



Descripción de los parámetros de evaluación de la función ventricular derecha por ecocardiografía 2D.

Autor

Camilo Andrés Calderón Miranda

Md. Especialista en Cardiología – Fellow de Ecocardiografía
Universidad del Rosario. Escuela de Medicina y Ciencias de la salud

Trabajo presentado como requisito para optar por el título de
ESPECIALISTA EN ECOCARDIOGRAFÍA

Bogotá D.C, Colombia

2023

Descripción de los parámetros de evaluación de la función ventricular derecha por ecocardiografía 2D.

Autor

Camilo Andrés Calderón Miranda

Md. Especialista en Cardiología – Fellow de Ecocardiografía

Coautor

Juan Felipe Vásquez Rodríguez

Md. Especialista en Cardiología – Fellow de Ecocardiografía

Tutores

Dr. Gabriel Salazar Castro

Md. Especialista en Cardiología – Ecocardiografía

Departamento de Cardiología No invasiva. Fundación Cardioinfantil-LaCardio

Dr. Oscar Mauricio Pérez.

Md. Especialista en Cardiología – Epidemiología

Departamento de Cardiología Clínica, Fundación Cardioinfantil-LaCardio

Escuela de Medicina y Ciencias de la salud

Especialización en Ecocardiografía

Universidad del Rosario

Bogotá D.C, Colombia

2023

Identificación del proyecto

- **Institución académica:** Universidad del Rosario
- **Dependencia:** Escuela de Medicina y Ciencias de la salud
- **Título de la investigación:** Descripción de los parámetros de evaluación de la función ventricular derecha por ecocardiografía 2D.
- **Instituciones participantes:** Fundación Cardioinfantil – LaCardio.
- **Tipo de investigación:** Estudio observacional, retrospectivo.
- **Investigador principal:** Camilo Andrés Calderón Miranda
- **Investigadores asociados:** Juan Felipe Vasquez, Oscar Mauricio Pérez, Diego Fabian Holguín, Julián, Andrés Gelves Mesa, Gabriel Salazar Castro, Frida Tatiana Manrique, Héctor M. Medina, Ramon Iván Medina-Mur.
- **Asesor clínico o temático:** Gabriel Salazar Castro
- **Asesor metodológico:** Oscar Mauricio Pérez.

TABLA DE CONTENIDO

Resumen.....	5
1. Introducción	7
1.1 Planteamiento del problema	7
1.2 Justificación	7
2. Marco teórico	9
3. Pregunta de investigación	13
4. Objetivos	13
4.1 Objetivo General	13
4.2 Objetivos específicos	13
5. Formulación de hipótesis.....	14
6. Metodología	14
6.1 Tipo y diseño de estudio	14
6.2 Población y muestra	14
6.3 Criterios de elegibilidad	14
6.3.1 Criterios de inclusión	14
6.3.2 Criterios de exclusión	14
6.4 Tamaño de muestra y muestreo	15
6.5 Definición y operacionalización de las variables	16
6.5.1 Operacionalización de las variables	16
6.6 Técnicas, procedimientos e instrumentos de recolección de datos	24
6.7 Plan de análisis de datos	24
6.8 Alcances y límites de la investigación	25
7. Aspectos éticos	25
7.1 Equipo de investigación	25
7.2 Categoría de la investigación	25
7.3 Población sujeta de investigación	26
7.4 Proceso de obtención de consentimiento informado	26
7.5 Uso de datos personales	26
7.6 Riesgo y beneficios	27
7.7 Titularidad de la información	27
7.8 Criterios de autoría	28
8. Administración del proyecto	29
8.1 Presupuesto	29
8.2 Cronograma	30
9. Resultados	31
10. Discusión	41
11. Conclusiones	45
12. Referencias	46

Resumen

Introducción / Antecedentes: La evaluación funcional y estructural del ventrículo derecho (VD) es un aspecto fundamental del estudio ecocardiográfico dado el valor pronóstico de la misma. Hasta el momento, las guías establecen la valoración a partir de parámetros cualitativos, semicuantitativos y cuantitativos con la indicación de reportar la disfunción de manera dicotómica: Presente o ausente, con puntos de corte de normalidad que no son absolutos a un valor ecocardiográfico, sino a la interpretación de los mismos datos por el cardiólogo. Un estudio ha demostrado que cuando se clasifica la disfunción en grados de severidad (leve, moderado, severa) el pronóstico con relación a desenlaces cardiovasculares (MACE) es diferente. Crear un sistema de evaluación a partir de variables de la Ecocardiografía-2D que permita clasificar la función del VD y que sea comparable con la resonancia magnética cardíaca (RMNc) que es el estándar de oro para la evaluación del VD mejorará la evaluación pronóstica de los pacientes.

Objetivo: realizar una correlación entre los parámetros de valoración del ventrículo derecho por ecocardiografía y RMNc basados en 3 niveles de estadificación que toman la fracción de eyección del ventrículo derecho (FEVD) por RMNc (leve, moderada y severa).

Métodos: Estudio de cohorte histórica de pacientes llevados a ecocardiografía-2D y RMNc durante el periodo 2017–2021. Los estudios fueron revisados de los sistemas de almacenamiento de imagen y post-procesados (por dos cardiólogos entrenados ciegos a los hallazgos) para obtener valores de función del ventrículo derecho en cada una de las dos técnicas de imágenes tomando como valor de referencia la FEVD por RMNc. Se analizaron de manera independiente cada parámetro de Ecocardiografía-2D y se correlacionaron con la fracción de eyección del VD por RMNc.

Resultados y conclusiones: Los parámetros clásicos de evaluación cuantitativa y semicuantitativa del ventrículo derecho (TAPSE, TAVSE, área diastólica de la AD, CAF%, TAPSE/PsAP, PsAP) mostraron un comportamiento escalonado (positivo o negativo) con respecto a la fracción de eyección del VD medida por RMNc. La correlación de los parámetros de evaluación del VD (TAPSE, TAVSE, área diastólica de la AD, CAF%, TAPSE/PsAP, PsAP) por ecocardiografía 2D fue moderada con respecto a la FEVD medida por RMNc. La

relación TAPSE / PsAP mostró ser el parámetro con mejor comportamiento lineal (correlación) con la FEVD medida por RMNc.

Palabras Clave: Ventrículo derecho, Hipertensión pulmonar, Fracción de Eyección ventricular derecha, Resonancia Magnética Cardíaca, ecocardiografía.

1. Introducción

1.1 Planteamiento del problema

La evaluación multiparamétrica por ecocardiografía bidimensional (ECO 2D) permite integrar parámetros morfológicos y funcionales para determinar la función sistólica del ventrículo derecho. Técnicas como la RMNc se han convertido en el estándar de oro para la evaluación funcional y estructural del ventrículo derecho, los estudios que utilizan la fracción de eyección por RMNc han demostrado impacto en la mortalidad cuando se estadifican por niveles de disfunción (leve, moderado y severo). Debido al mayor acceso a las técnicas de ecocardiografía con respecto a la RMN, es necesario describir la correlación de los diferentes parámetros ecocardiográficos con los tres grados de disfunción propuestos a partir de la fracción de eyección del ventrículo derecho por RMNc.

1.2 Justificación

La evaluación de la disfunción sistólica del ventrículo derecho (VD) es un aspecto fundamental del estudio ecocardiográfico. En la actualidad, son bien conocidas las implicaciones de la disfunción sistólica ventricular derecha en el pronóstico de pacientes con falla cardíaca con fracción de eyección preservada, fracción de eyección reducida, estados peri-operatorios de cirugía cardíaca, valoración previa a asistencia ventricular mecánica y trasplante cardíaco, con índices de mortalidad mayores y pobres resultados a corto y mediano plazo en aquellos con disfunción sistólica del ventrículo derecho ¹⁻³.

Dadas las particularidades morfológicas del VD^{4,5,6}, se ha establecido que su evaluación funcional por ecocardiografía puede llegar a ser imprecisa; aunado a esto, el desarrollo de otras técnicas de imagen cardiovascular como la RNMc han posicionado a ésta como el estándar de oro para la valoración funcional del VD ⁷. Sin embargo, el estudio de RNMc aún no está ampliamente disponible en nuestra población y su costo supera por mucho al del ECO TT, que además tiene mayor disponibilidad y accesibilidad.

Dentro de los parámetros ecocardiográficos mejor ranqueados para la evaluación del VD se encuentran el cambio de área fraccional (CAF) y el strain del ventrículo derecho⁸; sin embargo,

este último tampoco es tan ampliamente disponible ya que depende de la accesibilidad al software en los equipos de ecocardiografía y unidades de post-procesado igualmente limitados en países de ingresos medios como el nuestro.

En cuanto a la importancia de la gradificación por severidad, un reciente estudio realizado por Muraru y colaboradores ⁹, encontró diferencias significativas en la mortalidad y eventos cardiovasculares mayores cuando la disfunción del VD se clasifica en niveles de severidad (leve, moderado y severo) según la fracción de eyección del VD medida por ecocardiografía tridimensional. Este concepto retoma la importancia de la adecuada clasificación de la disfunción del VD y sub-clasificación en grados de severidad.

Entendiendo entonces la importancia de reconocer la disfunción ventricular derecha como marcador pronóstico en diferentes escenarios cardiovasculares, sumado al beneficio de clasificar ésta en niveles de severidad y ajustarnos a las condiciones limitadas de nuestro entorno donde hay acceso limitado a técnicas avanzadas como strain del VD, evaluación tridimensional del VD y RMNc. Es de utilidad el conocer el comportamiento y la correlación de los métodos tradicionales de evaluación de la función del ventrículo derecho por ecocardiografía 2D con respecto a la valoración de la función sistólica VD por RMNc.

2. Marco Teórico

La evaluación ecocardiográfica del VD forma parte del protocolo estándar para la realización de un ECO TT según la Sociedad Americana de Ecocardiografía (ASE). Varias décadas atrás, el estudio de esta cavidad carecía de real importancia; sin embargo, los avances en investigación y el entendimiento de la fisiología y patología de esta cavidad han incrementado el interés y reafirmado la importancia de estudiar, cuidar y recuperar el VD en los diferentes escenarios clínicos.

Tradicionalmente, los reportes de estudios de ecocardiografía describen el VD en su tamaño, morfología y función; esta última con parámetros de tipo cuantitativos como los índices de acortamiento longitudinal (excursión sistólica del plano anular tricuspídeo – TAPSE y la velocidad tisular sistólica del anillo tricuspídeo – TAVSE), cambio de área fraccional (CAF), Strain de la pared libre del VD y últimamente fracción de eyección del VD por volumetría tridimensional (3D). Existen además, parámetros cualitativos en donde de manera sistemática y tradicional se estima la presencia de disfunción y se gradifica de manera subjetiva lo que ha sido denominado “The eyeball method”.

La versión más reciente emitida por la ASE para la evaluación ecocardiografía del ventrículo derecho completa 12 años desde su publicación. En este documento, no se hace mención de la evaluación subjetiva del VD y se mencionan diferentes parámetros cuantitativos que se analizan en conjunto para la caracterización de la disfunción del VD la cual debe reportarse de manera dicotómica (presencia o no de disfunción) sin hacer énfasis en clasificar la severidad ⁶.

Los parámetros recomendados por la ASE para incluir de manera rutinaria en el estudio ecocardiográfico del VD son: CAF, TAPSE, TAVSE y el índice de rendimiento miocárdico o índice TEI ^{6,10}. A pesar de lo anteriormente descrito, en la práctica rutinaria no son aplicados todos los parámetros y la evaluación cualitativa continúa siendo la herramienta de mayor uso según los datos obtenidos de una encuesta aplicada en una plataforma virtual de formación en ultrasonido (123sonography.com), la cual contó con la participación de 1150 ecocardiografistas en 109 países quienes reportaron el uso preferente de 3 métodos: “The Eyeballing” (73%), TAPSE (69%) y TAVSE (30%). Mas interesante

aún, estos métodos fueron más populares en países denominados de bajos ingresos en donde incluso un 23% solo basa su apreciación únicamente en el método cualitativo de “Eyeballing”. El uso de técnicas de ECO-3D y strain del VD consideradas más precisas y con mayor grado de recomendación no superó el 5% ¹¹.

Pocos estudios se encuentran en la actualidad comparando los métodos cuantitativos contra el “Eyeballing”; uno de ellos publicado en el 2007, demostró una baja correlación entre el “Eyeballing method” y la RNMc ($r = 0.39$, $P < .001$), en cerca de la mitad de los pacientes la evaluación cualitativa subestimó o sobreestimó el grado de disfunción en más de dos niveles ⁴.

Es claro que en este momento los médicos son más sensibles a la evaluación, detección y tratamiento de las alteraciones del VD. Dadas las particularidades de morfología y función del VD, el desarrollo tecnológico ha permitido la implementación de nuevas técnicas de evaluación como el Strain longitudinal del VD, ecocardiografía tridimensional y la RNMc con la limitante de que son técnicas de mayor costo y menos accesibilidad, esto sumado a la aparente resistencia de los evaluadores a dejar de un lado las técnicas tradicionales incluyendo el “eyeballing”.

La evidencia ha demostrado como la disfunción ventricular derecha es un factor de riesgo independiente para mortalidad tras infarto de miocardio¹², falla cardíaca¹³, cirugía valvular¹⁴ y trasplante cardíaco¹⁵. Por ende, el rol fundamental de la adecuada valoración del VD. Si se analizan los parámetros cuantitativos por separado, el ítem con mejor rendimiento comparado con la RNMc es la fracción de eyección del VD (FEVD) por volumetría 3D, con un valor de corte de normalidad $> 50\%$ (Sen: 70%, Esp:94%, AUC: 0,909, $p=0,0001$), los valores de volumetría fueron ligeramente subestimados por la ecocardiografía 3D con una variabilidad del 8,2%; a éste le siguen CAF con valor de normalidad $\geq 36\%$ (Sen: 84%, Esp:88%, AUC: 0,892, $p=0,0001$), TAPSE >15 mm (Sen: 88%, Esp: 82%, AUC: 0,849, $p=0,0001$) y el índice de “performance miocárdico” del VD (RVMPI) medido por doppler pulsado con corte $<0,37$ (Sen:84%, Esp:81%, AUC: 0,785, $p=0,0001$). El punto de corte de FEVD definida como anormal por RNMc para estas comparaciones fue $<45\%$ ¹⁶. Una de las principales limitantes referidas en las medidas longitudinales de evaluación como el TAPSE, RVMPI o TAVSE es que su incapacidad para la analizar la función segmentaria individual, con una evaluación enfocada a la base

del ventrículo derecho especialmente el anillo tricuspídeo, además de ser un parámetro altamente dependiente de la adecuada alineación del volumen de muestra al momento de adquisición y algunas como el TAVSE dependientes y variables según condiciones de carga del VD¹⁷.

Otro de los aspectos que se plantean en la evaluación del VD es el sub-análisis del acoplamiento ventrículo arterial como un marcador pronóstico. El fundamento de éste punto, parte de asumir que el lecho vascular pulmonar es un sistema de baja presión/resistencia y alta complacencia capaz de acomodarse fácilmente a cambios de flujo con escasos cambios de presión. El VD como una estructura integrante de este sistema se acopla a esta circulación para transferir la sangre a las arterias pulmonares de manera eficiente. En las condiciones donde la presión pulmonar incrementa (Hipertensión pulmonar primaria, falla cardiaca izquierda, embolia pulmonar), el VD realiza una serie de adaptaciones que dan lugar a un periodo de estabilidad que puede pasar desapercibido al momento de la exploración ecocardiográfica; de manera que los cambios de dilatación y disfunción identificable en la exploración son manifestaciones de presentación tardía. Inicialmente ocurre un proceso de hipertrofia de la pared ventricular para garantizar el acoplamiento ventrículo arterial; cuando esta media falla, el VD se dilata para tratar de mantener el volumen sistólico¹⁸. La necesidad de evaluar el fenómeno de acoplamiento ha conducido al desarrollo de técnicas invasivas y no invasivas dentro de las cuales rescatamos la relación TAPSE/pSAP cuyo valor menor de 0,31 mm/mmHg es capaz de predecir desacoplamiento ventrículo-arterial cuando se compara con parámetros de evaluación invasiva (Sen: 88%, Esp:76%)¹⁹.

Al momento actual los reportes ecocardiográficos de la práctica clínica diaria hacen referencia a la función del VD como normal con disfunción leve, moderada o severa. Esto sumado a las consideraciones realizadas previamente del alto uso del método cualitativo y el apoyo de las medidas de TAPSE, TAVSE y CAF principalmente de las cuales no existe en nuestro conocimiento -a la fecha- puntos de corte que permitan estadificar la severidad. El estudio realizado por *Muraru y Col*⁹, nos muestra como no solo es importante la evaluación de la presencia de disfunción sino su gradificación ya que ha logrado establecer riesgos diferentes de mortalidad cardiovascular y MACE al clasificar la disfunción del VD en cuatro niveles con base a la FEVD estimada por ecocardiografía 3D, cuando se utiliza la fracción de eyección por RMNc, el principio del porcentaje es el mismo presentado para

otras técnicas diagnósticas (volumen telediastólico – volumen telesistólico / volumen telediastólico) x 100. Con base al riesgo de mortalidad, se infieren tres niveles de disfunción basados en la función ventricular dado por la **RMNc: leve (45% - 41%), moderado (40% - 31%), severo (≤30%)**. Puntos de corte que fueron propuestos utilizando un algoritmo de una cohorte de derivación y se correlacionaron con desenlaces de MACE 46,4%, 40,3% y 31,7% (para leve, moderado y severo, respectivamente). No hay en la literatura (basándonos en las guías de práctica clínica de las diferentes sociedades científicas) valores de puntos de corte que estratifiquen la disfunción ventricular en leve, moderada y severa. Los puntos de corte aquí presentados están siendo objeto de estudio y fueron presentados en los dos estudios de referencia para el presente estudio y es por esto que se han utilizado como Gold Estándar para el desarrollo de nuestro estudio. Puntos de corte similares han sido utilizados en otros estudios que tratan de comparar los parámetros por ecocardiografía con resonancia magnética cardíaca en la evaluación de la función ventricular derecha, con curvas receptor operador (ROC) que han sido adecuadas en exactitud para predecir la función ventricular derecha entre los parámetros de ecocardiografía⁸.

En nuestro conocimiento a la actualidad no existen otros modelos de clasificación que permitan clasificar la disfunción del VD con base en el riesgo de mortalidad total, cardiovascular y MACE.

Un trabajo realizado por Bech-Hanssen y Col. Buscó realizar la clasificación de la disfunción del VD en tres puntos de severidad con base en un score de parámetros obtenidos por ecocardiografía 2D, sin embargo, en este caso particular la definición de disfunción del VD severa fue la presencia de presión auricular derecha >10 mmHg medido por cateterismo cardíaco²⁰.

Una mejor organización de la evaluación del VD con enfoque estadificado y multiparamétrico de fácil aplicación y alta reproducibilidad es precisa para homogenizar de forma efectiva la evaluación funcional del ventrículo derecho.

3. Pregunta de investigación

¿Cuál es el comportamiento y la correlación de los parámetros de valoración de la función del ventrículo derecho por ecocardiografía 2D con relación a tres grados de severidad establecidos a partir FEVD por RMNc?

4. Objetivos

4.1 Objetivo general

Describir el comportamiento de los parámetros de valoración del ventrículo derecho por RMNc y explorar su correlación con las variables ecocardiográficas 2D de acuerdo con su severidad.

4.2 Objetivos específicos

1. Describir las características sociodemográficas, clínicas e imagenológicas de la población llevada a ECO TT y RMNc.
2. Describir el comportamiento de los parámetros ecocardiográficos tradicionales de medición de función del ventrículo derecho: CAF, TAPSE, TAVSE, área telediastólica indexada del VD ($RVEDAi > 12 \text{ cm}^2/\text{m}^2$), Presión sistólica de la arteria pulmonar por ECO2D ($PsAP > 40 \text{ mmHg}$), colapsabilidad reducida de la vena cava inferior (IVC-Col $< 50\%$) y la pérdida de acoplamiento ventrículo-Arterial ($TAPSE/pSAP < 0,31 \text{ mm/mmHg}$).
3. Explorar la correlación que tienen las diferentes variables ecocardiográficas 2D (CAF, TAPSE, TAVSE, PsAP, RVEDAi, IVC-Col y TAPSE/PsAP) con la fracción de eyección medida por RMNc.

5. Formulación de hipótesis.

El diseño y la metodología del presente estudio considerando que es descriptivo y exploratorio no permite la formulación de hipótesis.

6. Metodología

6.1 Tipo y diseño de estudio

Estudio descriptivo de una cohorte histórica de pacientes llevados a ecocardiografía 2D y RMNc durante el periodo 2017 – 2021.

6.2 Población y muestra

6.2.1 Población de referencia

Pacientes que hayan sido llevados a RMNc y ecocardiografía 2D en La Cardio – Fundación Cardioinfantil.

6.2.2 Población blanco

Pacientes colombianos llevados a ecocardiografía 2D y RMNc por cualquier motivo.

6.2.3 Población de estudio

Pacientes colombianos llevados a RMNc y ecocardiografía 2D en La Cardio - Fundación Cardio infantil-IC entre los años 2017 y 2021.

6.3 Criterios de elegibilidad

6.3.1 Criterios de inclusión:

Pacientes llevados a RMNc y ecocardiografía 2D por cualquier motivo, entre el 01/01/2017 y el 31/12/2021 en La Cardio - Fundación Cardioinfantil, en quienes no haya una diferencia entre los 2 estudios mayor a 168 horas (7 días). Los pacientes contaron con imágenes completas y de adecuada calidad técnica para evaluación completa del ventrículo derecho por RMNc y ecocardiografía 2D con nuevo análisis de los parámetros: CAF, TAPSE, TAVSE, PsAP,

RVEDAi, IVC-Col y TAPSE/PsAP. Se verificó además la disponibilidad de datos sociodemográficos y antecedentes médicos en el registro de historia clínica electrónica.

6.3.2 Criterios de exclusión:

Pacientes con ventana ecocardiográfica limitada para evaluación del ventrículo derecho en ecocardiografía 2D. Condiciones concomitantes que no permitan adecuada evaluación del ventrículo derecho (derrame pericárdico, masas, trombos dentro de aurícula o ventrículo derecho, prótesis o plastia tricúspide, etc).

6.4 Tamaño de muestra y Muestreo:

Para la selección de la muestra, se realizó por medio de un muestreo no probabilístico por conveniencia, se revisaron todos los registros de RMNc en el periodo 2017 – 2021 y se aplicaron los criterios de elegibilidad, todos los pacientes que cumplieron los criterios fueron ingresados en la base de datos.

6.5 Definición y operacionalización de variables

VARIABLE	DEFINICIÓN	TIPO DE VARIABLE	ESCALA DE MEDICIÓN	OPERATIVIDAD
Edad	Edad en años calculada a partir de la fecha de nacimiento del paciente.	Cuantitativa, continua	De Razón	Número de años
Género	Diferencia social entre hombre y mujer.	Cualitativa dicotómica	Nominal	0.Femenino 1.Masculino
Antecedentes patológicos	Principales comorbilidades cardiovasculares del paciente: HTA, DM2, dislipidemia, tabaquismo, falla cardíaca, Enfermedad Coronaria, Enf. Renal Crónica (ERC), Cirugía de revascularización miocárdica, Cirugía de Cambio o plastia valvular, EPOC, SAHOS.	Cualitativa-dicotómica	Nominal.	1.Presencia 2.Ausencia
Peso	Peso corporal medido en kilogramos.	Cuantitativa continua	De razón	Peso en Kg
Talla	Medida en centímetros de la altura	Cuantitativa continua	De razón	Talla en metros

<p>Clase funcional NYHA</p>	<p>La Clasificación Funcional de la New York Heart Association (NYHA) proporciona una sencilla clasificación de la gravedad de la insuficiencia cardíaca. Divide a los pacientes en cuatro categorías o clases, en función de su limitación al ejercicio físico.</p> <table border="1" data-bbox="456 667 798 1886"> <tr> <td data-bbox="456 667 512 936">I</td> <td data-bbox="512 667 798 936">Asintomáticos; sin limitación a la actividad física habitual.</td> </tr> <tr> <td data-bbox="456 936 512 1290">II</td> <td data-bbox="512 936 798 1290">Síntomas leves y ligera limitación a la actividad física habitual. Asintomático en reposo.</td> </tr> <tr> <td data-bbox="456 1290 512 1671">II I</td> <td data-bbox="512 1290 798 1671">Marcada limitación a la actividad física, incluso siendo inferior a la habitual. Sólo asintomático en reposo.</td> </tr> <tr> <td data-bbox="456 1671 512 1886">I V</td> <td data-bbox="512 1671 798 1886">Limitación severa, con síntomas incluso en reposo.</td> </tr> </table>	I	Asintomáticos; sin limitación a la actividad física habitual.	II	Síntomas leves y ligera limitación a la actividad física habitual. Asintomático en reposo.	II I	Marcada limitación a la actividad física, incluso siendo inferior a la habitual. Sólo asintomático en reposo.	I V	Limitación severa, con síntomas incluso en reposo.	<p>Cualitativa policotómica</p>	<p>Ordinal</p>	<p>I, II, III o IV</p>
I	Asintomáticos; sin limitación a la actividad física habitual.											
II	Síntomas leves y ligera limitación a la actividad física habitual. Asintomático en reposo.											
II I	Marcada limitación a la actividad física, incluso siendo inferior a la habitual. Sólo asintomático en reposo.											
I V	Limitación severa, con síntomas incluso en reposo.											

Área de superficie corporal	Derivada del peso y la talla según la ecuación de Dubois	Cuantitativa continua	De razón	Valor ASC
Presión arterial sistólica		Cuantitativa continua	De razón	Valor sistólico
Presión arterial Diastólica	Determinada por método auscultatorio en pliegue antebraquial, mediante técnica de Korotkoff	Cuantitativa continua	De razón	Valor diastólico
Frecuencia cardíaca	Determinada por toma de pulso a nivel radial o por electrocardiograma registrado en el ECO TT.	Cuantitativa continua	De razón	valor de frecuencia cardíaca
Hemoglobina	La hemoglobina es una proteína de los glóbulos rojos que lleva oxígeno de los pulmones al resto del cuerpo; valores serán expresados en Gr/dl.	Cuantitativa Continua	De razón	Valor en Gr/dl.
Nitrógeno Ureico (BUN)	Sustancia formada cuando la proteína se descompone. Su medición se puede realizar a partir de muestra sanguínea y es un marcador asociado a la función renal.	Cuantitativa Continua	De razón	Valor en mg/dl.

Creatinina	La creatinina es un producto de desecho generado por los músculos como parte de la actividad diaria. Normalmente, los riñones filtran la creatinina de la sangre y la expulsan del cuerpo por la orina. Cuando hay un problema con los riñones, la creatinina se puede acumular en la sangre y sale menos por la orina.	Cuantitativa Continua	De razón	Valor en mg/dl.
Péptido Atrial Natriurético (BNP)	Hormona secretada por las aurículas en respuesta a la sobrecarga de las cavidades.	Cuantitativa Continúa	De razón	Valor en pg/ml.
Sodio	Electrolito	Cuantitativa Continúa	De razón	mEq/L
Potasio	Electrolito	Cuantitativa Continúa	De razón	mEq/L
Lactato sérico (Gases)	El lactato es un metabolito de la glucosa producido por los tejidos corporales en condiciones de suministro insuficiente de oxígeno.	Cuantitativa Continúa	De razón	1, 1.1, 1.2, 1.3... Valor en mmol/L.
Fracción de eyección del VI	Parámetro cuantitativo de la función cardíaca, expresado en porcentaje (%), mide la disminución del volumen del VI del corazón en sístole, con respecto a la diástole.	Cuantitativa – discreta	De razón	Razón: número absoluto. FEVI: ___%.

	FEVI: VFD – VFS/VFD			
Volumen telediastólico del ventrículo izquierdo (indexado)	Parámetro cuantitativo del volumen al final de la diástole medido en de superficie corporal (SC).	Cuantitativa continua	De razón	70, 71, 72, 73... mililitros/m2
Volumen telesistólico del ventrículo izquierdo (indexado)	Parámetro cuantitativo del volumen al final de la sistole medido en de superficie corporal (SC)	Cuantitativa continua	De razón	mililitros/m2
Presión sistólica de arteria pulmonar	Calculada mediante la velocidad pico del Jet tricuspídeo (utilizando la ecuación de Bernoulli modificada) sumando la presión estimada de la aurícula derecha obtenida de las características de la VCI (tamaño y colapso).	Cuantitativa continua	De razón	PSAP mmhg
Volumen de aurícula izquierda indexada	Calculado mediante método de Simpson basado en el área medida en 4 cámaras y 2 cámaras de la aurícula izquierda expresada en ml/m2 de superficie corporal.	Cuantitativa continua	De razón	ml/m2

Área de la aurícula derecha	Medida en el plano apical de 4 cámaras con única medición de área	Cuantitativa Continua	De razón	Milímetros
Diámetro de anillo tricuspídeo indexado a superficie corporal	Medido en el plano apical de cuatro cámaras (desde el borde interno lateral hasta el borde interno septal) al final de la diástole. Expresado en mm/m ² de SC.	Cuantitativa continua	De razón	mm/m ²
Diámetro basal del ventrículo derecho	Para determinar dilatación del Ventrículo derecho. Se mide a nivel basal desde el borde interno de pared lateral del VD hasta la pared septal. Expresado en mm.	Cuantitativa continua	De razón	Milímetros
Diámetro medio del Ventrículo derecho	Medido en la porción media del VD de borde interno a borde interno al finalizar la diástole. Expresado en mm	Cuantitativa continua	De razón	Milímetros ...
TAPSE (Excursión sistólica del plano anular tricuspídeo)	Representa medición de la función longitudinal del VD (evaluación del desplazamiento), se mide en modo M con un cursor colocado a través del anillo lateral tricuspídeo en la proyección FOCUS del VD. Se mide la excursión longitudinal del anillo desde el fin de la diástole hasta el pico de la sístole. Unidad de medida en mm.	Cuantitativa continua	De razón	Milímetros

<p>TAVSE (Excursión sistólica de la velocidad anular tricúspidea)</p>	<p>Da un estimado de la función sistólica global del VD, se debe medir en la proyección FOCUS del VD. Usa una muestra de volumen impulsada por onda en el anillo tricuspídeo lateral desde la posición apical del transductor. Se utiliza el modo Doppler tisular con Doppler pulsado a nivel del anillo lateral tricuspídeo. Unidad de medida (cm/s)</p>	<p>Cuantitativa continua</p>	<p>De razón</p>	<p>TAVSE (S'): ___ cm/s</p>
<p>CAF (Cambio de área fraccional)</p>	<p>Da un estimado de la función sistólica global del VD, se debe medir en la proyección FOCUS del ventrículo derecho o apical de 4 cámaras. Se trazará el área endocárdica en fin dediástole y en fin de sistole sin incluir las trabeculaciones de la pared. Se divide área en fin de sistole / área en fin de diástole x 100. Su valor se expresa en %.</p>	<p>Cuantitativa continua</p>	<p>De razón</p>	<p>CAF: ___ %</p>
<p>Área de fin de diástoles del VD indexada</p>	<p>Evaluación del tamaño ventricular derecho mediante la medición del área de la cavidad al final de la diástole dividida por el área de superficie</p>	<p>Cuantitativa continua</p>	<p>De razón</p>	<p>cm²/m²</p>

	corporal. Valor de Referencia < 12 cm ² /m ²			
Índice de Acoplamiento Ventricular	Relación entre TAPSE/PsAP, evalúa de manera indirecta la función contráctil del VD. Valor de Referencia normal: ³ 0.36 mm/mmHg	Cuantitativa continua	De razón	mm/mmHg
FEVD (Fracción de eyección del VD) por RMNc	Obtenida del análisis volumétrico del VD por el método de discos en RMNc, deriva de: $VFD - VFS / VFD * 100$. Valor expresado en porcentaje.	Cuantitativa – discreta	De razón	FEVD: ____%.º
Grado de Disfunción del ventriculo derecho	Obtenida del análisis volumétrico del VD por el método de discos en RMNc, deriva de: $VFD - VFS / VFD * 100$. Valor expresado en porcentaje.	Cualitativa policotómica	Ordinal	0: Normal FEVD >45% 1: Leve FEVD 45 – 41% 2: Moderado FEVD 40 – 31% 3: Severo <30%

6.6 Técnicas, procedimientos e instrumentos de la recolección de datos

Se creó una base de datos en Excel, para la recolección de información del estudio. Los estudios de Ecocardiografía fueron los realizados en la institución por cualquier indicación clínica y que cumplieron con los criterios de inclusión. Para la realización de estos se emplearon equipos Phillips Afiniti 70 y EPIC CvX. Los protocolos de adquisición son homogéneos basados en las recomendaciones de la Asociación Americana de Ecocardiografía (ASE)²¹

Las imágenes de ecocardiografía fueron post-procesadas en el sistema SuitEstensa RIS PACS cuya licencia es de propiedad de la institución (Fundación Cardioinfantil – LaCardio). Los estudios fueron consultados en la plataforma.

Las imágenes de RMNc fueron realizadas en la institución bajo indicación clínica. Se seleccionaron aquellas que cumplieron los criterios de inclusión. Las imágenes y resultados fueron consultados de la plataforma XERO.

6.8 Plan análisis de datos

- Se revisaron las historias clínicas electrónicas de los pacientes incluidos en el análisis, con el fin de obtener las variables sociodemográficas y clínicas. Se realizó la auditoría de valores extremos, faltantes o no concordantes y una evaluación contra historia clínica del 10% del total de los pacientes incluidos, si el porcentaje de errores superó el 3%, todas las historias fueron revisadas.
- Análisis descriptivo: Las variables cualitativas fueron descritas en frecuencias absolutas y relativas. Las variables cuantitativas fueron descritas en medidas de tendencia central y de dispersión de acuerdo con su distribución evaluado la prueba de Shapiro – Wilk. Para comparar las variables cualitativas se usó la prueba de X² o exacta de Fisher.
- Para el objetivo exploratorio de correlación entre los parámetros de EcoTT y la FEVD por RMNc se usó el coeficiente de correlación de Spearman o Pearson según su distribución. Un valor $p < 0,05$ fue considerado estadísticamente significativo, todos los test fueron realizados a 2 colas. Las pruebas fueron realizadas en el software estadístico Stata Corp.

7. Aspectos éticos

El desarrollo del estudio se ajustó a los principios señalados en la Declaración de Helsinki, de la Asociación Médica Mundial, Informe Belmont y pautas CIOMS y la normativa Colombiana establecida por la Resolución 8430 de 1993 por la que se establecen las normas científicas, técnicas y administrativas para la investigación en salud y para este caso en particular, la protección de datos clínicos derivados del manejo de la historia clínica reglamentada por la Resolución 1995 de 1999 y la Ley Estatutaria de habeas data 1581 de 2012 por lo cual se dictan las disposiciones generales para la protección de datos personales sancionada mediante la Ley 1581 de 2012 y reglamentada por el Decreto Nacional 1377 del 2013 que regula el manejo adecuado de datos sensibles.

7.1 Equipo de investigación

Camilo Andrés Calderón Miranda: Médico, Internista, Cardiólogo, estudiante de la especialización de ecocardiografía de la Universidad del Rosario, cuenta con 6 publicaciones en revistas nacionales y 3 revistas internacionales.

Juan Felipe Vásquez: Médico y Cirujano, especialista en Medicina Interna y Cardiología. Actualmente Fellow de Ecocardiografía de la Universidad del Rosario. En la actualidad cuenta con 16 publicaciones en revistas internacionales y nacionales. Ha tenido participación con presentación oral en congresos internacionales de American Heart Association y American College Of Cardiology.

7.2 Categoría de la investigación

Es una investigación sin riesgo de acuerdo con la Resolución 8430 de 1993. La investigación sin riesgo son estudios que emplean técnicas y métodos de investigación documental retrospectivos y aquéllos en los que no se realiza ninguna intervención o modificación intencionada en las variables fisiológicas, psicológicas y sociales de los individuos que participan en el estudio, entre los que se consideran: cuestionarios, entrevistas, revisión de

expedientes clínicos y otros, en los que no se le identifique ni se traten aspectos sensitivos de su conducta.

7.3 Población sujeta de investigación

La población que se abordó en el presente estudio de investigación incluyó pacientes que fueron atendidos en el servicio de RMNc y ecocardiografía, incluye aquellos pacientes que cumplen a cabalidad los criterios de inclusión y exclusión, que son dados por la calidad técnica de los estudios e indicación para ser incluidos en nuestra investigación, no se utilizaron criterios de selección que afectaran aspectos de discriminación y no se incluyó población vulnerable (menores de edad o pacientes embarazadas). El estudio se realizó en las instalaciones de la clínica LaCardio, por los investigadores principales y coautores del estudio (2 Fellows de la especialidad de Ecocardiografía, 1 cardiólogo clínico titulado y 5 cardiólogos ecocardiografistas).

7.4 Proceso de obtención de consentimiento informado

Nuestro trabajo de investigación no requirió la utilización de consentimiento informado, por cuanto se utilizó información de las plataformas SuitEstensa y Xero de donde se recuperarán las imágenes a procesar y se hicieron los cálculos cuantitativos, no hubo contacto con pacientes y la información se obtuvo de forma retrospectiva.

7.5 Uso de datos personales

Se mantuvo en todo momento la privacidad de los datos personales de los pacientes los cuales se identificaron por medio de un número único asignado a cada paciente, solo el investigador principal (CACM) conocía el número de identificación del paciente con el fin de acceder a los estudios guardados en las plataformas SuitEstensa y XERO de donde se recuperaron las imágenes a procesar. Los valores cuantitativos (áreas, volúmenes, velocidades) y cualitativos (aspecto, cinética, relaces) estuvieron disponibles en la base de datos y no constituyeron riesgo alguno a la privacidad del paciente. Una vez finalizó la recolección de datos, los números de

identificación fueron eliminados de la base de datos y la base final fué presentada a los comités de Ética e Investigación institucionales con el fin de que se aprobara y estuviera disponible para análisis posteriores si aplica.

7.6 Riesgos y Beneficios

Con relación a los posibles beneficios para los participantes por participar en el estudio, se encuentra la posibilidad de desarrollar una idea de investigación que incluya estudios relacionados con la especialidad en curso (Ecocardiografía), fomentando la adecuada realización y cuidadoso análisis de los estudios en pacientes, mostrando la importancia de la medición juiciosa y la interpretación detallada, para dar un diagnóstico adecuado de los estudios de ecocardiografía y RMNc. También, a través de la realización del estudio, se podrá realizar un ejercicio académico que permita conocer como los parámetros ecocardiográficos y de RMNc pudieron o no relacionarse para un diagnóstico adecuado de salud y enfermedad (disfunción del ventrículo derecho). Los resultados obtenidos del estudio permitirán enriquecer la literatura nacional y mundial, lo que ayudará a fortalecer el crecimiento en el conocimiento y la evidencia clínica de nuestra rama de la cardiología (Ecocardiografía) y poder utilizar los resultados en la práctica clínica diaria, de ser posible incluir nuestros resultados en las recomendaciones de las guías nacionales e internacionales. No se evidencian riesgos que pueden estar relacionados con la conducción del estudio, que afecten a los sujetos de investigación o al equipo de investigadores.

7.7 Titularidad de la información

La base de datos obtenida del presente trabajo es propiedad de la Fundación Cardioinfantil – LaCardio y departamento de investigaciones, así como el comité de Ética determinarán los requerimientos y usos futuros de la misma.

Los productos de investigación que de este trabajo deriven como posters, presentaciones en simposios o congresos y artículos de publicación se presentarán con la Fundación Cardioinfantil – LaCardio como institución principal en compañía de la Universidad del Rosario.

7.8 Criterios que se tendrá en cuenta para definir la autoría de los productos de investigación

Los criterios que se utilizaron para definir que uno de los integrantes del trabajo de investigación sea autor del trabajo fueron:

- Haber realizado contribuciones sustanciales a la concepción o diseño del trabajo; adquisición, análisis o interpretación de datos para el trabajo.
- Contribuir a la redacción del trabajo y revisión crítica del contenido intelectual.
- Aprobación final de la versión a publicar.
- Acuerdo para ser responsable de todos los aspectos del trabajo para garantizar que las preguntas relacionadas con la precisión e integridad del trabajo se investiguen y resuelvan adecuadamente.

8. Administración del proyecto

8.1 Presupuesto

Presupuesto global de la propuesta por fuentes de financiación			
RUBROS	Número	Costo	TOTAL
EQUIPOS DE USO PROPIO* (equipos y software)	2 computadores Software Stata	VU: 1.000.000 mcte	2.000.000 mcte
SERVICIOS TECNICOS Recolección de información y estadístico	2 recolectores de datos	VU: 2.000.000 mcte	4.000.000 mcte
PUBLICACIONES Y PATENTES Traducción al inglés del manuscrito y gastos de publicación	Expertos en traducción de literatura a idioma inglés Costos directo de la publicación	Valor Aproximado dependiente de la Extensión del Texto y revista objetivo para publicación: 15.000.000 mcte	15.000.000 mcte
TOTAL			21.000.000 mcte

8.2 Cronograma

Actividad para desarrollar/ Mes	1	2	3	4	5	6	7	8	7	8
Preparación del resumen ejecutivo										
Sometimiento a evaluación										
Muestreo y selección de pacientes										
Consecución de los datos del estudio										
Análisis de datos										
Preparación de documento final										

9. Resultados

Características generales de la población

Se incluyeron en total 131 pacientes que cumplieron los criterios de inclusión y exclusión para el estudio, 42% (55/131) mujeres y 58% (76/131) hombres, el promedio de edad fue de 50,9 años para toda la población (Tabla 1).

Los pacientes contaron con estudios de ecocardiografía transtorácica 2D y RNMc con diferencia de 2 días entre la realización de los exámenes. Del total de la población, el 71,1 % de los pacientes tuvo función sistólica del ventrículo derecho normal (FEVD > 45%) por RNM. El 9,16% tuvo disfunción leve, el 7,63% se clasificó como moderado y un 11,4% como severo (Tabla 1).

Dentro de los antecedentes, la presencia de hipertensión arterial fue la más frecuente (39,8%), seguido de dislipidemia (18,8%) y diabetes mellitus (8,6%).

Los tratamientos farmacológicos más frecuentemente empleados fueron betabloqueadores (59,8%), IECA/ARAII (31,9%), diuréticos de asa (18,9%) y tiazidas (4,1%). En cuanto la clase funcional, el 63,9% de la población (78/131) , se encontraba en clase funcional NYHA I. El 70% de los sujetos del grupo de disfunción severa estuvo clasificado en NYHA II y III comparado con los demás grupos.

El promedio de BUN fue de 17,1 mg/dl para toda la población, se encontraron diferencias estadísticamente significativas en el promedio de BUN entre los grupos de disfunción ventricular. El promedio de creatinina fue de 0,9 mg/dl (+-0,6 mg/dl) para todos los sujetos, Se observó el promedio en 1,9 mg/dl (+-1,8) en el grupo de disfunción moderada.

El péptido natriurético cerebral (BNP) presentó incrementos conforme al grado de disfunción ventricular derecha.

TABLA 1.

TABLA 1. CARACTERÍSTICAS GENERALES (n= 131)

	Todos n=131	Normal n=94	Leve n=12	Moderado n=10	Severo n=15
Sexo					
Femenino	55 (42,0)	46 (48,9)	2 (16,7)	2 (20,0)	5 (33,3)
Masculino	76 (58,0)	48 (51,0)	10 (83,3)	8 (80,0)	10 (66,7)
Edad	50,9 ± 14,01	49,1 ± 14,1	48,4 ± 16,6	57,5 ± 10,0	55,4 ± 12,5
IMC	25,4 ± 4,1	25,3 ± 3,9	24,1 ± 4,5	26,7 ± 4,0	26,3 ± 5,1
Antecedentes personales n(%)					
HTA	51 (39,8)	n=92 30 (32,6)	n=11 5 (45,5)	9 (90,0)	7 (46,7)
Diabetes Tipo 2	11 (8,6)	5 (5,4)	2 (18,2)	2 (20,0)	2 (13,3)
Dislipidemia	24 (18,8)	19 (20,7)	1 (9,1)	3 (30,0)	1 (6,7)
ERC en TRR	2 (1,6)	0 (0,0)	1 (9,1)	1 (10,0)	0 (0,0)
ERC sin TRR	1 (0,8)	0 (0,0)	1 (9,1)	0 (0,0)	0 (0,0)
Enfermedad Coronaria	8 (6,3)	3 (3,3)	1 (9,1)	1 (10,0)	3 (20,0)
RVM	1 (0,8)	0 (0,0)	0 (0,0)	1 (10,0)	0 (0,0)
Reemplazo Válvula Aortica	1 (0,8)	1 (1,1)	0 (0,0)	0 (0,0)	0 (0,0)
IC con FE preservada (n=128)	4 (3,1)	3 (3,3)	1 (9,1)	0 (0,0)	0 (0,0)
IC con FE reducida	12 (9,4)	3 (3,3)	1 (9,1)	5 (50,0)	3 (20,0)
TEP	3 (2,3)	2 (2,2)	0 (0,0)	1 (10,0)	0 (0,0)

EPOC	1 (0,8)	0 (0,0)	1 (9,1)	0 (0,0)	0 (0,0)
Fibrosis Pulmonar	5 (3,9)	4 (4,4)	0 (0,0)	0 (0,0)	1 (6,7)
Hipertensión pulmonar 1a	5 (3,9)	3 (3,3)	0 (0,0)	1 (10,0)	1 (6,7)
Antecedentes Farmacológicos n(%)					
Tiazidas	5 (4,1)	5 (5,8)	0 (0,0)	0 (0,0)	0 (0,0)
Furosemina	23 (18,9)	4 (4,7)	3 (27,3)	6 (60,0)	10 (66,7)
IECA	39 (31,9)	26 (30,2)	4 (36,4)	5 (50,0)	4 (26,7)
Betabloqueadores	73 (59,8)	41 (47,7)	8 (72,7)	10 (100)	14 (93,3)
Hallazgos Clínicos y Paraclínicos					
Clase funcional					
I	78 (63,9)	67 (76,1)	5 (50,0)	3 (30,0)	3 (21,4)
II	26 (21,3)	15 (17,0)	3 (30,0)	3 (30,0)	5 (35,7)
III	15 (11,5)	5 (5,7)	2 (20,0)	3 (30,0)	5 (35,7)
IV	3 (2,5)	1 (1,1)	0 (0,0)	1 (10,0)	1 (7,1)
Frecuencia cardíaca (lpm)	68 (69 - 80)	65,5 (60 - 79,5)	76 (65 - 85)	73 (64 - 80)	84 (65,5 - 92)
Hemoglobina (g/dl)	15,1 ± 2,3	15,1 ± 2,2	15,2 ± 1,8	16,0 ± 3,1	14,9 ± 2,4
BUN (mg/dl)	17,1 ± 8,2	14,0 ± 4,2	21,7 ± 8,9	23,9 ± 14,5	24,0 ± 8,9
Creatinina (mg/dl)	0,9 ± 0,6	0,8 ± 0,2	1,1 ± 0,2	1,9 ± 1,8	1,0 ± 0,3
Sodio (mmol/L)	138 (136 - 140)	138 (136 - 140)	138 (135 - 139)	138 (137 - 140)	139 (136 - 141)
Potasio (mmol/L)	4,1 ± 0,4	4,1 ± 0,4	4,0 ± 0,6	4,8 ± 0,7	4,1 ± 0,5
BNP (pg/ml)	283 (34,7 - 1351,1)	11,4 (10 - 129,1)	576 (100,2 - 784,8)	2645,8 (2613,1 - 3184)	1137 (154,8 - 1403,7)

IMC: índice de masa corporal; HTA: hipertensión arterial; ERC: enfermedad renal crónica; TRR: terapia de reemplazo renal; RVM: revascularización miocárdica; IC: insuficiencia cardíaca; FE: fracción de eyección; TEP: tromboembolismo pulmonar; EPOC: enfermedad pulmonar obstructiva crónica; IECA: inhibidor enzima convertidora de angiotensina; PAS: presión arterial sistólica; PAD: presión arterial diastólica; BUN: nitrógeno ureico; BNP: péptido natriurético. Valor p: diferencias significativas <0,05;

Datos de ecocardiografía transtorácica 2D

Los parámetros de ecocardiografía transtorácica se describen en la **tabla 2**. Los pacientes catalogados sin disfunción ventricular derecha presentaron valores normales de FEVI (60%, 55-66%), volúmenes ventriculares (VFDi: 58 ml/m²; 47,6 - 69.6 ml/m². VFSi: 21 ml/m²; 17,3- 25 ml/m²), diámetro indexado del anillo tricuspídeo (28,6 ml/m²; 26,5 – 32 ml/m²), área telediastólica indexada del ventrículo derecho (9,9 cm²/m²; 8,8 – 11 cm²/m²), TAPSE (22 mm; 19-25 mm), TAVSE (11 cm/seg; 10-13 cm/seg), presión sistólica del ventrículo derecho (30 mmHg; 25-34 mmHg) y CAF (46%; 40-50%). En la medida en que la disfunción ventricular derecha se hizo presente, estos valores fueron cambiando en relación con el grado de disfunción se encontró empeoramiento de los parámetros y hubo diferencias entre los grupos. La **Figura 1** muestra el comportamiento de los parámetros de valoración semicuantitativa del ventrículo derecho según el grado de disfunción definido por la FEVD estimada por RMNc.

TABLA 2. VARIABLES ECOCARDIÓGRAFICAS DE LA POBLACIÓN GENERAL Y SEGÚN EL GRADO DE DISFUNCIÓN VENTRICULAR DERECHA

	Todos n =131	Normal n=94	Leve n=12	Moderado n=10	Severo n=15
FEVI (%)	58 (48 - 63)	60 (55 - 66)	59,5 (35,5 - 62,5)	36,5 (25 - 40)	35 (16 - 35)
VFDi (ml/m ²)	58 (47,6 - 69,6)	54 (45 - 62)	62,5 (50 - 71)	107,5 (75 - 113)	104 (89 - 147,8)
VFSi (ml/m ²)	23,2 (18 - 32)	21 (17,3 - 25)	25,5 (19 - 37,4)	65,9 (49 - 85,6)	88,7 (63 - 102)
Volumen AI indexado (ml/m ²)	29 (22 - 36)	25,2 (21 - 31,8)	29,5 (22,5 - 37)	60,5 (52 - 78,5)	46,5 (33 - 63)

Volumen AD indexado (ml/m2)	20 (15,2 - 28,3)	17,3 (14,5 - 22)	25,1 (22 - 39)	38,5 (28,3 - 49)	46,6 (33,5 - 77)
Area telediastólica AD (cm2)	15 (12,3 - 19)	13,5 (12 - 16)	18 (16 - 22,5)	23 (18,8 - 29)	25,1 (19 - 29,3)
Diámetro anillo tricuspídeo (mm)	30 (27 - 36)	28,6 (26,5 - 32)	38 (26,1 - 38)	37,1 (34,5 - 39)	38,7 (35,5 - 42,8)
Diámetro anillo tricuspídeo indexado (mm/m2)	17,4 (15,3 - 20)	17 (15 - 18,7)	19 (15,23 - 21)	21,4 (20 - 23)	21,8 (20 - 26)
Área telediastólica del VD (cm2)	18,4 (16 - 22)	17 (15 - 20)	21,6 (16- 26)	26,3 (18,4 - 29)	25,5 (20 - 32)
Área telediastólica del VD indexada (cm2/m2)	10,2 (9 - 12)	9,9 (8,8 - 11)	13 (9,3 - 13,3)	14,3 (11,5 - 17,6)	14,3 (12 - 17)
Diámetro basal del VD (mm)	36 (33 - 40)	34,8 (32 - 38)	40 (34,7 - 49)	42,7 (36 - 51)	43 (40 - 51)
Diámetro medio del VD (mm)	28 (24 - 31)	27 (23 - 30)	30,5 (27 - 35)	31 (25,2 - 41)	35,7 (31 - 40)
TAPSE (mm)	21 (17,5 - 24)	22 (19 - 25)	21 (16,5 - 25)	17 (10,7 - 20,2)	13 (11 - 17)
TAVSE (cm/sg)	11 (10 -13)	11 (10 - 13)	10 (9 - 11)	10,5 (7 - 11)	8 (7 - 10)
CAF (%)	43 (35 - 50)	46 (40 - 50)	37,9 (30 - 42)	31 (30 - 44)	23 (16 - 32)
Disfunción cualitativa del VD	100 (76,3)	86 (91,5)	9 (75,0)	3 (30)	2 (13,3)
Sin disfunción	16 (12,2)	5 (5,3)	2 (16,7)	5 (59)	4 (26,7)
Leve	5 (3,8)	0 (0,0)	1 (8,3)	0 (0)	4 (26,7)
Moderada	10 (7,6)	3 (3,2)	0 (0,0)	2 (20)	5 (33,3)
Severa					

IT					
Sin IT	67 (51,2)	59 (62,7)	4 (33,3)	1 (10)	3 (20)
Leve	50 (38,2)	33 (35,1)	7 (58,3)	8 (80)	2 (13,3)
Leve - mod	6 (4,6)	1 (1,1)	0 (0)	1 (10)	4 (26,7)
Mod - severo	4 (3,1)	0 (0)	0 (0)	0 (0)	4 (26,7)
Severo	2 (1,5)	0 (0)	0 (0)	0 (0)	2 (13,3)
Torrencial	2 (1,5)	1 (1,1)	1 (8,3)	0 (0)	0 (0)
Velocidad máxima de insuficiencia tricuspídea (m/sg)	2,6 (2,3 - 2,8)	2,5 (2,2 - 2,7)	2,2 (1,9 - 2,6)	2,8 (2,6 - 3,2)	2,9 (2,6 - 3,6)
Rango de presión de AD *					
0-5 mmHg	104 (80,6)	88 (93,6)	9 (81,8)	5 (50)	2 (14,3)
6-10 mmHg	14 (10,8)	5 (5,3)	1 (9,1)	2 (20)	6 (42,9)
10-20 mmHg	5 (3,8)	0 (0)	0 (0)	3 (30)	2 (14,3)
>20 mmHg	6 (4,6)	1 (1,1)	1 (9,1)	0 (0)	4 (28,6)
PSAP (mmHg)	32 (27 - 41)	30 (25 - 34)	29 (24 - 34)	48 (36 - 55)	53,5 (37,5 - 64)
Relación TAPSE/PSAP	0,62 (0,33 - 0,88)	0,78 (0,6 - 0,9)	0,7 (0,6 - 0,7)	0,3 (0,2 - 0,4)	0,2 (0,1 - 0,3)

* Estimado según el diámetro y colapso inspiratorio de la vena cava inferior.

FEVI: fracción de eyección del ventrículo izquierdo; AD: aurícula derecha; VD: ventrículo derecho; CAF: cambio en el área fraccional; PSAP: presión sistólica de la arteria pulmonar; TAPSE: excursión sistólica del plano anular tricúspide. IT: Insuficiencia tricúspide.

Valores como n (%), mediana (p25 – p75), valor p <0,05 estadísticamente significativo.

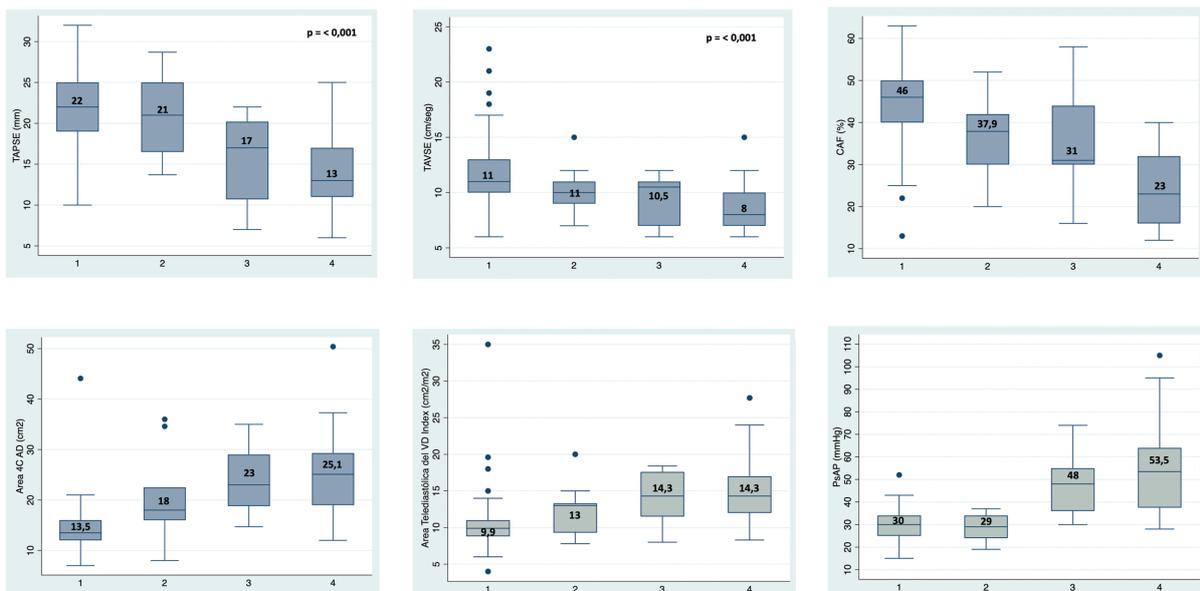


Figura 1. Valores de las variables de evaluación cuantitativa y semicuantitativa del ventrículo derecho por ECO 2D en relación a los grados de disfunción del ventrículo derecho según FEVD por RNMc.

1: FEVD Normal (> 45%), 2: FEVD Levemente reducida (41-45%), 3: FEVD Moderadamente reducida (31 – 40%), 4: FEVD Severamente reducida (<= 30%).

Basados en la evaluación morfológica del ventrículo derecho y en los valores obtenidos de los análisis semicuantitativos, se realizó una categorización cualitativa del grado de disfunción del VD por ecocardiografía. De los 131 pacientes analizados, 100 (76,3%) fueron catalogados “sin disfunción” en el análisis ecocardiográfico. Los estudios de RMNc identificaron a 94 (71,8%) pacientes “sin disfunción”. En el subgrupo de disfunción leve 16 (12,2%) pacientes fueron identificados por ecocardiografía, siendo 12 (9,16%) corroborados por RMNc. Para el subgrupo de disfunción moderada 5 (3,8%) pacientes fueron asignados por ecocardiografía versus 10 (7,6%) pacientes categorizados con disfunción moderada por RMNc. Finalmente, 10 (7,6%) fueron catalogados con disfunción severa por ecocardiografía contra 15 (11,5%) pacientes que fueron severos por RMNc. No se encontró diferencias en la clasificación para cada subgrupo - **Tabla 3**.

TABLA 3. COMPARACIÓN DE LA EVALUACIÓN DEL GRADO DE DISFUNCIÓN ESTIMADA CUALITATIVAMENTE POR ECOCARDIOGRAFIA VS RMNc (SEGÚN FEVD)

	ECO TT n=131	RMN n=131	valor P
Sin disfunción	100 (76,3)	94 (71,8)	0,397
Disfunción Leve	16 (12,2)	12 (9,16)	0,423
Disfunción Moderada	5 (3,8)	10 (7,6)	0,183
Disfunción Severa	10 (7,6)	15 (11,5)	0,293

Evaluación por Resonancia Magnética Cardíaca.

La principal indicación para la realización de los estudios de RMNc fue la evaluación de arritmias (37,4%) seguido de estudio de cardiomiopatía (34,4%) e infarto de miocardio sin enfermedad coronaria obstructiva (MINOCA) (19,8%). Otras indicaciones menos frecuentes fueron evaluación de enfermedad isquémica, evaluación del ventrículo derecho y estudio de enfermedad valvular.

De los 94 pacientes asignados al grupo sin disfunción ventricular derecha, 93 presentaron absoluta normalidad en todos los parámetros morfológicos y de función bi-ventricular y valvular. Solo en un paciente se reportó una zona de cicatriz determinada por la presencia de realce tardío de gadolinio. Los volúmenes ventriculares incrementaron conforme progresó el grado de disfunción. A mayor grado de disfunción se registraron descensos en los valores de la fracción de eyección de ambos ventrículos.

La presencia de zonas de cicatriz definidas por el hallazgo de realce tardío con gadolinio se identificó en el ventrículo izquierdo en 8 pacientes (6,1%), todos de probable etiología isquémica. Dos de localización subendocárdica y 6 de localización transmural. El hallazgo de realce tardío en la pared libre del ventrículo derecho estuvo presente en 10 pacientes (7,7%) distribuidos de la siguiente manera: 1 en el grupo de pacientes sin disfunción, 2 en el grupo con disfunción leve, 2 en el grupo con disfunción moderada y 5 en el grupo con disfunción severa. Los parámetros obtenidos de las RMNc se describen en la tabla 4.

TABLA 4. VARIABLES DE RNM CARDIACA DE LA POBLACIÓN GENERAL Y SEGÚN EL GRADO DE DISFUNCIÓN VENTRICULAR DERECHA

	Todos n=131	Normal n=94	Leve n=12	Moderado n=10	Severo n=15
FEVI (%)	59 (54 - 63)	61 (58 - 63)	55,5 (28,5 - 58,5)	31,5 (24 - 39)	25 (17 - 33)
VFD VI (ml)	133,3 (112,6 - 170,7)	1125,6 (104,9 - 148,8)	159,2 (129,1 - 199,9)	218,3 (169,4 - 244,4)	196,2 (144 - 328,3)
VFD VI indexada (ml/m ²)	76,2 (66,1 - 91,7)	71,5 (64,3 - 80,8)	87,3 (75,4 - 111,1)	127,6 (98,9 - 150,8)	115,4 (83,7 - 171,4)
VFS VI (ml)	56 (44,1 - 88,7)	48,5 (41,5 - 60,3)	64,4 (56,1 - 141,8)	145,6 (103,2 - 195,4)	155,9 (100 - 251,3)
VFS VI indexada (ml/m ²)	31,4 (24,9 - 41,8)	27,9 (24,2 - 33,1)	36,1 (31,7 - 79,5)	80,8 (58,4 - 117,9)	97,8 (59,9 - 138,5)
VFD VD (ml)	147,3 (117,1 - 174)	132,2 (111,9 - 164,7)	164,2 (135,1 - 215,4)	163,9 (147,3 - 247,8)	192,7 (149,9 - 251,9)
VFD VD indexado (ml/m ²)	81,9 (69 - 97,1)	75,8 (65,7 - 90,2)	92,9 (79,2 - 118,2)	105,5 (88,7 - 137,1)	105,6 (92,7 - 161,6)

VFS VD (ml)	69,8 (49,2 - 97,5)	59,2 (44,2 - 73,8)	93,4 (75,1 - 122,6)	110,9 (90,5 - 154,2)	138,2 (114,7 - 180,1)
VFS VD indexado (ml/m ²)	37,5 (28,7 - 52,1)	33 (24,5- 41,1)	53,4 (44,7 - 64,9)	70,6 (54,2 - 85,3)	79,3 (68,3 - 116,4)
LGE VD pared libre					
Sin relace	123 (93,9)	93 (98,9)	9 (75)	9 (90)	12 (80)
Subendocardico	2 (1,5)	0 (0)	2 (16,7)	0 (0)	0 (0)
Subepicardico	0 (0)	0 (0)	0 (0)	0 (0)	0 (0)
Transmural	6 (4,6)	1 (1,1)	1 (8,3)	1 (10)	3 (20)
LGE VD					
No	120 (92,3)	93 (98,9)	10 (83,3)	7 (77,8)	10 (66,7)
Si	10 (7,7)	1 (1,1)	2(16,7)	2 (22,2)	5 (33,3)

FEVI: fracción eyección ventrículo izquierdo; VD: ventrículo derecho; TT: transtorácico, RMN: resonancia magnética; valores como n (%), mediana (p25 – p75); valor p <0,05 estadísticamente significativo.

Correlación de las mediciones ecocardiográficas con la FEVD estimada por RNM cardiaca

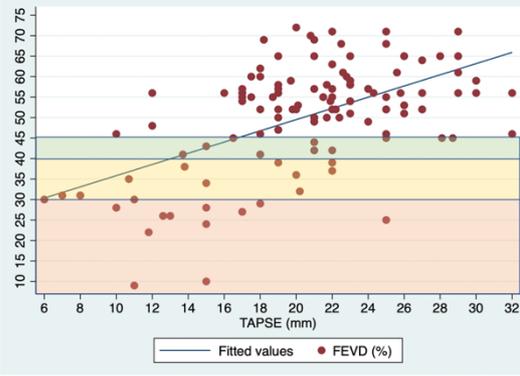
Las variables ecocardiográficas empleadas en la evaluación rutinaria del ventrículo derecho incluidas en el presente estudio fueron: TAPSE (mm), TAVSE (cm/seg), CAF (%), Área telediastólica indexada del VD (cm²/m²), índice de acoplamiento ventricular (TAPSE/PsAP), presión sistólica del ventrículo derecho y el área auricular derecha obtenida desde una proyección apical de 4 cámaras. De los parámetros anteriormente descritos, solo mostró una correlación alta el índice de acoplamiento ventricular (TAPSE/PsAP), Rho: 0,708, p=0,0001. Los valores que mostraron una correlación moderada con la fracción de eyección del VD por RNM cardiaca fueron los siguientes: CAF% (Rho: 0,51; p= < 0,001), PsAP (Rho: 0,497; p= 0,001), Área AD 4C (0,494; p= 0,001), área telediastólica indexada del VD (Rho: 0,471; p= 0,001) y TAPSE (Rho: 0,47; p= < 0,001). Los coeficientes de correlación se detallan en la tabla 5 y figura 2.

TABLA 5. COEFICIENTE DE CORRELACIÓN DE SPEARMAN

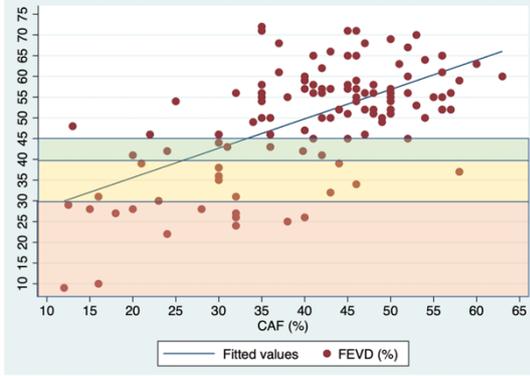
Variable	Rho de Spearman	Valor p
TAPSE (mm)	0,470	<0,001
TAVSE (cm/sg)	0,372	<0,001
CAF (%)	0,513	<0,001
Área 4C 4D	-0,494	<0,001
Área telediastólica del VD indexado	-0,471	<0,001

PSAP mmHg	-0,497	<0,001
Relación TAPSE/PSAP	0,708	<0,001

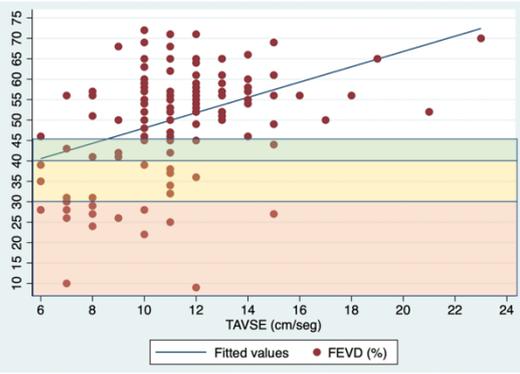
Correlación FEVD / TAPSE (Spearman's rho = 0.4703; p valor = <0,001)
Correlación directa positiva



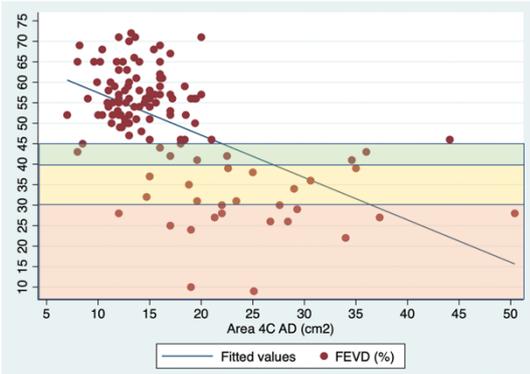
Correlación FEVD / CAF (Spearman's Rho = 0,513; p valor = <0,001)
Correlación directa positiva



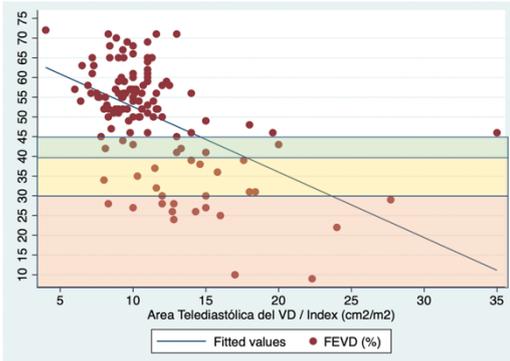
Correlación FEVD / TAVSE (Spearman's Rho = 0,372; p valor = <0,001)
Correlación directa positiva



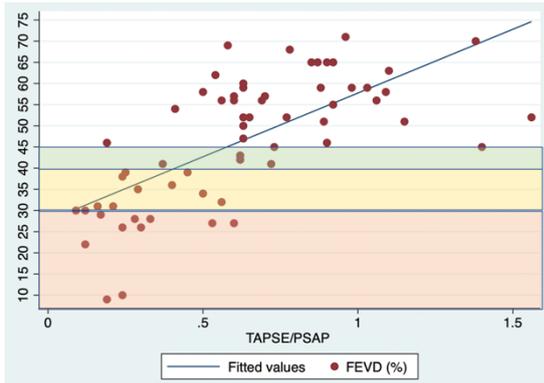
Correlación FEVD / Área 4C AD (Spearman's Rho = -0,494; p valor = <0,001)
Correlación directa negativa



Correlación FEVD / Área telediastólica del VD Index (Spearman's Rho = -0,471; p valor = 0,001)
Correlación directa negativa



Correlación FEVD - TAPSE/PSAP (Spearman's Rho = 0,708; p valor = 0,001)
Correlación directa positiva



Correlación FEVD / PSAP (Spearman's Rho = -0,497, p valor = 0,001).
Correlación directa negativa

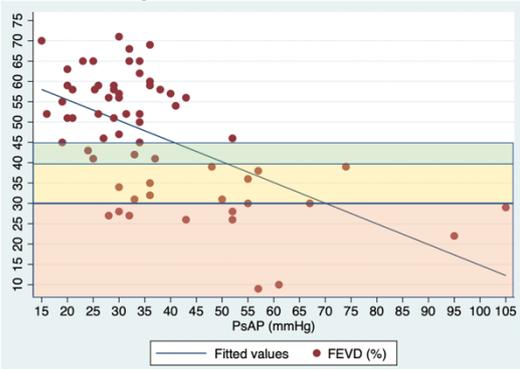


Figura 2. Coeficientes de correlación de cada variable de evaluación ecocardiográfica del VD con la FEVD con resonancia magnética cardiaca.

10. Discusión

Los parámetros cuantitativos y semicuantitativos de evaluación funcional del VD por ecocardiografía 2D disponibles a la fecha ostentan una moderada correlación con la medición de la fracción de eyección ventricular derecha por RMNc considerada el estándar de oro para la evaluación anatómica y funcional del VD. Los parámetros de mejor rendimiento (correlación) fueron: relación TAPSE/pSAP ($r = 0,708$; $p < 0,001$), CAF ($r=0,513$; $p < 0,00$), área de la aurícula derecha 4CH ($r=-0,494$; $p < 0,001$), PsAP ($r=0,497$; $p < 0,001$), TAPSE ($r=0,470$; $p < 0,001$) y área telediastólica del VD indexada ($r=-0,471$; $p < 0,0019$).

La población evaluada incluyó proporciones similares en sexo (Masculino: 58%, Femenino: 42%). El grupo de pacientes sin evidencia de anormalidad estructural o funcional en los estudios de imágenes (ECO y/o RNMc), ostentó baja prevalencia de comorbilidades siendo la presencia de hipertensión arterial la más frecuentes (39,8%). En los pacientes pertenecientes al grupo con disfunción del VD la presencia de mayor carga de comorbilidad fue proporcionalmente mayor conforme avanzó la disfunción del ventrículo derecho (Hipertensión Arterial 45-90%) indicando que aquellos con algún grado de disfunción ventricular derecha eran pacientes más enfermos.

La cavidad ventricular derecha es una estructura de morfología no geométrica lo que dificulta su evaluación mediante asunciones geométricas como suele realizarse con su homólogo del lado izquierdo.²¹ ²¹Se conoce que el VD tiene fibras longitudinales que acortan el eje largo llevando el anillo tricuspídeo hacia el vértice y fibras circunferenciales que conducen a un acortamiento transversal con efecto de fuelle. En condiciones normales, el acortamiento longitudinal corresponde al 75% de la contracción del VD.²² Es así, como algunas de las mediciones que evalúan el funcionamiento sistólico del VD se basan en la medición de éste acortamiento longitudinal, puntualmente el TAPSE y el TAVSE.^{21, 23}

La evaluación de la función ventricular derecha mediante el TAPSE es un método sencillo de realizar. El valor de corte establecido para disfunción es menor de 16 mm. Dentro de las desventajas del TAPSE, se encuentra su dependencia de las condiciones de carga de presión y de volumen lo que ocasiona sobre-estimación en situaciones como la insuficiencia tricúspide

severa.²⁴ En los estudios donde se compara contra la FEVD estimada por RMNc el comportamiento no es completamente lineal por cuanto la correlación identificada fue moderada ($r^2 = 0.42$, $p < 0.001$).^{25,26} En nuestro trabajo, la correlación del TAPSE con las FEVD estimada por RMNc fue moderada ($r = 0,47$; $p = < 0,001$) siendo similar a lo identificado en trabajos previos como el realizado por Werther-Evaldsson et al.²⁷ donde se realizó la correlación de los parámetros de función ventricular derecha ecocardiográfica contra la RNM cardiaca en pacientes con diagnóstico de hipertensión pulmonar identificando una correlación moderada ($r = 0,59$; $p = < 0,001$). A pesar de no tener un comportamiento completamente lineal, los valores obtenidos según el grado de disfunción mostraron un comportamiento descendente de los valores de TAPSE conforme avanzó la disfunción con valores de mediana de 22 mm, 21 mm, 17 mm y 13 mm para los grados normal, leve reducción, moderada reducción y severa reducción respectivamente.²⁸

El análisis del TAVSE (cm/seg) es otra forma de evaluar la función de contracción longitudinal del ventrículo derecho. Esta, más específicamente hace referencia a la velocidad de desplazamiento sistólico del anillo tricuspídeo; es decir, la porción basal del ventrículo derecho. El valor de corte para anormalidad es < 10 cm/seg.⁶

En nuestro análisis, los valores de TAVSE mostraron una correlación débil ($r = 0,372$; $p = < 0,001$) con la fracción de eyección del VD obtenida por RMNc indicando un comportamiento no lineal. Los valores de mediana obtenidos en los paciente sin disfunción (11 cm/seg), con disfunción leve (11 cm/seg) y disfunción moderada (10,5 cm/seg) fueron bastante similares. Para el grupo de disfunción severa, el valor de mediana de TAVSE fue de 8 cm/seg, cuyo valor se ha encontrado asociado a FEVD por RNM $< 30\%$ con adecuado rendimiento operativo (AUC 0.878; IC95:0.805–0.951).³⁰

El cambio de área fraccional (CAF%), es la relación porcentual de cambio entre el área telediastólica y telesistólica del ventrículo derecho. Esta variable refleja los componentes longitudinal y radial de la contracción ventricular derecha. El valor de corte definido para establecer disfunción es $< 35\%$. Estudios que le comparan contra FEVD por RNM han demostrado una adecuada capacidad discriminativa con valores por debajo de 35%. El rendimiento mejoran aún más cuando el CAF cae por debajo del 25% indicando mayor grado de severidad y menor FEVD corroborada por RMNc (AUC: 0.884; IC95: 0.830–0.939).³⁰

Nuestros resultados, mostraron valores decrecientes del CAF en relación a mayor grado de disfunción ventricular derecha. Los valores de mediana obtenidos para cada sub-grupo fueron muy similares a los reportados en trabajos similares previamente publicados.⁸ La correlación con la FEVD por RMNc fue moderada con un valor mayor ($r = 0,513$; $p = < 0,001$) al reportado por Pavlicek et al. En un trabajo similar.³⁰

La evaluación de las dimensiones de la aurícula derecha ha sido poco evaluada. Sin embargo, algunos estudios han demostrado que el valor del área obtenida desde una proyección apical de 4 cámaras puede estar relacionado a mayor riesgo de mortalidad en pacientes con hipertensión pulmonar primaria.⁶ El valor de referencia normal es de 18 cm². De esta manera, las dimensiones de la aurícula derecha se convierten en un marcador indirecto o asociado a la presencia de disfunción ventricular derecha.³¹

Nuestro análisis revela como en la medida que se manifiesta la disfunción del VD y disminuyen los valores de FEVD el área de la AD incrementa con una correlación negativa moderada ($r = -0,494$; $p = < 0,001$).

El acoplamiento Ventrículo-Arterial es la relación entre la elastancia telesistólica (contractilidad) y la elastancia arterial (carga). Esta relación se evalúa mediante ecocardiografía a través de la relación TAPSE/pSAP. Los resultados del análisis de esta relación han demostrado su asociación con pronóstico, mortalidad y la presencia de disfunción ventricular derecha. Valores menores de 0,31 reflejan pérdida del acoplamiento. Resultados menores de 0,25 predicen falla ventricular derecha.¹⁸

En los resultados obtenidos en nuestro trabajo, el índice de acoplamiento tuvo el comportamiento esperado con valores menores a 0,3 en los paciente con disfunción moderada (0,3) y severa (0,2) con la mejor correlación con los valores de FEVD por RNMc ($r = 0,708$; $p = 0,001$) corroborando su comportamiento lineal.

Por último, la medición del grado de hipertensión pulmonar es otro parámetro que puede estar relacionado a la disfunción ventricular derecha toda vez que cuanto más altas sean las resistencias vasculares pulmonares mayor será el trabajo y la carga para el ventrículo derecho lo que conllevará al desarrollo de disfunción ventricular derecha. En concordancia con esta afirmación, los valores de PsAP registrados en nuestro trabajo fueron elevados (> 40 mmHg)

en los pacientes con disfunción moderada y severa del ventrículo derecho. El valor de PsAP mostró una correlación moderada con la FEVD por RMNc ($r = -0,497$; $p < 0,001$).

Gran parte de las descripciones disponibles en la literatura que evalúan los parámetros de función ventricular derecha comparados con RNM reportan resultados favorables con buena capacidad discriminativa.^{8,30,32} Los lineamientos de evaluación ecocardiográfica del VD están a favor del uso complementario de éstas mediciones con el fin de determinar de manera dicotómica la presencia o no de disfunción del VD.⁶ Sin embargo, en la práctica habitual se suele incluir en los reportes una categorización de la disfunción en grados de severidad (leve, moderado y severa) que en la mayoría de las veces es cualitativa y en menor proporción apoyada con las variables cuantitativas.¹¹ Los datos obtenidos en el presente análisis muestran que no hay diferencia significativa entre las asignación a cada grupo con análisis cualitativo VS la FEVD categorizada por RMNc. Sin embargo, en los escasos pacientes en los que no hubo concordancia, el análisis cualitativo erró en la clasificación por más de un grado de severidad.

En cuanto a las limitaciones de nuestro estudio, se trata de un estudio retrospectivo con dificultad en la recolección de información, sin embargo, revisamos las historias clínicas al detalle y excluimos aquellos sujetos que no tuvieran los parámetros ecocardiográficos y de RMNc completos.

El número de sujetos de nuestro estudio es pequeño, sin embargo, nuestros pacientes corresponden a un seguimiento de 5 años de procedimientos y los resultados obtenidos son coincidentes con lo encontrado en la literatura.

Los datos presentados pertenecen a un solo centro de atención lo que puede dar lugar a sesgos y limita la validez externa del estudio. Sin embargo, nuestro centro es de alta complejidad y el único en Latinoamérica con certificación de Acreditación Intersociedades (IAC) lo que respalda la calidad de las imágenes analizadas.

Cabe resaltar que la categorización funcional del ventrículo derecho por ecocardiografía es aún un tema por explorar, toda vez que a la fecha ésta se realiza con un componente predominantemente subjetivo que ha demostrado alta variabilidad y pobre precisión. Establecer el comportamiento de las variables cuantitativas y semicuantitativas con relación los grados de

disfunción por RMNc es una forma de evaluar la posibilidad a futuro de establecer puntos de corte para un análisis más objetivo.

11. Conclusiones

- Los parámetros clásicos de evaluación cuantitativa y semicuantitativa del ventrículo derecho (TAPSE, TAVSE, área diastólica de la AD, CAF%, TAPSE/PsAP, PsAP) mostraron un comportamiento escalonado (positivo o negativo) con respecto a la fracción de eyección del VD medida por RMNc.
- La correlación de los parámetros de evaluación del VD (TAPSE, TAVSE, área diastólica de la AD, CAF%, TAPSE/PsAP, PsAP) por ecocardiografía 2D fue moderada con respecto a la FEVD medida por RNM.
- La relación TAPSE / PsAP mostró ser el parámetro con mejor comportamiento lineal (correlación) con la FEVD medida por RMNc.
- La evaluación cualitativa de los grados de disfunción del VD por Ecocardiografía 2D parecen no diferir de la realizada a partir de la FEVD por RNM. Sin embargo, en los pacientes no coincidente entre cada grupo, existieron errores en la asignación cualitativa por más de dos grados de severidad en ascenso o descenso.

12. Referencias

1. Raina A, Meeran T. Right Ventricular Dysfunction and Its Contribution to Morbidity and Mortality in Left Ventricular Heart Failure. *Curr Heart Fail Rep.* 2018;15(2):94-105. doi:10.1007/S11897-018-0378-8
2. Mathew J, Dipchand AI. Right Ventricular Dysfunction Post-Heart Transplantation. *Right Ventricular Physiology, Adaptation and Failure in Congenital and Acquired Heart Disease.* Published online December 19, 2018:193-216. doi:10.1007/978-3-319-67096-6_15
3. Towheed A, Sabbagh E, Gupta R, et al. Right ventricular dysfunction and short-term outcomes following left-sided valvular surgery: An echocardiographic study. *J Am Heart Assoc.* 2021;10(4):1-13. doi:10.1161/JAHA.120.016283
4. Puchalski MD, Williams R v., Askovich B, Minich LLA, Mart C, Tani LY. Assessment of right ventricular size and function: Echo versus magnetic resonance imaging. *Congenit Heart Dis.* 2007;2(1):27-31. doi:10.1111/j.1747-0803.2007.00068.x
5. Schneider M, Ran H, Aschauer S, et al. Visual assessment of right ventricular function by echocardiography: how good are we? *Int J Cardiovasc Imaging.* 2019;35:2001-2008. doi:10.1007/s10554-019-01653-2
6. Rudski LG, Lai WW, Afilalo J, et al. Guidelines for the Echocardiographic Assessment of the Right Heart in Adults: A Report from the American Society of Echocardiography. Endorsed by the European Association of Echocardiography, a registered branch of the European Society of Cardiology, and . *Journal of the American Society of Echocardiography.* 2010;23(7):685-713. doi:10.1016/j.echo.2010.05.010
7. Kavurt AV, Paç FA, Koca S, Mutlu Mihçioğlu A, Yiğit H. The evaluation of right ventricular systolic function in patients with repaired Tetralogy of Fallot by conventional echocardiographic methods and speckle tracking echocardiography: Compared with the gold standard cardiac magnetic resonance. *Echocardiography.* 2019;36(12):2251-2258. doi:10.1111/ECHO.14532
8. Agasthi P, Chao CJ, Siegel RJ, et al. Comparison of echocardiographic parameters with cardiac magnetic resonance imaging in the assessment of right ventricular function. *Echocardiography.* 2020;37(11):1792-1802. doi:10.1111/ECHO.14877
9. Muraru D, Badano LP, Nagata Y, et al. Development and prognostic validation of partition values to grade right ventricular dysfunction severity using 3D echocardiography. *Eur Heart J Cardiovasc Imaging.* 2020;21(1):10-21. doi:10.1093/ehjci/jez233
10. Lang RM, Badano LP, Mor-Avi V, et al. Recommendations for Cardiac Chamber Quantification by Echocardiography in Adults: An Update from the American Society of Echocardiography and the European Association of Cardiovascular Imaging. doi:10.1093/ehjci/jev014
11. Schneider M, Aschauer S, Mascherbauer J, et al. Echocardiographic assessment of right ventricular function: current clinical practice. *International Journal of Cardiovascular Imaging.* 2019;35(1):49-56. doi:10.1007/s10554-018-1428-8
12. Zornoff LAM, Skali H, Pfeffer MA, et al. Right ventricular dysfunction and risk of heart failure and mortality after myocardial infarction. *J Am Coll Cardiol.* 2002;39(9):1450-1455. doi:10.1016/S0735-1097(02)01804-1

13. Raina A, Meeran T. Right Ventricular Dysfunction and Its Contribution to Morbidity and Mortality in Left Ventricular Heart Failure. *Curr Heart Fail Rep.* 2018;15(2):94-105. doi:10.1007/S11897-018-0378-8
14. Towheed A, Sabbagh E, Gupta R, et al. Right ventricular dysfunction and short-term outcomes following left-sided valvular surgery: An echocardiographic study. *J Am Heart Assoc.* 2021;10(4):1-13. doi:10.1161/JAHA.120.016283
15. Ravis E, Theron A, Mancini J, et al. Severe right ventricular dysfunction is an independent predictor of pre- and post-transplant mortality among candidates for heart transplantation. *Arch Cardiovasc Dis.* 2017;110(3):139-148. doi:10.1016/J.ACVD.2016.06.002
16. Hamilton-Craig CR, Stedman K, Maxwell R, et al. Accuracy of quantitative echocardiographic measures of right ventricular function as compared to cardiovascular magnetic resonance-NC-ND license (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>). *IJCHA.* 2016;12:38-44. doi:10.1016/j.ijcha.2016.05.007
17. Smolarek D, Gruchała M, Sobiczewski W. Echocardiographic evaluation of right ventricular systolic function: The traditional and innovative approach. *Cardiol J.* 2017;24(5):563-572. doi:10.5603/CJ.a2017.0051
18. Todaro MC, Carerj S, Zito C, Trifirò MP, Consolo G, Khandheria B. Echocardiographic evaluation of right ventricular-arterial coupling in pulmonary hypertension. *Am J Cardiovasc Dis.* 2020;10(4):272-283. <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/33224574><http://www.pubmedcentral.nih.gov/articlerender.fcgi?artid=PMC7675169>
19. Tello K, Wan J, Dalmer A, et al. Validation of the Tricuspid Annular Plane Systolic Excursion/Systolic Pulmonary Artery Pressure Ratio for the Assessment of Right Ventricular-Arterial Coupling in Severe Pulmonary Hypertension. *Circ Cardiovasc Imaging.* 2019;12(9):9047. doi:10.1161/CIRCIMAGING.119.009047/FORMAT/EPUB
20. Bech-Hanssen O, Astengo M, Fredholm M, et al. Grading right ventricular dysfunction in left ventricular disease using echocardiography: a proof of concept using a novel multiparameter strategy. *ESC Heart Fail.* 2021;8(4):3223-3236. doi:10.1002/ehf2.13448
21. Muraru D. 22nd Annual Feigenbaum Lecture: Right Heart, Right Now: The Role of Three-Dimensional Echocardiography. *Journal of the American Society of Echocardiography.* 2022;35(9):893-909. doi:10.1016/J.ECHO.2022.05.011
22. Haddad F, Hunt SA, Rosenthal DN, Murphy DJ. Right Ventricular Function in Cardiovascular Disease, Part I. *Circulation.* 2008;117(11):1436-1448. doi:10.1161/CIRCULATIONAHA.107.653576
23. Genovese D, Mor-Avi V, Palermo C, et al. Comparison Between Four-Chamber and Right Ventricular-Focused Views for the Quantitative Evaluation of Right Ventricular Size and Function. *J Am Soc Echocardiogr.* 2019;32(4):484-494. doi:10.1016/J.ECHO.2018.11.014
24. Wu CC, Takeuchi M. Echocardiographic assessment of right ventricular systolic function. *Cardiovasc Diagn Ther.* 2018;8(1):70-79. doi:10.21037/CDT.2017.06.05
25. Grover SK, Leong DP, Molaei P, et al. Validation of echocardiographic indices of right ventricular systolic function with cardiac magnetic resonance: a comparative study. *Journal of Cardiovascular Magnetic Resonance* 2011 13:1. 2011;13(1):1-2. doi:10.1186/1532-429X-13-S1-O75
26. Morcos P, Vick GW, Sahn DJ, Jerosch-Herold M, Shurman A, Sheehan FH. Correlation of right ventricular ejection fraction and tricuspid annular plane systolic excursion in

- tetralogy of Fallot by magnetic resonance imaging. *Int J Cardiovasc Imaging*. 2009;25(3):263-270. doi:10.1007/S10554-008-9387-0
27. Evaldsson AW, Lindholm A, Jumatate R, et al. Right ventricular function parameters in pulmonary hypertension: Echocardiography vs. cardiac magnetic resonance. *BMC Cardiovasc Disord*. 2020;20(1):1-12. doi:10.1186/S12872-020-01548-4/FIGURES/4
 28. Kresoja KP, Rommel KP, Lücke C, et al. Right Ventricular Contraction Patterns in Patients Undergoing Transcatheter Tricuspid Valve Repair for Severe Tricuspid Regurgitation. *JACC Cardiovasc Interv*. 2021;14(14):1551-1561. doi:10.1016/J.JCIN.2021.05.005
 29. Bleeker GB, Steendijk P, Holman ER, et al. Assessing right ventricular function: the role of echocardiography and complementary technologies. *Heart*. 2006;92(Suppl 1):i19. doi:10.1136/HRT.2005.082503
 30. Pavlicek M, Wahl A, Rutz T, et al. Right ventricular systolic function assessment: rank of echocardiographic methods vs. cardiac magnetic resonance imaging. *Eur J Echocardiogr*. 2011;12(11):871-880. doi:10.1093/EJECHOCARD/JER138
 31. Schneider M, Binder T. Echocardiographic evaluation of the right heart. *Wien Klin Wochenschr*. 2018;130(13-14):413-420. doi:10.1007/s00508-018-1330-3
 32. Seo HS, Lee H. Assessment of Right Ventricular Function in Pulmonary Hypertension with Multimodality Imaging. *J Cardiovasc Imaging*. 2018;26(4):189. doi:10.4250/JCVI.2018.26.E28