UNIVERSIDAD CENTRAL DE VENEZUELA

FACULTAD DE MEDICINA

COORDINACIÓN DE ESTUDIOS DE POSTGRADO

PROGRAMA DE ESPECIALIZACIÓN EN MEDICINA MATERNO FETAL

MATERNIDAD “CONCEPCIÓN PALACIOS”

# CRECIMIENTO INTRAUTERINO RESTRINGIDO: FUNCIÓN CARDÍACA SEGÚN LA EXCURSIÓN SISTÓLICA TRICÚSPIDE Y MITRAL

Trabajo Especial de Grado que se presenta para optar al título de Especialista en Medicina Materno Fetal

Julio Ernesto Jaramillo Díaz

Nina Mercedes Blanco Ramírez

Caracas, mayo de 2023

UNIVERSIDAD CENTRAL DE VENEZUELA

FACULTAD DE MEDICINA

COORDINACIÓN DE ESTUDIOS DE POSTGRADO

PROGRAMA DE ESPECIALIZACIÓN EN MEDICINA MATERNO FETAL

MATERNIDAD "CONCEPCIÓN PALACIOS"

# CRECIMIENTO INTRAUTERINO RESTRINGIDO: FUNCIÓN CARDÍACA SEGÚN LA EXCURSIÓN SISTÓLICA TRICÚSPIDE Y MITRAL

Trabajo Especial de Grado que se presenta para optar al título de Especialista en Medicina Materno Fetal

Julio Ernesto Jaramillo Díaz

Nina Mercedes Blanco Ramírez

Tutor: Luis Fernando Cadena

## ÍNDICE DE CONTENIDO


| | Págs. |
|---|---|
| RESUMEN | 5 |
| INTRODUCCIÓN | 7 |
| MÉTODOS | 23 |
| RESULTADOS | 26 |
| DISCUSIÓN | 29 |
| AGRADECIMIENTOS | 33 |
| REFERENCIAS | 34 |
| ANEXOS | 38 |

UNIVERSIDAD CENTRAL DE VENEZUELA
FACULTAD DE MEDICINA
COORDINACIÓN DE ESTUDIOS DE POSTGRADO

**VEREDICTO**

Quienes suscriben, miembros del jurado designado por el Consejo de la Facultad de Medicina de la Universidad Central de Venezuela, para examinar el **Trabajo Especial de Grado** presentado por: **Julio Ernesto Jaramillo Díaz**, C.I. V-19.793.862, bajo el título **"CRECIMIENTO INTRAUTERINO RESTRINGIDO: FUNCIÓN CARDÍACA SEGÚN LA EXCURSIÓN SISTÓLICA TRICÚSPIDE Y MITRAL"**, a fin de cumplir con el requisito legal para optar al grado académico de **ESPECIALISTA EN MEDICINA MATERNO FETAL - MCP**, dejan constancia de lo siguiente:

1.- Leído como fue dicho trabajo por cada uno de los miembros del jurado, se fijó el día 11 de diciembre de 2023 a la 1:20 PM, para que el autor lo defendiera en forma pública, lo que este hizo en el Auditorio de la Policlínica "La Arboleda", mediante un resumen oral de su contenido, luego de lo cual respondió satisfactoriamente a las preguntas que le fueron formuladas por el jurado, todo ello conforme con lo dispuesto en el Reglamento de Estudios de Postgrado.

2.- Finalizada la defensa del trabajo, el jurado decidió aprobarlo, por considerar, sin hacerse solidario con las ideas expuestas por el autor, que se ajusta a lo dispuesto y exigido en el Reglamento de Estudios de Postgrado.

En fe de lo cual se levanta la presente ACTA, a los días 11 de diciembre de 2023, conforme a lo dispuesto en el Reglamento de Estudios de Postgrado, actuó como Coordinador del jurado Luis Fernando Cadena.

Marvina Romero / C.I.V-15.267.629
Maternidad Concepción Palacios

María José Gutierrez / C.I. V-19.542.416
Hospital Doctor Miguel Pérez Carreño

Luis Fernando Cadena / C.I. V-7.090.324
Maternidad Concepción Palacios
Tutor(a)

J.J. 11/12/23

UNIVERSIDAD CENTRAL DE VENEZUELA
FACULTAD DE MEDICINA
COORDINACIÓN DE ESTUDIOS DE POSTGRADO

## VEREDICTO

Quienes suscriben, miembros del jurado designado por el Consejo de la Facultad de Medicina de la Universidad Central de Venezuela, para examinar el **Trabajo Especial de Grado** presentado por: **Nina Mercedes Blanco Ramírez**, C.I. V-21.404.281, bajo el título **"CRECIMIENTO INTRAUTERINO RESTRINGIDO: FUNCIÓN CARDÍACA SEGÚN LA EXCURSIÓN SISTÓLICA TRICÚSPIDE Y MITRAL"**, a fin de cumplir con el requisito legal para optar al grado académico de **ESPECIALISTA EN MEDICINA MATERNO FETAL - MCP**, dejan constancia de lo siguiente:

1.- Leído como fue dicho trabajo por cada uno de los miembros del jurado, se fijó el día 11 de diciembre de 2023 a la 1:20 pm, para que la autora lo defendiera en forma pública, lo que este hizo en el Auditorio de la Policlínica "La Arboleda", mediante un resumen oral de su contenido, luego de lo cual respondió satisfactoriamente a las preguntas que le fueron formuladas por el jurado, todo ello conforme con lo dispuesto en el Reglamento de Estudios de Postgrado.

2.- Finalizada la defensa del trabajo, el jurado decidió aprobarlo, por considerar, sin hacerse solidario con las ideas expuestas por la autora, que se ajusta a lo dispuesto y exigido en el Reglamento de Estudios de Postgrado.

En fe de lo cual se levanta la presente ACTA, a los días 11 de diciembre de 2023, conforme a lo dispuesto en el Reglamento de Estudios de Postgrado, actuó como Coordinador del jurado Luis Fernando Cadena.

Marvisa Romero / C.I.V-15.267.629
Maternidad Concepción Palacios

María José Gutiérrez / C.I. V-19.542.416
Hospital Doctor Miguel Pérez Carreño

Luis Fernando Cadena / C.I. V-7.090.324
Maternidad Concepción Palacios
Tutor(a)

J.J. 11/12/23

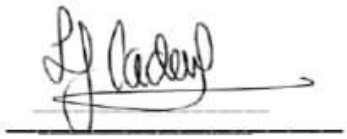
**CERTIFICACIÓN DEL TUTOR**

**PARA LA ENTREGA DEL TRABAJO ACADÉMICO**

**EN FORMATO IMPRESO Y FORMATO DIGITAL**

Yo, Luis Fernando Cadena portador de la Cédula de identidad Nº V-7.090.324, tutor del trabajo: **CRECIMIENTO INTRAUTERINO RESTRINGIDO: FUNCIÓN CARDÍACA SEGÚN LA EXCURSIÓN SISTÓLICA TRICÚSPIDE Y MITRAL**, realizado por el (los) estudiante (es) JULIO ERNESTO JARAMILLO DÍAZ Y NINA MERCEDES BLANCO RAMÍREZ.

Certifico que este trabajo es la **versión definitiva**. Se incluyó las observaciones y modificaciones indicadas por el jurado evaluador. La versión digital coincide exactamente con la impresa.



Firma del Profesor

En caracas a los 11 días del mes de diciembre de 2023.

**UNIVERSIDAD CENTRAL DE VENEZUELA**
**FACULTAD DE MEDICINA**
**COORDINACIÓN DE ESTUDIOS DE POSGRADO**

**AUTORIZACIÓN PARA LA DIFUSIÓN ELECTRONICA DE TRABAJO ESPECIAL DE GRADO, TRABAJO DE GRADO Y TESIS DOCTORAL DE LA FECULTAD DE MEDICINA. UNIVERSIDAD CENTRAL DE VENEZUELA.**

*Yo, (Nosotros) JULIO ERNESTO JARAMILLO DÍAZ Y NINA MERCEDES BLANCO RAMIREZ autor(es) del trabajo o tesis,* **CRECIMIENTO INTRAUTERINO RESTRINGIDO: FUNCIÓN CARDÍACA SEGÚN LA EXCURSIÓN SISTÓLICA TRICÚSPIDE Y MITRAL** *Presentado para optar: POR EL TÍTULO DE ESPECIALISTA EN MEDICINA MATERNO FETAL.*

Autorizo a la Facultad de Medicina de la Universidad Central de Venezuela, a difundir la versión electrónica de este trabajo, a través de los servicios de información que ofrece la Institución, sólo con fines de académicos y de investigación, de acuerdo a lo previsto en la Ley sobre Derecho de Autor, Artículo 18, 23 y 42 (Gaceta Oficial Nº 4.638 Extraordinaria, 01-10-1993).

| | |
|---|---|
| *X* | *Si autorizo* |
| | *Autorizo después de 1 año* |
| | *No autorizo* |
| | *Autorizo difundir sólo algunas partes del trabajo* |
| *Indique:* | |

***Firma(s) autor (es)***

*JULIO ERNESTO JARAMILLO DÍAZ*

*C.I. Nº: V-19.793.862*

*e-mail: julioe180491@gmail.com*

*NINA MERCEDES BLANCO RAMÍREZ*

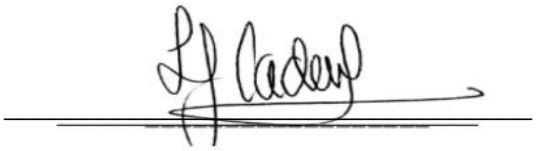
*C.I Nº: V-20.404.281*

*e-mail: Ninablancor28@gmail.com*

*En _____, a los _____ días del mes de _____, de _____ 20*

**Nota:** En caso de no autorizarse la Escuela o Coordinación de Estudios de Postgrado, publicará: la referencia bibliográfica, tabla de contenido (índice) y un resumen descriptivo, palabras clave y se indicará que el autor decidió no autorizar el acceso al documento a texto completo.

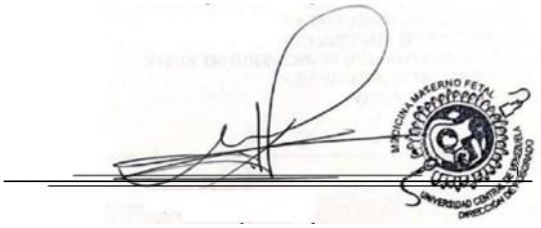
La cesión de derechos de difusión electrónica, no es cesión de los derechos de autor, porque este es intransferible.



Luis Fernando Cadena

CI 7 090 324 E-mail: lfcadena66@gmail.com.

Tutor



Carlos Cabrera

CI: 3 984 101 E-mail: carloscabrera@gmail.com

Director del Programa

Alexandra Rivero

CI: 15 972 807 E-mail: doctora_rivero@hotmail.com

Coordinadora del Programa

**DEDICATORIA**

El presente Trabajo Especial de Grado está dedicado principalmente a Dios, y luego a todas las personas que nos han apoyado y han hecho que el trabajo se realice y podamos concluir con éxito este proyecto de investigación.

Este nuevo logro es, en gran parte, gracias a ustedes, familiares quienes nos brindaron su apoyo en las buenas y en las malas, nos alentaron a seguir adelante y siempre han creído en nosotros, a nuestros amigos, colegas y nuestra institución, la Maternidad Concepción Palacios.

Julio y Nina.

# *CRECIMIENTO INTRAUTERINO RESTRINGIDO: FUNCIÓN CARDÍACA SEGÚN LA EXCURSIÓN SISTÓLICA TRICÚSPIDE Y MITRAL*

**Julio Ernesto Jaramillo Díaz,** C.I. 19.793.862. Sexo: Masculino. E-mail: Julioe180491@gmail.com. Telf.: 0424-3679384. Dirección: Maternidad Concepción Palacios, avenida San Martín, Caracas. Programa de Especialización en Obstetricia y Ginecología

**Nina Mercedes Blanco Ramírez,** C.I. 21.404.281. Sexo: Femenino, E-mail: Ninablancor28@gmail.com. Telf.: 0424-4283345/0249-7985350. Dirección: Avenida San Martin Caracas. Programa de Especialización en Obstetricia y Ginecología.

Tutor: **Luis Fernando Cadena**, C.I.7.090.324. Sexo: Masculino, E-mail: lfcadena66@gmail.com. Telf.: 0414-3311667. Dirección: Avenida principal de alto prado edificio Danoral. Especialista en Obstetricia y Ginecología.

**RESUMEN**

**Objetivo:** Evaluar la función cardíaca mediante las excursiones sistólicas de los planos anulares tricúspide y mitral en fetos con crecimiento restringido de pacientes que acudieron a la Maternidad Concepción Palacios entre marzo y septiembre de 2021. **Métodos:** Estudio prospectivo, de casos y controles. Incluyó 30 pacientes con crecimiento intrauterino restringido y 30 controles. Se evaluaron las excursiones sistólicas de los planos anulares tricúspide y mitral y se relacionaron con los otros parámetros al *doppler*. **Resultados:** La excursión sistólica del plano anular tricúspide media en crecimiento normal fue 7,5 ± 0,9 y en crecimiento restringido fue 5,9 ± 1,5. La del plano mitral fue 5,5 ± 1,0 y 4,5 ± 1,0, respectivamente. Nueve pacientes con crecimiento fetal restringido (30 %) tuvieron la excursión sistólica del plano anular tricúspide alterada: 2 (22,2 %) con menos de 30 semanas, 4 (44,4 %) entre 30-34 semanas y 3 (33,3 %) con 35-39 semanas ($p$ = 0,159). Siete (23,3 %) tuvieron la excursión sistólica del plano anular mitral alterada: 1 con menos de 30 semanas, 3 entre 30-34 semanas y 3 entre 35 y 39 ($p$ = 0,792). La relación entre la excursión sistólica del plano tricúspide con otros parámetros al *doppler* fue significativa, excepto con el índice cerebroplacentario; no así la excursión del plano mitral. El índice de concordancia entre ambas pruebas fue 0,7386. **Conclusión:** Las excursiones sistólicas de los planos anulares tricúspide y mitral en fetos con crecimiento restringido, tienen buena concordancia entre ellas y se correlacionan con los otros parámetros al *doppler*.

**Palabras clave:** Excursión sistólica, Crecimiento intrauterino restringido, Ecocardiograma fetal.

## *RESTRICTED INTRAUTERINE GROWTH: TRICUSPID AND MITRAL SYSTOLIC EXCURSION ECHOCARDIOGRAPHY*


## ABSTRACT

**Objective:** To evaluate cardiac function through systolic excursions of the tricuspid and mitral annular planes in growth-restricted fetuses of patients who attended the Concepción Palacios Maternity Hospital between March and September 2021. **Methods:** Prospective, case-control study. It included 30 patients with restricted intrauterine growth and 30 controls. The systolic excursions of the tricuspid and mitral annular planes were evaluated and related to the other Doppler parameters. **Results:** The systolic excursion of the mean tricuspid annular plane in normal growth was 7.5 ± 0.9 and in restricted growth was 5.9 ± 1.5. That of the mitral plane was 5.5 ± 1.0 and 4.5 ± 1.0, respectively. Nine patients with restricted fetal growth (30%) had altered tricuspid annular plane systolic excursion: 2 (22.2%) at less than 30 weeks, 4 (44.4%) at 30-34 weeks, and 3 (33.3%) at 35-39 weeks (p=0.159). Seven (23.3 %) had altered mitral annular plane systolic excursion: 1 with less than 30 weeks, 3 between 30-34 weeks and 3 between 35 and 39 (p = 0.792). The relationship between the systolic excursion of the tricuspid plane with other Doppler parameters was significant, except for the cerebroplacental index; Not so the excursion of the mitral plane. The concordance index between both tests was 0.7386. **Conclusion:** The systolic excursions of the tricuspid and mitral annular planes in fetuses with restricted growth have good agreement between them and correlate with the other parameters to the Doppler.



**Key words:** Systolic excursion, Restricted intrauterine growth, Fetal echocardiogram**.**

## INTRODUCCIÓN

Los avances en el conocimiento de la fisiopatología de los embarazos con crecimiento intrauterino restringido (CIR) y el progreso en la comprensión de la fisiopatología de la hipoxia fetal, han inducido al profesional en Medicina Materno Fetal a buscar medidas útiles y objetivas para decidir el momento oportuno para la interrupción de un embarazo complicado para, de esta manera, disminuir el riesgo de muerte fetal o de desarrollar secuelas permanentes al nacimiento. Uno de estos avances es el estudio de la circulación fetal, porque a través de ella se pueden identificar variables que predicen el comportamiento que hay entre la circulación materna y fetal. [(1)]

Las técnicas de flujometría *doppler* han permitido entender de una mejor manera la hemodinamia fetoplacentaria y sus variantes fisiopatológicas. [(2)] El CIR de inicio temprano se asocia con anomalías significativas en parámetros bioquímicos, cambios precoces y progresivos en la velocimetría *doppler* de la circulación útero-feto-placentaria y en alteraciones ecocardiográficas del funcionalismo cardíaco que pueden persistir durante la infancia y empeorar en la adultez. [(3)]

El feto se oxigena a través de la vena umbilical la cual conduce en su interior sangre oxigenada proveniente del espacio intervelloso de la placenta. Este volumen de oxígeno debe ser distribuido de manera óptima a los órganos que requieren mayor aporte como son el corazón y el cerebro. [(2)] Uno de los principales retos de la medicina materno fetal es el abordaje del crecimiento intrauterino restringido (CIR) por insuficiencia placentaria, donde el aporte de oxígeno y nutrientes de la madre hacia el feto está disminuido por daño en las vellosidades placentarias. Esta condición patológica se asocia con un elevado riesgo de morbimortalidad perinatal. [(4)]

Se sabe que en condiciones de insuficiencia estos fetos pequeños son capaces de desarrollar diversos mecanismos de adaptación ante el aporte deficitario de nutrientes y oxígeno. [(4)] La redistribución de flujo a nivel cerebral es uno de estos mecanismos y comprende un fenómeno compensatorio que protege al cerebro de daño neurológico. [(1)] Sin embargo, es de destacar que cuando esta redistribución termina comprometiendo otros vasos como el *ductus* venoso, está expresando que la acidosis fetal está instaurada y, por ende, el daño neurológico en el recién nacido se va a hacer evidente. [(1)]

La evaluación de la función ventricular fetal se ha aplicado cada vez más en la práctica clínica y la investigación. Los parámetros ecocardiográficos convencionales, como la fracción de eyección, dependen de la carga y pueden permanecer normales hasta una etapa tardía del proceso de la enfermedad. [5] Sin embargo, el movimiento longitudinal del miocardio, determinado por las excursiones sistólicas de los planos tricúspide y anular mitral (f-TAPSE y f-MAPSE, respectivamente), agrega información significativa a la valoración ecocardiográfica, en modo M, de la fracción de eyección. El f-TAPSE y el f-MAPSE han demostrado su utilidad como marcadores potencialmente útiles de disfunción sistólica ventricular en pacientes adultos con insuficiencia cardíaca o enfermedad valvular [6, 7] y en niños con restricción del crecimiento. [8, 9] También se ha demostrado que es factible y reproducible en fetos. [5] El f-MAPSE y el f-TAPSE dependen del tamaño del corazón fetal y este no siempre se correlaciona con la edad gestacional. [10]

La excursión sistólica del plano del anillo tricúspide en el adulto (TAPSE) representa el desplazamiento longitudinal del anillo tricúspide hacia el vértice cardíaco. [11] El f-TAPSE es un método modificado para medir el movimiento vertical del anillo de la válvula tricúspide en el ventrículo derecho (VD) del corazón fetal, mediante ecografía en modo M, con el fin de evaluar la función de las fibras miocárdicas longitudinales fetales, que son más sensibles a la hipoxia, en esta cámara cardíaca, que es dominante. También varía con el tamaño fetal [12] y, por tanto, es difícil de evaluar sin una estandarización adecuada. Se ha evaluado prenatalmente en población normal [13] y en fetos con restricción del crecimiento de inicio temprano, encontrando valores más bajos en aquellos con compromiso severo del crecimiento. [14, 15]

La excursión sistólica del plano anular mitral (MAPSE), sinónimo de desplazamiento auriculoventricular, descenso de la base o movimiento anular mitral, es otro método ecocardiográfico para la determinación de la función del ventrículo izquierdo (VI). Su valoración en el feto (f-MAPSE) mide el acortamiento longitudinal del VI, se ha establecido como un parámetro sensible que refleja y el principal contribuyente para facilitar la función de la bomba de VI. [16]

**Planteamiento del problema**

Las tasas de morbilidad y mortalidad perinatal son importantes indicadores de calidad asistencial y, atendiendo a estos criterios, la Organización Mundial de la Salud (OMS) informa

que la atención del crecimiento intrauterino restringido es deficitaria y subóptima, siendo este manejo el factor más frecuentemente identificado en los casos de muerte perinatal considerada evitable. [17]

Pese a los avances de la neonatología, no se ha logrado disminuir la morbilidad. Se calcula que solo el 30 % de los niños nacidos antes de las 26 semanas de gestación logra una supervivencia intacta libre de secuelas. [18]

El crecimiento intrauterino restringido debido a la insuficiencia placentaria sigue siendo una causa importante de muerte perinatal y discapacidad infantil, incluido el desarrollo neurológico subóptimo y un mayor riesgo de enfermedad cardiovascular en el futuro. [8, 19] El corazón es un órgano central en los mecanismos adaptativos fetales relacionados con la insuficiencia placentaria y la disfunción cardíaca persiste en el posparto como una de las principales características de la programación fetal. [3, 8]

El feto con CIR, en este estado de hipoxemia crónica puede oxigenarse a partir de la sangre procedente de la placenta, trata de adaptarse a un entorno que le es hostil hasta que sus mecanismos de compensación claudican. Resulta evidente que, al no existir ningún tratamiento capaz de restablecer el normal funcionamiento placentario, la única opción es la finalización de la gestación. Pero esta decisión es difícil de tomar y mucho más en edades gestacionales tempranas, pues en un lado de la balanza está el riesgo de la muerte intrauterina o de desarrollar lesiones permanentes secundarias a la hipoxia al prolongar la gestación y por el otro, al interrumpir el embarazo lejos del término, el riesgo de provocar la aparición de problemas derivados de la prematuridad. Se calcula que la supervivencia ganada por día de permanencia intrauterina es del 2 % entre las 24 y 27 semanas de gestación y del 1 % a partir de las 27 semanas. [18]

Se ha propuesto la evaluación de la función cardíaca para el diagnóstico precoz, el seguimiento y la predicción del resultado a largo plazo en fetos con crecimiento intrauterino restringido. [20] Los fetos con CIR presentan signos de disfunción subclínica cardíaca longitudinal, demostrada por valores más bajos de *doppler* pulsado y modo M en los anillos mitral y tricúspide. [14] A pesar de todos los avances, no se dispone de un criterio eficaz que pueda establecer cuando el feto se encuentra sobre el límite de la descompensación cardíaca,

ya que es este quien lidera el mecanismo de adaptación y el que redistribuye el gasto cardíaco para conservar la función de diferentes órganos. [1]

El f-TAPSE y el f-MAPSE valoran en modo M el desplazamiento anular de la válvula tricúspide y de la válvula mitral durante el ciclo cardíaco. El f-TAPSE es de mayor utilidad puesto que el arreglo de las fibras en VD es longitudinal mientras que en VI son circulares. [21]

Estudios recientes apoyan el uso de f-TAPSE y f-MAPSE como una herramienta sensible para detectar disfunción cardíaca sutil en fetos con crecimiento intrauterino restringido. [14] Se han informado valores de referencia para adultos, niños y recién nacidos; sin embargo, solo se han publicado unos pocos estudios que consideran los intervalos de referencia para f-TAPSE y f-MAPSE fetales. La mayoría de ellos se basaron en las edades gestacionales (EG) y solo un estudio proporcionó percentiles normalizados al peso fetal estimado (PEF). [5]

En ecocardiografía fetal, el movimiento longitudinal en modo M se ha descrito previamente como una medición factible con buena reproducibilidad, por lo tanto, las imágenes en modo M podrían ser una alternativa atractiva para la evaluación de la función cardíaca f-TAPSE y f-MAPSE en fetos con CIR. Investigaciones anteriores reportan que los fetos con CIR tienen una disminución significativa en el movimiento miocárdico longitudinal como parte de la adaptación cardiovascular fetal a la insuficiencia placentaria. Estos cambios se pueden cuantificar mediante *doppler* pulsado o imágenes en modo M, y los datos sugieren que este último podría ser tan sensible como el primero para detectar una disfunción cardíaca incipiente. [14]

El f-TAPSE y el f-MAPSE aumentan en relación con la edad gestacional y el peso. [22] Sin embargo se ha demostrado que los fetos pequeños para la edad gestacional (PEG) sin insuficiencia placentaria, a pesar de ser más pequeños, no presentan diferencias. [23] Los hallazgos en otras investigaciones apoyan que los valores de f-TAPSE y f-MAPSE son más bajos en fetos con CIR, lo que sugeriría que hay disfunción sistólica. [22]

Los fetos con CIR muestran signos de disfunción cardíaca desde etapas tempranas y la disfunción cardíaca se deteriora aún más con la progresión del compromiso fetal, junto con la aparición de signos bioquímicos de daño celular. [20]

El interés del estudio se centra en evaluar la función cardíaca en fetos con crecimiento intrauterino restringido mediante la determinación de f-TAPSE y f-MAPSE obtenido con el

modo M, en vista de la relación que existe entre la disfunción cardíaca y el resultado perinatal adverso. Por ello, se plantea la siguiente interrogante: ¿Cómo es la función cardíaca medida mediante las excursiones sistólicas de los planos anulares tricúspide y mitral en fetos con crecimiento intrauterino restringido de pacientes que acudan a la unidad de ecografía del Servicio de Medicina Materno Fetal de la Maternidad Concepción Palacios, entre marzo y septiembre de 2021?

**Justificación e importancia**

Actualmente se encuentran pocas investigaciones para establecer la utilidad de la valoración de la función cardíaca fetal, a través del f-TAPSE y f-MAPSE, que permita hacer un diagnóstico diferencial entre un feto con sospecha de CIR y otro con un crecimiento normal. Igualmente, a través del análisis de los hallazgos obtenidos de la presente investigación se busca demostrar que existe una relación entre el CIR y el deterioro progresivo de la función cardíaca asociada a la insuficiencia placentaria. De resultar positiva esta asociación, se propondrá integrar este parámetro de ecocardiografía fetal en la evaluación del feto con trastorno del crecimiento para de esta manera desarrollar conductas que beneficien el bienestar fetal y mejoren los resultados perinatales a corto, mediano y largo plazo.

**Antecedentes**

Crispi *et al.,* [20] en 2008, realizaron un estudio con el propósito de evaluar la función cardíaca y el daño celular en fetos con crecimiento intrauterino restringido a lo largo de las etapas clínicas de deterioro *doppler*. Concluyeron que la evaluación ecográfica de la función cardíaca podría integrarse en la práctica clínica para mejorar la predicción a corto plazo de la muerte fetal y esta información sería esencial para orientar las decisiones clínicas de los fetos con restricción severa del crecimiento.

Cruz-Martínez *et al.,* [3] en 2011, evaluaron los cambios en el índice de rendimiento miocárdico en fetos a término, pequeños para la edad gestacional, con *doppler* normal de la arteria umbilical, concluyendo que una proporción de fetos PEG presenta anomalías cardiovasculares *doppler*. Este estudio proporciona más evidencia de que una proporción de fetos PEG a término con *doppler* de arterias uterinas normal muestra signos *doppler* de adaptación o disfunción cardiovascular en forma de un aumento de la impedancia de índice de rendimiento miocárdico.

Pérez *et al.,* [22] en 2012, evaluaron la función cardíaca derecha e izquierda medida por ecocardiografía convencional en fetos con crecimiento intrauterino restringido y fetos pequeños para edad gestacional. Concluyeron que f-TAPSE aumenta durante el embarazo, en relación con la edad gestacional y el peso, apoyan además que f-TAPSE y f-MAPSE son más bajos en CIR, lo que sugeriría que hay disfunción sistólica.

Pérez *et al.,* [23] evaluaron en 2012 la función cardíaca en 20 fetos con CIR, todos ellos con *doppler* anormal de las arterias uterinas. La función cardíaca fue evaluada mediante f-TAPSE y f-MAPSE, que se midieron en todos los casos con el modo M. Evidenciaron diferencias significativas entre los fetos con CIR y el resto de los grupos. Concluyeron que f-TAPSE y f-MAPSE son menores en fetos con CIR e insuficiencia placentaria, todos ellos con *doppler* de arterias uterinas anormal. A pesar de que f-TAPSE y f-MAPSE aumentan con la edad gestacional y el peso durante el embarazo, se demostró que los fetos PEG sin insuficiencia placentaria, a pesar de ser más pequeños, no presentan diferencias con el grupo control. Estos resultados apoyan aún más que los fetos con CIR presentan menor f-TAPSE y f-MAPSE lo cual podría deberse a una disfunción sistólica y no a un menor peso.

Messing *et al.,* [13] en 2013 realizaron evaluación ecocardiográfica fetal o vigilancia fetal en el tercer trimestre, a fetos únicos estructuralmente normales y edad gestacional verificada. Aplicaron el modo M al anillo tricúspide, paralelo al tabique ventricular y midieron la amplitud de la onda. Presentan como conclusión que f-TAPSE en fetos normales aumenta durante el transcurso de la gestación y se correlaciona con el peso estimado fetal. Sugieren, además, la adición de la medición de f-TAPSE a la evaluación de la función cardíaca derecha fetal.

Cruz- Lemini *et al.,* [14] en 2013, compararon la capacidad del movimiento cardíaco longitudinal con la evaluación de f-TAPSE y f-MAPSE, mediante el modo M y el *doppler* pulsado, como métodos para demostrar la disfunción cardíaca en fetos con CIR. Las mediciones del *doppler* pulsado y del modo M fueron significativamente más bajas en los fetos con CIR que en los controles, con diferencias predominantes observadas en el anillo tricúspide en comparación con otras áreas, confirmando que los fetos con CIR tienen una disminución significativa en el movimiento miocárdico longitudinal como parte de la adaptación cardiovascular fetal a la insuficiencia placentaria.

Acharya [10] en 2013, luego de una revisión a la literatura, llegó a la conclusión que es factible evaluar la función del eje largo del corazón prenatalmente mediante el modo M anatómico. Se sabe que los fetos con restricción del crecimiento intrauterino con insuficiencia placentaria grave tienen alteraciones de los marcadores de función cardíaca. Queda por investigar si existe una concordancia efectiva entre los diferentes métodos y si el plano anular AV se correlaciona con otros marcadores reconocidos de disfunción cardíaca fetal.

Cruz-Lemini *et al.,* [15] en 2014, evaluaron prenatalmente un grupo de sujetos con ecocardiografía integral y le hicieron seguimiento hasta los 6 meses de edad. Evaluaron el potencial de la ecocardiografía fetal para predecir la hipertensión y la remodelación arterial en lactantes con CIR de 6 meses. Concluyeron que la forma y el tamaño cardíaco mostraron diferencias significativas entre los grupos. La proporción cardiotorácica y las áreas auriculares aumentaron en los fetos con CIR en comparación con los fetos controles. Los índices de esfericidad izquierdo y derecho disminuyeron significativamente en los fetos con CIR en comparación con los sujetos de control con paredes miocárdicas más gruesas. Tanto la fracción de eyección como la frecuencia cardíaca no mostraron diferencias entre los grupos. La función miocárdica longitudinal fue evaluada por f-MAPSE/f-TAPSE y se redujo significativamente en los fetos con CIR en comparación con los sujetos de control.

Morales *et al,* [11] en 2016, estudiaron la asociación de la excursión sistólica del plano del anillo tricuspídeo fetal (f-TAPSE) con la edad gestacional (EG), el peso al nacer (PN) y el índice cerebroplacentario (ICP). Los valores de f-TAPSE se obtuvieron utilizando el modo M. Según los datos obtenidos, el f-TAPSE se correlacionó con el peso corporal, pero no con la EG. Sus resultados indican que el f-TAPSE ajustado todavía está influenciado por el crecimiento fetal. Sin embargo, es probable que la influencia de este fenómeno a término sea demasiado pequeña para producir diferencias significativas en fetos PEG o en PEG con baja ICP. El f-TAPSE fetal parece verse afectado solo en las etapas avanzadas del compromiso hemodinámico fetal como el descrito en el CIR de inicio temprano.

Mao *et al,* [5] construyeron en 2017 rangos de referencia del puntaje Z para las excursiones sistólicas del plano del anillo tricúspide y mitral fetal (f-MAPSE y f-TAPSE), utilizando el modo M angular y el modo M convencional. Los rangos de referencia de f-TAPSE y f-MAPSE derivados de modo M angular y modo M convencional, mostraron correlaciones

positivas con la edad gestacional y el área cardíaca, lo que indica que ambos son parámetros de función sistólica del desarrollo en la vida fetal. Aunque el tamaño del corazón fetal suele correlacionarse con el tamaño del cuerpo, en los fetos con CIR debido a una cardiomegalia relativa, es preferible comparar las mediciones con el tamaño del corazón.

Eckersley *et al.,* [24] en 2017, examinaron los hallazgos ecocardiográficos de acuerdo con su patofisiología derivada con referencia a causas comunes, concluyendo que la evaluación ecocardiográfica sigue desempeñando un papel clave en la evaluación y vigilancia de patologías asociadas a la disfunción cardíaca, incluidos aquellos con precarga elevada, poscarga elevada, disfunción contráctil o llenado anormal.

Rocha *et al.,* [25] en 2019 describieron diversas técnicas ecocardiográficas que se puede utilizar para la evaluación funcional del corazón fetal (la sistólica y diastólica) donde resaltan que las evaluaciones del corazón fetal se presentan por separado, con énfasis en las proyecciones bidimensionales, métodos *doppler* y una visión general de las nuevas tecnologías.

DeVore *et al.,* [26] en 2019 determinaron si la contractilidad ventricular global, transversal y longitudinal anormal está presente en el corazón de fetos con un peso fetal estimado menor al percentil 10, independientemente de los estudios *doppler* de la arteria umbilical y la proporción cerebroplacentaria. Se presentaron altas tasas de contractilidad ventricular anormal en fetos con peso estimado menor al percentil 10, independientemente de los hallazgos *doppler* de la arteria umbilical y/o porción cerebroplacentaria. Las anormalidades de la contractilidad ventricular fueron más prevalentes en las mediciones transversales que en las mediciones globales o longitudinales. La contractilidad transversal anormal fue más común en el ventrículo derecho que en el izquierdo.

Peixoto *et al.,* [27] en 2020, establecieron valores de referencia para f-MAPSE, f-TAPSE entre 20 y 36 + 6 semanas de gestación en gestantes de bajo riesgo. Realizaron un análisis de regresión para determinar el modelo de ecuación polinomial para mediciones y valores de desviación estándar en relación con la gestacional edad. La reproducibilidad intra- e interobservador fue evaluada utilizando el coeficiente de correlación de concordancia y límites de acuerdo. Hubo una correlación positiva significativa entre f-MAPSE, f-TAPSE, excursión del plano anular septal (SAPSE) y EG. Encontraron pobre/moderado confiabilidad intra- e interobservador y concordancia pobre/moderada de todos los parámetros probados.

Leal *et al.,* [28] en 2021 elaboraron un nomograma por percentiles de la excursión sistólica anular atrioventricular fetal, en gestantes entre 20 y 38 semanas de gestación relacionando este indicador con la edad gestacional y el área cardíaca fetal. Observaron una tendencia al incremento en la medición de f-TAPSE y el f-MAPSE a medida que transcurren las semanas de embarazo y el área cardíaca fetal, concluyendo que la excursión sistólica anular atrioventricular fetal aumenta bajo tendencia lineal en relación a la edad gestacional y al área cardíaca fetal, dicho estudio es el único publicado hasta fecha en la evaluación de la función cardíaca fetal realizado en la Maternidad Concepción Palacios en Caracas, Venezuela.

**Marco teórico**

En el período antenatal, la medición es indirecta y por lo tanto es más difícil y menos exacta que la antropometría neonatal. El único medio que permite de manera adecuada sospechar y diagnosticar las alteraciones en el crecimiento fetal es el ultrasonido. Para evaluar estas alteraciones, es necesario conocer la edad gestacional, calcular el peso fetal por ultrasonido y contar con curvas de crecimiento apropiadas para establecer los percentiles de crecimiento de cada feto. [29]

El crecimiento intrauterino restringido y el feto pequeño para la edad gestacional se presentan en 4 % a 15 % de los embarazos. Esta variación tan grande en la frecuencia puede explicarse debido a las distintas definiciones utilizadas por los autores para hacer el diagnóstico, a las curvas de crecimiento fetal utilizadas para evaluar cada caso y a las diferencias entre las poblaciones estudiadas. [29] En las últimas décadas han aparecido múltiples definiciones, clasificaciones, guías de manejo, además de nuevas tecnologías de mayor o de menor utilidad para la evaluación de estos pacientes, generando amplia discusión y opiniones disímiles sobre algunas preguntas específicas acerca de esta enfermedad. [29] Además, siempre se debe tener en cuenta la fecha de la última menstruación o el ultrasonido del primer trimestre con el fin de asignar percentiles de crecimiento al feto. Los parámetros a valorar por ultrasonido son: [29]

1. Cálculo del peso fetal: se recomienda la fórmula de Hadlock 3, [30] que utiliza la medición del perímetro cefálico, la circunferencia abdominal y la longitud del fémur. Tiene un error estimado de ± 15 % del peso real.

2. Cálculo del percentil de crecimiento: después de estimar el peso fetal y conociendo la edad gestacional se calcula el percentil de crecimiento. Al comparar los valores obtenidos del peso fetal por ultrasonido con las curvas de Hadlock 3, [30] se asignan los percentiles correspondientes a cada medición.

3. Seguimiento longitudinal del feto y evaluación de la velocidad de crecimiento (en los casos en que sea posible), cuando no se cuenta con una edad gestacional por datos de ultrasonido temprano ni por amenorrea, es aconsejable realizar un ultrasonido con intervalos de dos semanas para poder establecer la tendencia de crecimiento. Se recomienda este tiempo, pues en un período más breve resulta imposible diferenciar si los cambios observados en la medición se deben a la variación inter- o intraobservador o a los cambios en el crecimiento fetal.

Se considera un feto pequeño para edad gestacional (PEG) el que tiene un peso fetal estimado (PFE) inferior al percentil 10 y mayor al percentil 3, para su EG, con un estudio *doppler* dentro de la normalidad. Por el contrario, se define como crecimiento intrauterino restringido (CIR) aquel feto cuyo peso estimado se ubica por debajo del percentil 3, independientemente de los hallazgos al *doppler*, o aquel, cuyo peso se presenta entre el percentil 3 a 10, pero con evidencia clara por velocimetría de insuficiencia placentaria. [31]

A pesar de que este proceso diagnóstico es relativamente sencillo para cualquier ecografista, la realidad es que en la práctica clínica al menos tres cuartas partes de los fetos con CIR se diagnostican tardíamente, ya en etapas próximas al parto, sobretodo en embarazos con patología fetomaterna. [32]

El problema fundamental de esta infraestimación diagnóstica es que el riesgo de resultados perinatales adversos es hasta cuatro veces mayor en aquellas gestaciones con fetos pequeños no identificados prenatalmente, debido a un manejo antenatal inadecuado y deficitario. [4]

Uno de los temas más analizados actualmente en el CIR es la diferenciación entre el CIR precoz y el tardío. [19] La barrera entre estas entidades es variable pero, en general, se acepta el límite de las 34 semanas de gestación, por ser la edad gestacional en que se alcanza la madurez pulmonar fetal. Este hecho es relevante si se considera que gran parte de la morbimortalidad perinatal, sobre todo en prematuros, se debe al distrés respiratorio. [4]

La evaluación de los parámetros *doppler* maternos y fetales permite objetivar el grado de afectación placentaria y el nivel de compromiso fetal. Esta información resulta muy útil para el diagnóstico y seguimiento del CIR pudiendo utilizarse como pruebas predictoras de resultados adversos. [4] El seguimiento debe incluir la evaluación de la arteria cerebral media y arteria umbilical con el fin de construir la relación o índice cerebro/placentario. [33]

La historia del registro del movimiento anular auriculoventricular (AV) mediante ecografía se remonta a la década de 1960. Los primeros artículos que describen la viabilidad de registrar el movimiento del anillo mitral mediante ecografía en modo M y que demuestran que estos registros son claramente diferentes de los de las valvas de la válvula mitral y, en cambio, se asemejan a las curvas de volumen del ventrículo izquierdo, se publicaron en 1967. [10]

Además, se encontró que la amplitud de la excursión sistólica del plano anular mitral (MAPSE) se correlacionó con el volumen sistólico y se redujo en pacientes con insuficiencia cardíaca. Sin embargo, estas importantes observaciones se olvidaron de alguna manera y la técnica no ha sido popular entre los cardiólogos, que en su mayoría prefieren usar la fracción de eyección (FE) para evaluar la función ventricular sistólica. [10]

La función sistólica en el corazón fetal se puede evaluar principalmente a través de la fracción de eyección (FE), fracción de acortamiento, gasto cardíaco (GC), volumen cardíaco, desplazamiento máximo del anillo de la válvula (tricúspide o mitral), índice de rendimiento miocárdico (MPI) y parámetros derivados de la frecuencia cardíaca. La evaluación sistólica del corazón fetal se puede realizar utilizando técnicas modo M, 2D y tridimensional 3D. [25]

En cardiología fetal, la técnica en modo M para medir el plano anular AV fue introducida en 2001 por Carvalho *et al.*, [34] en un pequeño estudio piloto, demostraron que era factible evaluar la función del eje largo del corazón prenatalmente mediante el modo M anatómico (angular/orientable). Gardiner *et al.*, [35] en 2006, publicaron los rangos de referencia transversales específicos de la edad gestacional. Sin embargo, a pesar de su relativa

simplicidad, la técnica del modo M para medir el plano anular AV para evaluar la función cardíaca prenatalmente no ha ganado popularidad. [10]

Las células del miocardio están organizadas en una forma tridimensional multicapa en la que las fibras se orientan de manera diferente. Se pueden observar tres capas distintas: subepicárdica (superficial), subendocárdica (profunda) y capas medias. La mayoría de las fibras del ventrículo izquierdo están dispuestas de forma circunferencial y ocupan la pared interna y la base del corazón. La función ventricular sistólica suele deducirse de estudios de la extensión y velocidad de acortamiento de estas fibras. [35]

A lo largo del desarrollo humano, hay un cambio progresivo en la dirección predominante de las fibras subepicárdicas, que se nota principalmente durante la vida fetal y particularmente en el ventrículo derecho. Las fibras medias son siempre circunferenciales y más evidentes en el corazón de los adultos mayores, aunque ya están presentes desde la vida fetal temprana. Sin embargo, la microarquitectura ventricular general de tres capas descrita anteriormente se encuentra en todos los corazones desde la vida fetal hasta la adulta. [35]

Durante el ciclo cardíaco, el anillo AV se mueve hacia el vértice cardíaco durante la contracción ventricular y hacia la base durante la relajación, mientras que los contornos externos de los ventrículos permanecen relativamente sin cambios. Estos movimientos alternativos del anillo AV conducen a su desplazamiento rítmico longitudinalmente. El plano anular AV es la distancia cubierta por el plano AV entre sus posiciones más alejadas del vértice al comienzo de la contracción ventricular y más cercana al vértice al final de la contracción. Se ha demostrado que el plano AV contribuye de manera importante al bombeo ventricular. [10]

El movimiento del anillo AV hacia el ápice relativamente fijo es el resultado del acortamiento de las fibras longitudinales durante la contracción del miocardio. Por lo tanto, intuitivamente, el movimiento del plano AV debería proporcionar información sobre la función del corazón en el eje largo si se pudieran realizar mediciones confiables. Sin embargo, deben tenerse en cuenta varios factores fisiológicos para una interpretación adecuada de los valores del plano anular AV. [10]

En contraste con la FE, que es comparable entre individuos sanos independientemente de las diferencias en el tamaño corporal, el plano AV depende del tamaño, por lo tanto, es razonable esperar que los valores del plano anular AV en el feto varíen según la edad gestacional y el tamaño del feto. De hecho, se ha demostrado que la amplitud del desplazamiento aumenta con la edad gestacional. [10]

La función de eje largo describe el rendimiento de las fibras orientadas longitudinalmente, reflejado por el movimiento de los anillos de la válvula atrioventricular. Ha sido ampliamente estudiado en adultos y más recientemente en niños, mediante ecocardiografía en modo M convencional, que implica colocar el cursor en modo M en los anillos de las válvulas mitral y tricúspide desde la vista apical de cuatro cámaras. A partir de estos estudios, se ha demostrado que la función de eje largo es más sensible a la isquemia subendocárdica que la función del eje corto. [35]

Es difícil predecir si estos métodos se utilizarán ampliamente para evaluar la función cardíaca fetal. Sin embargo, para aplicar las mediciones del plano anular AV ya sea en la investigación o en la práctica clínica, es importante comprender algunos conceptos fisiológicos y conocer las fortalezas y limitaciones técnicas de las diferentes modalidades de ultrasonido y técnicas ecocardiográficas que se pueden utilizar para evaluar el movimiento del plano anular AV. [10]

En la vida prenatal, la posición fetal variable y, en consecuencia, la orientación de la vista de cuatro cámaras en relación con el haz de ultrasonido y la línea del cursor en modo M significan que la función de eje largo no puede evaluarse fácilmente con la ecocardiografía en modo M convencional debido a la limitación del ángulo de insonación del modo M. Los cambios recientes en el diseño electrónico de los equipos de ultrasonido permiten superar esta limitación. Los datos se digitalizan y guardan en la memoria antes de producir una imagen. El modo M de ángulo libre se produce a partir de diferentes líneas de transmisión de ultrasonido que se utilizan no solo para construir la imagen del modo B, sino también para aportar datos para una línea de modo M artificial a través de la imagen del modo B. [35]

Una de las principales ventajas de utilizar la técnica del modo M es su alta frecuencia de muestreo. Es mejor colocar el cursor en modo M a través del anillo lateral, paralelo al

tabique interventricular, manteniendo el ángulo de insonación con el eje longitudinal del corazón lo más bajo posible e incluyendo el borde tejido-sangre para identificar más fácilmente el movimiento anular. Sin embargo, el uso del modo M, las fases previa y posterior a la inyección del ciclo cardíaco pueden ser difíciles de identificar con precisión en ausencia de un electrocardiograma fetal. (10)

El f-TAPSE es más alto que el f-MAPSE en fetos en cualquier gestación, esto podría deberse a que el ventrículo derecho es el ventrículo dominante en el feto. Las diferencias en la orientación de las fibras del miocardio y otros factores asociados con la estructura y función del ventrículo derecho también pueden ser responsables de esta diferencia observada. (10)

El patrón general de movimiento de los anillos de la válvula auriculoventricular en el feto se asemeja al descrito en corazones adultos. El estudio de f-TAPSE y f-MAPSE ofrece una opción para evaluar la función cardíaca fetal en la salud y la enfermedad. La evaluación de la función ventricular del eje largo depende del registro del movimiento del anillo de la válvula auriculoventricular solo, una estructura hiperecogénica que refleja el ultrasonido mejor que las superficies endocárdicas obtenidas en la función del eje corto. Tiene todas las posibilidades de ser un índice más sensible de función ventricular deteriorada que la función del eje corto. (35)

En embarazos únicos afectados por CIR, la hipertrofia ventricular suele estar presente, casi la mitad los fetos tienen signos de disfunción cardíaca y resultados adversos en embarazos afectados por CIR se han asociado con cardiomegalia y flujo de entrada ventricular monofásico y regurgitación tricúspide holosistólica. Es probable que los mecanismos contribuyentes incluyan un aumento resistencia vascular en la placenta, hipoxemia y acidemia. (24)

Los estudios anteriores han examinado varios componentes de la función cardíaca diastólica y sistólica mediante el modo M y la ecografía *doppler* pulsado. La mayoría de los estudios que involucran la evaluación de la función cardíaca han informado diferencias en los valores medios entre control y grupos pequeños para la edad gestacional (PEG) con crecimiento restringido (CIR) pero no umbrales establecidos (es decir, menor al percentil 5 o mayor al percentil 95) para la clasificación de tales hallazgos cuando se

examina el feto en riesgo. Recientemente, según el *software* utilizado para el análisis, modo M y pulsado, las mediciones de ecografía *doppler* se han centrado principalmente en la contractilidad longitudinal basal-apical de los ventrículos, con poca atención a la contractilidad global y transversal. La razón de esto ha sido el resultado de la necesidad de orientar la vista de 4 cámaras con el ápice a las 12 o 6 horas. El análisis de modo M y pulsado podría registrar el movimiento de las paredes ventriculares paralelas al haz de ultrasonido para máxima precisión. [26]

**Objetivo general**

Evaluar la función cardíaca medida mediante las excursiones sistólicas de los planos anulares tricúspide y mitral en fetos con crecimiento intrauterino restringido de pacientes que acuden a la unidad de ecografía del Servicio de Medicina Materno Fetal de la Maternidad Concepción Palacios entre marzo y septiembre de 2021.

**Objetivos específicos**

1. Establecer la función cardíaca mediante el f-TAPSE y f-MAPSE, según la edad gestacional, en fetos con y sin alteración del crecimiento intrauterino
2. Relacionar las alteraciones en la función cardiaca diagnosticadas con el f-TAPSE y f-MAPSE, con la obtenida con otros parámetros al *doppler*
3. Comprobar la coincidencia en el diagnóstico de la función cardíaca entre f-TAPSE y F-MAPSE
4. Establecer la reproducibilidad del f-TAPSE y f-MAPSE en la evaluación de la función cardiaca en fetos con crecimiento intrauterino

**Aspectos éticos**

El estudio de investigación se realizó con las pacientes que acuden al Servicio de Medicina Materno Fetal, con previa autorización por parte del Comité Académico del programa de especialización y el Comité de Bioética de la Maternidad Concepción Palacios.

Debido a la necesaria interacción con pacientes para el adecuado desarrollo de la investigación, es imperativo cumplir los principios básicos de bioética de Helsinki, [36]

universalmente establecidos, garantizando así el resguardo de la identidad de cada paciente incluida en este estudio.

Para cumplir con dichos objetivos, se les explicó a las pacientes, de forma detallada, todas las características, objetivos e implicaciones del estudio, respetándose el principio de la autonomía, que se expresará en la firma voluntaria del formulario de consentimiento informado (Anexo 1).

El principio de beneficencia se cumplió en vista de que la evaluación de la función cardíaca fetal podía detectar alteraciones que ameritaran intervenciones de manera oportuna informándoles a los médicos de guardia para tomar medidas pertinentes.

Se realizó una evaluación ecográfica, la cual es un procedimiento que no representaba un riesgo para la madre o a su producto, cumpliéndose con el principio de no maleficencia.

Formaron parte del estudio todas las pacientes que cumplieron con los criterios de inclusión, haciéndose valer el principio de justicia social ya que todas las pacientes tuvieron igual oportunidad de participar, sin ninguna discriminación relacionada con clase social, raza, religión o ideología.

## MÉTODOS

### Tipo de estudio

Estudio prospectivo, descriptivo, de casos y controles.

### Población y muestra

La población estuvo conformada por todas las pacientes embarazadas que acudieron al Servicio de Medicina Materno Fetal y a la Unidad de Ecografía de la Maternidad Concepción Palacios, entre marzo y septiembre de 2021, aproximadamente 200 por mes. Entre ellas se seleccionó una muestra no probabilística de 60 pacientes. Treinta pacientes representaron el grupo de casos, según los siguientes criterios:

Criterios de inclusión

1. Diagnóstico ecográfico de crecimiento intrauterino restringido (CIR) [4]
2. Embarazos entre las 24 semanas hasta las 42 semanas de gestación
3. Evaluación ecográfica del primer trimestre que incluyese la medición de la longitud corono-rabadilla
4. Resolución obstétrica realizada en la Maternidad Concepción Palacios, con evaluación posnatal por el Servicio de Neonatología o de Pediatría

Criterios de exclusión

1. Fetos con alguna patología cardíaca diagnosticada por ecografía en algún trimestre de la gestación
2. Fetos con alteraciones cromosómicas diagnosticadas en el periodo prenatal o posnatal

3. Imposibilidad para hacer el ecocardiograma preparto

Las otras 30 conformaron el grupo de control, según los mismos criterios, pero con un crecimiento fetal adecuado, es decir, con pesos estimados entre los percentiles 10 y 90, para su edad gestacional y valores al *doppler* de la circulación útero feto placentaria en rangos de normalidad.

**Procedimiento**

Una vez seleccionada la paciente según los criterios establecidos, previa firma del consentimiento informado voluntario (anexo 1) donde la paciente validaba su deseo, aceptación y cumplimiento de los criterios de inclusión, se efectuó la obtención de los datos maternos a través de una ficha de recolección de datos (anexo 2). La edad gestacional fue calculada sobre la base de la fecha de última menstruación (FUM) y fue corroborada con una evaluación ecográfica del primer trimestre que incluyera la medición de la longitud cráneo rabadilla (LCR). Se aceptó una diferencia de hasta 6 días entre ambas medidas, de ser mayor o igual a 7 días se realizó un reajuste de la edad gestacional. Se le realizó una evaluación ultrasonográfica obstétrica transabdominal, durante su asistencia a la cita de control obstétrico, utilizando para ello un ecógrafo Aloka Hitachi Arietta S70® con un transductor convexo de 1,0 a 5,0 MHz. Se colocó a la paciente en posición de decúbito dorsal y se aplicó gel de trasmisión en región abdominal. Inicialmente, se practicó un escaneo pormenorizado de la anatomía fetal para descartar cualquier malformación estructural. Seguidamente, se realizó una biometría fetal, con el fin de determinar el peso fetal estimado, mediante la fórmula de Hadlock 3, [30] que incluye: circunferencia cefálica, circunferencia abdominal y fémur. Esta evaluación incluyó el percentil de crecimiento, utilizando la tabla de referencia del mismo autor. Igualmente, se realizó el estudio de velocimetría *doppler* fetal, siguiendo las recomendaciones de la *International Society of Ultrasound in Obstetrics and Gynecology* (ISUOG). Se utilizó como referencia del índice de pulsatilidad por percentiles según la edad gestacional, las tablas avaladas en la institución, para la arteria uterina, [37] arteria umbilical y cerebral media, [38] *ductus* venoso, [39] e índice cerebroplacentario. [40]

Posteriormente, se realizó una evaluación ecocardiográfica básica extendida en modo B, con el apoyo de *doppler* color pulsado. Se utilizó la programación preestablecida, que los

fabricantes del equipo Hitachi® le asignan por defecto a una valoración de ecocardiografía fetal. Las mediciones del f-TAPSE y f-MAPSE, se realizaron en modo M, en ausencia de movimientos corporales y respiratorios del feto, así como, de una apnea voluntaria de la madre, cuando fue necesaria. Se obtuvo un corte axial de 4 cámaras cardíacas, según la técnica de Yagel *et al.* [41] Se utilizó un abordaje apical o basal del corazón, para garantizar que el ángulo de insonación fuera menor a 20 grados. Se realizaron tres mediciones. Se seleccionó la menor de ellas.

Todos los estudios ecográficos fueron realizados por los investigadores bajo la supervisión de un especialista calificado en medicina materno fetal. Se grabaron las imágenes para su respaldo.

**Tratamiento estadístico**

Se utilizó el programa Microsoft Excel 2016 y los paquetes de cómputo estadístico SPSS versión 26 y R con su entorno gráfico Rstudio 3.6.3.

Se realizó el cálculo de las distribuciones de frecuencias absolutas y relativas en el caso de las variables cualitativas. Se calcularon frecuencias absolutas y/o relativas y medidas de posición (mínimo y máximo), de tendencia central (media aritmética), de dispersión (desviación estándar, coeficiente de variación) en el caso de variables cuantitativas.

Se calculó el índice de concordancia de Kappa, para determinar las coincidencias entre los percentiles de las funciones cardiacas F-TAPSE y F-MAPSE.

Se realizaron representaciones gráficas de las variables o cruces de variables según se requirió. Para las eventuales asociaciones se usó la distribución de Chi cuadrado; mientras que para contrastar medias se empleó la prueba de Wilcoxon. Se consideró significativo si $p < 0,05$.

## RESULTADOS

Se realizó la evaluación ecocardiográfica en modo M, de la excursión sistólica de los anillos valvulares atrio-ventriculares, en ambos grupos. En la tabla 1 se presenta la distribución del f-TAPSE según las alteraciones del crecimiento fetal y la edad gestacional. El f-TAPSE tuvo un valor promedio de 5,9, en los fetos con CIR, independientemente de su edad gestacional. En aquellos con edad gestacional menor a 30 semanas, el promedio fue de 5,2 para el f-TAPSE, para las edades comprendidas entre las 30 y 34 semanas + 6 días, la mediana fue de 5,7 y fue de 6,5 para los fetos restringidos con edad gestacional entre las 35 y 39 semanas de gestación. En todos los grupos de edad gestacional, las diferencias de las medias de f-TAPSE entre fetos con y sin CIR fueron significativas.

Con respecto al f-MAPSE, en la tabla 2, se puede observar un valor medio de 4,5 para los fetos con CIR, independientemente de su edad gestacional. En el grupo con edad gestacional menor a las 30 semanas, el valor promedio fue 4,0. Los fetos entre 30 y 34 semanas + 6 días, la media obtenida fue de 4,4 y fue de 5,0, para los fetos con edad gestacional entre las 35 y 39 semanas de gestación.

En general se evidenció un aumento progresivo del f-TAPSE y del f-MAPSE, a medida que progresa la edad gestacional, lo cual es independiente de las alteraciones del crecimiento. Igualmente se presentó una reducción de los valores del f-TAPSE y del f-MAPSE en los fetos con CIR, respecto a los de crecimiento normal, sin embargo, entre los que tienen menos de 30 semanas, la *p* del MAPSE fue no significativa.

En la tabla 3 se presentan los resultados obtenidos según la distribución del f-TAPSE por

percentil según edad gestacional en fetos con CIR. El f-TAPSE fue patológico en 9 pacientes (30 %) del total de fetos con CIR, mientras que 21 (70 %) de los fetos con CIR tenían f-TAPSE normales, no se observaron diferencias estadísticamente significativas ($p$ = 0,159). La distribución del f-MAPSE por percentil según la edad gestacional en fetos con CIR se presenta en la tabla 4, el mismo resultó patológico en 7 pacientes (23 %) del total de fetos con CIR, mientras que 23 (76 %) de los fetos con CIR tenían f-MAPSE normales, en este caso tampoco no se observaron diferencias estadísticamente significativas ($p$ = 0,792). Sin embargo, resalta el acúmulo de mayor incidencia de casos patológicos, 66 % para el f-TAPSE y 57,2 % para el f-MAPSE, en los fetos con CIR de inicio precoz.

No se obtuvieron valores de f-TAPSE y f-MAPSE patológicos en fetos con crecimiento adecuado.

En la tabla 5 se observa la distribución de los valores promedio de los parámetros del f-TAPSE y su relación con las alteraciones de los parámetros *doppler* de la circulación útero- feto-placentaria. La media del f-TAPSE en relación con el IP promedio de las arterias uterinas alterado se ubicó en 5,5 ± 1,2 ($p$ = 0,025). Por su parte, el valor promedio para la arteria umbilical fue de 5,6 ± 1,3; el f-TAPSE promedio para la arteria cerebral media fue de 5,5 ± 1,3 y fue de 5,8 ± 1,3 para el índice cerebroplacentario. Ninguno de estos parámetros mostró una correlación estadística. Mientras que, el *ductus* venoso, presento valores normales en todos los fetos y el f-TAPSE promedio se ubica en 5,9 ± 1,5.

De igual forma, en la tabla 6 se muestran los valores promedios del f-MAPSE según las alteraciones del *doppler;* con relación al índice de pulsatilidad promedio de las arterias uterinas, el f-MAPSE en los casos patológicos fue de 4,2 ± 0,8, evidenciando una reducción estadísticamente significativa, con relación a los casos normales (5,4 ± 1,0). Los valores promedio del f-MAPSE patológico fueron similares en relación con los IP de la arteria uterina, umbilical y la arteria cerebral media. Solo hubo una variación no significativa entre valores promedio normales y patológicos del f-MAPSE con relación al índice cerebroplacentario, que en los casos patológicos fue de 4,4 ± 0,9.

La concordancia entre los resultados patológicos del f-TAPSE y la alteración de los parámetros *doppler* de la circulación útero feto placentaria se puede observar en la tabla 7. La

arteria uterina resultó alterada en 23 de los pacientes (76,6 %) pero el f-TAPSE patológico solo se evidenció en 9 casos, lo que representó el 39 % de los 23 casos con IP de las arterias uterinas patológico ($p$ = 0,048). La arteria umbilical y el f-TAPSE resultaron ambos patológicos en 8 casos, lo que representó el 88,9 % de los 9 f-TAPSE alterados y el 50 % de los 16 IP de la arteria umbilical alterados ($p$ = 0,011). Con relación a la arteria cerebral media, entre los 18 casos con el IP alterado, 8 tenían el f-TAPSE patológico lo que representa el 44,4 % de los casos con IP de la arteria cerebral media patológica, y 88,9 de los f-TAPSE alterados ($p$ = 0,034). Entre 22 pacientes con el índice cerebroplacentario patológico hubo 8 casos con el f-TAPSE anormal, esto representa 36,4 % de los casos con ICP alterado ($p$ = 0,207). Ninguna paciente presentó alteración en el *ductus* venoso.

Para el f-MAPSE los resultados fueron similares y se presentan en la tabla 8. Los 7 pacientes con el f-MAPSE alterado, representaron el 30 % de los 23 con el IP de la uterina alterado, el 43,7 % de los 16 con el IP de la arteria umbilical alterado, el 38 % de los que tenían el IP de la arteria cerebral media alterada y el 31,8 % de los que tuvieron el ICP alterado. Ninguna de las correlaciones fue significativa.

Entre los 30 fetos con CIR, en 7 el resultado de ambas pruebas se encontró valores reducidos cercanos al percentil 5 (23,3 %), esto es 77,8 % de los f-TAPSE alterados y 100 % de los f-MAPSE alterados. En 21 (70 %) ambas pruebas resultaron con valores dentro de los percentiles esperados para la edad gestacional, esto es el 100 % de los f-TAPSE normales y el 91,3 % de los f-MAPSE normales. En 2 casos (6,7 %), el f-TAPSE estuvo alterado y el f-MAPSE estaba normal (Tabla 9). El índice de concordancia entre ambas pruebas, f-TAPSE y f-MAPSE, asciende a 0,7386 lo cual es indicativo de una consistencia sustancial entre ambas funciones.

La tabla 10 presenta los valores medios, mínimos y máximos obtenidos por ambos exploradores, para evaluar la reproducibilidad. Para el f-TAPSE las diferencias entre ambos exploradores fueron significativas en ambos grupos: con CIR ($p$ = 0,046) y sin CIR ($p$ = 0,026), es decir, la prueba no resultó reproducible porque ambos exploradores obtuvieron resultados diferentes. Para el f-MAPSE, las diferencias entre ambos exploradores no fueron significativas en ambos grupos: con CIR ($p$ = 0,059) y sin CIR

($p = 0{,}130$), lo cual se interpreta como que la determinación del f-MAPSE es reproducible.

## DISCUSIÓN

La predicción de bienestar fetal de los fetos con CIR por insuficiencia placentaria continúa siendo uno de los principales retos de la medicina fetal y sobre todo la valoración del deterioro progresivo de la función cardíaca. Estas situaciones comportan un elevado coste sociosanitario y suponen un importante problema de salud pública debido a su impacto en la morbimortalidad perinatal, por lo que tratar de disminuir su incidencia y/o las consecuencias directas o indirectas es uno de los principales retos que debe afrontar la medicina materno-fetal actual.

La evaluación de la función ventricular fetal se ha aplicado cada vez más en la práctica clínica y la investigación. Los parámetros ecocardiográficos convencionales, como la fracción de eyección, dependen de la carga y pueden permanecer normales hasta una etapa tardía del proceso de la enfermedad. [5]

El movimiento longitudinal del miocardio, determinado por las excursiones sistólicas de los planos anular tricúspide y mitral (f-TAPSE y f-MAPSE, respectivamente), agrega información significativa a la valoración ecocardiográfica, en modo M, de la fracción de eyección.

El presente estudio se planteó con el objetivo de evaluar la función cardíaca medida mediante las excursiones sistólicas de los planos anulares tricúspide y mitral en fetos con crecimiento intrauterino restringido demostrando que existe una relación entre el CIR y el deterioro progresivo de la función cardíaca asociada a la insuficiencia placentaria y de esta manera podría advertir que el feto ha llegado a un punto intermedio para desarrollar conductas en pro del bienestar fetal.

Concretamente, el f-TAPSE y el f-MAPSE aumentaron progresivamente con la edad gestacional independientemente de las alteraciones del crecimiento fetal, estos resultados coinciden con los hallazgos obtenidos por Leal *et al.*, [28] en 2021, quienes observaron una tendencia al incremento en la medición de f-TAPSE y el f-MAPSE a medida que transcurren las semanas de embarazo y el área cardíaca fetal, concluyendo que la excursión sistólica anular fetal aumenta bajo tendencia lineal con relación a la edad gestacional y al área cardíaca

fetal. Además, se pudo evidenciar una reducción de los valores del f-TAPSE y el f-MAPSE, en todos aquellos fetos afectados por CIR, siendo esto un hallazgo independiente de la edad gestacional, entendiendo que la reducción es un valor por debajo de lo normal esperado según la edad gestacional. Esta tendencia fue mucho más significativa en aquellos fetos que presentaron CIR de inicio precoz, es decir, por debajo de las 34 semanas. Lo que coincide con el trabajo de Pérez *et al.,* [22] en 2012, quienes concluyeron que f-TAPSE y f-MAPSE son más bajos en fetos con CIR, lo que sugeriría que hay disfunción sistólica. Se ha demostrado que f-MAPSE y f-TAPSE detectan disfunción cardíaca incluso en etapas tempranas. Por lo tanto, es necesario que los estudios adicionales incluyan fetos con edades gestacionales más bajas.

No hubo una presencia de valores de f-TAPSE y f-MAPSE patológicos en fetos con crecimiento adecuado, tampoco se encontró una incidencia estadísticamente significativa de los valores de f-TAPSE y f-MAPSE patológicos en los fetos con CIR, es decir, este valor estuvo reducido, pero no se ubicó por debajo del percentil 5. La mayoría de casos con el f-TAPSE patológicos, un 66,6 %, se ubicó en el grupo de CIR menores de 34 semanas. Comportamiento similar ocurrió con los f-MAPSE patológicos, donde el 57,2 %, se presentó en el mismo grupo. Este acúmulo de casos patológicos en el mencionado grupo gestacional se debe a que, fisiopatológicamente, los CIR de inicio precoz, sufren tempranamente de un proceso de deterioro placentario progresivo, con afectación secuencial de las arterias uterinas, arteria umbilical, arteria cerebral media, índice cerebro placentario y alteración del *ductus* venoso y finalmente un compromiso de la función cardíaca. Caso contrario sucede en los CIR de inicio tardío en donde no existe una correlación significativa con el f-TAPSE y f-MAPSE patológicos. Estos resultados coinciden con los hallazgos obtenidos por el grupo de Cruz-Lemini *et al.,* [14] quienes compararon la capacidad del movimiento cardíaco longitudinal con la evaluación del f-TAPSE y f-MAPSE, y concluyeron que los fetos con CIR tienen una disminución significativa en el movimiento miocárdico longitudinal como parte de la adaptación cardiovascular fetal a la insuficiencia placentaria.

Al evaluar la correlación entre el f-TAPSE y f-MAPSE con los parámetros hemodinámicos *doppler* de la circulación útero feto placentaria, se pudo observar que hubo una reducción estadísticamente significativa de los valores del f-TAPSE en los fetos con CIR que presentaron una alteración bilateral del IP de las arterias uterinas, no así para el resto de los vasos estudiados, lo cual concuerda con el trabajo de DeVore *et al.,* [26] en 2019, quienes

demostraron las altas tasas de contractilidad ventricular, global, transversal y longitudinal anormal en fetos con peso estimado menor al percentil 10, independientemente de los hallazgos *doppler* de la arteria umbilical y/o índice cerebroplacentario. En relación con el f-MAPSE, se evidenció una reducción significativa de sus valores en aquellos CIR que presentaron una alteración del IP de las arterias uterinas, la arteria umbilical y la arteria cerebral media. No hubo diferencias significativas del f-MAPSE, con respecto al índice cerebro placentario, coincidiendo de esta manera con lo propuesto por Acharya, [10] quien demostró que los fetos con restricción del crecimiento intrauterino con insuficiencia placentaria grave tienen alteraciones de los marcadores de función cardíaca y f-TAPSE y f-MAPSE. El *ductus* venoso no se pudo relacionar porque estuvo normal en todos los casos. El único parámetro que se correlacionó con la reducción significativa tanto del f-TAPSE como del f-MAPSE fue la alteración del IP de las arterias uterinas.

Se observaron diferencias significativas en la distribución de los fetos con un percentil bajo del f-TAPSE, al compararlos con las alteraciones del *doppler* útero placentario, de los fetos con crecimiento restringido. El f-TAPSE patológico se correlacionó mejor con el IP promedio de la arteria uterina, el IP de la arteria umbilical y el IP de la arteria cerebral media. No así, con el índice cerebro placentario o el *ductus* venoso. Por el contrario, el f-MAPSE patológico se correlacionó exclusivamente con la arteria uterina. Esto se pudiese explicar por el hecho de que el ventrículo derecho funge en vida fetal como sistémico, y por tanto más sujeto a alteraciones por el desarrollo de insuficiencia placentaria y por el hecho de que en él predomina la contracción longitudinal en lugar de la concéntrica del ventrículo izquierdo, y por tanto pareciera lógico que el f-TAPSE se comprometa antes que el f-MAPSE.

Al evaluar la reproducibilidad del f-TAPSE y f-MAPSE en la evaluación de la función cardiaca en fetos con crecimiento intrauterino se observó que los valores medios obtenidos al hacer la determinación del f-TAPSE, en fetos con y sin CIR, se vio influenciada por el operador, dado que las diferencias en los resultados obtenidos por uno u otro operador fueron significativas. No así, el f-MAPSE, que resultó ser más reproducible en ambos grupos de pacientes. Previamente, se ha demostrado que ambas pruebas son factibles y reproducibles en fetos. [5] En ecocardiografía fetal, el movimiento longitudinal en modo M se ha descrito previamente como una medición factible con buena reproducibilidad, por lo tanto, las imágenes en modo M podrían ser una alternativa atractiva

para la evaluación de la función cardíaca f-TAPSE y f-MAPSE en fetos con CIR. [14] En 2020, Peixoto *et al.,* [27] evaluaron la reproducibilidad intra- e interobservador utilizando el coeficiente de correlación de concordancia y límites de acuerdo. Hubo una correlación positiva significativa entre f-MAPSE, f-TAPSE, excursión del plano anular septal (SAPSE) y EG, pero encontraron pobre/moderado confiabilidad intra- e interobservador y concordancia pobre/moderada de todos los parámetros probados.

Como limitación del estudio, debe señalarse que no pudo realizarse un análisis intraobservador, donde los ecografistas que recogieron los datos realizaran sus mediciones de forma consecutiva en la misma paciente a diferentes edades gestacionales en vista que las pacientes eran valoradas en momentos y áreas diferentes.

Se concluye que la función cardiaca puede ser evaluada a través de las excursiones sistólicas de los planos anulares tricúspide y mitral en fetos con crecimiento intrauterino restringido. Todos los casos con valores reducidos cercanos al percentil 5 del f-TAPSE y el f-MAPSE correspondieron a fetos con CIR. No hubo correlación estadísticamente significativa con el f-TAPSE y el f-MAPSE patológico con el *ductus* venoso. En ambos casos existe una buena semejanza con hallazgos patológicos en el IP de las arterias uterinas. El f-MAPSE mostró una buena reproducibilidad interobservador y ambas pruebas se relacionan bien con la función cardiaca obtenida con otros parámetros al *doppler*.

Se recomienda incluir la evaluación ecográfica de la función cardíaca mediante las excursiones sistólicas de los planos anulares tricúspide y mitral en fetos con crecimiento intrauterino restringido; podría integrarse en la práctica clínica para mejorar la predicción a corto plazo de la muerte fetal y esta información sería esencial para orientar las decisiones clínicas de los fetos con restricción grave del crecimiento. Evaluar la utilidad de las excursiones sistólicas de los planos anulares tricúspide y mitral en otras patologías que requieran determinar la función cardiaca.

**AGRADECIMIENTO**

Al Dr. Luis Fernando Cadena, tutor del presente trabajo, por su apoyo y colaboración.

A la Dra. Mireya González Blanco, asesora metodológica, por su valiosa orientación y tiempo dedicado para la culminación de este trabajo.

Al Licenciado Ángel Echarry, por la asesoría estadística.

## REFERENCIAS


1. Wadnipar M. Asociación entre el índice de pulsatilidad del istmo aórtico y la función cardíaca del ventrículo izquierdo en fetos por debajo del percentil tres para la edad gestacional [tesis en Internet]. Bucaramanga: Universidad Industrial de Santander; 2019 [consultado febrero 2021]. Disponible en: https://noesis.uis.edu.co/server/api/core/bitstreams/0050b822-d2bb-4af3-9c86-ccdbc81cb6fc/content

2. Martínez P, Oliva L. Flujometría Doppler en medicina materno fetal. Rev Med Hondur [Internet]. 2014 [consultado febrero 2021]; 82(1): 27-32. Disponible en: http://www.bvs.hn/RMH/pdf/2014/pdf/Vol82-1-2014-9.pdf

3. Cruz-Martinez R, Figueras F, Hernandez-Andrade E, Oros D, Gratacos E. Changes in myocardial performance index and aortic isthmus and ductus venosus Doppler in term, small-for-gestational age fetuses with normal umbilical artery pulsatility index. Ultrasound Obstet Gynecol. 2011; 38(4): 400-405. DOI: 10.1002/uog.8976.

4. Rodríguez M. Valor del Doppler del istmo aórtico para predecir el estado hemodinámico fetal en gestaciones únicas y gemelares. Aplicación clínica en fetos con crecimiento intrauterino restringido [tesis en Internet]. Madrid: Universidad Complutense de Madrid; 2013 [consultado febrero 2021]. Disponible en: https://eprints.ucm.es/id/eprint/22657/1/T34705.pdf

5. Mao YK, Zhao BW, Wang B. Z-Score Reference Ranges for Angular M-Mode Displacement at 22-40 Weeks' Gestation. Fetal Diagn Ther. 2017; 41(2):115-126. DOI: 10.1159/000446071.

6. Lisi M, Ballo P, Cameli M, Gandolfo F, Galderisi M, Chiavarelli M, *et al.* Mitral annular longitudinal function preservation after mitral valve repair: the MARTE study. Int J Cardiol. 2012; 157(2):212-215. DOI: 10.1016/j.ijcard.2010.12.054.

7. Wenzelburger FW, Tan YT, Choudhary FJ, Lee ES, Leyva F, Sanderson JE. Mitral annular plane systolic excursion on exercise: a simple diagnostic tool for heart failure with preserved ejection fraction. Eur J Heart Fail. 2011; 13(9): 953-960. DOI: 10.1093/eurjhf/hfr081.

8. Crispi F, Bijnens B, Figueras F, Bartrons J, Eixarch E, Le Noble F, *et al*. Fetal growth restriction results in remodeled and less efficient hearts in children. Circulation. 2010; 121(22): 2427-2436. DOI: 10.1161/CIRCULATIONAHA.110.937995.

9. Giovanardi P, Tincani E, Rossi R, Agnoletto V, Bondi M, Modena MG. Right ventricular function predicts cardiovascular events in outpatients with stable cardiovascular diseases: preliminary results. Intern Emerg Med. 2012; 7(3): 251-256. DOI: 10.1007/s11739-011-0508-8.

10. Acharya G. Measurement of atrioventricular annular plane displacement has been revived: will it prove to be useful in assessing fetal cardiac function? Ultrasound Obstet Gynecol. 2013; 42(2): 125-129. DOI: 10.1002/uog.12542.

11. Morales-Roselló J, Khalil A, Perales-Marín A. Fetal tricuspid annulus plane systolic excursion (fTAPSE) at term - association with cerebroplacental ratio, birthweight and neonatal pH. J Matern Fetal Neonatal Med. 2016; 29(10): 1636-1641. DOI: 10.3109/14767058.2015.1057810.

12. Koestenberger M, Nagel B, Avian A, Ravekes W, Sorantin E, Cvirn G, *et al*. Systolic right ventricular function in children and young adults with pulmonary artery hypertension secondary to congenital heart disease and tetralogy of Fallot: tricuspid annular plane systolic excursion (TAPSE) and magnetic resonance imaging data. Congenit Heart Dis. 2012; 7(3): 250-258. DOI: 10.1111/j.1747-0803.2012.00655.x.

13. Messing B, Gilboa Y, Lipschuetz M, Valsky DV, Cohen SM, Yagel S. Fetal tricuspid annular plane systolic excursion (f-TAPSE): evaluation of fetal right heart systolic function with conventional M-mode ultrasound and spatiotemporal image correlation (STIC) M-mode. Ultrasound Obstet Gynecol. 2013; 42(2): 182-188. DOI: 10.1002/uog.12375.

14. Cruz-Lemini M, Crispi F, Valenzuela-Alcaraz B, Figueras F, Sitges M, Gómez O, *et al.* Value of annular M-mode displacement vs tissue Doppler velocities to assess cardiac function in intrauterine growth restriction. Ultrasound Obstet Gynecol. 2013; 42(2): 175-181. DOI: 10.1002/uog.12374.

15. Cruz-Lemini M, Crispi F, Valenzuela-Alcaraz B, Figueras F, Gómez O, Sitges M, *et al*. A fetal cardiovascular score to predict infant hypertension and arterial remodeling in intrauterine growth restriction. Am J Obstet Gynecol. 2014; 210(6): 552.e1-552.e22. DOI: 10.1016/j.ajog.2013.12.031.

16. Hensel KO, Roskopf M, Wilke L, Heusch A. Intraobserver and interobserver reproducibility of M-mode and B-mode acquired mitral annular plane systolic excursion (MAPSE) and its dependency on echocardiographic image quality in children. PLoS One. 2018; 13(5): e0196614. DOI: 10.1371/journal.pone.0196614.

17. Gardosi JO. Prematurity and fetal growth restriction. Early Hum Dev. 2005; 81(1): 43-49. DOI: 10.1016/j.earlhumdev.2004.10.015.

18. Baschat AA, Cosmi E, Bilardo CM, Wolf H, Berg C, Rigano S, *et al*. Predictors of neonatal outcome in early-onset placental dysfunction. Obstet Gynecol. 2007; 109(2Pt1): 253-261. DOI: 10.1097/01.AOG.0000253215.79121.75.

19. Figueras F, Gardosi J. Intrauterine growth restriction: new concepts in antenatal surveillance, diagnosis, and management. Am J Obstet Gynecol. 2011; 204(4): 288-300. DOI: 10.1016/j.ajog.2010.08.055.

20. Crispi F, Hernandez-Andrade E, Pelsers MM, Plasencia W, Benavides-Serralde JA, Eixarch E, *et al.* Cardiac dysfunction and cell damage across clinical stages of severity in growth-restricted fetuses. Am J Obstet Gynecol. 2008; 199(3): 254.e1-254.e8. DOI: 10.1016/j.ajog.2008.06.056.

21. Zurita J, Sosa Olavarría A, Zielinsky P. Evaluación ecográfica de la función cardíaca fetal. Rev Latin Perinat [Internet]. 2017 [consultado febrero 2021]; 2: 20: 115-126. Disponible en: https://docplayer.es/70775476-Evaluacion-ecografica-de-la-funcion-cardiaca-fetal.html

22. Pérez M, Fernández M, Sabria J, Ferrero S, Lailla J. Evaluation of right and left heart performance in small for gestational age fetuses with TAPSE and MAPSE. Ultrasound Obstet Ginecol [Internet]. 2012 [consultado febrero 2021]; 40(S1): 145-160. Disponible en: https://obgyn.onlinelibrary.wiley.com/doi/epdf/10.1002/uog.11602

23. Pérez M, Fernández M, Sabria J, Gómez M, Vela A, Lailla J. Systolic dysfunction in intrauterine growth restriction fetuses with abnormal uterine artery Doppler evaluated by TAPSE and MAPSE. Ultrasound Obstet Ginecol [Internet]. 2012 [consultado febrero 2021]; 40(S1): 230-244. Disponible en: https://www.researchgate.net/scientific-contributions/JM-Lailla-39893080

24. Eckersley L, Hornberger LK. Cardiac function and dysfunction in the fetus. Echocardiography. 2017; 34(12):1776-1787. DOI: 10.1111/echo.13654.

25. Rocha LA, Rolo LC, Araujo Júnior E. How to perform a functional assessment of the fetal heart: a pictorial review. Ultrasonography. 2019; 38(4): 365-373. DOI: 10.14366/usg.18065.

26. DeVore GR, Gumina DL, Hobbins JC. Assessment of ventricular contractility in fetuses with an estimated fetal weight less than the tenth centile. Am J Obstet Gynecol. 2019; 221(5): 498.e1-498.e22. DOI: 10.1016/j.ajog.2019.05.042.

27. Peixoto AB, Bravo-Valenzuela NJ, Martins WP, Tonni G, Mattar R, Moron AF, *et al*. Reference ranges for the fetal mitral, tricuspid, and interventricular septum annular plane systolic excursions (mitral annular plane systolic excursion, tricuspid annular plane systolic excursion, and septum annular plane systolic excursion) between 20 and 36 + 6 weeks of gestation. J Perinat Med. 2020; 48(6): 601-608. DOI: 10.1515/jpm-2020-0002.

28. Leal L, Alcalá O, Salazar J, Rivero A. Nomograma de la excursión sistólica anular atrioventricular fetal. Rev Latin Perinat [Internet]. 2021 [consultado febrero 2021]; 24(1): 25-34. Disponible en: https://drive.google.com/file/d/1zguL7LuZdgzXrFiDY3yNV1nl8Xr4tpV3/view

29. Sanín-Blair J, Gómez J, Ramírez J, Mejía C, Medina O, Vélez J. Diagnosing and managing foetuses suffering from intrauterine growth restriction (IUGR) and foetuses which are small for their gestational age (SGA). Rev Colomb Obstet Ginecol [Internet]. 2009 [consultado febrero 2021]; 60(3): 247-261. Disponible en: http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0034-74342009000300006

30. Hadlock FP, Harrist RB, Sharman RS, Deter RL, Park SK. Estimation of fetal weight with the use of head, body, and femur measurements--a prospective study. Am J Obstet Gynecol. 1985; 151(3): 333-337. DOI: 10.1016/0002-9378(85)90298-4.

31. Gordijn SJ, Beune IM, Thilaganathan B, Papageorghiou A, Baschat AA, Baker PN, *et al*. Consensus definition of fetal growth restriction: a Delphi procedure. Ultrasound Obstet Gynecol. 2016;48(3):333-339. DOI: 10.1002/uog.15884.

32. Pimiento M, Beltrán M. Restricción del crecimiento intrauterino: una aproximación al diagnóstico, seguimiento y manejo. Rev Chil Obstet Ginecol [Internet]. 2015

[consultado febrero 2021]; 80 (6): 493-502. Disponible en: https://scielo.conicyt.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0717-75262015000600010

33. Barker DJ, Gluckman PD, Godfrey KM, Harding JE, Owens JA, Robinson JS. Fetal nutrition and cardiovascular disease in adult life. Lancet. 1993; 341(8850):938-941. DOI: 10.1016/0140-6736(93)91224-a.

34. Carvalho JS, O'Sullivan C, Shinebourne EA, Henein MY. Right and left ventricular long-axis function in the fetus using angular M-mode. Ultrasound Obstet Gynecol. 2001; 18(6):619-622. DOI: 10.1046/j.0960-7692.2001.00587.x.

35. Gardiner HM, Pasquini L, Wolfenden J, Barlow A, Li W, Kulinskaya E, Henein M. Myocardial tissue Doppler and long axis function in the fetal heart. Int J Cardiol. 2006; 113(1): 39-47. DOI: 10.1016/j.ijcard.2005.10.029.

36. Asociación Médica Mundial [Internet]. Ciudad: Declaración de Helsinki de la AMM: Principios éticos para las investigaciones médicas en seres humanos; 2013 [actualizada 21 de marzo de 2017, consultada febrero de 2021]. Disponible en: https://www.wma.net/es/policies-post/declaracion-de-helsinki-de-la-amm-principios-eticos-para-las-investigaciones-medicas-en-seres-humanos/

37. Gómez O, Figueras F, Fernández S, Bennasar M, Martínez JM, Puerto B, *et al*. Reference ranges for uterine artery mean pulsatility index at 11-41 weeks of gestation. Ultrasound Obstet Gynecol. 2008; 32(2): 128-32. DOI: 10.1002/uog.5315.

38. Arduini D, Rizzo G. Normal values of Pulsatility Index from fetal vessels: a cross-sectional study on 1556 healthy fetuses. J Perinat Med. 1990;18(3): 165-172. DOI: 10.1515/jpme.1990.18.3.165.

39. Kessler J, Rasmussen S, Hanson M, Kiserud T. Longitudinal reference ranges for ductus venosus flow velocities and waveform indices. Ultrasound Obstet Gynecol. 2006; 28(7): 890-898. DOI: 10.1002/uog.3857.

40. Baschat AA, Gembruch U. The cerebroplacental Doppler ratio revisited. Ultrasound Obstet Gynecol. 2003; 21(2):124-7. DOI: 10.1002/uog.20.

41. Yagel S, Cohen SM, Achiron R. Examination of the fetal heart by five short-axis views: a proposed screening method for comprehensive cardiac evaluation. Ultrasound Obstet Gynecol. 2001;17(5):367-369. DOI: 10.1046/j.1469-0705.2001.00414.x.

## ANEXO 1 Consentimiento informado

Yo, _____, titular de la cédula de identidad _____ de ____ años de edad, con domicilio en _____ declaro que se me ha invitado a participar en un proyecto de investigación titulado, **CRECIMIENTO INTRAUTERINO RESTRINGIDO: FUNCIÓN CARDÍACA SEGÚN LA EXCURSIÓN SISTÓLICA TRICÚSPIDE Y MITRAL**, por parte de los investigadores responsables los médicos especialistas en Obstetricia y Ginecología Julio Jaramillo y Nina Blanco, residentes del Programa de Especialización en Medicina Materno Fetal de la Universidad Central de Venezuela, sede en la Maternidad Concepción Palacios, quienes me han explicado que el estudio consiste en practicar un ecosonograma para evaluar la función sistólica mediante la medición de la excursión sistólica del plano anular tricúspide (f-TAPSE) y la excursión sistólica del plano anular mitral (f-MAPSE) en fetos con crecimiento intrauterino restringido. Si reúno las condiciones para participar en este protocolo y de aceptar participar se me realizarán las siguientes pruebas y procedimientos: tomaran mis datos a través de una ficha de recolección de datos y posteriormente se me realizará un estudio ecográfico transabdominal y dependiendo de los hallazgos ecosonográficos se realizará el seguimiento ecográfico pertinente al caso.

Por lo que entiendo que:

1. Mi decisión de participar en el estudio es completamente voluntaria.
2. Entendí la información personal e impresa en la cual se indican riesgos y beneficios del procedimiento que se me realizará, así mismo efectué las preguntas pertinentes al tema, recibiendo respuestas oportunas y claras de las mismas.
3. No habrá ninguna consecuencia desfavorable para mí, en caso de no aceptar la invitación y no afectará en ningún momento la calidad de atención hacia mi persona.
4. Este consentimiento puede ser revocado por mí (o por mí representante legal en caso de ser menor de edad o incapacitada) cuando lo desee, sin explicación alguna y sin que ello limite mi atención médica posterior en esta institución.
5. En caso de manifestación de no saber firmar, debo colocar mi huella dactilar. Al firmar este consentimiento no renuncio a ninguno de mis derechos.
6. En el transcurso del estudio podré solicitar información actualizada sobre el mismo, al investigador responsable.
7. La información obtenida en este estudio, utilizada para la identificación de cada paciente, será mantenida con estricta confidencialidad.
8. Autorizo a las personas encargadas de este proyecto, a que los resultados que formen parte del estudio sean publicados según lo crean conveniente, sin que mi identidad sea revelada.
9. En caso de presentar alguna complicación y/o efecto adverso relacionado con el estudio, tendré la posibilidad de contactar al investigador, para recibir orientación y evaluación en el momento que lo necesite durante el período de la investigación. De igual manera se garantiza la atención adecuada o referencia al nivel de atención adecuado para el manejo oportuno de la misma.

He leído el documento, entiendo las declaraciones contenidas en él y la necesidad de hacer constar mi consentimiento, para lo cual lo firmo libre y voluntariamente, recibiendo en el acto copia de este documento ya firmado.

Caracas, _____

_____ _____

Firma y CI del paciente Firma y CI del investigador

**ANEXO 2 Hoja de recolección de datos**

## ECOGRAFÍA OBSTÉTRICA

Fecha: ____ /____ /____

**Identificación.**

Nombres y Apellidos: _____

CI: _____ Dirección: _____

Edad: _____ Teléfono: _____

Paridad: G___ P___ C___ A___

FUR ____/____/____ EG ____ semanas + _____ días

Ecografías previas (1er o 2do trimestre) EG ____ semanas + _____ días

Antecedentes personales:

Antecedentes patología fetal:

| | | | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| DBP | | | CC | | | CA | | | LF | | | PFE | | P: |

**Ecosonograma transabdominal.**

**Estudio *Doppler***

| | IP (D) | IP (I) | | IP |
|---|---|---|---|---|
| Arterias uterinas | | | Arteria cerebral media | |
| | IP | | | |
| Arteria umbilical | | ICP | | |
| | IP | | IP | |

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| *Ductus* venoso | | Vena umbilical | | |
| | IP | | | |
| f-TAPSE | | | | |
| f-MAPSE | | | | |

**Diagnósticos:**

Tabla 1

Distribución de valores medios de la excursión sistólica del plano anular tricúspide (f-TAPSE) por alteración del crecimiento fetal según la edad gestacional

| Edad gestacional (semanas) | Crecimiento normal | | Crecimiento restringido | | *P* |
|---|---|---|---|---|---|
| | Media | DE | Media | DE | |
| Todos | 7,5 | 0,9 | 5,9 | 1,5 | 0,000 |
| Menos de 30 | 6,6 | 0,5 | 5,2 | 1,1 | 0,009 |
| 30-34 | 7,8 | 0,6 | 5,7 | 1,2 | 0,000 |
| 35-39 | 8,2 | 0,6 | 6,5 | 1,8 | 0,007 |

Tabla 2

Distribución de valores medios de la excursión sistólica del plano anular mitral (f-MAPSE) por alteración del crecimiento fetal según la edad gestacional

| Edad gestacional (semanas) | Crecimiento normal | | Crecimiento restringido | | *P* |
|---|---|---|---|---|---|
| | Media | DE | Media | DE | |
| Todos | 5,5 | 1,0 | 4,5 | 1,0 | 0,000 |
| Menos de 30 | 4,9 | 0,9 | 4,0 | 1,0 | 0,203 |
| 30-34 | 5,5 | 0,6 | 4,4 | 0,8 | 0,003 |
| 35-39 | 6,8 | 0,6 | 5,0 | 1,1 | 0,007 |

Tabla 3

Distribución de fetos con crecimiento fetal restringido según percentiles de la excursión sistólica del plano anular tricúspide (f-TAPSE) por edad gestacional

| Edad gestacional (semanas) | f-TAPSE normal | | f-TAPSE patológico | |
|---|---|---|---|---|
| | n | % | N | % |
| Menos de 30 | 6 | 28,6 | 2 | 22,2 |
| 30-34 | 8 | 38,1 | 4 | 44,4 |
| 35-39 | 7 | 33,3 | 3 | 33,3 |
| | | | | $p$ = 0,159 |

Tabla 4

Distribución de fetos con crecimiento fetal restringido según percentiles de la excursión sistólica del plano anular mitral (f-MAPSE) por edad gestacional

| Edad gestacional (semanas) | f-MAPSE normal | | f-MAPSE patológico | |
|---|---|---|---|---|
| | N | % | n | % |
| Menos de 30 | 7 | 30,4 | 1 | 14,3 |
| 30-34 | 9 | 39,1 | 3 | 42,9 |
| 35-39 | 7 | 30,4 | 3 | 42,9 |

$p = 0,792$

Tabla 5

Distribución de los parámetros *doppler* de la circulación útero-feto-placentaria según la excursión sistólica del plano anular tricúspide (f-TAPSE) en los fetos con crecimiento intrauterino restringido

| Alteraciones de los parámetros *doppler* | f-TAPSE normal | | f-TAPSE patológica | | *p* |
|---|---|---|---|---|---|
| | Media | DE | Media | DE | |
| IP promedio arteria uterina | 7,0 | 1,8 | 5,5 | 1,2 | 0,025 |
| IP arteria umbilical | 6,2 | 1,7 | 5,6 | 1,3 | 0,313 |
| IP arteria cerebral media | 6,4 | 1,6 | 5,5 | 1,3 | 0,158 |
| Índice cerebroplacentario \| | 6,0 | 1,9 | 5,8 | 1,3 | 0,765 |
| IP *ductus* venoso | 5,9 | 1,5 | - | - | - |

f-TAPSE: excursión sistólica del plano anular tricúspide; IP: índice de pulsatilidad.

Tabla 6

Distribución de los parámetros *doppler* de la circulación útero-feto-placentaria según la excursión sistólica del plano anular mitral (f-MAPSE) en los fetos con crecimiento intrauterino restringido

| Alteraciones de los parámetros *doppler* | f-MAPSE normal | | f-MAPSE patológica | | *p* |
|---|---|---|---|---|---|
| | Media | DE | Media | DE | |
| IP promedio arteria uterina | 5,4 | 1,0 | 4,2 | 0,8 | 0,006 |
| IP arteria umbilical | 4,8 | 1,2 | 4,2 | 0,7 | 0,043 |
| IP arteria cerebral media | 5,0 | 1,1 | 4,2 | 0,8 | 0,017 |
| Índice cerebroplacentario \| | 4,7 | 1,2 | 4,4 | 0,9 | 0,298 |
| IP *ductus* venoso | 4,5 | 1,0 | - | - | - |

f-MAPSE: excursión sistólica del plano anular mitral; IP: índice de pulsatilidad.

Tabla 7

Distribución de fetos con crecimiento intrauterino restringido por percentil de la excursión sistólica del plano anular tricúspide (f-TAPSE) según las alteraciones de los parámetros *doppler* de la circulación útero-feto-placentaria

| Alteraciones de los parámetros *doppler* | f-TAPSE normal | | f-TAPSE patológica | | *p* |
|---|---|---|---|---|---|
| | n | % | n | % | |
| IP promedio arteria uterina | | | | | 0,048 |
| Normal | 7 | 33,3 | 0 | 0,0 | |
| Patológico | 14 | 66,7 | 9 | 100,0 | |
| IP arteria umbilical | | | | | 0,011 |
| Normal | 13 | 61,9 | 1 | 11,1 | |
| Patológico | 8 | 38,1 | 8 | 88,9 | |
| IP arteria cerebral media | | | | | 0,034 |
| Normal | 11 | 52,4 | 1 | 11,1 | |
| Patológico | 10 | 47,6 | 8 | 88,9 | |
| Índice cerebroplacentario \| | | | | | 0,207 |
| Normal | 7 | 33,3 | 1 | 11,1 | |
| Patológico | 14 | 66,7 | 8 | 88,9 | |
| IP *ductus* venoso | | | | | - |
| Normal | 21 | 100,0 | 9 | 100,0 | |

f-TAPSE: excursión sistólica del plano anular tricúspide; IP: índice de pulsatilidad.

Tabla 8

Distribución de fetos con crecimiento intrauterino restringido por percentil de la excursión sistólica del plano anular mitral (f-MAPSE) según las alteraciones de los parámetros *doppler* de la circulación útero-feto-placentaria

| Alteraciones de los parámetros *doppler* | f-MAPSE normal | | f-MAPSE patológica | | *p* |
|---|---|---|---|---|---|
| | n | % | n | % | |
| IP promedio arteria uterina | | | | | 0,096 |
| Normal | 7 | 30,4 | 0 | 0,0 | |
| Patológico | 16 | 69,6 | 7 | 100,0 | |
| IP arteria umbilical | | | | | 0,050 |
| Normal | 13 | 56,5 | 1 | 14,3 | |
| Patológico | 10 | 43,5 | 6 | 85,7 | |
| IP arteria cerebral media | | | | | 0,113 |
| Normal | 11 | 47,8 | 1 | 14,3 | |
| Patológico | 12 | 52,2 | 6 | 85,7 | |
| Índice cerebroplacentario \| | | | | | 0,398 |
| Normal | 7 | 30,4 | 1 | 14,3 | |
| Patológico | 16 | 69,6 | 6 | 85,7 | |
| IP *ductus* venoso | | | | | - |
| Normal | 23 | 100,0 | 7 | 100,0 | |

f-MAPSE: excursión sistólica del plano anular mitral; IP: índice de pulsatilidad.

Tabla 9

Distribución de pacientes según la coincidencia en la evaluación de la función cardiaca diagnosticada por el f-TAPSE y el f-MAPSE en fetos con crecimiento intrauterino restringido

| f-TAPSE | f-MAPSE | | | |
|---|---|---|---|---|
| | AUMENTADO | | REDUCIDO | |
| | n | % | n | % |
| AUMENTADO | 21 | 100 | 0 | - |
| REDUCIDO | 2 | 22,2 | 7 | 77,8 |

f-TAPSE: excursión sistólica del plano anular tricúspide; f-MAPSE: excursión sistólica del plano anular mitral.

Concordancia: 0,7386

$p = 0,000$

Tabla 10

Distribución de resultados de ambas pruebas, diferenciados según la presencia de crecimiento intrauterino restringido según la evaluación de dos exploradores para evaluar reproducibilidad

| | n | Mínimo | Máximo | Media | DE | CV (%) | *P* |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| f-TAPSE | | | | | | | |
| Con CIR | | | | | | | 0,046 |
| Explorador 1 | 15 | 3,64 | 9,30 | 7,13 | 1,58 | 22,1 | |
| Explorador 2 | 15 | 6,20 | 10,44 | 8,30 | 1,44 | 17,3 | |
| Sin CIR | | | | | | | 0,026 |
| Explorador 1 | 15 | 4,89 | 8,18 | 6,36 | 1,12 | 17,6 | |
| Explorador 2 | 15 | 5,58 | 8,98 | 7,39 | 1,07 | 14,5 | |
| f-MAPSE | | | | | | | |
| Con CIR | | | | | | | 0,059 |
| Explorador 1 | 15 | 2,47 | 6,90 | 5,11 | 1,27 | 24,9 | |
| Explorador 2 | 15 | 4,35 | 7,35 | 5,99 | 1,04 | 17,3 | |
| Sin CIR | | | | | | | 0,130 |
| Explorador 1 | 15 | 2,80 | 6,70 | 4,19 | 0,96 | 22,9 | |
| Explorador 2 | 15 | 3,05 | 7,67 | 5,05 | 1,39 | 27,6 | |

f-TAPSE: excursión sistólica del plano anular tricúspide; f-MAPSE: excursión sistólica del plano anulares mitral; CIR: crecimiento intrauterino restringido; DE: desviación estándar; CV: coeficiente de variabilidad