

Disfunción cardíaca en fetos con crecimiento restringido a través del índice de rendimiento miocárdico modificado

Cardiac dysfunction in growth restricted fetuses through modified myocardial performance index

Eliana C Álvarez R ¹  Carlos García Curda ¹ 

RESUMEN

Introducción: El crecimiento fetal restringido (CFR) se caracteriza por la incapacidad del feto para alcanzar su potencial genético de crecimiento, asociado principalmente a disfunción placentaria, que ocasiona una hipoperfusión crónica fetal que desencadena cambios adaptativos en el corazón y que pueden evaluarse mediante flujometría Doppler. **Objetivo:** Evaluar la disfunción cardíaca en fetos con CFR a través del Índice de Rendimiento Miocárdico Modificado (IRM-Mod). **Método:** Se realizó un estudio prospectivo, descriptivo, de corte transversal, con muestra conformada por 97 gestantes, 44 con diagnóstico de CFR y 53 fetos con crecimiento fetal normal, a los cuales se les realizó biometría fetal, perfil hemodinámico y ecocardiografía para la obtención del IRM-Mod. **Resultados:** Se encontró un incremento del IRM-Mod en fetos con restricción (\bar{x} : 0,60) en comparación con fetos de crecimiento normal (\bar{x} : 0,44), estimación estadísticamente significativa. No se encontró relación lineal entre el IRM-Mod y el índice de pulsatilidad de la arteria umbilical (IPAUM), sin embargo, hubo correlación positiva entre las variables. **Conclusión:** La ecocardiografía es una herramienta útil para evaluar la función cardíaca fetal. El índice de rendimiento miocárdico modificado es una medida fácil de realizar, altamente reproducible. Es útil para detectar disfunción cardíaca en fetos con crecimiento restringido y se correlaciona de manera positiva con parámetros Doppler como índice de pulsatilidad de la arteria umbilical, aumentando a medida que avanza el deterioro fetal.

Palabras clave: índice de rendimiento miocárdico modificado, ecocardiografía fetal, crecimiento fetal restringido.

ABSTRACT

Introduction: Restricted fetal growth (RGF) is characterized by the inability of the fetus to reach its genetic growth potential, mainly associated with placental dysfunction, which causes chronic fetal hypoperfusion that triggers adaptive changes in the heart and that can be evaluated by Doppler flowmetry. **Objective:** To evaluate cardiac dysfunction in fetuses with RGF through the Modified Myocardial Performance Index (MPI-Mod). **Method:** A prospective, descriptive, cross-sectional study was conducted with a sample consisting of 97 pregnant women, 44 with a diagnosis of RGF and 53 fetuses with normal fetal growth, who underwent fetal biometry, hemodynamic profile and echocardiography to obtain the MPI-Mod. **Results:** An increase in MPI-Mod was found in fetuses with restriction (\bar{x} : 0.60) compared to fetuses with normal growth (\bar{x} : 0.44), a statistically significant estimate. No linear relationship was found between Mod-MRI and the umbilical artery pulsatility index (UMAPI); however, there was a positive correlation between the variables. **Conclusion:** Echocardiography is a useful tool for assessing fetal cardiac function. The modified myocardial performance index (MMPI) is an easy-to-perform and highly reproducible measure. It is useful for detecting cardiac dysfunction in growth-restricted fetuses and correlates positively with Doppler parameters such as the umbilical artery pulsatility index (UMAPI), increasing as fetal deterioration progresses.

Key words: modified myocardial performance index, fetal echocardiography, restricted fetal growth.

INTRODUCCIÓN

El crecimiento fetal restringido es una falla en la capacidad del feto para alcanzar su potencial de crecimiento¹. Es una entidad multifactorial producida principalmente por hipoperfusión placentaria, que complica aproximadamente 5 a 10% de los embarazos, asociándose a una alta probabilidad de resultados perinatales adversos². A nivel mundial, es una de las principales causas de morbilidad fetal, neonatal, infantil y de la vida adulta.³

Actualmente los criterios establecidos para el diagnóstico de restricción de crecimiento fetal (CFR) se basan en parámetros biométricos y hemodinámicos fetales, considerándose que, a menor percentil de crecimiento y mayor alteración hemodinámica, más cuantioso es el riesgo de resultado perinatal adverso. Estos criterios incluyen la trayectoria de crecimiento combinado con parámetros de función placentaria y cambios en la hemodinamia fetal al Doppler.⁴

¹ Unidad de Perinatología. Facultad de Ciencias de la Salud, Universidad de Carabobo. Hospital Materno Infantil "Dr. José María Vargas". Valencia, estado Carabobo, Venezuela

Autor de Correspondencia: Eliana C Álvarez R ¹ 

E-mail: elideliana1@gmail.com

Recibido: 12/01/2025

Aprobado: 29/03/2025

Se ha estandarizado definiciones consensuadas de CFR temprano y tardío, fijando como punto de corte la edad gestacional al momento del diagnóstico de 32 semanas de gestación⁵. Se Establece los parámetros para el diagnóstico en el consenso Delphi⁶, para crecimiento fetal restringido precoz: circunferencia abdominal y/o peso estimado fetal menor del percentil 3, o, flujo diastólico final de la arteria umbilical ausente como criterios únicos, o, circunferencia abdominal y/o peso estimado fetal menor del percentil 10, combinado con índice de pulsatilidad de las arterias uterinas mayor del percentil 95 y/o índice de pulsatilidad de arteria umbilical mayor del percentil 95.

El crecimiento fetal restringido tardío se identifica en fetos con circunferencia abdominal o peso estimado menor del percentil 3 como criterios únicos, o al menos dos de los siguientes criterios: circunferencia abdominal o peso estimado menor del percentil 10, disminución de más de dos cuartiles de la circunferencia abdominal o peso estimado, índice cerebro-placentario menor del percentil 5 o índice de pulsatilidad de la arteria umbilical mayor del percentil 95.

Si bien, el CFR puede resultar de una variedad de condiciones maternas, fetales o placentarias, los principales mecanismos subyacentes, a menudo comparten una vía final común caracterizada por una nutrición fetal y perfusión uteroplacentaria deficientes⁷, siendo la placenta un factor principal que determina el crecimiento, ya que es la interfaz para todo el suministro de nutrientes y oxígeno entre las circulaciones materna y fetal.¹

La insuficiencia placentaria está relacionada directamente con hipoperfusión sostenida del espacio intervelloso, producto de la invasión inapropiada de los vasos espirales retroplacentarios de la decidua basal, por parte del trofoblasto extra vellositario del corión. De esta manera, se activan mecanismos de adaptación hemodinámica fetal, con desaceleración progresiva de su curva de crecimiento, reducción del perímetro abdominal y cambios hemodinámicos que repercuten en la función cardíaca fetal.²

Por otra parte, el sistema cardiovascular fetal dispone de todas aquellas estructuras que posteriormente participaran en la circulación postnatal, cuando el intercambio gaseoso pase a tener lugar en los pulmones⁸. Como es bien conocido, el corazón fetal completa su formación hacia el final de la décima semana de gestación, estableciéndose una circulación en paralelo que se mantiene hasta el momento del nacimiento, cuando se inicia una transición a la circulación en serie característica de la etapa postnatal.⁹

A este respecto, debemos entender que el ciclo cardíaco fetal está compuesto por 5 tiempos, que incluyen: diástole precoz, representada por el paso de sangre de forma pasiva de las aurículas a los ventrículos debido a la apertura de las válvulas atrioventriculares (AV), mostrado en el Doppler pulsado como onda E; diástole tardía, caracterizada por la contracción de la aurícula completando el llenado ventricular u onda A; contracción isovolumétrica (TCI), tiempo entre el cierre de las válvulas AV y la apertura de las válvulas

ventrículo arteriales. Esto indica el momento en que la contracción del miocardio provoca un aumento de la presión intraventricular, sin un cambio en el volumen ventricular; todas las válvulas están cerradas durante esta fase, comportándose el ventrículo como una cavidad cerrada; eyección (TE), tiempo en el cual la sangre se eyecta desde los ventrículos hacia los grandes vasos arteriales. Esto ocurre debido a que la presión ventricular se eleva lo suficiente para abrir las válvulas ventrículo-arteriales, provocando que el miocardio se deforme y la sangre sea expulsada desde los ventrículos; y finalmente en la última etapa, la relajación isovolumétrica (TRI), que es el tiempo entre el cierre de las válvulas ventrículo arteriales y la apertura de las válvulas AV, refiriéndonos a la relajación miocárdica postsistólica que se produce cuando comienza la recaptación de calcio en los cardiomiocitos, disminuyendo la presión intraventricular; no entra ni sale sangre de los ventrículos.¹⁰

De esta manera, podemos decir que el corazón es un órgano cinético cuya estructura y forma cambian durante su desarrollo, se adapta a las noxas aumentando la masa miocárdica y dilatándose; proceso conocido como remodelación cardíaca, para permitir mantener inicialmente una función óptima y eficiente pero que, finalmente, conducirá a fallo o disfunción cardíaca. Si esta condición de hipoxia crónica es sostenida, como en el caso de los fetos con CFR, se produce daño directo al miocardio, sobrecarga de presión y de volumen, generando hipertrofia miocárdica para compensar la pérdida celular o, disminuyendo la contractilidad intrínseca; que compromete la capacidad de distensibilidad y contractilidad de las fibras miocárdicas¹¹. La evolución de este proceso adaptativo se correlaciona con distintos indicadores ecográficos, incluyendo la evaluación de vasos fetales al Doppler.²

El índice de rendimiento miocárdico (IRM) evalúa el rendimiento ventricular global obtenido a través del cálculo de parámetros tanto de función diastólica como sistólica, siendo un método útil para el estudio de la función ventricular izquierda y derecha. De manera tal que es una de las medidas empleadas para evaluar función cardíaca, basado en la relación del trabajo eyectivo y no eyectivo del corazón, y definido como la relación entre la suma del tiempo de relajación isovolumétrica y el tiempo de contracción isovolumétrica, dividido entre el tiempo de eyección ($IRM = (TCIV + TRIV)/TE$), permitiendo hacer una estimación global de la función ventricular.¹²

Este índice fue introducido en la evaluación cardíaca en adultos en el año 1995 por Tei et al, para determinar miocardiopatía dilatada¹³. En medicina materno fetal para evaluar el corazón fetal se usa desde el año 1999 gracias a Tsutsumi et al, quienes describieron su utilidad para evaluar la función miocárdica global en fetos, usando dos formas de onda espectral Doppler y, por lo tanto, dos ciclos cardíacos distintos.¹⁴

En 2003, Freedman et al, propusieron la medición simultánea de las formas de onda del flujo de entrada de la válvula mitral y las formas de onda del flujo aórtico del tracto de salida

del ventrículo izquierdo, permitiendo la medición en un solo ciclo. Además determinaron los valores normales del índice de rendimiento miocárdico del ventrículo izquierdo en el segundo y tercer trimestre de la gestación en pacientes con fetos sanos.¹⁵

En 2005, Hernández-Andrade et al., introdujeron el índice de rendimiento miocárdico modificado (IRM-Mod), utilizando el comienzo de los clics de apertura y cierre de las válvulas aórtica y mitral a través de Doppler pulsado como puntos de referencia de medición para la determinación de los diferentes periodos de tiempo, lo que redujo significativamente la variabilidad inter e intraobservador y, por lo tanto, mejoró la reproducibilidad del índice en medicina fetal.¹⁶

Por otro lado, Crispi et al, en 2008, evaluaron función cardíaca en fetos con CFR, encontrando signos de disfunción cardíaca en etapas tempranas de la gestación que se manifestaban como aumento progresivo del IRM-Mod¹⁷. Más tarde, Bhorat et al, en 2015, determinaron el IRM-Mod y las velocidades pico de las ondas E/A (cociente E/A) en los diferentes grados de deterioro de la restricción y su relación con resultados perinatales adversos.¹⁸

Asimismo, Davutoglu et al., en 2018, compararon el (Mod-MPI) en fetos con crecimiento restringido de inicio temprano (EO) y tardío (LO) con fetos de crecimiento adecuado, y evaluaron su importancia pronóstica para resultados perinatales adversos¹⁹.

Por su parte, Cadena et al, en 2022, caracterizaron el comportamiento del IRM-Mod en fetos restringidos y analizaron los componentes del mismo por separado, además lo correlacionaron con los distintos parámetros del Doppler fetoplacentario². Del mismo modo, Şimşek y Köse, en 2023, evaluaron el IRM-Mod en fetos con CFR y crecimiento adecuado, estimando tanto su valor pronóstico en el período perinatal como también su asociación con resultados perinatales adversos.²⁰

En adultos, el índice de rendimiento miocárdico distingue entre la función ventricular normal y anormal y se correlaciona bien con otras medidas de la función del ventrículo izquierdo. La aplicación exitosa de este índice para adultos se ha extrapolado a la evaluación del corazón fetal en embarazos normales y complicados, por lo tanto, ha sido propuesto como un predictor potencialmente útil de la función cardíaca global y es conocido por ser independiente de la geometría ventricular y la frecuencia cardíaca¹⁴. Es un parámetro que se altera de forma temprana en casos de disfunción, por lo tanto, constituye un marcador precoz y sensible de deterioro fetal. En casos de CFR, se altera desde fases iniciales y se mantiene elevado en los diferentes estadios de deterioro.²¹

La disfunción ventricular se asocia con valores más altos de índice de rendimiento miocárdico. El tiempo de relajación isovolumétrica (TRI), siendo el principal parámetro del mismo. A menudo se prolonga incluso en las etapas más tempranas de la disfunción cardíaca, ya que el miocardio fetal requiere más tiempo para su relajación durante la diástole. En consecuencia, un incremento en el tiempo de

relajación isovolumétrica (TRI) se acompaña de un tiempo de eyección (TE) reducido, por tanto, de un aumento anormal del índice de rendimiento miocárdico, y en consecuencia es indicativo de disfunción cardíaca.²²

La restricción del crecimiento es probablemente la patología fetal en la que más se ha estudiado el uso de técnicas de evaluación de la función cardíaca. Si bien los fetos con restricción del crecimiento, mantienen una fracción de eyección normal hasta etapas avanzadas del deterioro fetal, estudios han demostrado que existen alteraciones cardíacas en etapas precoces del mismo.¹⁰

Las alteraciones fetales pueden conducir a cambios permanentes hasta la adultez, por lo que es necesario evaluar la función cardíaca en fetos que cursen con patologías donde se ve afectada la hemodinamia fetal; en busca de parámetros que permitan hacer una estimación precoz, tanto de la función sistólica, como diastólica, utilizando Doppler pulsado, por lo que se propone evaluar la disfunción cardíaca en fetos con crecimiento restringido a través del IRM-Mod.

MATERIALES Y MÉTODOS

Se realizó un estudio prospectivo, descriptivo, de corte transversal, donde la población estuvo conformada por todas las embarazadas que acudieron a la unidad de Perinatología del hospital Materno Infantil Dr. José María Vargas, en la ciudad de Valencia, desde noviembre 2023 hasta agosto 2024. Se seleccionó una muestra no probabilística, intencional, de 44 gestantes con diagnóstico de CFR y 53 gestantes con fetos con crecimiento adecuado para la edad gestacional.

Los criterios de inclusión fueron: gestación simple, edad gestacional entre 24 y 37 semanas, fetos anatómicamente normales, con crecimiento adecuado o restringido. Los criterios de exclusión fueron: gestación múltiple, edad gestacional menor de 24 semanas y mayor de 37 semanas, presencia de anomalías cromosómicas o estructurales y otras comorbilidades maternas y/o fetales.

Previo consentimiento informado, se realizó evaluación ecográfica, incluyendo biometría fetal, perfil hemodinámico y ecocardiografía fetal de acuerdo con recomendaciones estandarizadas universalmente, usando un equipo ultrasonográfico marca Mindray DC7 transductor convex de 3,5 MHz. La edad gestacional fue estimada por fecha de última menstruación, y corroborada y ajustada con la ecografía del primer trimestre mediante longitud craneo rabadilla. Para establecer diagnóstico de crecimiento fetal restringido se utilizaron los criterios de consenso Delphi.⁶

Se calculó el IRM-Mod según la técnica descrita por Hernández y Andrade¹⁶, en un corte axial de tórax fetal (Figura 1), partiendo de un plano de cuatro cámaras, proyección apical, iniciando la visualización del tracto de salida del ventrículo izquierdo, colocando el volumen de muestra de Doppler pulsado en la pared lateral de la aorta ascendente; incluyendo la válvula aórtica y la válvula mitral

con ángulo de insonación inferior a 20 grados, volumen de muestra de 2 a 4 mm, con ganancia reducida y alta velocidad de flujo, obteniendo la onda espectral Doppler de entrada por encima de la línea de base como una onda bifásica y la onda espectral Doppler de salida del ventrículo izquierdo como una onda monofásica por debajo de la línea de base.

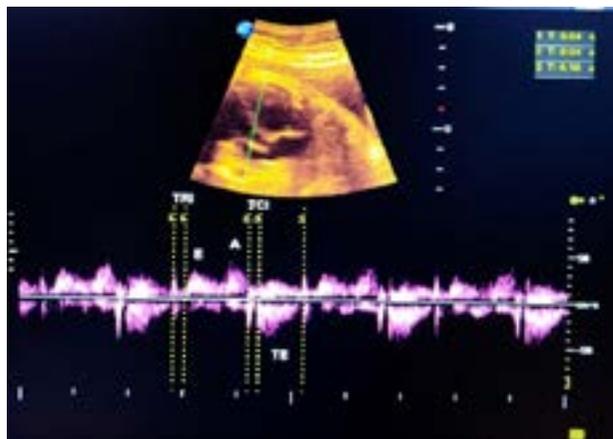


Figura 1. Índice de rendimiento miocárdico (IRM-Mod) medido en el ventrículo izquierdo.

El trazado obtenido se cuantificó en milisegundos (ms). El tiempo de contracción isovolumétrica (TCI) se calculó desde el click de cierre de la válvula mitral, representado en la onda espectral Doppler como el final de la onda A, hasta el click de apertura de la válvula aórtica representada en la onda espectral Doppler como el inicio de la onda de eyección.

El tiempo de relajación isovolumétrica (TRI) se calculó desde el click de cierre de la válvula aortica representada como el final de la onda de eyección, hasta el click de apertura de la válvula mitral representada por el inicio de la onda E. El tiempo de eyección (TE) se calculó desde el click de la apertura hasta el click de cierre de la válvula aórtica representada por la onda de eyección (Figura 2).

Una vez obtenido el valor de estos parámetros, se calculó el índice de rendimiento miocárdico a través la siguiente fórmula: $IRM = (TCIV + TRIV)/TE$ (Fig. 2); donde IRM es índice de rendimiento miocárdico, TCIV es tiempo de contracción isovolumétrica, TRIV es tiempo de relajación isovolumétrica y TE es tiempo de eyección.²³

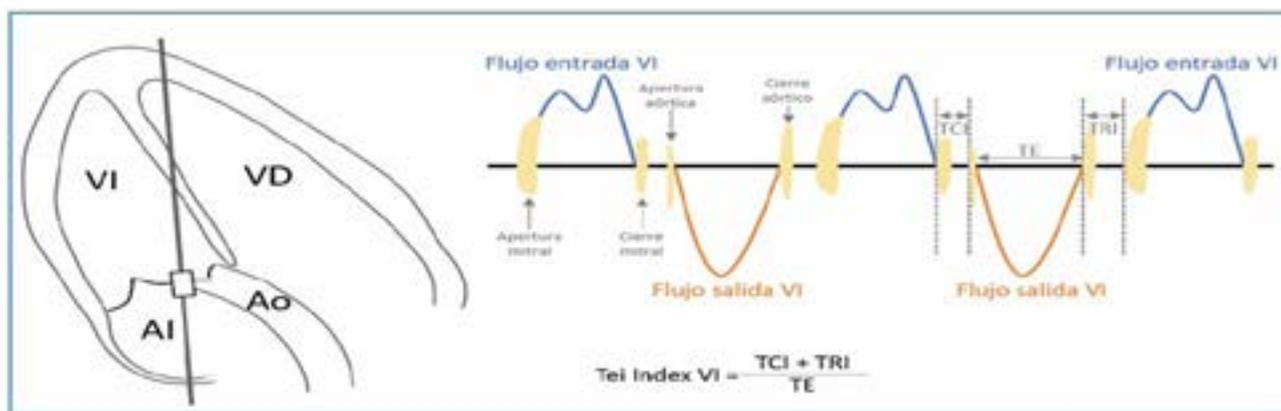


Figura 2. Imagen esquemática que muestra el modo de medición del Índice de rendimiento miocárdico (IRM-Mod) medido en el ventrículo izquierdo. Representación gráfica del ciclo cardíaco mediante la onda espectral Doppler pulsado. (Tomado de SEGO en *Prog Obstet Ginecol: Guía de la exploración ecográfica del corazón fetal*).

Análisis Estadístico

Los datos fueron vaciados en una hoja de cálculo de Exel y analizados estadísticamente con el software libre Past 4.13. Para describir el conjunto de datos, se realizó medidas de tendencia central. Se aplicó la prueba de Shapiro Wilk para admitir la distribución de los datos.

Las medias de los grupos fueron comparadas con la prueba de t de Student-Fisher, y la significancia de los resultados se estableció con un nivel de confianza de 95%.

Finalmente, para determinar la relación entre el IP de arteria umbilical y el índice de rendimiento miocárdico modificado (IMC-Mod) se realizó la prueba de significación del Coeficiente de correlación (t).

RESULTADOS

Durante el periodo de estudio se realizaron 97 evaluaciones, las cuales cumplieron con los criterios de inclusión y exclusión, permitiendo evaluar el IRM-Mod en todos los casos. En la Tabla 1 se presenta la media y desviación estándar del IRM-Mod de los fetos de ambos grupos.i

Tabla 1. Media y desviación estándar del IRM-Mod en fetos con CFR y con crecimiento normal.

	N	MEDIA	DESVIACIÓN ESTANDAR	VARIANZA
CFR	44	0,60	0,11	0,012
SANOS	53	0,44	0,08	0,006

Para evaluar si los datos siguen una distribución normal se aplicó la prueba de normalidad de Shapiro Wilk, arrojando valor w : 0,98 y p -valor 0,88 en el grupo de fetos con CFR. Mientras que en el grupo de fetos sanos arrojó valor w : 0,98 y p -valor 0,55, para un nivel de significancia de 0,05; sugiriendo que los datos no se desvían significativamente de una distribución normal.

La media del IRM-Mod en fetos con CFR fue 0,60, con desviación estándar 0,11 y varianza 0,012. En el grupo de fetos sanos la media fue 0,44, con desviación estándar 0,08 y varianza 0,006 (Gráfico 1).

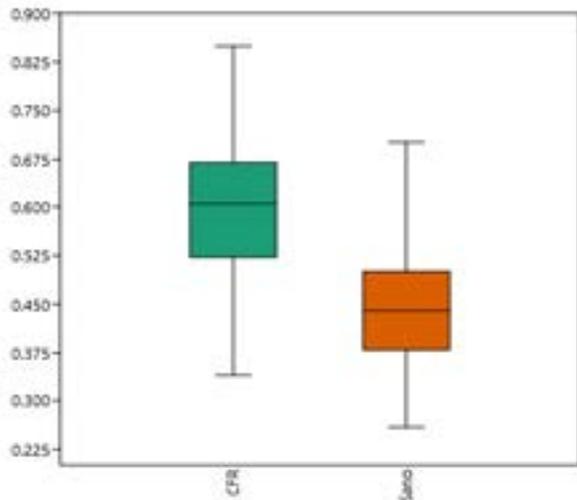


Gráfico 1. Media del IRM-Mod en fetos con CFR y con crecimiento normal

El valor del coeficiente de correlación (r^2) fue 0,09, indicando que no existe una relación lineal entre el IRM-Mod y el IPAUM, se muestra en el Gráfico 2.

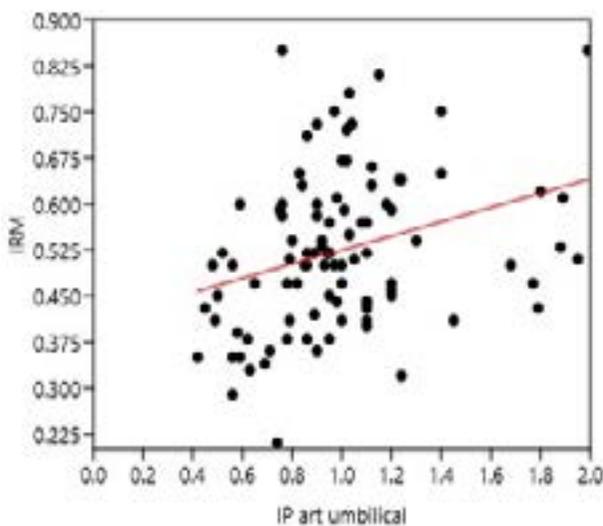


Gráfico 2. Diagrama de dispersión de IPAUM y el IRM-Mod.

La prueba T de Student-Fisher mostró valor t : 8,05 y valor crítico 1,98, y como el valor absoluto calculado de t es mayor

que el valor crítico de t para α : 0,05; se deduce que existe diferencias estadísticamente significativas entre las medias del IRM-Mod de fetos con restricción y fetos sanos $p < 0,005$.

El coeficiente de correlación de Pearson (r) fue 0,30. Como prueba de significación de este coeficiente se obtuvo un valor t : 3,14 para un nivel de significación α : 0,05; siendo estadísticamente significativo para afirmar que existe una correlación positiva entre las variables analizadas.

DISCUSIÓN

El crecimiento fetal restringido asociado a disfunción placentaria provoca resultados perinatales adversos. Comparados con fetos que se desarrollan de forma adecuada, los fetos restringidos presentan mayores tasas de mortalidad, asfixia al nacimiento, hipotermia, hipoglucemia, aspiración de meconio y secuelas neurológicas. Se estima que los fetos con CFR representan el 40% de los mortinatos de causa no explicada, el 30% de los fallecidos por muerte súbita y tienen una mortalidad infantil 8 veces mayor que los fetos con un peso adecuado para su edad de gestación. Además, están expuestos en la época adulta a enfermedades como hipertensión, ateromatosis o intolerancia a la glucosa.²⁴

Los objetivos de la monitorización fetal son la prevención de daño irreversible y muerte fetal, además de lograr el parto en las mejores condiciones posibles y éstos sólo se pueden lograr con éxito cuando se conocen las características específicas de esta patología.²⁵

El problema más importante en los fetos con restricción del crecimiento es el potencial riesgo de hipoxemia fetal crónica, que desencadenaran una variedad de mecanismos adaptativos en él; siendo muy frecuente las alteraciones cardíacas en estos fetos con CFR, tienen mayor predisposición a una menor compliancia cardíaca, mayor rigidez arterial, así como mayor poscarga cardíaca y llenado ventricular telediastólico, que se manifiesta en una prolongación de los tiempos que componen el ciclo cardíaco y, por tanto, en un aumento del IRM-Mod.²⁰

El índice de rendimiento miocárdico (IPM-Mod) es una medida no invasiva derivada de la onda Doppler pulsada de la función miocárdica global que relaciona los intervalos cardíacos isovolumétricos y el tiempo de eyección. Se ha propuesto como un predictor prometedor de la función cardíaca global^{19,20} y no está influenciada por el tamaño, la forma, la orientación, la geometría o la frecuencia cardíaca.²⁶

En este estudio se encontró que el IRM-Mod fue significativamente mayor en fetos con crecimiento restringido en comparación con fetos con crecimiento adecuado. Además, aunque no se observó una relación lineal entre el IRM-Mod y el IP de arteria umbilical, se identificó una correlación positiva entre ambos parámetros. Esto sugiere que a medida que uno de estos índices aumenta, el otro también tiende a aumentar, aunque no sea de forma

proporcional o lineal. Estos resultados son consistentes con los hallazgos de Crispi et al.,²¹ quienes evaluaron la función cardíaca en 120 fetos sanos y 81 fetos con CFR, y el daño celular a través de marcadores bioquímicos; en la evaluación de la función cardíaca encontraron que el IRM-Mod fue significativamente más alto en el estadio 1 del CFR, y mostró un aumento progresivo a través de estadios posteriores de deterioro, en comparación con fetos de crecimiento adecuado.

Por otra parte, Bhorat et al.¹⁸ evaluaron 43 gestantes con CFR y 43 con fetos apropiados para la edad gestacional. Determinaron el IRM-Mod y la razón E/A, y los vincularon con el resultado perinatal, encontrando que el IRM-Mod fue mayor en los fetos con CFR. También coincide con este estudio, y aumentó con la gravedad o estadio del CFR, basado en el grado de anormalidad del índice de resistencia umbilical, la presencia de redistribución arterial y el grado de anormalidad de los índices Doppler del conducto venoso (VD), siendo los resultados similares a lo encontrado en este estudio donde se observó una correlación positiva entre el IRM-Mod y el IP de la arteria umbilical. Adicionalmente, encontraron que existe una asociación entre el grado de severidad del valor del IRM-Mod y las tasas de resultados perinatales adversos.

Cadena et al.,² observaron incremento del IRM-Mod en los fetos con CFR independientemente de la edad gestacional, sin embargo, al correlacionar el índice con parámetros Doppler sólo hubo correlación positiva con el índice cerebro-placentario, diferente a los resultados encontrados en esta investigación, donde se encontró una correlación positiva entre el IRM-Mod y el IPAUM. Por último, Simsek y Kose²⁰, en su estudio prospectivo de 131 gestantes, 56 con diagnóstico de CFR y 75 con crecimiento adecuado, concluyeron que el IRM-Mod fue significativamente mayor en fetos pequeños en comparación con los sanos, similar a los resultados obtenidos en este estudio.

CONCLUSIONES

Se observaron valores más altos del IRM-Mod en fetos con restricción del crecimiento, lo que revela la presencia de disfunción cardíaca prenatal. Por lo tanto, es un parámetro útil en la toma de decisiones informadas sobre el momento óptimo del parto, y así reducir la incidencia de complicaciones perinatales. El IRM-Mod se correlaciona de manera positiva con el IPAUM, lo que sugiere que ambos parámetros aumentan a medida que avanza el deterioro fetal, por consiguiente, el IRM-Mod es eficaz para complementar el perfil hemodinámico fetal en la monitorización de los fetos con crecimiento restringido.

RECOMENDACIONES

El crecimiento fetal restringido es una patología fetal con una alta tasa de mortalidad perinatal y, no menos importante, es causa de morbilidad neonatal, afecciones en

el desarrollo a largo plazo y en la vida adulta. La evaluación del perfil hemodinámico fetal forma parte fundamental en el diagnóstico, manejo y monitorización de la salud fetal en estos casos, por lo tanto, incorporar en la valoración de todo embarazo de alto riesgo la ecocardiografía fetal y el IRM-Mod en el manejo de pacientes con crecimiento fetal restringido, es una combinación que facilitaría la detección temprana de disfunciones cardíacas y proporcionaría datos valiosos para lograr mejorar los resultados perinatales.

Adicionalmente, es fundamental continuar el seguimiento de estos pacientes durante el periodo postnatal, debido al posible impacto del remodelado cardíaco en la vida extrauterina y sus consecuencias a largo plazo. Por lo cual, se recomienda el manejo multidisciplinario con cardiología pediátrica, además de la continuación de estudios de investigación en etapa postnatal.

REFERENCIAS

1. Sun C, Groom K, Chamley L, Clark A, James J. The placenta in fetal growth restriction: What is going wrong? *Placenta*. 2020; 96(10):10-18. DOI:10.1016/j.placenta.2020.05.003.
2. Cadena L, Cabrera C, Gómez J, Cadena G, García F. Valoración Doppler del crecimiento intrauterino restringido. *Gac Méd Caracas*. 2022; 130(1):53-65. DOI: 10.47307/GMC.2022.130.1.7.
3. ACOG Practice Bulletin No. 227. Fetal Growth Restriction. *Obstetrics & Gynecology*. 2021; 137(2): 754. DOI:10.1097/AOG.0000000000004251.
4. Damhuis, Ganzevoort W, Gordijn SJ. Abnormal Fetal Growth. Small for Gestational Age, Fetal Growth Restriction, Large for Gestational Age: Definitions and Epidemiology. *Obstetric Gynecol Clin N Am*. 2021;48(2):267-279. doi:10.1016/j.ogc.2021.02.002.
5. ISUOG. Diagnóstico y manejo del feto pequeño para la edad gestacional y restricción del crecimiento fetal. *Ultrasound Obstet Gynecol*. 2020; 56:298-312. DOI:10.1002/uog.22134.
6. Gordijn SJ, Beune IM, Thilaganathan B, Papageorgiou A, Baschat AA, Baker PN, et al. Consensus definition of fetal growth restriction: a Delphi procedure. *Ultrasound Obstet Gynecol*. 2016;48:333-339. DOI.org/10.1002/uog.15884.
7. Society for Maternal-Fetal Medicine, Martin JG, Biggio JR, Abuhamad A. Diagnosis and management of fetal growth restriction. *SMFM.org*. 2020; 52(b3).
8. García Curda C, García M. Función diastólica cardíaca fetal a través del cociente E/A. *Salus*. 2022; 26(2):18-24.
9. Guerra-Bellone F, Moore Ross P. Fisiología cardiovascular fetal. En Muñoz Salazar H, Palermo M, editores. *Ecocardiografía Fetal, del tamizaje al tratamiento*. Chile: Amolka; 2023.45.
10. Solari C, Muñoz, DeVore G. Métodos de evaluación de la función cardíaca fetal. En Muñoz H, Palermo M, editores. *Ecocardiografía fetal del tamizaje al tratamiento*. Chile: Amolka; 2023. 91.

11. Crispi F, Sepúlveda A, Crovetto F, Gómez O, Bijmens B, Gratacós E. Main Patterns of Fetal Cardiac. *Fetal Diagn Ther.* 2020; 47: 337–344. DOI: 10.1159/000506047.
12. Fernández-Fernández L, Lahuerta-Martínez, Filmore-Carrasco. Utilidad del índice Tei en el mundo real. *Revista de ecocardiografía práctica y otras técnicas de imagen cardíaca.* 2016;6:53-56.
13. Maheshwari P, Henry A, Welsh AW. The Fetal Modified Myocardial Performance Index: Is Automation the Future? *BioMed Research International.* 2015;9(6). DOI:10.1155/2015/215910.
14. Tsutsumi T, Ishii M, Genjyu E, Hota M, Kato H. Serial evaluation for myocardial performance in fetuses and neonates using a new Doppler index. *Pediatrics International.* 1999; 41:722-727.
15. Friedman D, Buyon J, Kim M, Glickstein J. Fetal cardiac function assessed by Doppler myocardial performance index (Tei Index). *ISUOG.* 2003; 21(1).
16. Hernandez-Andrade, E., et al. A modified myocardial performance (Tei) index based on the use of valve clicks improves reproducibility of fetal left cardiac function assessment." *Ultrasound in Obstetrics and Gynecology: The Official Journal of the International Society of Ultrasound in Obstetrics and Gynecology* 2005;26.3:227-232.
17. Crispi, Hernandez-Andrade E, M.A.L. Pelsers, Plasencia, Benavides-Serralde JA, Eixarch, 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.
18. Bhorat IE, Bagratee JS, Pillay M, Reddy T. Determination of the myocardial performance index in deteriorating grades of intrauterine growth restriction and its link to adverse outcomes. *Prenat Diagn.* 2015;35(3):266-73. DOI: 10.1002/pd.4537.
19. Davutoglu E, Ozel A, Oztunc F, Madazli R. Modified myocardial performance index and its prognostic significance for adverse perinatal outcome in early and late onset fetal growth restriction. *The Journal of Maternal-Fetal & Neonatal Medicine* 33.2 (2020):277-282. DOI: 10.1080/14767058.2018.1489534.
20. Şimşek A, Köse S. Modified myocardial performance index in fetal growth disturbances as diagnostic and prognostic Adjunct. *Anatol J Cardiol* 2023;27(1):34-40. DOI:10.14744/AnatolJCardiol.2022.2577.
21. Crispi F, Comas M, Gratacós E. Exploración de la función cardíaca fetal. En Galindo, Gratacós, Martínez. *Cardiología Fetal.: MARBAN.* 2015.
22. Lennard Scharf, Dracopoulos, Gembicki, Welp, Weichert. How automated techniques ease functional assessment of the fetal heart: Applicability of MPI+™ for direct quantification of the modified myocardial performance index. *Diagnostics.* 2023;13(1705).
23. Krishnan A, Pike J, McCarter R, Fulgium A, Wilson E, Donofrio M, et al. Predictive models for normal fetal cardiac structures. *J Am Soc Echocardiogr.* 2016;29(12):1197-1206. doi: 10.1016/j.echo.2016.08.019. PMID: 27773520.
24. *Obstetricia SEdGy. Crecimiento intrauterino restringido. PROSEGO.* 2009.
25. Lees C, Romero R, Stampalija T, Dall'Asta A, DeVore G, Prefumo F, et al. Clinical Opinion: The diagnosis and management of suspected fetal growth restriction: an evidence-based approach. *Am J Obstet Gynecol.* 2022; 226(3):366-378. DOI:10.1016/j.ajog.2021.11.1357.
26. Oliveira M, Portela-Dias J, Guedes-Martins L. Función Cardíaca Fetal: Índice de Rendimiento Miocárdico. *Curr Cardiol Rev.* 2022;18(4):20-31. e271221199505. DOI: 10.2174/1573403X18666211227145856.