridas se ha incrementado. Éstos pacientes con cardiopatías moderadas a complejas ameritan seguimiento estrecho con monitoreo de los cambios estructurales para determinar la respuesta a tratamiento o la necesidad de reintervenciones quirúrgicas. En muchas de estas cardiopatías, el VD es el más afectado.²

Ambos ventrículos son categóricamente diferentes en cuanto a morfología, ciclo de presiones y resistencias, esto se debe en gran parte a las diferencias en su desarrollo embriológico y su anatomía final. La anatomía del VD es diferente a la del izquierdo, a pesar de que fisiológicamente funcionan como uno sólo, interactuando con cada latido y afectando recíprocamente la función del uno al otro en un mecanismo ampliamente estudiado y conocido como interdependencia ventricular.³

ANATOMÍA DEL VENTRÍCULO DERECHO

Históricamente, el VD es conocido por tener forma de pirámide triangular y el VI se describe con forma elipsoidea y concéntrica. En los últimos años, se han adoptado nuevos conceptos de la anatomía y fisiología cardíaca basadas en las observaciones realizadas por Francisco Torrent-Guasp y su descubrimiento de la banda miocárdica helicoidal. Según describe, las fibras musculares cardíacas se encuentran agrupadas en una banda continua que se enrolla en doble hélice sobre sí misma. Las interacciones del ventrículo derecho e izquierdo ocurren debido a correlación directa por su estructura común en espiral. Cambios en el tamaño y función de un ventrículo pueden influenciar el comportamiento del otro, lo que se ha demostrado en neonatos.^{1,4,5}

FISIOLOGÍA DEL VENTRÍCULO DERECHO

El VD bombea la misma cantidad de volumen que el VI; sin embargo, efectúa únicamente el 25% del trabajo ventricular total, debido a la baja resistencia de la vasculatura pulmonar en comparación a la sistémica.^{1, 3}

El VD se encuentra expuesto constantemente a cambios en el retorno venoso sistémico influenciado por las variaciones de la presión intratorácica debido a la respiración, la posición supina u ortostática y por desórdenes patológicos cualesquiera que afecten las condiciones de llenado del mismo. Por otra parte, la carga excesiva de volumen puede ser perjudicial para el VD, debido a que ocasiona una disminución aguda y gradual del flujo coronario dentro de la pared libre del VD.
1, 3, 6

Cuando el VD tiene una sobrecarga de presión el aplanamiento septal se observa en sístole y diástole. En esta situación, el septum no puede participar en la eyección del VD, lo que lo hace entrar a una espiral de deterioro con el desarrollo final de falla del VD. ^{1, 3, 6, 7}

Cuadro I. Diferencias anatómicas entre ambos ventrículos. Adaptado de: Sánchez-Zúñiga M, Carrillo-Esper R. Falla ventricular derecha. Rev Mex Anest 2017;40(1):185-90.

Ventrículo	Estructura	Forma	Volumen telediastólico	Presión sistólica	Fracción de eyección	Perfusión coronaria
Derecho	Infundíbulo	Semicircular	49 a 101 mL/m ²	25 mmHg	40-68%	En sístole y diástole
Izquierdo	Continuidad mitro aórtica	Circular	44 a 89 mL/m ²	120 mmHg	57-74%	Predominantemente en diástole

DESARROLLO DE DISFUNCIÓN VENTRICULAR DERECHA

La falla del VD es un síndrome clínico complejo, puede resultar de cualquier alteración estructural o funcional que altere la capacidad del VD de llenarse o eyectar sangre. ¹

El ventrículo derecho puede estar afectado primariamente por la cardiopatía de origen (miocardiopatía idiopática o isquémica) y/o verse afectado por el aumento de la postcarga originada por la hipertensión pulmonar y su progresión. ^{7, 8}

La respuesta de adaptación inicial ante estas patologías es el desarrollo de hipertrofia miocárdica, seguida por disfunción contráctil progresiva y dilatación consecuente, para intentar conservar el volumen sistólico. ^{7, 8}

A medida que el ventrículo derecho se dilata en respuesta a una sobrecarga de presión, la restricción del pericardio y de los fascículos de fibras musculares compartidas entre ambos ventrículos limitan una mayor dilatación, de tal modo que a un mayor incremento en la presión del ventrículo no le corresponde un mayor estiramiento de su pared libre, mecanismo que se ve reflejado en el aumento de la pendiente de la curva de presión volumen del ventrículo derecho. Con un mayor aumento de la presión diastólica del ventrículo derecho hay un desplazamiento del septo interventricular, mismo que disminuye la complianza y eyección del ventrículo izquierdo. En la medida en que progresa la alteración contráctil se hace evidente la falla cardíaca derecha, caracterizada por aumento de las presiones de llenado,

disfunción diastólica y disminución del gasto. Tras la caída del gasto cardíaco, la hipotensión reduce la presión de perfusión del ventrículo derecho y facilita la isquemia de su pared libre, deteriorando más el gasto cardíaco, aumentando la hipoxia por la vasoconstricción pulmonar, entrando en un círculo que termina en el deterioro hemodinámico. El aumento del tamaño y la sobrecarga de presión del VD finalmente produce disfunción diastólica del VI. ^{7, 8}

CARDIOPATÍAS CON AFECCIÓN DEL LADO DERECHO

Las cardiopatías congénitas asociadas a defectos del lado derecho del corazón incluyen Tetralogía de Fallot, doble vía de salida del ventrículo derecho, transposición de grandes vasos y transposición congénitamente corregida, lesiones valvulares pulmonar y tricuspídea (incluyendo anomalía de Ebstein) representan cerca del 25-35% aproximadamente de las cardiopatías congénitas en a nivel mundial. En México, en la ciudad de Guadalajara se reporta una incidencia del 20% en 1 año en un estudio realizado en el 2017. ^{7, 8}

La anatomía ventricular derecha es muy variable en los defectos cardiacos congénitos y se necesitan mayores estudios para entender su complejidad en relación al nuevo modelo elipsoidal de la banda miocárdica.⁵

Las principales causas de morbilidad y mortalidad operatoria en pacientes postquirúrgicos de cardiopatías son las alteraciones de la circulación VD-arteria pulmonar, disfunción ventricular derecha y obstrucciones al tracto de salida derecho. De ahí la importancia de la valoración de la función ventricular. ⁸

Los pacientes postoperados de corrección de tetralogía de Fallot ocupan un apartado especial, ya que en estos casos el seguimiento de la función ventricular derecha debe ser más minucioso. Un número creciente pacientes corregidos de tetralogía de Fallot son reoperados por lesiones residuales a lo largo de 20-30 años de seguimiento. Los factores implicados en la misma son el fallo ventricular derecho,

expresado en disminución de la fracción de eyección y aumento en los volúmenes telesistólico y telediastólico medidos en RMC con límites de corte de VTDVD 150 ml/m², VTSVD 80 ml/m² y FEVD <47%, ya que, con volúmenes mayores, la disfunción y dilatación ventricular difícilmente reviertan posterior a la cirugía. De ahí, que el seguimiento se realice con estudios de resonancia magnética periódicos.^{8,9}

De acuerdo a la Asociación Americana de Cardiología, la RM representa el estándar de referencia para evaluar el volumen y función sistólica del ventrículo derecho en el seguimiento de cardiopatías congénitas.⁹

MÉTODOS DIAGNÓSTICOS PARA VALORAR LA FUNCIÓN VENTRICULAR DERECHA

La geometría del ventrículo derecho presenta influencia en sus propiedades fisiopatológicas. La ecocardiografía, la angiotomografía y la resonancia magnética cardiaca son las modalidades de elección para evaluar la función ventricular derecha.^{1,2}

La ecocardiografía transtorácica tiene la ventaja de ser un estudio con alta disponibilidad y versatilidad, se encuentra a mayor alcance y con bajo costo. Ideal para realizar seguimientos consecutivos necesarios en los pacientes con cardiopatías. Y permite obtener visiones satisfactorias de la forma, el tamaño y el grosor de la pared ventricular, permite observar además las desviaciones del septo interventricular, la motilidad segmentaria, la regurgitación tricuspídea, los diámetros ventriculares y el tamaño auricular derecho. Asimismo, el ecocardiograma ha generado en los últimos años parámetros cuantitativos para valorar la forma y función del VD e inclusive llegando a correlacionarse positivamente con los hallazgos reportados en la resonancia magnética. Entre sus desventajas, es bien sabido, que la ventana acústica se dificulta a mayor edad, por lo que en pacientes adolescentes con cardiopatías congénitas se obstaculiza la precisión en las medidas de los volúmenes reales ventriculares y por lo tanto existirán sesgos en el

estudio, además de las diferencias interobservador; igualmente se ha demostrado que el ecocardiograma puede infraestimar los parámetros que se obtienen por resonancia magnética. ^{1,2}

Con el rápido desarrollo de la tecnología de resonancia magnética, ésta se ha utilizado como un estándar de oro para diagnosticar el estado de la función ventricular derecha en pacientes con cardiopatías congénitas y adquiridas. ^{2,8}

Esto es debido al alto nivel de resolución espacial y temporal, así como caracterización tisular con definición precisa de la anatomía compleja y excelente reproducibilidad. No obstante, la resonancia magnética es costosa, requiere tiempo para su obtención y además de personal experto para la interpretación de la misma. Y tomando además en cuenta que existen contraindicaciones, como la presencia de marcapasos o desfibriladores. ²

PARÁMETROS ECOCARDIOGRÁFICOS PARA VALORAR LA FUNCIÓN VENTRICULAR DERECHA

El ecocardiograma transtorácico es el método diagnóstico de elección inicial para el estudio de las cardiopatías congénitas. A diferencia del VI, el VD tiene una forma compleja, sin eje de simetría, por lo que es difícil aplicar medidas de evaluación sistólica tradicionales con la presunción de modelos geométricos, tal y como se estima la fracción de eyección en el VI. ¹¹⁻¹⁵

Por lo tanto, se ha desarrollado una gama de variables ecocardiográficas para evaluar la función del VD, especialmente mediciones simples de la excursión del eje largo, que proporcionan resultados rápidos e inequívocos. La técnica es igualmente sencilla para el VD, y es especialmente válida porque la mayoría de las fibras del miocardio del VD están dispuestas longitudinalmente. Estas variables se han comparado con otros métodos de cálculo de la FEVD, especialmente la

resonancia magnética cardíaca, que se considera el estándar de oro para la evaluación funcional del VD. ¹¹⁻¹⁵

Con ayuda de las diferentes modalidades ecocardiográficas se han descrito varios métodos: acortamiento fraccional del área, excursión sistólica del anillo lateral basal tricuspídeo (TAPSE), velocidad del anillo lateral tricuspídeo por doppler tisular (onda S'), e índice de función miocárdica (índice Tei) y en últimos años el strain aplicado al VD y la FEVD por ecuación de áreas integradas. ¹¹⁻¹⁵

Excursión sistólica del anillo lateral basal tricuspídeo (TAPSE)

El TAPSE (*tricuspid annulus plane systolic excursion* o excursión sistólica del anillo lateral basal tricuspídeo) es un método unidimensional para el cálculo de la función sistólica longitudinal del VD y su valor se asume con el grado de desplazamiento o excursión desde la porción lateral del anillo tricuspídeo en telediástole y hacia la telesístole, usando la vista apical en 4 cámaras acoplada en modo M. ¹¹⁻¹⁸

El TAPSE es una medida confiable, sensible y altamente reproducible para el diagnóstico inicial y seguimiento de la función ventricular derecha. Los resultados obtenidos se percentilan en relación a la edad y de acuerdo a los nonogramas realizados por Koestenberger y cols en el 2009, publicados en la Journal of American Society of Echocardiography. ¹⁷⁻¹⁹

En pacientes con cardiopatías congénitas e hipertensión pulmonar asociada o sobrecarga ventricular por tetralogía de Fallot se demuestra que el TAPSE presenta correlación negativa con el volumen telediastólico del VD (-0.67 and 0.42, respectivamente; $P < 0.001$) pero correlación positiva con la FEVD por RMC (0.81 and 0.65, respectivamente; $P < 0.001$), demostrando que el TAPSE es una medida de utilidad en cardiopatías con sobrecarga de presión y volumen de acuerdo con el estudio realizado por Dragulescu y cols en 2011. ²⁰

No así en pacientes postquirúrgicos, donde se ha demostrado una marcada depresión de éste con FEVD preservada medida por RMC, sugiriendo afección postquirúrgica debido a cambios en la geometría y contracción del VD de acuerdo a los hallazgos de Lee y cols en un estudio del año 2018.²¹

Fracción de acortamiento por área del VD (FAcVD)

La fracción de acortamiento por área del VD (FAcVD) es un parámetro ecocardiográfico bidimensional. Hace referencia al porcentaje de acortamiento del ventrículo en su fase telesistólica y telediastólica. Se calcula con la fórmula:¹²⁻¹⁷

$$\text{FAcVD (\%)} = (\text{ATDVD} - \text{ATSVD} / \text{ATDVD}) \times 100$$

Donde: ATDVD es el área telediastólica del VD

ATSVD es el área telesistólica del VD

Una FAcVD menor al 35% indica disfunción sistólica del VD. La FAcVD ha demostrado correlacionarse adecuadamente con la FEVD estimada por RMC (R=0.8) en la población general, no así en los pacientes con cardiopatías congénitas. Y dada la geometría compleja del ventrículo derecho las estimaciones realizados por ecocardiografía tridimensional han demostrado mayor correlación con la FEVD en una cohorte de 30 pacientes con tetralogía de Fallot (r=0.93; P<0.001).^{2, 17, 20, 22, 23}

Un metanálisis reciente realizado por Lee y cols en el 2018 donde se involucraron 1280 pacientes de 17 diferentes estudios, revela que la FAcVD es una medida más precisa y de mejor correlación con la resonancia magnética comparada con el TAPSE. Esto es porque el TAPSE es una medida unidimensional a diferencia de la FAcVD que es bidimensional. Además, en situaciones donde existen diferencias regionales en la función contráctil del VD, el TAPSE no siempre

proporciona información precisa debido al hecho de que no tiene en cuenta la contribución transversal de la pared libre de VD y el septum interventricular.²¹

Velocidad sistólica del anillo lateral tricuspídeo por doppler tisular (onda S')

El estudio de VD con Doppler tisular es una herramienta de alta utilidad, ya que es menos dependiente del operador y permite estimar el flujo intramiocárdico sistólico. Su medición se realiza en el borde libre del anillo tricuspídeo en la vista apical 4 cámaras, el tamaño de la muestra se fija en 3mm. Los valores obtenidos se percentilan de acuerdo con la edad en relación con las mediciones realizadas por Eidem y cols en el año 2004 publicadas en la Journal American Society of Echocardiography.^{10-15, 24}

En un estudio realizado en el 2017 por Cabrera en población adulta se demostró que la medición de la onda s' es un buen factor clínico para evaluar la función ventricular derecha, ya que se demostró además ser buen predictor de la duración de la estancia en terapia intensiva y duración de la hospitalización.²⁴

Índice de rendimiento miocárdico (IRM)

El IRM también conocido como índice de Tei, en referencia a su autor, fue descrito inicialmente en 1995 y se define como la suma del tiempo de contracción isovolumétrica (TCI) y el tiempo de relajación isovolumétrica (TRI), divididas por el tiempo de eyección (TE):^{11-15, 26}

$$\text{IRM} = (\text{TCI} + \text{TRI})/\text{TE}$$

Los componentes de este índice pueden ser obtenidos a través de dos métodos. El primero, se hace con la medición de señales Doppler de onda pulsada en la válvula auriculoventricular y en el tracto de salida ventricular ya sea del ventrículo izquierdo o derecho. Para obtener el resultado de la suma de TCI + TRI,

se mide el intervalo Doppler entre el cese y el inicio de la señal de entrada de la válvula AV y a este se resta el tiempo de eyección tomado con Doppler pulsado en el tracto de salida ventricular. ^{11-15, 26}

En adultos los valores normales del IRM del VI y del VD son $0,39 + 0,05$ y $0,28 + 0,04$ respectivamente. En niños los valores normales para el VI y el VD son $0,35 + 0,03$ y $0,032 + 0,03$ respectivamente. Los valores crecientes del IRM se correlacionan con grados crecientes de disfunción ventricular global. Sin embargo, estos valores son dependientes de la frecuencia cardíaca. ^{11-15, 26}

El segundo método, se realiza midiendo el tiempo de contracción isovolumétrica (TCI), el tiempo de relajación isovolumétrica (TRI) y el tiempo eyectivo (TE) en el espectro del Doppler tisular pulsado del anillo tricuspídeo lateral, así se evitan los errores relacionados a la variabilidad de la frecuencia cardíaca, por lo que es el método preferido. ¹¹⁻¹⁵

El IRM ha demostrado ser un predictor sensible de los resultados en pacientes adultos y pediátricos con enfermedad cardíaca adquirida y congénita. ¹¹⁻¹⁵

En un estudio realizado en el 2011 por Pavlicek y cols en más de 200 pacientes mayores de 18 años con disfunción ventricular derecha reportaron que un IRM >0.50 se correlaciona con una FEVD $\leq 30\%$ medida por RMC con una sensibilidad del 95% y una especificidad del 85%. ²²

Sin embargo, también se ha demostrado que cuando existe sobrecarga de presión, dilatación del atrio derecho o fibrilación atrial, el TRI se puede acortar, disminuyendo la confiabilidad de este parámetro. ^{11-15, 22}

Strain del VD

El strain es una nueva modalidad ecocardiográfica que se define como el porcentaje de cambio en la deformación miocárdica, asimismo, el strain rate representa el radio de deformación del miocardio en el tiempo. El strain rate se ha correlacionado cercanamente con la contractilidad miocárdica en estudios experimentales in vitro e in vivo. Mide la deformación miocárdica representando el acortamiento (valor negativo) y la elongación (valor positivo). Por lo tanto, el strain longitudinal global (SLG) del VD representa una medida no invasiva para evaluar la contractilidad derecha. Una medida del strain longitudinal del VD en su pared libre menor de -20 % (un número menor que 20 en referencia a números absolutos, por ejemplo -19%) se considera anormal. ^{23, 27}

Una disminución del pico sistólico del SLG puede ocurrir antes de detectarse cambios en la fracción de eyección ventricular, sugiriendo que su medición y decremento pudieron servir como marcadores tempranos de disfunción. El strain medido en la pared libre del ventrículo derecho con apoyo del speckle-tracking o método de seguimiento de puntos ha demostrado buena correlación con la FEVD medida en RMC. ^{2, 28}

Kannan y colaboradores, en un estudio realizado en el 2014 en pacientes adultos reportó que una medida de SLG mayor del -25% permite predecir una FEVD mayor al 50% medida por RMC con una sensibilidad del 81%. ²⁷

En 2016 Toro y colaboradores evaluaron la efectividad del SLG del VD por método de seguimiento de puntos, en pacientes pediátricos postoperados de corrección total de Tetralogía de Fallot, encontrando que un valor de corte de SLG de -17% presenta una sensibilidad de 78% y una especificidad de 77% en identificar una FEVD menor al 45%. ²

Los valores de strain del VD obtenidos se comparan de acuerdo a edad y en base al sistema con el cual se realizó el postproceso. Existiendo un metanálisis realizado por Levy y cols en el 2014 con sistema General Electric y el último publicado en el 2018 en la Journal of American Society of Echocardiography en relación al estudio de cohorte realizado por Cantinotti y cols con sistema Phillips. Ambos estudios para población pediátrica. Los valores normales de SLG del VD para niños de 0-13 años son de 24-34% con una media de 29% y para adolescentes de 14 años en adelante son de 20-30% con una media de 26%.²⁹

Fracción de eyección del VD por ecuación de áreas integradas

La Journal of American Society of Echocardiography en su última revisión en relación a función ventricular derecha señala que la estimación de la fracción de eyección del VD (FEVD) por métodos bidimensionales no está recomendada, debido a la heterogeneidad de los mismos métodos y las numerosas extrapolaciones geométricas.¹⁶

No obstante, existen métodos ecocardiográficos, correlacionados con hemodinamia, para evaluar la FEVD. La determinación de la FEVD por ecuación de áreas integradas fue descrita por Silverman en sus inicios. Se calcula el área telediastólica y telesistólica de VD en el eje corto de grandes vasos (EC) y vista apical de 4C. Su cálculo se realiza mediante la fórmula: $\text{FEVD} = \frac{\text{área diastólica 4C} \times \text{área diastólica EC} - \text{área sistólica 4C} \times \text{área sistólica EC}}{\text{área diastólica 4C} \times \text{área diastólica EC}} \times 100$. Se considera normal una FEVD mayor o igual 55%.^{17,30}

Otro método usado es la extrapolación del modelo geométrico biplanar de Simpson aplicado en el ventrículo derecho. Utilizando la vista apical cuatro cámaras y dos cámaras del VI, este modelo calcula el volumen telediastólico del VI (VTDVI) y telesistólico del VI (VTSVI). La FEVI se puede calcular como:¹¹⁻¹⁵

$$\text{FEVI (\%)} = ((\text{VTDVI} - \text{VTSVI}) / \text{VTDVI}) \times 100$$

Las mediciones previas se realizan en el ventrículo derecho, sin embargo, ha tenido pobre efectividad debido a la diferencia en la geometría ventricular entre ambos ventrículos. En el 2005 Kovalova y cols introdujeron una ecuación para intentar predecir el volumen ventricular derecho con poco éxito. A la cual siguió Drake y cols en el 2007.³⁰

En el 2015, la Sociedad Americana y Europea de Ecocardiografía en sus recomendaciones no hacen mención a la medición de la FEVD por ecocardiografía bidimensional, sin embargo, en sus recomendaciones previas definían el valor mínimo de referencia de 44% con un IC95% (38-50%) en relación a la fórmula descrita por Silverman.¹⁷

No obstante, en el 2016 Jorstig y colaboradores en Suecia, realizan un estudio en población adulta, con una media de edad de 36 años, donde efectúan una modificación a la ecuación inicialmente propuesta por Kovalova resultando en lo que denomina el modelo elipsoidal:³⁰

$$RVV = \frac{\pi}{6} \times RVIT_3 \times RVLAX \times LVD$$

Medida	Descripción
RVIT3	Right ventricular inflow tract (tracto de entrada del VD): La dimensión más grande del tercio más basal del VD medido en la vista apical 4 cámaras (en telesístole y en telediástole).
RVLAX	Right ventricular long axis (eje largo del VD): La máxima longitud del VD medida en la vista apical 4 cámaras (en telesístole y en telediástole).
LVD	Left ventricular diameter (diámetro del VI): El máximo diámetro basal del VI medido en la vista apical 2 cámaras (en telesístole y en telediástole).

Adaptado de: Tomado de: Jorstig S, Waldenborg M, Liden M, Wodecki M, Thunberg P. Right ventricular ejection fraction measurements using two-dimensional transthoracic echocardiography by applying an ellipsoid model. Cardiovascular Ultrasound 2017;15(1):4-15.

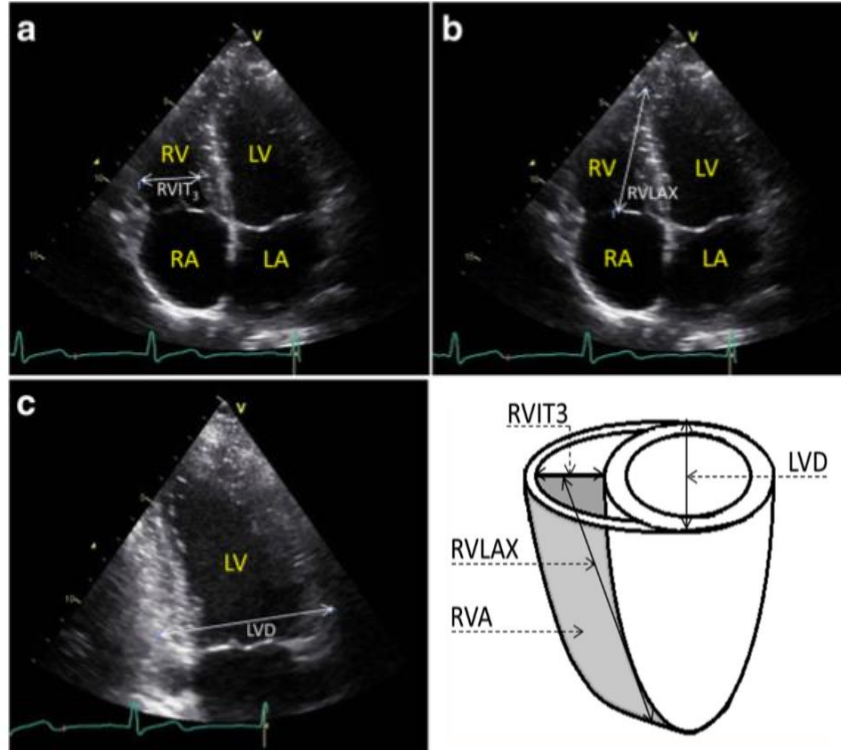


Imagen 1: A, B y C son imágenes ecocardiográficas donde se observan las mediciones a realizar para el cálculo del modelo elipsoidal propuesto por Jorstig, D representa una esquematización del mismo modelo. Tomado de: Jorstig S, Waldenborg M, Liden M, Wodecki M, Thunberg P. Right ventricular ejection fraction measurements using two-dimensional transthoracic echocardiography by applying an ellipsoid model. *Cardiovascular Ultrasound* 2017;15(1):4-15.

En dicho estudio del 2016 concluyeron que el modelo elipsoidal del VD provee un estimado adecuado del volumen sistólico del VD comparado con RMC, no así de la FEVD; esto es debido a que las medidas tomadas en la ecocardiografía bidimensional son subestimadas en referencia a las medidas en RMC, obteniendo consecuentemente volúmenes bajos. Sin embargo, recalcan la necesidad de la realización de más estudios al respecto.³⁰

En el 2017 realizan un nuevo estudio de cohorte en 37 pacientes adultos, reportando los valores medios calculados de FEVD por RMC de $43 \pm 12\%$ (rango 20–66%) y FEVD por modelo elipsoidal de $50 \pm 9\%$ (rango 34–65%). Existiendo una alta correlación entre ambos valores ($r=0.80$, $p<0.001$), no así con la medición del TAPSE, el cual tuvo una correlación moderada ($r=0.54$, $p<0.001$). Demostrando así

que la medición de la FEVD calculada mediante el modelo elipsoidal presenta mayor correlación con la FEVD por RMC a diferencia del TAPSE ($p < 0.05$). Sin embargo, no existen estudios en población pediátrica al respecto.³¹

Ecocardiografía tridimensional

La ecocardiografía en tercera dimensión permite obtener una mejor definición anatómica del VD comparada con la bidimensional, incluyendo la base, el ápex y el tracto de salida. Técnicamente, se requiere un transductor con frecuencias entre 3-4 MHz con un *frame* volumétrico de entre 16-24 cuadros por segundo. Se requiere también precisión en el ajuste de los bordes endocárdicos y personal experimentado y capacitado en el manejo del software para los cálculos en el postproceso. Se arrojan datos sobre la función regional y global del ventrículo derecho y el volumen telediastólico, telesistólico y fracción de eyección son calculados automáticamente.

2

En el 2015, la Sociedad Americana y Europea de Ecocardiografía modificaron sus puntos de corte, refiriendo que una FEVD medida por ecocardiografía 3D menor a 45% refleja disfunción sistólica del VD, sin embargo, no refieren valores respecto a edad y sexo.¹⁷

Parámetros de resonancia magnética para valorar la función ventricular derecha

La resonancia magnética cardíaca es, hoy en día, considerado como el método de referencia para evaluar la función ventricular derecha. Se ha aplicado para la medición del VI y volúmenes del VD, función sistólica y masa durante varios años. Varios estudios han demostrado una buena correlación con los estándares in vivo y los medidos por RMC, además que las técnicas desarrolladas para su medición han demostrado buena precisión y reproducibilidad.²²

Por analogía con el ventrículo izquierdo, la fracción de eyección del VD (FEVD) es considerado el marcador más importante para valorar la función ventricular derecha. Sin embargo, intentar extender ésto al VD ha sido problemático. La forma del VD no permite el uso de fórmulas geométricas para calcular la FEVD.

11

Como se mencionó anteriormente, la rápida evolución en las técnicas de RMC como el uso de técnicas en 4D, lo ha convertido en el estándar de oro y el método de mayor facilidad para el estudio de la geometría compleja del VD. Los índices basados en el volumen del VD obtenidos de la RMC cardiaca, como la FEVD, los volúmenes telediastólico y telesistólico (VTD y VTS, respectivamente), la masa del VD y la tasa máxima de eyección y llenado se han utilizado para evaluar el estado del VD y la vasculatura pulmonar. La medición de los volúmenes ventriculares es precisa y altamente reproducible, sobre todo en los cortes axiales del ventrículo derecho de acuerdo a diversos estudios, incluyendo el de Fratz y cols en 2009.^{11, 22, 32}

Los valores estimados de FEVD se clasifican de acuerdo a los parámetros de Pavlicek y cols; quienes realizaron un estudio en 2011 donde estratificaron 223 sujetos en referencia a la FEVD como: FEVD normal ($\geq 50\%$), FEVD moderadamente reducida (entre 30-49%) y FEVD severamente reducida ($\leq 30\%$). Realizaron resonancia magnética cardíaca y ecocardiografía en todos los casos para evaluar la función sistólica del ventrículo derecho y compararon los resultados entre la resonancia magnética cardíaca y la ecocardiografía.²²

Además, se sugiere que se indexen de acuerdo a la superficie corporal los valores de VTDVD y VTSVD ya que se demuestra ser un parámetro útil para decidir el momento de la reparación del reemplazo de la válvula pulmonar en pacientes postquirúrgicos de tetralogía de Fallot. Therrien y colaboradores en 2005 sugirieron un valor de corte de 170 ml/m² de VTDVD para la reintervención. Su estudio encontró que la renormalización del VD no fue posible una vez que el VTDVD

excedió el valor límite de 170 ml/m². Los parámetros basados en la presión del VD también se usan para determinar el momento adecuado para la intervención para la obstrucción residual. Geva determina parámetros similares medidos por RM donde establece puntos de corte de VTDVD 150 ml/m² y VTSVD 85 ml/m² con FEVD 45%.

8-9

En aquellos pacientes con falla cardíaca, una FEVD menor del 40% ha demostrado incremento en la tasa de rehospitalizaciones y muerte. Y un valor de FEVD menor a 20% por sí solo, es un predictor de mortalidad.¹

En México, no existen estudios publicados donde se compare la correlación entre parámetros ecocardiográficos y de RMC para evaluación de la función ventricular. Sin embargo, es bien sabido que la RMC y el ecocardiograma son similares para el diagnóstico morfológico de las cardiopatías congénitas graves, pero la RMC puede superar al ecocardiograma en la visualización de estructuras extracardíacas. No obstante, una desventaja técnica de la RMC es el tiempo prolongado para su adquisición: los tiempos de escaneo pueden variar de 45 minutos a 2 horas en casos de cardiopatías complejas. Finalmente, el gadolinio puede acarrear algunos riesgos tales como la fibrosis sistémica nefrogénica, por lo que deberá usarse con cautela en pacientes con enfermedad renal.^{1, 33.}

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Enunciado del problema:

La UMAE de Pediatría del Centro Médico Nacional de Occidente es un hospital de referencia y concentración del Instituto Mexicano del Seguro Social con un área de referencia para cardiología pediátrica desde los estados del noroeste y occidente del país. Las cardiopatías congénitas ocupan un lugar elevado de morbilidad y la segunda causa de mortalidad en pacientes pediátricos. Las cardiopatías adquiridas en la edad pediátrica presentan una alta prevalencia, éstas pueden ser de etiología infecciosa, inmunológica, genética o idiopática. Los avances en el campo de la cardiología pediátrica y cirugía cardiovascular, han permitido en los últimos años incrementar la esperanza de vida de los pacientes con cardiopatías. Un porcentaje de los afectos con cardiopatías congénitas o adquiridas, presenta una evolución desfavorable a disfunción ventricular e insuficiencia cardiaca, que es un principal problema de salud pública. La evaluación de la función cardiaca es esencial tanto en cardiopatías congénitas como adquiridas y en específico, la función ventricular derecha es un importante predictor de supervivencia cardiovascular.

El estudio de la función ventricular derecha ha sido objeto de estudio desde hace cerca de dos décadas. La resonancia magnética resulta el estándar de oro para valorar la función cardiaca.

Varios estudios han intentado correlacionar los parámetros ecocardiográficos con los encontrados en la resonancia magnética como predictor de disfunción cardiaca, con éxito.

El ecocardiograma, resulta una técnica eficaz, de fácil acceso y bajo costo en nuestro hospital; y con resultados inmediatos que nos pueden ser de gran ayuda cuando no se tiene acceso libre a la resonancia magnética, es por ello la importancia de determinar los parámetros ecocardiográficos que se correlacionan con mayor fuerza a los hallazgos de resonancia magnética para evaluar la función ventricular derecha en nuestra población.

Ante esto, consideramos el planteamiento de la siguiente pregunta de investigación:

FORMULACIÓN DE LA PREGUNTA

¿Existe una correlación directa entre los parámetros ecocardiográficos con los parámetros de resonancia magnética para evaluación de la función ventricular derecha en pacientes pediátricos con cardiopatías?

JUSTIFICACIÓN

Magnitud

A nivel mundial se ha observado un aumento significativo en el número de reporte de casos de pacientes pediátricos con cardiopatías, su frecuencia en los países desarrollados se estima entre el 5.2 y el 12.5% de los recién nacidos vivos y alrededor del 1% en la población en general. En México las cardiopatías congénitas son la segunda causa de muerte en el primer año de vida; en el 2008 hubo 2,848 fallecimientos y su frecuencia es de nueve niños por 1,000 nacidos vivos. Es decir, que anualmente nacen cerca de 18 mil a 21 mil niños con algún tipo de malformación cardíaca.

Trascendencia y propósito del estudio

La tasa de sobrevivencia de las cardiopatías se ha incrementado en respuesta a los avances en el campo de la cirugía cardíaca y los cuidados intensivos, no obstante, estos pacientes ameritan un seguimiento minucioso de la función ventricular.

Muchas de estas cardiopatías congénitas o adquiridas repercuten en la función ventricular derecha. La resonancia magnética representa el *gold* estándar para evaluar la función ventricular derecha, sin embargo, el ecocardiograma ofrece la ventaja de ser un método rápido y al alcance, motivo por el cual es importante determinar los parámetros ecocardiográficos que mejor se correlacionan con la resonancia magnética para evaluar la función ventricular.

Factibilidad

La Unidad Médica de Alta Especialidad (UMAE) Hospital de Pediatría, del Centro Médico Nacional de Occidente (CMNO), cuenta con el servicio de Cardiología Pediátrica donde se efectúan ecocardiogramas rutinarios en todas las valoraciones para seguimiento del paciente cardiópata. Además, se cuenta con el servicio de Radiología e Imagen Cardíaca donde se evalúa la función ventricular por resonancia magnética.

Vulnerabilidad

- Para disminuir el sesgo en los resultados, se usará un solo equipo ecocardiógrafo (descrito en el apartado de “Recursos materiales”. Al ser el único en su tipo se limitará su disponibilidad.

Delimitación de la investigación

Nuestro estudio incluirá pacientes con diagnóstico de cardiopatías congénitas o adquiridas menores de 16 años, en quienes se realice resonancia magnética de corazón y grandes vasos como parte de su abordaje diagnóstico y/o de seguimiento, así como ecocardiograma transtorácico en la U.M.A.E. Hospital de Pediatría del Centro Médico Nacional de Occidente, Guadalajara, Jalisco.

HIPÓTESIS

Alterna: Los parámetros ecocardiográficos tienen una alta correlación con parámetros de resonancia magnética para evaluación de la función ventricular.

Nula: Los parámetros ecocardiográficos no tienen correlación con parámetros de resonancia magnética para evaluación de la función ventricular.

.

OBJETIVOS

Objetivo general

- Determinar la correlación entre los parámetros ecocardiográficos y los medidos por resonancia magnética para valoración de la función ventricular derecha en pacientes pediátricos.

Objetivos específicos

- Determinar la correlación entre el TAPSE y la FEVD medida por RMC para valoración de la función ventricular derecha en pacientes pediátricos.
- Establecer la correlación entre la FAcVD y la FEVD medida por RMC para valoración de la función ventricular derecha en pacientes pediátricos.
- Comprobar la correlación entre la onda s' tisular y la FEVD medida por RMC para valoración de la función ventricular derecha en pacientes pediátricos.
- Comprobar la correlación entre la FEVD calculada por modelo elipsoidal del VD y la FEVD medida por RMC para valoración de la función ventricular derecha en pacientes pediátricos.
- Determinar la correlación entre el VTSVD calculado por modelo elipsoidal del VD y el VTSVD medido por RMC para valoración de la función ventricular derecha en pacientes pediátricos.
- Determinar la correlación entre el VTDVD calculado por modelo elipsoidal del VD y el VTDVD medido por RMC para valoración de la función ventricular derecha en pacientes pediátricos.
- Establecer la correlación entre SLG del VD y la FEVD medida por RMC para valoración de la función ventricular derecha en pacientes pediátricos.

MATERIAL Y MÉTODOS

Diseño

Estudio transversal observacional.

Universo de estudio

Pacientes pediátricos de la consulta externa y hospitalización del servicio de cardiología pediátrica de la UMAE, Hospital de Pediatría, CMNO, Guadalajara, Jalisco.

Población de estudio

Pacientes pediátricos atendidos en el Hospital de Pediatría del Centro Médico Nacional de Occidente quienes ameriten evaluación de la función ventricular por resonancia magnética y ecocardiograma entre enero de 2018 a agosto de 2018.

CRITERIOS DE SELECCIÓN

Criterios de inclusión:

- Pacientes pediátricos con cardiopatía congénita o adquirida a quienes se les realice estudio de resonancia magnética cardiaca como parte de su abordaje diagnóstico y/o de seguimiento y en quienes se realice ecocardiograma transtorácico con máximo un mes de diferencia.

Criterios de no inclusión:

- Pacientes pediátricos que no cuenten con vistas ecocardiográficas completas de 4 cámaras, 2 cámaras y Doppler tisular tricuspídeo que permitan la medición de las variables.
- Pacientes que no cuenten con reporte de resonancia magnética cardiaca.
- Pacientes con mala ventana transtorácica que imposibilite la realización de las mediciones necesarias.
- Pacientes con corazón de fisiología univentricular.

Tamaño de muestra

Se incluirá el total de pacientes pediátricos con cardiopatía congénita o adquirida a quienes se les realice estudio de resonancia magnética cardiaca como parte de su abordaje diagnóstico y/o de seguimiento y en quienes se realice ecocardiograma transtorácico con máximo un mes de diferencia durante enero a junio 2018.

Muestreo: No probabilístico de casos consecutivos.

Operacionalización de las variables

VARIABLE	DEFINICIÓN OPERACIONAL	TIPO DE VARIABLE	ESCALA	UNIDAD DE MEDICIÓN	ANÁLISIS ESTADÍSTICO
Género	Hombre o mujer.	Cualitativa	Nominal	1.- Femenino 2.- Masculino	Frecuencias, porcentajes
Edad	Años cumplidos al momento de la evaluación	Cuantitativa	Discreta	Años	Frecuencias, porcentajes
TAPSE	Medición en centímetros por modo M del desplazamiento sistólico del anillo lateral basal tricuspídeo indexado por la edad del paciente.	Cuantitativa	Continua	Valor numérico determinado por z score según la edad y superficie corporal del paciente: donde se considerará normal un valor $Z > 2.5$ y disfunción sistólica del VD con un valor $Z < 2.5$.	Frecuencias, porcentajes

FAcVD	Medición en porcentaje de la diferencia del acortamiento del VD en la vista 4 cámaras, el cual se calcula con la siguiente fórmula: (Área TDVD - Área TSVD / Área TDVD) X 100	Cualitativa	Nominal	1. Normal.- 35 - 44% 2. Disfunción sistólica del VD.- <35%	Frecuencias, porcentajes
Velocidad de la onda S' del anillo tricuspideo	Medición en centímetros/segundo de la velocidad pico S' tricuspídeo al doppler tisular en el anillo lateral en la vista 4 cámaras.	Cualitativa	Nominal	Valor numérico determinado por z score según la edad del paciente donde se considerará: 1. Normal.Z score >2.5 2. Disfunción sistólica del VD. Z score <2.5	Frecuencias, porcentajes
VTSVD _{ME}	Cálculo en mililitros del volumen ventricular derecho en telesístole mediante la fórmula elipsoidal: $RVV = \frac{\pi}{6} \times RVIT_3 \times RVLAX \times LVD$	Cuantitativa	Continua	Mililitros (ml)	Media, desviación estándar
VTDVD _{ME}	Cálculo en mililitros del volumen ventricular derecho en telediástole mediante la fórmula elipsoidal: $RVV = \frac{\pi}{6} \times RVIT_3 \times RVLAX \times LVD$	Cuantitativa	Continua	Mililitros (ml)	Media, desviación estándar

FEVD _{ME}	Cálculo en porcentaje de la fracción de eyección con las mediciones calculadas por el modelo elipsoidal. La fórmula para el cálculo de la FEVD(%) es la siguiente: $\frac{(VTDVI - VTSVI)}{VTDVI} \times 100$	Cuantitativa	Continua	Porcentaje (%), donde además se considera FEVD normal ($\geq 45\%$), FEVD moderadamente reducida (30-44%) y FEVD severamente reducida ($\leq 30\%$)	Media, desviación estándar
SLG del VD	El promedio de la medición de la deformación subendocárdica en 4 cámaras de los 3 segmentos de la pared libre del VD por el método de speckle tracking.	Cuantitativa	Continua	Número absoluto en porcentaje (%) donde se reportará como función conservada o disfunción del VD en base a la edad: <u>0-13 años:</u> Función conservada $\geq 24\%$ Disfunción del VD $\leq 23\%$ <u>14 años o más:</u> Función normal $\geq 20\%$ Disfunción del VD $\leq 19\%$	Media, desviación estándar
VTSVD _{RMC}	Cálculo del volumen ventricular derecho en telesístole medido por RMC.	Cuantitativa	Continua	Mililitros (ml)	Media, desviación estándar
VTDVD _{RMC}	Cálculo del volumen ventricular derecho en telediástole medido por RMC.	Cuantitativa	Continua	Mililitros (ml)	Media, desviación estándar
FEVD _{RMC}	Cálculo de la fracción de eyección ventricular derecha medida por RMC.	Cuantitativa	Continua	Porcentaje (%), donde además se considera FEVD normal ($\geq 45\%$),	Media, desviación estándar

				FEVD moderadamente reducida (30-44%) y FEVD severamente reducida ($\leq 30\%$)	
Función ventricular derecha	Marcador del estado de la función sistólica del ventrículo derecho en base a los índices volumétricos, en específico: la fracción de eyección medida por RMC.	Cualitativa	Nominal	Función sistólica normal: FEVD medida por RMC $\geq 45\%$. Disfunción sistólica del VD: $<45\%$.	Frecuencia, porcentajes

Variable dependiente: Función ventricular derecha.

Variable independiente: Excursión sistólica del anillo lateral basal tricuspídeo (TAPSE), Fracción de acortamiento por área del VD (FAcVD), Onda S' del VD, Fracción de eyección (FEVD_{ME}), volumen telesistólico (VTSVD_{ME}) y volumen telediastólico (VTDVD_{ME}) del VD obtenidos mediante el modelo elipsoidal, Strain Longitudinal Global (SLG) del VD. Fracción de eyección (FEVD), volumen telesistólico (VTSVD_{RMC}) y volumen telediastólico (VTDVD_{RMC}) del VD medido por RMC.

Variables Intervinientes: Género, Edad, Tipo de Cardiopatía

Estrategia de trabajo y descripción del estudio.

- Se realizará una recolección de datos de los pacientes en quienes se hayan realizado resonancia magnética de corazón y grandes vasos como parte del abordaje diagnóstico y/o de seguimiento de su cardiopatía.
- Se acudirá a la base de imágenes ecocardiográficas del servicio de Cardiología Pediátrica y se revisarán los estudios de ecocardiograma transtorácico. Se incluirán en el protocolo a los pacientes que cuenten con

ambos estudios con una diferencia menor a un mes de su realización, y que además cuenten con al menos las vistas ecocardiográficas de 4 cámaras y 2 cámaras, así como Doppler tisular tricuspídeo que permitan la medición de las variables. En todo momento se cuidará la confidencialidad del paciente.

- Se realizará el postproceso de las imágenes para la medición de las variables ecocardiográficas de acuerdo con lo descrito en el apartado “Operacionalización de las variables” y se vaciarán los datos en la hoja de recolección de datos (ver anexo 1). La evaluación será realizada por expertos ecocardiografistas quienes desconocerán los resultados de la resonancia magnética.
- Se recolectarán datos del reporte de resonancia magnética cardiaca. Se considerará función sistólica normal cuando la FEVD medida por RMC $\geq 45\%$ y disfunción sistólica del VD con FEVD $<45\%$.
- Se registrarán los resultados de la hoja de captura de datos en una base de datos de Excel, para posteriormente importarla en el programa SPSS 22 para el análisis de la información.

Recursos Humanos

- Tesista: Dr. Carlos Adrián Aguilar Félix, Residente de Subespecialidad en Cardiología Pediátrica. UMAE Hospital de Pediatría, CMNO, del Instituto Mexicano del Seguro Social. Matrícula: 98209537. Tel: 9993223743. Correo electrónico: adrian.aguilar2410@gmail.com
- Dra. Paola Leticia Castro Santiago, Médico Cardióloga Pediatra Intervencionista adscrita al servicio de Cardiología Pediátrica, UMAE Hospital de Pediatría, CMNO, del Instituto Mexicano del Seguro Social. Matrícula: 991414459. Tel: 3312550418. Correo electrónico: paos_c@yahoo.com
- Dra. Sandra Livier Pacheco López, Médico Cardióloga Pediatra Ecocardiografista adscrita al servicio de Cardiología Pediátrica, UMAE Hospital de Pediatría, CMNO, del Instituto Mexicano del Seguro Social.

Matrícula: 991433795. Tel: 3319446461. Correo electrónico: dralivier13@gmail.com

- Dra. Rosa Ortega Cortés. Médico pediatra. Doctorado en Ciencias Médicas. Matricula 9951873. Educación e Investigación en salud. UMAE Hospital de Pediatría, CMNO, del Instituto Mexicano del Seguro Social: Belisario Domínguez 735 colonia Independencia. Tel 3333991658. Correo electrónico: drarosyortegac@hotmail.com

Recursos Materiales

- Computadora, impresora, calculadora, hojas blancas, lápiz, y diverso material de oficina.
- Ecocardiógrafo con sistema Vivid iQ Premium de General Electric Healthcare, en modalidades bidimensional, unidimensional (modo M), Doppler continuo, Doppler pulsado, Doppler color, Doppler Tisular y Strain; con tres conectores de transductores, de los cuales contamos con transductor 5s y 6s, disponible en UMAE Hospital de Pediatría CMNO, del departamento de Cardiología Pediátrica.
- Resonador equipo Magnetom de 3 teslas de Siemens con cortes en múltiples planos para obtener imágenes habituales disponible en UMAE Hospital de Pediatría CMNO, del departamento de Radiología e Imagen Diagnóstica.
- Software: Microsoft Office 365 (Word, Excel), Windows 10 versión Professional. Programa estadístico IBM SPSS versión 22 para Windows.

Recursos Financieros

- Los gastos generales para realizar este protocolo, se cubrirán por el investigador principal y el tesista.

Aspectos éticos

El protocolo se evaluará por el Comité de Investigación de la UMAE Hospital de Pediatría de Centro Médico Nacional de Occidente (CLIES 1302), conforme a los

lineamientos de la Ley General de Salud. En correspondencia con el artículo 17, inciso 1, del Reglamento de la Ley General de Salud en Materia de Investigación, el presente estudio se clasifica como una investigación con riesgo mínimo.

El desarrollo del estudio se llevará a cabo en cumplimiento de los principios de la Declaración de Helsinki de 1975, enmendada en 2013; las leyes y reglamentos del Código de la Ley General de Salud de investigación en seres humanos en México, en sus artículos XVI y XVII; los lineamientos internacionales para las buenas prácticas de la investigación clínica y la normatividad vigente en el Instituto Mexicano del Seguro Social.

Por ser un estudio de carácter retrospectivo y en donde no se realizará ningún tipo de intervención directa sobre el paciente por parte de los investigadores, no se solicitará consentimiento informado, sin embargo, se cuidará la confidencialidad de los pacientes en todo momento de acuerdo a los códigos de Ética. Se declara que se respetarán cabalmente los principios contenidos en el Código de Núremberg, la enmienda de Tokio, el Informe Belmont y el Código de Reglamentos Federales de México (Regla Común).

Método de recolección de la Información:

- La información se registrará directamente en una base de datos en el programa Microsoft Excel 365 en Windows 10.
- Al finalizar, se importará para su análisis en el Programa estadístico IBM SPSS versión 22 para Windows. Se realizarán las gráficas en este mismo programa.
- La elaboración del manuscrito final se realizará en el programa Microsoft Word 365 en Windows.

Análisis estadístico:

- Los resultados se someterán a un análisis estadístico descriptivo e inferencial.
- **Para la estadística descriptiva:**
 - **Variables cualitativas:**
 - Frecuencias y proporciones.
 - **Variables cuantitativas:**
 - Medias y desviaciones estándar en caso de ser paramétrica.
 - Medianas y rangos si no son paramétricas.
 - **Correlación entre variables:**
 - Se determinará la Correlación entre variables con correlación de Spearman o Pearson de acuerdo a la curva de distribución de datos.
- Se considerará una p estadísticamente significativa ≤ 0.05 , con un IC 95%.
- Todos estos cálculos se realizarán con el programa IBM SPSS versión 22 para Windows.

RESULTADOS

Datos sociodemográficos

Durante el período estudiado, se revisaron los casos de 20 pacientes pediátricos con cardiopatías, de éstos, 50% fue del sexo masculino y 50% del sexo femenino. La edad media fue de 10.9 años (rango 0.3-15 años). El detalle del resto de resultados se puede consultar en la tabla 1 .

Datos ecocardiográficos

Del total de pacientes, el valor medio del TAPSE fue de 15.35 ± 3.9 mm (rango 11–20). De ellos 12 pacientes presentaron deterioro del TAPSE con percentiles menores a -2.5 que traducen disfunción ventricular derecha (Gráfica 1).

La FAcVD promedio del total de pacientes fue de $35.4\% \pm 10.2$ (rango 17.3-49.5). Nueve pacientes se catalogaron con disfunción ventricular derecha y el resto con función ventricular derecha conservada. La onda s' tisular promedio fue de 8.1 ± 2.4 cm/s (rango 4-11), de los cuales 12 de estos presentaron disfunción ventricular derecha con percentiles menores a -2.5.

Y finalmente, el strain global longitudinal promedio fue de -21.9 ± 3.7 (rango -31.6 a -15). De estos nueve pacientes se catalogaron con disfunción ventricular derecha de acuerdo a los rangos esperados para la edad.

Mediante el modelo elipsoidal, con apoyo de ecocardiograma bidimensional, se calcularon los volúmenes ventriculares en telesístole y telediástole del ventrículo derecho, así como la FEVD. Del total de pacientes, el VTSVD_{ME} promedio fue de $27.5 \text{ ml} \pm 13.8 \text{ ml}$ (rango 3.9-46.8) y el VTDVD_{ME} de $55.3 \pm 29.8 \text{ ml}$ (rango 7.2-117.6). La FEVD fue de $48.9 \pm 8.7\%$ (rango 34.6 – 65.3). El detalle de resultados se puede consultar en la tabla 2.

Tabla 1. Datos ecocardiográficos de evaluación de la función ventricular derecha reportados en pacientes pediátricos con cardiopatías.

Sexo	Edad	TAPSE	Z score		FACVD		Onda S'	Z score		SGL		FEVD _{ME}	
Masculino	7	11mm	-5.6	Disfunción	26%	Disfunción	8 cm/s	-2.7	Disfunción	-24.2%	Normal	50.18%	Normal
Femenino	7	15mm	-2.93	Normal	49.5%	Normal	10 cm/s	-1.7	Normal	-26.1%	Normal	62.90%	Normal
Femenino	0.3	19mm	5.3	Normal	44.6%	Normal	11 cm/s	0.15	Normal	-31.6%	Normal	45.73%	Moderadamente reducida
Femenino	12	19mm	-1.57	Normal	49.4%	Normal	11 cm/s	-1.21	Normal	-22.3%	Normal	38.59%	Moderadamente reducida
Masculino	13	12mm	-5.77	Disfunción	45.3%	Normal	4 cm/s	-4.13	Disfunción	-20%	Disfunción	52.84%	Normal
Masculino	15	19mm	-2.19	Normal	35.9%	Normal	11 cm/s	-1.39	Normal	-22%	Normal	40.92%	Moderadamente reducida
Masculino	1.5	6mm	-6.33	Disfunción	33.3%	Disfunción	5 cm/s	-4.1	Disfunción	-22%	Normal	45.68%	Moderadamente reducida
Femenino	12	15mm	-4.17	Disfunción	32.3%	Disfunción	8 cm/s	-2.46	Normal	-21%	Disfunción	57.26%	Normal
Masculino	7	15mm	-2.93	Disfunción	42%	Normal	8 cm/s	-2.7	Disfunción	-20%	Disfunción	48.14%	Moderadamente reducida
Femenino	15	20mm	-1.68	Normal	35.6%	Normal	11 cm/s	-1.39	Normal	-23%	Normal	65.38%	Normal
Masculino	7	17mm	-1.6	Normal	27.1%	Disfunción	8 cm/s	-2.7	Disfunción	-15%	Disfunción	40.66%	Moderadamente reducida
Femenino	15	20mm	-1.68	Normal	16%	Disfunción	4 cm/s	-4.43	Disfunción	-17%	Disfunción	34.85%	Moderadamente reducida
Masculino	8	10mm	-6.47	Disfunción	39.3%	Normal	8 cm/s	-2.7	Disfunción	-23%	Normal	50.47%	Normal
Femenino	15	19mm	-2.19	Normal	26%	Disfunción	7 cm/s	-3.13	Disfunción	-20%	Disfunción	34.68%	Moderadamente reducida
Femenino	15	18mm	-2.69	Disfunción	17.3%	Disfunción	7 cm/s	-3.13	Disfunción	-18%	Disfunción	46.18%	Moderadamente reducida
Femenino	7	11mm	-5.6	Disfunción	26%	Disfunción	8 cm/s	-2.7	Disfunción	-25%	Normal	46.44%	Moderadamente reducida
Masculino	13	12mm	-5.77	Disfunción	45.3%	Normal	4 cm/s	-4.13	Disfunción	-19.5%	Disfunción	52.34%	Normal
Masculino	12	15mm	-4.17	Disfunción	32.3%	Disfunción	8 cm/s	-2.46	Disfunción	-20.2%	Disfunción	57.38%	Normal
Masculino	7	15mm	-2.93	Disfunción	49.5%	Normal	10 cm/s	-1.7	Normal	-27%	Normal	61.04%	Normal
Femenino	15	19mm	-2.19	Normal	35.9%	Normal	11 cm/s	-1.39	Normal	-23%	Normal	47.62%	Moderadamente reducida

Datos de la RMN

De acuerdo a los resultados reportados en los estudios de resonancia magnética cardiaca (RMC) que representa el gold estándar se catalogaron en: FEVD normal ($\geq 50\%$), FEVD moderadamente reducida (30-49%) y FEVD severamente reducida ($\leq 30\%$) que representaron el 50% (n=10), 45% (n=9) y 5% (n=1) respectivamente. La FEVD estimada promedio en el total de casos fue de $49.65\% \pm 10.5$. Ver tabla 3.

Tabla 2. Parámetros ecocardiográficos para medición de la FEVD por el modelo elipsoidal en pacientes pediátricos con cardiopatías.

Sexo	Edad	VTSVD _{ME}	VTDVD _{ME}	FEVD _{ME}	Función ventricular derecha
Masculino	7	18.14 ml	36.42 ml	50.18%	Normal
Femenino	7	10.11 ml	27.26 ml	62.90%	Normal
Femenino	0.3	3.92 ml	7.2 ml	45.73%	Moderadamente reducida
Femenino	12	36.19 ml	58.93 ml	38.59%	Moderadamente reducida
Masculino	13	41.51 ml	88.05 ml	52.84%	Normal
Masculino	15	42.72 ml	72.32 ml	40.92%	Moderadamente reducida
Masculino	1.5	6.56 ml	12.08 ml	45.68%	Moderadamente reducida
Femenino	12	32.23 ml	75.42 ml	57.26%	Normal
Masculino	7	26.23 ml	50.60 ml	48.14%	Moderadamente reducida
Femenino	15	40.70 ml	117.60 ml	65.38%	Normal
Masculino	7	10.82 ml	18.24 ml	40.66%	Moderadamente reducida
Femenino	15	34.89 ml	53.56 ml	34.85%	Moderadamente reducida
Masculino	8	24.47 ml	49.42 ml	50.47%	Normal
Femenino	15	34.47 ml	52.77 ml	34.68%	Moderadamente reducida
Femenino	15	46.80 ml	86.97 ml	46.18%	Moderadamente reducida
Femenino	7	16.48 ml	30.78 ml	46.44%	Moderadamente reducida
Masculino	13	43.83 ml	91.99 ml	52.34%	Normal
Masculino	12	32.79 ml	76.96 ml	57.38%	Normal
Masculino	7	10.62 ml	27.26 ml	61.04%	Normal
Femenino	15	37.88 ml	72.32 ml	47.62%	Moderadamente reducida

El volumen telediastólico total del ventrículo derecho promedio en el total de casos fue de 102.98 ml \pm 66.5. El volumen telesistólico total del ventrículo derecho promedio fue de 51.49 ml \pm 37.8.

Tabla 3. Datos por resonancia magnética cardiaca de evaluación de la función ventricular derecha reportados en pacientes pediátricos con cardiopatías.

Sexo	Edad	VTSVD _{RMC}	VTDVD _{RMC}	FEVD _{RMC}	Función ventricular derecha
Masculino	7	10 ml	17 ml	42%	moderadamente reducida
Femenino	7	13 ml	36 ml	63%	normal
Femenino	0.3	15 ml	27 ml	44%	moderadamente reducida
Femenino	12	58 ml	96 ml	40%	moderadamente reducida
Masculino	13	64 ml	142 ml	55%	normal
Masculino	15	56 ml	116 ml	52%	normal
Masculino	1.5	25 ml	50 ml	50%	normal
Femenino	12	77.6 ml	197.28 ml	60%	normal
Masculino	7	55 ml	99 ml	44%	moderadamente reducida
Femenino	15	53 ml	184.3 ml	71%	normal
Masculino	7	45 ml	81 ml	44%	moderadamente reducida
Femenino	15	168.2 ml	230 ml	26%	severamente reducida
Masculino	8	103 ml	160 ml	45%	moderadamente reducida
Femenino	15	36.4 ml	59.8 ml	39%	moderadamente reducida
Femenino	15	30 ml	56 ml	46%	moderadamente reducida
Femenino	7	10 ml	17 ml	42%	moderadamente reducida
Masculino	13	64 ml	142 ml	55%	normal
Masculino	12	77.6 ml	197.28 ml	60%	normal
Masculino	7	13 ml	36 ml	63%	normal
Femenino	15	56 ml	116 ml	52%	normal

Correlación entre parámetros ecocardiográficos con los de RMN

Para determinar la correlación entre las variables se hizo uso del coeficiente de correlación de Spearman, donde una R menor de 0.30 significa que no existe correlación entre variables; R de 0.31 a 0.5, correlación leve; R de 0.51 a 0.7, correlación moderada y R de 0.71 o más, correlación fuerte.

Tabla 4. Correlación entre parámetros ecocardiográficos y de resonancia magnética cardiaca para evaluación de la función ventricular derecha en pacientes pediátricos con cardiopatías.

	Variable	p	R de Spearman
	TAPSE	0.622	-0.113
FEVD-RMC	FACVD	0.037	0.469
	Onda S'	0.350	0.220
	SGL	0.335	-0.227
	FEVD-ME	<0.0001	0.854
VTD-RMC	VTD-ME	0.0010	0.679
VTS-RMC	VTS-ME	0.0210	0.511

No existió correlación significativa entre el TAPSE y la FEVD medida por RMC (R=-0.113, p 0.622). Tampoco existió correlación con la onda s' y el strain global longitudinal (R 0.220, p 0.350 y R -0.227, p 0.335). Sin embargo, se observó una correlación leve entre la FACVD y la FEVD medida por RMC con R 0.46 y p 0.037. Ver tabla 4.

Finalmente, existió una correlación fuerte entre la FEVD medida por ecocardiograma mediante el modelo elipsoidal y la FEVD medida por RMC, con una R de 0.854 y p significativa <0.0001.

El VTSV_{ME} y VTDV_{ME} presentaron correlación moderada al compararlo con el VTSV_{RNM} y el VTDV_{RNM} con R 0.511, p 0.0210 y R 0.679, p 0.0010.

DISCUSIÓN

El ecocardiograma representa la herramienta de primera línea para la evaluación morfológica y funcional de los pacientes pediátricos con cardiopatías. Sin embargo, existen algunas limitaciones para la evaluación ventricular derecha por ecocardiografía bidimensional: en primer lugar, la inadecuada ventana acústica que muchos pacientes presentan. En segundo lugar, la presencia de cicatrices o parches quirúrgicos aunados a la geometría compleja que influyen en el análisis morfológico y funcional con variaciones inter e intraobservador. Estas limitaciones son las que ponen a la resonancia magnética cardíaca como el gold estándar.

Varios estudios han intentado analizar comparativamente los parámetros de ecocardiografía y resonancia magnética. Un estudio realizado en 2018 por D'Anna y colaboradores, demostró que el TAPSE y la onda s' tisular como parámetros para evaluar la función ventricular derecha no presentan buena correlación con la FEVD medida por RMC. No así, la FAcVD que mostró una fuerte correlación ($r = 0.32$, $p < 0.001$). En nuestro estudio, se obtuvieron resultados similares: se demostró que el TAPSE, la onda s' tisular y el strain global longitudinal no muestran una adecuada correlación con la FEVD medida por resonancia magnética, y la FAcVd una correlación adecuada con $r = 0.46$, $p 0.037$.³⁴

Un metaanálisis realizado en 2018 por Lee y colaboradores demostraron que la FAcVD presenta una mayor correlación que el TAPSE comparándolos con la FEVD medida por RMC. El coeficiente de correlación de la FAcVD fue de $r=0.56$ comparado con el TAPSE de $r=0.40$, sin embargo, no hubo diferencia significativa ($p 0.16$). En nuestro estudio, esta diferencia de correlación fue mayor, con $R = -0.113$ para el TAPSE y $R 0.46$ para la FAcVd, concluyendo así que la FAcVd es mejor que el TAPSE para evaluar la función sistólica ventricular derecha. Esto se puede explicar debido a que el TAPSE es un método unidimensional que sólo provee información sobre la contracción longitudinal de la pared libre ventricular, y existen situaciones en donde se presentan diferencias regional específicas en la función del

VD No obstante, la FAcVd es un método bidimensional que incluye una mayor parte de regiones ventriculares y proporciona una información más precisa respecto al TAPSE.¹⁹

Otro estudio realizado en 2015 por Focardi y colaboradores también demostró una pobre correlación del TAPSE y la onda s' tisular al compararlos con la FEVD medida por RMC (r 0.45, p 0.01 y r 0.52, p 0.01 respectivamente). No así la FAcVD que presenta una correlación positiva (r 0.77, p 0.0001). Sin embargo, Pavlicek y colaboradores en 2011 demostraron que la onda s' tisular tricuspídea detecta acertadamente cuando la función ventricular derecha se encuentra moderadamente reducida respecto a la FEVD medida por RMC. En nuestro estudio, la onda s' tisular mostró una pobre correlación con r 0.22 y p 0.35.^{11, 35}

Varios estudios han demostrado el importante papel que juega el strain global longitudinal como un marcador temprano sensible de disfunción ventricular derecha, sin embargo, en nuestro estudio esto no pudo ser demostrado. Muraru y colaboradores en el 2016 también demostraron una pobre correlación del strain longitudinal de la pared libre del VD y de los 6 segmentos, respecto a la fracción de eyección del VD medida por ecocardiograma tridimensional con r 0.28 y 0.27 respectivamente. Los autores discuten el hecho de que el strain longitudinal del VD no toma en cuenta el movimiento radial ventricular debido a la dificultad que conlleva su medición por métodos bidimensionales y esto pudiese contribuir a su pobre correlación.³⁶

En cuanto a los parámetros ecocardiográficos usando el modelo elipsoidal, propuesto por Jorstig y colaboradores, se pudo demostrar una adecuada correlación en nuestro estudio. Jorstig y colaboradores realizaron un estudio en 2016, en población adulta con una media de 36 años, en los cuales se calculó la FEVD mediante el modelo elipsoidal por ecocardiograma transtorácico, una modificación a la fórmula inicialmente propuesta por Kovalova años antes. En su estudio inicial en 2016 concluyeron que el modelo elipsoidal del VD provee un estimado adecuado del

volumen sistólico del VD comparado con RNM, no así de la FEVD; esto es debido a que las medidas tomadas en la ecocardiografía bidimensional son subestimadas en referencia a las medidas en RNM, obteniendo consecuentemente volúmenes bajos. ²⁸

En el 2017 realizan un nuevo estudio de cohorte en 37 pacientes adultos, reportando los valores medios calculados de FEVD por RNM de $43 \pm 12\%$ (rango 20–66%) y FEVD por modelo elipsoidal de $50 \pm 9\%$ (rango 34–65%). Existiendo una alta correlación entre ambos valores ($r=0.80$, $p<0.001$). No se han realizado reportes en pacientes pediátricos. ²⁹

En nuestro estudio nuestra media de edad fue de 10.9 años (rango 0.3-15 años). La FEVD medida por el modelo elipsoidal fue de $48.9 \pm 8.7\%$ (rango 34.6 – 65.3). La FEVD medida por RMC estimada promedio en el total de casos fue de $49.65\% \pm 10.5$ (rango 39-71%). Al hacer un análisis detallado de cada caso, observamos que al calcular la FEVD mediante ecocardiografía se infraestimó la función ventricular derecha respecto a la $FEVD_{RMC}$ en 13 casos hasta un máximo de 5.6% y se supraestimó en 7 casos hasta un 8.8%. Con una diferencia promedio en todos los casos de $3.96 \pm 2.8\%$ y resultando en una fuerte correlación entre ambas con $r=0.854$ y $p < 0.0001$ muy similares a los resultados publicados por Jorstig en pacientes adultos en 2017.

Respecto a los volúmenes ventriculares es donde encontramos una diferencia amplia. El $VTSVD_{ME}$ promedio fue de $27.5 \text{ ml} \pm 13.8 \text{ ml}$ (rango 3.9-46.8) y el $VTDVD_{ME}$ de $55.3 \pm 29.8 \text{ ml}$ (rango 7.2-117.6). El $VTSVD_{RMC}$ de $51.49 \text{ ml} \pm 37.8$ y el $VTDVD_{RMC}$ de $102.98 \text{ ml} \pm 66.5$. Al analizar individualmente los casos, el $VTSVD$ medido por ecocardiograma se supraestimó en 3 casos hasta en 16 ml y se infraestimó en 17 casos hasta en 133 ml; con una media de diferencia entre ambos valores de $23.9 \pm 33.6 \text{ ml}$. Y el $VTDVD$ medido por ecocardiograma se supraestimó en 3 casos hasta en 30.9 ml y se infraestimó en 17 casos hasta en 176 ml; con una media de diferencia entre ambos valores de $47.6 \pm 52.3 \text{ ml}$. Concluyendo que la

medición de volúmenes del ventrículo derecho por el modelo elipsoidal son infraestimados respecto al valor obtenido por resonancia magnética cardíaca.

No obstante que los valores aritméticos distan mucho entre ambos, al realizar el análisis estadístico presentaron proporcionalmente una correlación moderada, lo que pudiese explicar la fuerte correlación y cercanía de los valores de la FEVD medida por ecocardiograma y la medida por RMC con una diferencia de $3.96 \pm 2.8\%$. Demostrando así, que la combinación de tres medidas lineales fácilmente obtenidas por ecocardiograma bidimensional pueden proveer una estimación de la función ventricular derecha que se correlaciona fuertemente con la resonancia magnética, sin embargo, el presente estudio cuenta con limitaciones potenciales como el pequeño grupo de pacientes muestra, por lo que más estudios al respecto son necesarios.

Asimismo, una de las dimensiones usadas para el cálculo del modelo elipsoidal, es una medición de la base del ventrículo izquierdo, por lo que este parámetro puede alterar la precisión en pacientes con modificaciones de la geometría ventricular izquierda que no siempre afectan a su contraparte derecha.²⁹

CONCLUSIONES

La fracción de acortamiento del ventrículo derecho y el cálculo de la FEVD mediante el modelo elipsoidal por ecocardiograma bidimensional representan parámetros con adecuada correlación respecto a la FEVD medida por RMC para evaluación de la función ventricular derecha en pacientes pediátricos con cardiopatías. Sin embargo, la medición de volúmenes del ventrículo derecho por el modelo elipsoidal son infraestimados respecto al valor real obtenido por resonancia magnética cardíaca. Por lo que es necesaria la realización de más estudios al respecto que incluyan un mayor número de pacientes, para así, validar estos nuevos parámetros de medición.

Aún cuando los parámetros tradicionales y nuevos por métodos ecocardiográficos han demostrado adecuada correlación con la FEVD medida por RMC, la resonancia magnética cardíaca representa en la actualidad el gold estándar indiscutible para la cuantificación de volúmenes y función ventricular derecha debido a todas las limitaciones del ecocardiograma que se comentaron previamente.

No obstante, la realización de un estudio detallado de ecocardiograma enfocado a la evaluación de la función derecha representa un gran apoyo a los clínicos para determinar el momento en el que se requiera la realización de una resonancia magnética, basados en criterios objetivos cuantitativos y no en parámetros arbitrarios cualitativos

BIBLIOGRAFÍA

1. Pleister A, Kahwash R, Haas G, Ghio S, Cittadini A, Baliga R. Echocardiography and heart failure: a glimpse of the right heart. *Echocardiography* 2015;32:95–107.
2. DeFaria D, Foster E. MRI is not the preferred method for evaluating right ventricular size and function in patients with congenital heart disease. *Circ Cardiovasc Imaging* 2014;7:198-205.
3. Ramírez-Guerrero J. Interdependencia ventricular. *Rev Mex Anest* 2017;40(1):182-4.
4. Pérez I, Martínez M, Bergilli Y, Urrutia J, Tartaglia M, Rojas M. Análisis morfológico: límites de los tractos de entrada y salida del ventrículo derecho. *Revista Argentina Anatomía Online* 2015;6(3):123-7.
5. Corno A, Kocica M, Torrent-Guasp F. The helical ventricular myocardial band of Torrent-Guasp: potential implications in congenital heart defects. *Eur J Cardiothorac Surg* 2006;29(1):61-8.
6. Guihairea J, Nolya P, Schrepfer S, Mercier O. Advancing knowledge of right ventricular pathophysiology in chronic pressure overload: insights from experimental studies. *Archives of Cardiovascular Disease* 2015;108:519-29.
7. Sánchez-Zúñiga M, Carrillo-Esper R. Falla ventricular derecha. *Rev Mex Anest* 2017;40(1):185-90.
8. Lee N, Taylor M, Banerjee R. Right ventricle-pulmonary circulation dysfunction: a review of energy-based approach. *BioMedical Engineering OnLine* 2015;14(1):8.

9. Geva T. Is MRI the Preferred Method for Evaluating Right Ventricular Size and Function in Patients With Congenital Heart Disease?: MRI Is the Preferred Method for Evaluating Right Ventricular Size and Function in Patients With Congenital Heart Disease. *Circ Cardiovasc Imaging*. 2014;7:190-197
10. Therrien J, Provost Y, Merchant N, Williams W, Colman J, Webb G: Optimal timing for pulmonary valve replacement in adults after tetralogy of Fallot repair. *Am J Cardiol* 2005;95:779-82.
11. Iriart X, Roubertie F, Jalal Z, Thamboa J. Quantification of systemic right ventricle by echocardiography. *Archives of Cardiovascular Disease* 2016;109:120-7.
12. Eidem B, Cetta F, Patrick W, editores. *Ecocardiografía en enfermedad cardiaca congénita pediátrica y de adultos*. 1era ed. EE UU: Wolters Kluwer; 2014.
13. Feigenbaum H, Armstrong W, editores. *Ecocardiografía*. 6ta ed. Argentina: Panamericana; 2007.
14. Lewin M, Stout K, editores. *Echocardiography in congenital heart disease*. 1era ed. EE UU: Elsevier; 2012.
15. Wyman W, Ko H. The normal pediatric echocardiogram. En: Wyman W, Luc M, Cohen M, Geva T, editores. *Echocardiography in pediatric and congenital heart disease from fetus to adult*. 2da ed. EE UU: Wiley Blackwell; 2016. p 235-300.
16. Rudski L, Lai W, Afilalo J, Hua L, Handschumacher M, Chandrasekaran K, et al. Guidelines for the echocardiographic assessment of the right heart in adults: a report from the American Society of Echocardiography. *J Am Soc Echocardiogr* 2010;23(7):685-713.

17. Alsoos F, Khaddam A. Echocardiographic evaluation methods for right ventricular function. *J Echocardiogr* 2015;13:43-51.
18. Kossaify A. Echocardiographic assessment of the right ventricle, from the conventional approach to speckle tracking and three-dimensional imaging, and insights into the “right way” to explore the forgotten chamber. *Clinical Medicine Insights: Cardiology* 2015;9:65–75.
19. Koestenberger M, Ravekes W, Everett A, Stueger H, Heinzl B, Gamilscheg A, et al. Right ventricular function in infants, children and adolescent: reference values of tricuspid annular plane systolic excursion (TAPSE) in 640 healthy patients and calculation of z score values. *J Am Soc Echocardiogr* 2009;22(6):715-9.
20. Dragulescu A, Grosse-Wortmann L, Fackoury C, Riffle S, Waiss M, Jaeggi E, et al. Echocardiographic assessment of right ventricular volumes after surgical repair of tetralogy of Fallot: clinical validation of a new echocardiographic method. *J Am Soc Echocardiogr.* 2011;24:1191–1198.
21. Lee J, Low S, Pasha A, Howe C, Lee K, Suryanarayana P. Comparison of tricuspid annular plane systolic excursion with fractional area change for the evaluation of right ventricular systolic function: a meta-analysis. *Open Heart* 2018;5:67-75.
22. Pavlicek M, Wahl A, Rutz T, Marchi SF, Hille R, Wustmann K, et al. Right ventricular systolic function assessment: rank of echocardiographic methods vs cardiac magnetic resonance imaging. *Eur J Echocardiogr.* 2011;12:871-80.
23. Portnoy S, Rudski L. Echocardiographic evaluation of the right ventricle: a 2014 perspective. *Curr Cardiol Rep* 2015;17:21.

24. Eidem B, McMahon C, Cohen R, Wu J, Finkelshteyn I, Kovalchin J, et al. Impact of cardiac growth on Doppler tissue imaging velocities: a study in healthy children. *J Am Soc Echocardiogr* 2004;17(3):212-21.
25. Cabrera M, Iweins M. Evaluación ecocardiográfica intraoperatoria de la función del ventrículo derecho y su correlación con la evolución postoperatoria. *Rev Argent Anestesiol* 2017;75(3):126-30.
26. Tei C, Ling L, Hodge D, Bailey K, Rodeheffer R, Tajik A, 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.
27. Kannan A, Poongkunran C, Jayaraj M, Janardhanan R. Role of strain imaging in right heart disease: a comprehensive review. *J Clin Med Res* 2014;6(5):309-13.
28. Toro KD, Soriana BD, Buddhe S. Right ventricular global longitudinal strain in repaired tetralogy of Fallot. *Echocardiography* 2016;33(10):1557-62.
29. Cantinotti M, Scalese M, Giordano R, Franchi E, Assanta N, Marotta M, et al. Normative data for left and right ventricular systolic strain in healthy caucasian italian children by two-dimensional speckle-tracking echocardiography. *J Am Soc Echocardiogr* 2018; 1(6):1-13.
30. Jorstig S, Waldenborg M, Liden M, Wodecki M, Thunberg P. Determination of right ventricular volume by combining echocardiographic distance measurements. *Echocardiography* 2016;33:844–53.
31. Jorstig S, Waldenborg M, Liden M, Wodecki M, Thunberg P. Right ventricular ejection fraction measurements using two-dimensional transthoracic echocardiography by applying an ellipsoid model. *Cardiovascular Ultrasound* 2017;15(1):4-15.

32. Fratz S, Schuhbaeck A, Buchner C. Comparison of accuracy of axial slices versus short-axis slices for measuring ventricular volumes by cardiac magnetic resonance in patients with corrected tetralogy of fallot. *Am J Cardiol* 2009;103:1764–9.
33. Meave A, Hernández M, Alexánder E, Vázquez C, Ermenger J, Solorio S, et al. Diagnóstico de las cardiopatías congénitas complejas por resonancia magnética. *Arch Cardiol Mex* 2005;75(4):435-40.
34. D'Anna C, Caputi A, Natali B, Leonardi B, Secinaro A, Rinelli G, et al. Improving the role of echocardiography in studying the right ventricle of repaired tetralogy of Fallot patients: comparison with cardiac magnetic resonance. *Int J Cardiovasc Imaging* 2018;34:399–406.
35. Focardi M, Cameli M, Francesco S, Massoni A, De-Vitto R, Lisi M, et al. Traditional and innovative echocardiographic parameters for the analysis of right ventricular performance in comparison with cardiac magnetic resonance. *European Heart Journal Cardiovascular Imaging* 2015;16:47–52.
36. Muraru D, Onciul S, Peluso D, Soriani N, Cucchini U, Aruta P, et al. Sex-and method-specific reference values for right ventricular strain by 2-dimensional speckle-tracking echocardiography. *Circ Cardiovasc Imaging*. 2016;9:e003866.

ANEXOS

Anexo 1.- Hoja de recolección de datos.



**INSTITUTO MEXICANO DEL SEGURO SOCIAL
UNIDAD MEDICA DE ALTA ESPECIALIDAD
HOSPITAL DE PEDIATRIA
CENTRO MEDICO NACIONAL DE OCCIDENTE
CARDIOLOGÍA PEDIÁTRICA.**

FECHA: _____

NOMBRE: _____ NSS: _____

EDAD EN AÑOS : _____ GÉNERO: _____

TIPO DE CARDIOPATÍA: _____

Correlación entre parámetros ecocardiográficos con parámetros de resonancia magnética para evaluación de la función ventricular derecha en pacientes pediátricos con cardiopatías

Valoración ecocardiográfica

Valoración por RMC

Parámetro	Valor	Z score		Valor absoluto	Valor indexado
VTSVD_{ME}			VTSVD_{ME}		
VTDVD_{ME}			VTDVD_{ME}		
FEVD_{ME}			FEVD_{ME}		
TAPSE	cm				
FAvVD	%				
Onda s'	cm/seg				
SLG	%				

Observaciones: _____

