UNIVERSIDAD CENTRAL DE VENEZUELA

FACULTAD DE MEDICINA

COORDINACIÓN DE ESTUDIOS DE POSTGRADO

PROGRAMA DE ESPECIALIZACIÓN EN MEDICINA MATERNOFETAL

MATERNIDAD CONCEPCIÓN PALACIOS

DIABETES PREGESTACIONAL: EVALUACIÓN DE LA FUNCIÓN CARDIACA FETAL MEDIANTE LA DETERMINACIÓN DE LA FRACCIÓN DE SUCCIÓN ATRIAL IZQUIERDA

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

Daniella Galiffa Reyes

Jonnathan Neuta Naranjo

Tutor: Jeiv Gomez

Caracas, Marzo 2020

UNIVERSIDAD CENTRAL DE VENZUELA

VICERRECTORADO ACADÉMICO

SISTEMA DE INFORMACIÓN CIENTÍFICA, HUMANÍSTICA Y TECNOLÓGICA (SICHT)

FECHA: 02 Octubre del 2020

AUTORIZACIÓN PARA LA DIFUSIÓN ELECTRONICA DE LOS TRABAJOS DE LICENCIATURA, TRABAJO ESPECIAL DE GRADO, TRABAJO DE GRADO Y TESIS DOCTORAL DE LA UNIVERSIDAD CENTRAL DE VENEZUELA.

Yo, (Nosotros) Daniella Auxiliadora Galiffa Reyes C.I: V- 19.617.771 y Jonnathan Smith Neuta Naranjo C.I: V- 14.351.568 *autor(es) del trabajo o tesis:* "**Diabetes Pregestacional: Evaluación de la Función Cardiaca Fetal mediante la determinación de la Fracción de Succión Atrial Izquierda**", *Presentado para optar: Al Título de Especialista en Medicina Materno Fetal.*

Autorizamos a 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 académicas 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)

C.I. Nº 19617711

e-mail: galiffadaniella@gmail.com

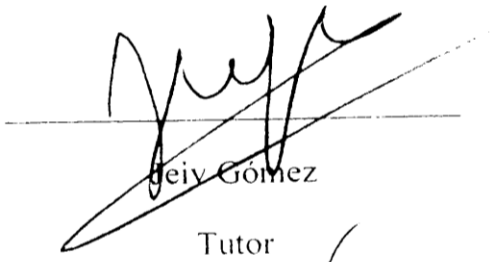
C.I Nº 14351568

e-mail: Jhonsmith22@gmail.com

En Caracas, a los dos días del mes de Octubre del 2020.

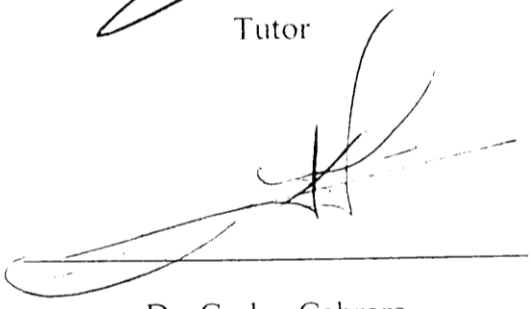
Nota: En caso de no autorizarse la Escuela o Comisión de Estudios de Postgrado, publicará: la referencia bibliográfica, tabla de contenido (índice) y un resumen descriptivo, palabras claves y se indicará que el autor decidió no autorizar el acceso al documento a texto completo.

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



Jeiv Gómez

Tutor



Dr. Carlos Cabrera

Director del Programa de especializacion



Dra. Alexandra Rivero

Coordinadora del programa



Mireya González Blanco

Asesora metodologica

ÍNDICE DE CONTENIDO

RESUMEN	4
INTRODUCCIÓN	6
MÉTODOS	18
RESULTADOS	23
DISCUSIÓN	24
AGRADECIMIENTOS	29
REFERENCIAS	30
ANEXOS	32

DIABETES PREGESTACIONAL: EVALUACIÓN DE LA FUNCIÓN CARDIACA FETAL MEDIANTE LA DETERMINACIÓN DE LA FRACCIÓN DE SUCCIÓN ATRIAL IZQUIERDA

Daniella Auxiliadora Galiffa Reyes, C.I. 1961771. Sexo: Femenino. E-mail: galiffadaniella@gmail.com, Telefono: 0424-6080411/0424-6911076. Dirección: Maternidad €Concepción Palacios. Especialización en Medicina Materno Fetal.

Jonnathan Smith Neuta Naranjo, *C.I:*14351568. Sexo: Masculino. E-mail: Jhonsmith22@gmail.com, Telefono: 0424-6080411/0424-6911076. Dirección: Maternidad Concepción Palacios. Especialización en Medicina Materno Fetal.

Tutor: **Jeiv Vicente Gómez Marín,** C.I. 16658707. Sexo: Masculino, E-mail: jeivmaster1@hotmail.com. Telf: 0414-3699672/02126322717. Dirección: Maternidad Concepción Palacios. Especialista en Medicina Materno Fetal.

RESUMEN

Objetivo: Evaluar la función cardiaca fetal mediante la determinación de la fracción de succión atrial izquierda en pacientes con diabetes pregestacional que acuden al Servicio de ecografía de Medicina Materno Fetal de la Maternidad Concepción Palacios entre agosto y octubre de 2019. **Métodos:** estudio comparativo, transversal, de casos y controles. Que incluyó una muestra no probabilística de 60 pacientes, con gestación mayor a 20 semanas, 30 diabéticas pregestacionales y 30 no diabéticas. Previo consentimiento informado, se hizo ecografía fetal básica y ecocardiografía. Se calculó la fracción de succión atrial izquierda y se comparó entre ambos grupos, además se relacionó con la edad gestacional. **Resultados:** se estudió un total de 60 pacientes 50 % del grupo de eran madre con diabetes pregestacional y 50 % madres sin diabetes pregestacional. Se determinó que el 86,7 % de los fetos de madre con diabetes pregestacional tuvieron una fracción de succión atrial izquierda disminuida que se traduce como una función cardiaca fetal patológica, al contrario de lo observado en fetos de madres sin diabetes pregestacional donde el 90 % de los fetos tuvieron una FSAI normal, lo que resultó estadísticamente significativo (p=0,001), al comparar la relación de la edad gestacional con la FSAI, se obtuvo que la edad gestacional no modifica el funcionamiento cardiaco, sino la condición materna (p=0,759) **Conclusiones:** La FSAI, es un método seguro de evaluación para la función cardiaca fetal en fases de disfunción diastólica, previo a la disfunción global cardiaca, por lo tanto su uso de rutina permite detectar disfunción cardiaca en etapas subclínicas, optimizar tratamiento y control metabólico y de esa forma disminuir la morbimortalidad fetal y perinatal.

Palabras clave: Función miocárdica fetal, Fracción de succión atrial izquierda, Fetopatía, diabética.

ABSTRACT

Objective: To evaluate the fetal cardiac function by determining the fraction of left atrial suction in patients with pregestational diabetes who attend the Maternal Fetal Medicine ultrasound service of Concepción Palacios Maternity between August and October 2019. Methods: comparative, cross-sectional study , of cases and controls. That included a non-

probabilistic sample of 60 patients, with gestation greater than 20 weeks, 30 pregestational diabetics and 30 non-diabetic patients. Prior informed consent, basic fetal ultrasound and echocardiography were performed. The left atrial suction fraction was calculated and compared between the two groups, also related to gestational age. Results: a total of 60 patients were studied, 50% of the group were mothers with pregestational diabetes and 50% mothers without pregestational diabetes. It was determined that 86.7% of the fetuses of a mother with pregestational diabetes had a decreased left atrial suction fraction that translates as a pathological fetal cardiac function, contrary to that observed in fetuses of mothers without pregestational diabetes where 90% of the fetuses had a normal FSAI, which was statistically significant (p = 0.001), when comparing the relationship of gestational age with FSAI, it was obtained that gestational age does not modify cardiac function, but the maternal condition (p = 0,759) Conclusions: The FSAI is a safe method of evaluation for fetal cardiac function in phases of diastolic dysfunction, prior to global cardiac dysfunction, therefore its routine use allows detecting cardiac dysfunction in subclinical stages, optimizing treatment and control metabolic and thereby decrease fetal and perinatal morbidity and mortality.

Keywords: Fetal myocardial function, Left atrial suction fraction, Fetopathy, diabetic.

INTRODUCCIÓN

La diabetes mellitus (DM) constituye la alteración metabólica que más frecuentemente se asocia al embarazo, con una incidencia del 1 %. Se sabe que la DM, tipo 1 y tipo 2, afecta al pronóstico de la madre y al de su futuro hijo, con un incremento del riesgo de abortos, malformaciones y otras complicaciones perinatales. [(1)]

El corazón fetal es el órgano blanco para los efectos congénitos de la diabetes materna preexistente. [(2)] Las anomalías cardiacas y la hipertrofia miocárdica son aproximadamente tres veces más prevalentes en los hijos de madres diabéticas. [(3)] Estos fetos tienen un riesgo cinco veces mayor de nacer muertos que los bebés en la población general. La muerte fetal es, en su mayoría, de etiología desconocida, incluso con euglucemia materna y evaluación anteparto satisfactoria, y su aparición al final de la gestación sugiere una alteración de la adaptación cardiovascular. [(4)] Así mismo, estos fetos tienen mayor riesgo de desarrollar insuficiencia cardiaca congestiva. Esta disfunción miocárdica, puede ser causada, por una enfermedad cardiaca primaria o secundaria: hipoxia, policitemia o trastornos metabólicos. [(5)]

La etiología de este trastorno miocárdico durante el embarazo es desconocida, sin embargo, se plantea que uno de los mecanismos causantes de disfunción cardiaca fetal en madres diabéticas es el efecto anabólico de la producción de insulina endógena fetal, en respuesta a la transferencia placentaria de glucosa, proveniente de las hiperglicemias maternas. [(6)]

En condiciones normales, para que el feto se desarrolle, es preciso que la madre le proporcione, a lo largo de toda la gestación, nutrientes en cantidades adecuadas y de manera continuada. En los hijos de madre diabética (HMD) esto no ocurre de manera efectiva, ya que el feto crece en un ambiente metabólico alterado donde la transferencia materna de gran cantidad de glucosa, aminoácidos y lípidos, produce una respuesta de hiperinsulinismo fetal, que es el responsable directo o indirecto de la mayoría de las alteraciones que se observan en la gestación. [(7)]

Según el momento de aparición de la noxa fetal, las alteraciones se dividen en: embriopatía diabética cuya afectación ocurre en el primer trimestre de la gestación y fetopatía diabética, si se origina a partir del segundo trimestre de la gestación, principalmente en la segunda mitad del mismo. Dentro de las alteraciones características de la fetopatía diabética se encuentra la miocardiopatía, la cual es acompañada de aumento de grosor del tabique ventricular y, en

fases avanzadas, de cardiomegalia, con aumento del riesgo de muerte fetal anteparto o muerte neonatal, que provoca disminución funcional del ventrículo izquierdo. [7]

El cálculo de la fracción de succión atrial izquierda (FSAI), un concepto introducido por Sosa *et al.*, [8] es un método de evaluación ecográfica de la función cardiaca fetal, que consiste en la insonación mediante *doppler* pulsado en la conexión venoatrial izquierda, en la que se obtiene la correlación flujométrica de la función del ventrículo izquierdo fetal y las venas pulmonares, esta teoría fue sustentada en los principios de la banda helicoidal miocárdica de Torrent-Guasp, [9, 10] descrito como marcador de disfunción diastólica temprana en el rendimiento ventricular izquierdo.

Planteamiento del problema

Los fetos de madres diabéticas corren el riesgo de sufrir cambios hipertróficos del miocardio debido a hiperglucemia fetal e hiperinsulinismo, a pesar del buen control de la glucemia capilar materna. Estos cambios, aparentemente transitorios, afectan principalmente al tabique interventricular y producen un grado variable de obstrucción del flujo de salida del ventrículo izquierdo por disfunción ventricular. [11]

La ecocardiografía fetal, puede mejorar el diagnóstico prenatal de enfermedades cardiovasculares y hacer posible el tratamiento intrauterino, la ecografía *doppler* es un recurso no invasivo, adecuado para la evaluación de la función diastólica y su disfunción temprana en fetos que han sido sometido a una noxa vascular intraútero, sin embargo, su estudio se ha restringido al análisis de los flujos diastólicos a través de las ondas generadas por la válvula mitral y tricúspide, el cual se ha limitado por la alta tasa de carga del corazón fetal. [12]

La evaluación de la función cardiaca fetal en hijos de madres diabéticas, podría diagnosticar precozmente la disfunción ventricular izquierda, particularmente en fase diastólica, ya que representa la primera fase evidenciable del deterioro cardiovascular fetal, con posterior cambio en la función sistólica o global. Se conoce que el corazón posnatal tiene una fisiología diferente y puede adaptarse apropiadamente a esos cambios si en la vida fetal mantuvo integra su anatomía y funcionalidad y si adquirió madurez para la vida posnatal. Todo cuanto altere su función en vida prenatal, será un factor predisponente para el padecimiento de enfermedades crónicas, principalmente cardiovasculares, neurológicas y metabólicas, de ahí la importancia no solo de un corazón estructuralmente normal, sino también funcionalmente efectivo y

competente. Se han descrito múltiples índices funcionales que reflejan una disfunción diastólica con cambios sutiles iniciales, sistólica o global, sin lograr estandarizarse su aplicación en el seguimiento de hijos de madre diabética en la práctica clínica, a nivel nacional (13 - 17)

Los avances recientes en ultrasonido han permitido la detección y caracterización de la fisiología y fisiopatología de la circulación fetal. Actualmente, el campo de la cardiología fetal se está desarrollando rápidamente y la ecocardiografía fetal se usa no solo para la detección de anomalías estructurales sino también para evaluar la función cardiaca fetal. La implementación de nuevas tecnologías cardiacas permite identificar cambios sutiles en la función cardiaca en la fase subclínica. (16)

El *doppler* tisular, representa uno de los enfoques ecocardiográficos más recientes para analizar la función diastólica cardiaca fetal. Este tipo de evaluación permite una estimación directa de las velocidades del miocardio durante todo el ciclo cardiaco y evita las limitaciones de la frecuencia cardiaca alta y las condiciones de carga asociadas con el análisis. (12)

La evaluación de la fracción de succión atrial izquierda antenatal, representa un método de evaluación cardiaca, mediante *doppler* tisular, seguro, bien tolerado, reproducible y de fácil acceso de imágenes en tiempo real, mediante el cual pueden ser evaluados cambios hemodinámicos asociados a disfunción diastólica del ventrículo izquierdo. Las investigaciones realizadas han demostrado que la fetopatía diabética con miocardiopatía está asociada a disminución del rendimiento ventricular izquierdo por lo que el uso de índices de evaluación cardiaca antenatal como la FSAI puede ser útil en el diagnóstico precoz de esta entidad para su seguimiento adecuado prenatal y posnatalmente. (8, 18)

Por otra parte, aunque, la evaluación del corazón fetal es un desafío debido al pequeño tamaño del corazón, su alta frecuencia cardiaca y acceso restringido al feto en el abdomen materno, la evaluación de la FSAI, como método de evaluación de función cardiaca fetal, puede ser empleada por profesionales de la salud con experiencia en la evaluación prenatal de la función cardiaca, ya sean ecografístas, obstetras, cardiólogos, perinatólogos, médicos maternos fetales o radiólogos, lo cual mejoraría la accesibilidad de la población general a diagnóstico tempranos con terapéuticas y protocolos de seguimientos adecuados. (8)

En Venezuela, a pesar de disponerse del *doppler* tisular, modo M y *doppler* pulsado, no se ha efectuado como rutina la implementación de técnicas específicas para la evaluación de la función cardiaca fetal en hijos de madre diabética. Por tal motivo, se plantea la siguiente pregunta de investigación: ¿Cómo fue la función cardiaca fetal, evaluada mediante determinación de la fracción de succión atrial izquierda, en las pacientes con diabetes pregestacional que acuden al Servicio de ecografía de Medicina Materno Fetal de la Maternidad Concepción Palacios entre agosto y octubre de 2019?

Justificación

La DM materna, está asociada con alteraciones de la función diastólica del ventrículo izquierdo y no solamente representado por hipertrofia de tabique septal interventricular, hipertrofia miocárdica o insuficiencia cardiaca. [12] La implementación de estas nuevas tecnologías de evaluación cardiaca fetal permite identificar cambios sutiles en la función cardiaca en la fase subclínica, ya que en las etapas iniciales del daño miocárdico, el corazón, generalmente se adapta y hay un largo periodo subclínico de disfunción cardiaca antes de la insuficiencia cardiaca en la etapa final. Durante este periodo de adaptación cardiaca, se pueden determinar los cambios en la función del corazón, así como en su forma y tamaño. Estos cambios son el intento del corazón de adaptarse al daño, un proceso conocido como remodelación cardiaca. [19]

La ecocardiografía funcional que incluye la FSAI ayudaría en la selección de poblaciones de alto riesgo y podría ayudar a predecir los resultados cardiovasculares perinatales a largo plazo. Siendo la diabetes mellitus una patología frecuente en las gestantes, el reconocimiento de su asociación con disfunción miocárdica fetal, permitiría establecer protocolos de atención específicos para su detección, adicionados a las pruebas para el diagnóstico de anomalías cardiacas morfológicas.

Actualmente, no existen estudios que evalúen la función cardiaca fetal en hijos de madre diabética mediante el uso de la FSAI, ni su aplicación de manera rutinaria en la Maternidad Concepción Palacios u otros centros hospitalarios del área metropolitana de Caracas que realizan atención prenatal de gestantes de alto riesgo obstétrico. Si bien existen otros métodos para la evaluación de la función miocárdica fetal, es posible que con el cálculo de la FSAI la detección sea más precoz, con un innegable beneficio para los fetos.

Por tal motivo, establecer la evaluación de la función cardiaca fetal, mediante la fracción de succión atrial izquierda en hijos de madres diabéticas en la práctica médica diaria, permitiría seleccionar precozmente aquellas pacientes cuyos fetos presentan disfunción, quienes podrían beneficiarse de un seguimiento individualizado. Por otro lado, facilitaría al equipo de salud relacionado con la atención perinatal la implementación de medidas terapéuticas tempranas que mejoren el rendimiento miocárdico fetal y disminuya las comorbilidades cardiaca en la etapa adulta.

Antecedentes

Lenz *et al.*, [20] en 2006, encontraron cambios en los parámetros *doppler* de las venas pulmonares en diferentes anomalías cardiacas como drenaje venoso pulmonar anómalo infradiafragmático, obstrucción del tracto de salida izquierdo, aurícula izquierda obstruida y foramen oval restrictivo. Los resultados apoyaron la conclusión de que los cambios hemodinámicos en las venas pulmonares se producen en el útero ya en el segundo trimestre y podrían explicar los cambios crónicos en las venas pulmonares, el empeoramiento neonatal o posoperatorio en algunas anomalías del corazón. Por el contrario, Carvalho *et al*., [21] utilizaron el muestreo simultáneo de la arteria pulmonar periférica y las venas pulmonares para estudiar los patrones de onda de velocidad de flujo y el intervalo aurículoventricular (AV) durante el ritmo sinusal (RS) en el feto, desde las 15 semanas de gestación hasta el término. En este estudio se evaluó el uso de la técnica para el diagnóstico de ritmos anormales en el feto humano, además se pudo demostrar que independientemente de la posición fetal, fue posible obtener la señal flujométrica. Este enfoque de flujo *doppler* puede aplicarse al nivel de la vista de cuatro cámaras, un plano de sección obstétrica estándar sobre el tejido pulmonar cerca de las paredes del atrio izquierdo.

Por su parte, Sosa *et al.*, [22] propusieron la fracción de succión atrial izquierda, utilizando el muestreo simultáneo de la vena pulmonar y la arteria pulmonar periférica en la conexión venoatrial, sobre la base de los principios de la banda helicoidal miocárdica de Torrent-Guasp, [9, 10] como marcador de disfunción diastólica de ventrículo izquierdo. Los valores obtenidos no muestran ninguna tendencia a medida que avanza la edad gestacional, por el contrario se dispersan de una manera bastante homogénea en función del tiempo, alrededor de una media de 25,79 % con una desviación estándar de 3,73 % (IC95 %: 25,1-26,5). Por otro lado, Cáritas

de Sousa *et al.,* [23] observaron que la fracción de succión auricular izquierda es menor en fetos de mujeres diabéticas con fetos portadores de hipertrofia miocárdica, en comparación con fetos de madres diabéticas sin miocardiopatía hipertrófica en sus fetos y con el grupo control sin diabetes, probablemente debido a disfunción diastólica de la banda miocárdica helicoidal izquierda.

Rizzo *et al.,* [24] estudiaron la función cardiaca en 40 fetos de madres con diabetes mellitus tipo 1, bien controladas, entre las 20 semanas y 38 semanas de embarazo; dentro de sus hallazgos describieron, que a pesar del buen control glucémico, los hijos de madre diabética presentaron disfunción ventricular en comparación con la población general. Por otra parte, Schenone *et al.,* [25] asociaron la onda "A" en reversa del *doppler* de la vena pulmonar como marcador temprano de cardiopatías congénitas, en especial de cámaras izquierdas.

Tongsong *et al.,* [26] describieron el uso del *doppler* de las venas pulmonares en el diagnóstico del drenaje venoso pulmonar anómalo y uso de reglas relativamente sencillas para la aproximación diagnóstica. Similar a lo establecido por Balhmann *et al,* [27] quienes encontraron en el *doppler* simultáneo de la arteria pulmonar periférica y la vena pulmonar un aumento continuo en las velocidades máximas de flujo para la sístole ventricular (S), la diástole ventricular temprana (D u onda E), la contracción auricular (A) y la velocidad media ponderada por intensidad entre las 18 y las 41 semanas, los índices venosos, sin embargo, mostraron una disminución con el aumento de la edad gestacional.

Por otra parte, Gómez *et al.,* [28] evaluaron la función miocárdica fetal en hijos de madres diabéticas usando el índice de rendimiento miocárdico, concluyeron que el índice de función miocárdica del ventrículo izquierdo en fetos de gestantes con diabetes mellitus pregestacional, está, con frecuencia, por encima del p95, incrementándose a medida que aumenta la edad gestacional y la falta de control glucémico.

Marco teórico

Al evaluar la función cardiaca fetal, es importante tener en cuenta y comprender el ciclo cardiaco en condiciones normales. La función principal del corazón es expulsar sangre y proporcionar una perfusión adecuada de los órganos. Los componentes principales involucran inicialmente la etapa de llenado diastólico o ventricular con el movimiento de sangre desde las aurículas hasta los ventrículos. El periodo sistólico implica el movimiento sanguíneo desde los

ventrículos hasta la aorta y las arterias pulmonares. El ciclo cardiaco se puede subdividir en cinco periodos: [16]

- Periodo de relajación isovolumétrica: tiempo después del cierre de la válvula aórtica/pulmonar y la apertura de la válvula mitral/tricúspide. Es la primera fase de la diástole, mientras que el miocardio comienza a relajarse, pero las válvulas auriculoventriculares aún no están abiertas y, por lo tanto, la sangre aún no ingresa a los ventrículos.
- Diástole temprana: después de la apertura de la válvula mitral/tricúspide, la sangre de las aurículas llena los ventrículos de forma pasiva, debido a las diferencias de presión.
- Periodo de contracción auricular (diástole tardía): la aurícula se contrae y completa el llenado del ventrículo.
- Periodo de contracción isovolumétrica: tiempo después del cierre de las válvulas mitral/tricúspide y antes de la apertura de las válvulas aórtica/pulmonar. Es el comienzo de la sístole con el miocardio comenzando a contraerse, pero la presión dentro del ventrículo no es lo suficientemente alta como para abrir las válvulas aórtica/pulmonar.
- Periodo de eyección: la presión ventricular aumenta lo suficiente como para abrir las válvulas aórtica/pulmonar y la sangre es expulsada del ventrículo.

Los cambios en la función y la forma cardiaca están determinados principalmente por la contractilidad miocárdica, la orientación de la fibra, las condiciones de carga de volumen y presión y los cambios de maduración que ocurren dentro del miocardio durante la gestación.

La contractilidad miocárdica se define como la capacidad del músculo cardiaco para desarrollar fuerza para una longitud muscular dada esencialmente durante la sístole. [29] La contractilidad miocárdica se puede evaluar midiendo el movimiento o la deformación con ultrasonido. La distancia cubierta por un punto, determinada por el desplazamiento y la velocidad, se define como movimiento miocárdico. El cambio en la longitud o grosor de un segmento (entre dos puntos) se denomina deformación.

La orientación de la fibra está determinada por la geometría compleja de las fibras miocárdicas que implican movimiento y deformación longitudinal, radial y circunferencial. [30]

En relación con las condiciones de carga de volumen y presión, la precarga es la longitud muscular previa a la contractilidad, determinada principalmente por el llenado ventricular o el volumen sanguíneo en la diástole final. La poscarga es la tensión contra la cual el ventrículo debe contraerse, determinada principalmente por la presión de la aorta/arteria pulmonar. [30]

Los cambios de maduración que ocurren dentro del miocardio durante la gestación conducen a cambios en la densidad, compactación de miofibrillas, elasticidad y contractilidad miocárdica durante el embarazo. [31] Además, la circulación fetal se alimenta desde el ventrículo izquierdo y derecho en paralelo, con tres derivaciones: conducto venoso (DV), conducto arterioso y agujero oval, que conectan el corazón derecho y el izquierdo. Las propiedades hemodinámicas y los rangos funcionales de estas derivaciones son determinantes importantes del desarrollo del corazón y la circulación fetales durante el segundo y tercer trimestre. [16]

La flujometría *doppler* constituye parte de la exploración ultrasonográfica de la unidad fetoplacentaria, siendo un complemento indispensable tanto en la estrategia de cribado de patologías maternofetales como en la evaluación y seguimiento de los fetos cuyo crecimiento se aparta de lo normal y en los portadores de ciertas cardiopatías capaces de repercutir sobre el rendimiento del corazón fetal, especialmente las que involucran la cámara izquierda tanto en su tractos de entrada como en los de su salida. [8]

Estos parámetros ecográfico mediante el uso de *doppler*, han generado diferentes índices, que permiten evaluar la función miocárdica fetal y determinar su normalidad o disfunción, entre ellos se pueden describir:

- Relación cardiotorácica (RCT): es la relación simple entre tamaño del área cardiaca y del tórax, en el plano axial de cuatro cámaras cardiacas, obtenido por 2D, bien sea comparando ejes longitudinales mayores anteroposteriores de corazón y tórax, o usando áreas obtenidas con elipses o trazos. Se considera normal una RCT hasta 40 % [18]
- Volumen sistólico (VS) (*storke volume*): es el volumen de sangre eyectada del corazón durante la contracción o sístole. Se calcula: VS= Pi4 x D2 x VTI (pi x 4= 0,7845 x diámetro del vaso x 2 x integral tiempo velocidad o también se estima con el diferencial de diámetros al final de sístole y de diástole, así: VS = VFD – VFS (volumen fin de diástole – volumen de sístole). [18]

- Rendimiento cardíaco (RC) (*cardiac output*): representa la cantidad de sangre expulsada por el corazón durante un tiempo dado (minuto). Se calcula: RC (o GC; gasto cardíaco) = VS x FCF (volumen sistólico x frecuencia cardíaca fetal). El gasto cardiaco combinado (GCC) será igual a la suma del GC del ventrículo derecho más el del ventrículo izquierdo: GCC= GCVD + GCVI. El volumen combinado expulsado x minuto aumenta a lo largo de la gestación de 210 ml/min/k a las 20 semanas hasta 1900 ml/min/k al término, el volumen de sangre fetal se mantiene constante a partir de las 28 semanas en 110 ml/k que equivale al 12 % del peso fetal, el GCC será de aproximadamente 450 ml/min/K. El índice cardiaco será: IC = GCC/PFE (peso fetal estimado) expresado en ml/min/K [(18)]
- Fracción de acortamiento (FA): es el diferencial de los diámetros menores del ventrículo al final y al inicio del ciclo. Se calcula: FA = DDF – DSF / DDF x 100, (diámetro diastólico final – diámetro sistólico final, dividido entre el diámetro diastólico final, multiplicado por 100. Los valores de referencia son distintos para el ventrículo izquierdo (VI) o el ventrículo derecho (VD), con rangos entre 28 % a 40 % para el VI y 40 % a 50 % para el VD en II y III trimestre. [(18)]
- Fracción de eyección (FE): es el porcentaje de sangre expulsada en cada latido, es una relación entre la disminución del volumen del ventrículo expresada porcentualmente. En condiciones normales es mayor del 45 %. [(18)]
- Índice de perfusión miocárdica, o MPI (*myocardial performance index*) o Índice TEI (Por su autor): en teoría es un índice global de rendimiento sistolodiastólico, pero hoy se describe que no es así, y se trata más de un índice de función del VI (mitral) y de función sistólica principalmente. [(18)]

Por otra parte, está la correlación flujométrica entre ventrículo izquierdo y venas pulmonares. En concordancia con la dinámica flujométrica que impone el concepto de la banda miocárdica helicoidal de Torrent-Guasp [(8,9)] y, en especial, la de la hélice apical o del ventrículo izquierdo, se ha postulado para la hemodinámica fetal la siguiente hipótesis: durante la fase del vaciado a través de la aorta (Ao), por compresión y eyección (primer tiempo ventricular o sístole), el corazón, al torcerse y desplazar la base hacia la punta, esta actúa como un pistón generando una poderosa fuerza de succión que contribuye al llenado del atrio izquierdo (complementado con la diástole atrial o segundo tiempo atrial). Este llenado se mantiene en el feto durante todo el ciclo cardiaco dando origen a una onda de flujo en venas pulmonares donde todos sus

componentes son anterógrados, evento que no ocurre luego del nacimiento ni en la vida adulta. Durante la reposición de la unión atrioventricular y la distorsión de la banda, se inicia una fuerza de succión hacia el ventrículo (segundo tiempo ventricular o diástole), el cual adquiere su precarga en dos tiempos o fases, donde la onda E representa el inicio de la sístoles atrial y la onda A la contracción auricular activa, y en cuya fase final contribuye la compresión y eyección atrial (sístole atrial o primer tiempo atrial). En consecuencia las ondas de flujo en venas pulmonares fetales presentan sus componentes, en condiciones normales, siempre anterógrados, a diferencia de las observadas en adultos y en circunstancias patológicas donde las ondas A son representadas como flujo en reversa. [8]

La importancia de las ondas de velocidad de flujo de las venas pulmonares reside en su uso para:

1. Cribado y discriminación de cardiopatías congénitas

2. Evaluación de ritmo cardiaco fetal normal y patológico

3. Evaluación del rendimiento del ventrículo izquierdo

4. Descarte de retorno venoso pulmonar anómalo

5. Utilidad del índice de pulsatilidad de las venas pulmonares (IPVP) en el crecimiento fetal restringido (CFR)

6. Predicción y selección de requerimientos terapéuticos intrauterinos o en etapa neonatal. [8]

La fracción de succión del atrio izquierdo, se obtiene insonando la conexión venoatrial izquierda, en su porción más proximal al atrio, debe ser respetando un ángulo menor de 30 grados. El volumen de muestra o ventana debe ampliarse para obtener simultáneamente onda venosa y arterial pulmonar. Se calcula: FSAI = TS / TLL x 100; TS es tiempo de succión, es decir, el tiempo desde la onda A hasta el inicio de la onda ventricular, el TLL es el tiempo de llenado, va desde una onda A hasta la siguiente. Este lugar en la unión venoatrial izquierda es una referencia ideal para establecer el ritmo cardiaco, demostrar la conducción curiculoventricular (AV) para estudiar arritmias y la relación de tiempo auriculoventricular y ventriculoatrial. [9, 10, 18]

Los valores obtenidos para la fracción de succión atrial izquierda, según la edad gestacional pudieron ser calculados en 122 casos y los valores obtenidos no mostraron ninguna tendencia

a medida que avanzaba la edad gestacional, por el contrario, se dispersaron de una manera bastante homogénea en función del tiempo, alrededor de una media de 25,79 % con una desviación estándar de 3,73 % (IC95 %: 25,1-26,5). [9, 10, 23] Estos resultados permiten inferir que la contribución al llenado de la aurícula izquierda, que como efecto surge de la succión ventricular ejercida hacia dicha cavidad, se mantiene constante entre las 19 y 38 semanas de gestación, y en consecuencia, que la potencialidad de desempeño de la banda miocárdica se logra tempranamente durante el embarazo. Los valores menores al 25,1 % sugieren alteración de la FSAI, la cual se relacionada con disfunción diastólica del ventrículo izquierdo. [18, 23]

La historia natural del deterioro cardiovascular fetal se puede escribir hoy, con señales que muestran disfunción diastólica inicial (alteraciones de flujos auriculoventriculares, principalmente izquierda, cambios iniciales en istmo aórtico y de la FSAI, alteraciones de venas precordiales o pulmonares, cambios en el patrón de deformación demostrada por *Strain-rate*), progresando a cambios sistólicos (alteración en fracción de acortamiento, fracción de eyección, índice de rendimiento miocárdico o Tei, gasto cardiaco), para luego comprometer la función sistolodiastólica global, que puede evidenciarse con compromiso del gasto cardiaco combinado, alteración de la frecuencia cardiaca fetal, pérdida de la relación cardiotorácica, aparición de derrames e hidropesía, para producir finalmente vasoplejía, pérdida de los mecanismos de compensación, isquemia, infarto y óbito. Todo dependerá del factor etiológico involucrado, y las características particulares de la noxa, como serían duración, tiempo e intensidad, entre otros, y por supuesto si el corazón es estructuralmente normal o anormal o si la disfunción obedece a un problema placentario, cardiaco o extracardiaco. [18]

La diabetes mellitus (DM) constituye la alteración metabólica que más frecuentemente se asocia al embarazo, aproximadamente el 1 % al 5 % de las mujeres embarazadas presenta DM antes de la gestación y hasta un 12 %, dependiendo de la estrategia diagnóstica empleada, presentará DM en el transcurso del embarazo, siendo estos recién nacidos una de las poblaciones de mayor riesgo para presentar complicaciones importantes, tanto en la etapa fetal, perinatal y neonatal inmediata. Una de las complicaciones que frecuentemente se asocia con este tipo de pacientes como parte de la fetopatía diabética (en la segunda mitad de la gestación asociada a alteraciones del crecimiento fetal y visceromegalias, alteración de madurez pulmonar, metabolismo, asfixia y muerte perinatal), es la presencia de miocardiopatía hipertrófica (habitualmente descrita como una medida del grosor del tabique ventricular o del

borde libre de las paredes ventriculares mayor a 5 mm), teniendo una incidencia de hasta un 30 %, con una mortalidad perinatal asociada de 3 % a 5 % de los casos, con buen control metabólico mientras que en caso contrario se eleva hasta un 30 % (especialmente en presencia de macrosomía). Clínicamente pudiera presentarse con datos de dificultad respiratoria o cianosis e incluso en un 10 % - 20 % de los casos se acompaña de insuficiencia cardiaca (ICC) y, dependiendo del grado de obstrucción al tracto de salida del ventrículo izquierdo, pudiera ocurrir muerte súbita.

En relación con el buen control metabólico, puede ser con dieta y ejercicios, uso de hipoglicemiantes orales o insulina, con una meta de hemoglobina glicosilada A1C menor a 6,1 % durante la gestación, en condiciones ideales realizada mensualmente pero, por limitaciones socioeconómicas del medio, habitualmente indicada bimensual o trimestralmente, o con monitoreo de glicemias menor a 90 mg/dl preprandial y a 120 m/dl posprandial, con un límite superior aceptable de hasta 140 mg/dl.

Está demostrado que a medida que se optimiza el manejo de la diabetes durante la gestación, disminuye la incidencia y severidad de esta patología, siendo preciso realizar ecocardiografía extendida, entre la semana 18-22, y posteriormente ecocardiografía funcional, entre las 26-32 semanas, como parte del protocolo de control prenatal para la detección tanto de cardiopatías congénitas estructurales asociadas (transposición de grandes arterias, coartación aórtica, tetralogía de Fallot, comunicación interventricular e interauricular, estenosis aórtica y pulmonar, ventrículo único, persistencia de *ductus* arterioso e hipoplasia de ventrículo izquierdo entre otras), como de miocardiopatía hipertrófica asociada a la diabetes. [7]

Durante la vigilancia ecográfica prenatal también se ha preconizado el control ecográfico (crecimiento y líquido amniótico) desde la semana 28 a 36 y monitorización 2-3 veces por semana a partir de las 32 semanas. [7]

Objetivo general

Evaluar la función cardiaca fetal mediante la determinación de la fracción de succión atrial izquierda en pacientes con diabetes pregestacional que acuden al Servicio de ecografía de Medicina Materno Fetal de la Maternidad Concepción Palacios entre agosto y octubre de 2019

Objetivos específicos

1. Determinar la función cardiaca fetal mediante la fracción de succión atrial izquierda en fetos de madres con diabetes pregestacional y fetos de madres sin diabetes pregestacional
2. Comparar la función miocárdica fetal de hijos de pacientes con diabetes pregestacional con fetos de madres sin diabetes mellitus asociada
3. Relacionar la fracción de succión atrial izquierda con la edad gestacional en fetos de madre con diabetes pregestacional y fetos de madre sin diabetes pregestacional

Aspectos éticos

Dadas las condiciones de la investigación, la cual se llevó a cabo en la unidad de ecografía del Servicio de Medicina Maternofetal de la "Maternidad Concepción Palacios", el protocolo del mismo fue presentado ante el Comité Académico del programa, así como al Comité de Bioética de la institución.

Debido a que fue necesaria la interacción con pacientes para llevar a cabo el estudio se cumplieron los principios básicos de bioética de Helsinki, garantizando la protección de la identidad de cada una de las pacientes que formaron parte de la investigación. Además, todas las pacientes recibieron información detallada sobre las características del estudio y su importancia posterior a lo cual firmaron un formulario de consentimiento informado en caso de aceptar ser incluidas, esta aceptación va a ser dada sin ningún tipo de coacción y se les especificó que tienen la posibilidad de abandonar el estudio en cualquier momento si esta fuese su decisión, todo ello para respetar el principio de autonomía.

La esencia de este trabajo fue evaluar la función cardiaca fetal en pacientes con diabetes pregestacional, esto trajo consigo beneficios diagnósticos y una mejor orientación a la hora de prescribir el tratamiento; con esto se respetó el principio de beneficencia. Adicionalmente, una vez obtenido el reporte ecosonográfico, se garantizó el manejo y referencia oportuna de la patología identificada.

Por el principio hipocrático de *primum non nocere*, aunque no se realizaron procedimiento que potencialmente podrían representar algún riesgo en la paciente, es importante destacar que no corresponden a procedimientos experimentales, sino procedimientos ecográficos especiales, que se realizan universalmente como parte del esquema en la evaluación de la paciente con diabetes mellitus tipo 1 o tipo 2, garantizando de esta forma el principio de no maleficencia.

Finalmente, se incluyó en el trabajo las pacientes que llenen los criterios de inclusión, sin ningún tipo de discriminación de clase social, raza, religión o ideología, haciendo valer el principio de justicia social.

MÉTODOS

Tipo de estudio

El estudio fue comparativo, transversal, de casos y controles.

Población y muestra

La población estuvo conformada por pacientes con diabetes mellitus tipo 1 y tipo 2 que acudieron al Servicio de ecografía de Medicina Materno fetal de la Maternidad Concepción Palacios entre febrero y agosto 2019. Para el tamaño de la muestra se consideró un muestreo intencional no probabilístico. La misma estuvo constituida por 60 pacientes, divididas en dos grupos, 30 pacientes que presentaron diabetes mellitus tipo 1 o tipo 2, y 30 pacientes sin diabetes mellitus tipo 1 y tipo 2 que acudieron al Servicio de ecografía de Medicina Materno fetal de la Maternidad Concepción Palacios entre febrero y agosto 2019

Criterios de inclusión

1. Pacientes con diabetes mellitus tipo 1 o tipo 2 para grupo experimental y sin diabetes para el grupo control
2. Embarazo simple mayor a 20 semanas de gestación

Criterios de exclusión

1. Isoinmunización Rh
2. Diagnóstico previo de malformación congénita cardiaca, síndrome polimalformativo o aneuploidías
3. *Doppler* de arteria umbilical con flujo diastólico ausente o en reversa
4. Embarazo múltiple
5. Diagnóstico de preeclampsia grave, hipertensión gestacional grave o hipertensión arterial crónica más preeclampsia sobreagregada con criterios de gravedad.
6. Nefropatía de cualquier etiología
7. Cardiopatía materna de cualquier etiología
8. Cáncer

9. Enfermedad inmunomediada

Procedimiento

A todas las pacientes incluidas se les explicó de forma verbal, personal, confidencial e individual, los detalles pertinentes al procedimiento a realizar, aclarándole de antemano que se trata de un trabajo especial de grado que sirve para buscar métodos para un mejor control de la patología en cuestión; luego de haber tomado la decisión de participar en forma voluntaria se entregado el formato de consentimiento informado (anexo 1) para su lectura, comprensión, y firma. A continuación, se llenó la ficha de registro que contiene datos de identificación e información clínica pertinente (anexo 2).

Se colocó a la paciente en posición decúbito dorsal en la camilla ginecológica, se realizó la ecografía fetal básica, utilizando equipo ultrasonografía de la unidad de ecografía del servicio medicina Maternofetal de la Maternidad Concepción Palacios, marca Aloka Hitachi Arrieta S60, donde se procedió a la medición de los parámetros biométricos para determinar: actividad cardiaca, estática, edad gestacional y descartar alguna malformación anatómica, seguidamente, se realizó la evaluación cardiaca en un corte axial de tórax fetal a nivel de 4 cámaras en la conexión venoatrial izquierda. Con transductor cónvex de frecuencia 3,5 MHz, ángulo de isoniación del *doppler* por debajo de 30º, frecuencia de repetición de pulso aproximado de 1,25 KHz, con volumen de muestra o ventana ampliada hasta obtener simultáneamente la onda de velocidad de flujo venosa y arterial pulmonar.

Se calculó: FSAI = TS/TLL x 100. TS: es tiempo de succión, tiempo desde onda A hasta inicio de onda ventricular, el TLL o tiempo de llenado va desde una onda A hasta la siguiente. El valor normal está alrededor de una media de 25,79 % con una desviación estándar de 3,73 % (IC95 %: 25,1-26,5), valor alterado por debajo de 25,1 %. (anexo 3) [18, 23]

Una vez obtenidos los parámetros ecocardiográficos, se le informó a cada una de las pacientes el resultado del estudio realizado, así como también se les garantizó el manejo médico adecuado. Las pacientes con resultados patológicos fueron manejadas de acuerdo a las pautas del servicio de Medicina Materno fetal de la Maternidad Concepción Palacios.

Tratamiento estadístico propuesto

Se calculó la frecuencia y porcentajes de las variables cualitativas estudiadas. Los resultados se dispusieron en tablas de dos y tres entradas. Los contrastes entre 2 variables nominales se realizaron con la prueba de independencia: Chi cuadrado de Pearson (X^2). Para evaluar la relación entre las 3 variables cualitativas se aplicó un modelo de análisis Log-Lineal, el cual realiza todos los pareamientos posibles entre las variables incluidas en el modelo. En este caso (Condición vs Función miocárdica; Condición vs Edad gestacional; Función miocárdica vs Edad gestacional). En ambos casos se consideró una diferencia estadísticamente significativa si $p < 0,05$. Los datos fueron procesados el paquete estadístico para ciencias sociales SPSS® en su versión 23.

RESULTADOS

Se estudió un total de 60 pacientes, que acudieron a la unidad de ecografía del servicio de medicina Maternofetal de la Maternidad Concepción Palacios, las cuales están divididas en dos grupos: 30 pacientes gestantes con diabetes pregestacional, representando el 50 % de la muestra y 30 pacientes gestantes sin diabetes pregestacional que representó el otro 50 % de la muestra establecida.

En la tabla 1, se observa, la distribución de las pacientes embrazadas con diabetes pregestacional y las pacientes embarazadas sin diabetes pregestacional, según lo obtenido en la fracción de succión atrial izquierda, la cual refleja: que de 30 pacientes gestante con diabetes pregestacional 26 tuvieron una fracción de succión atrial disminuida, el cual simbolizó 86,7 %, 3 pacientes con fracción de succión atrial normal para el 10 % de la muestra y solo 1 paciente con FSAI aumentada, representando el 3,3 %. Por el contrario; las pacientes gestante sin diabetes gestacional, se determinó que: 25 pacientes, tuvieron FSAI normal, representado el 83,4 % de la muestra, 3 pacientes FSAI disminuida para un 10 % y solo 2 paciente con 2, 3 % presentó FSAI aumentada. (p= <0,001)

En relación a la distribución de las pacientes embarazadas sin diabetes pregestacional y pacientes embarazadas con diabetes pregestacional y la relación con la función miocárdica fetal reflejado en la tabla 2, se obtuvo: 86,7 % de los fetos de madre con diabetes pregestacional resultaron patológicos (p= <0,001), diferente a lo obtenido en pacientes embarazadas sin diabetes pregestacional, donde 90 % de los fetos el resultado del estudio fue normal.

Finalmente, en la tabla 3, se determinó la edad gestacional de las pacientes embarazadas con o sin diabetes pregestacional y su relación con la FSAI, de las pacientes embarazadas con diabetes pregestacional el 36, 7 % con resultado patológico estaban en la entre las 24 y 32 semanas de gestación, 26,7 % entre las 33 y 36 semanas de embarazo y solo 7 con un 23,4 % entre las 37 y 40 semanas de embarazos, por su parte, en las pacientes sin diabetes pregestacional con resultado normal 33, 4 % fueron evaluadas entre las 24 y 32 semanas de gestación, solo 6,6 % resultaron patológicas entre las 24 y 32 semanas de gestación y un 30 % evaluados en las semanas 33 y 36 resultaron normal. (p= 0,759)

DISCUSIÓN

La Diabetes mellitus, es la alteración metabólica con mayor frecuencia en las pacientes embarazadas, con una incidencia del 1 % al 5 %. Su mal manejo o descontrol glicémico se asocia a complicaciones maternas y alteraciones fetales tales como: embriopatías, malformaciones y disfunciones orgánicas fetales. [1-6]

El altos nivel de glicemia materna, previo y durante el embarazo, producen cambios hipertróficos del miocardio fetal debido a hiperglucemia fetal e hiperinsulinismo, los cuales tienen un impacto en el miocito fetal por su alta sensibilidad a la glucosa, a pesar del buen control de la glucemia capilar materna. Estos cambios, aparentemente transitorios, afectan principalmente al tabique interventricular y producen un grado variable de obstrucción del flujo de salida del ventrículo izquierdo y disfunción ventricular. [11]

Con la finalidad de establecer el adecuado funcionamiento cardiaco en hijos de madre con diabetes pregestacional y diabetes gestacional, diversos autores han establecidos diferentes métodos de estudios de la función miocárdica fetal mediante el uso *doppler*, dentro de los cuales destacan: medición del volumen sistólico fetal, rendimiento miocárdico, fracción de acortamiento miocárdico, fracción de eyección, relación de las ondas "e" y onda "a" que representan la contracción auricular y el índice de rendimiento miocárdico, permitiendo determinar su normalidad o disfunción. [16-18]

Todos los métodos antes mencionados, presenta limitaciones de evaluación como: grado de afectación cardiaca y la edad gestacional, por tal motivo y con base en la funcionalidad de la evaluación del sistema venoso fetal que ha permitido el cribado y discriminación de cardiopatías congénitas, evaluación de un ritmo cardiaco normal y patológico, así como la evaluación y el rendimiento del ventrículo izquierdo previo a su disfunción global [8] se propone la medición de la FSAI, la cual se obtiene insonando la unión venoatrial izquierda, en su porción más proximal al atrio, cuya medición mostró una tendencia homogénea según varia la edad gestacional. [9, 10, 23]

En la presente investigación se encontró que el 86, 7 % de los fetos de madres con diabetes pregestacional obtuvieron una fracción de succión atrial izquierda disminuida, siendo estadísticamente significativo, y que 83, 4 % de los fetos de madres sin diabetes pregestacional la FSAI fue normal. Estos resultado concuerda Cáritas de Sousa *et al.,* [23] observaron que la

fracción de succión auricular izquierda es menor en fetos de mujeres diabéticas y fetos portadores de hipertrofia miocárdica, en comparación con fetos de madres diabéticas sin miocardiopatía hipertrófica y con el grupo control sin diabetes, probablemente debido a disfunción diastólica de la banda miocárdica helicoidal izquierda temprana, como consecuencia de la noxa fetal que ocurre en los estados de hiperglicemias maternos. [7] es de considerar que el grupo control, incluido en el trabajo, correspondían a pacientes sin diabetes pregestacional previamente explicado, además; no presentaban ningún otro antecedente de importancia que pudiese influir en el funcionamiento cardiaco fetal.

Con base al resultado de la función cardiaca fetal en hijos de madre con diabetes pregestacional y sin diabetes pregestacional, se obtuvo que 86, 7 % de las pacientes con diabetes pregestacional tuvieron función cardiaca patológica y el 90 % de las pacientes sin diabetes pregestacional la función cardiaca fue normal, siendo estadísticamente significativo. De acuerdo a lo observado, se puede establecer que la Diabetes mellitus tipo 1 y tipo 2 afecta el funcionalismo cardiaco fetal sobretodo en pacientes con un mal control glucémico, siendo estos recién nacidos una de las poblaciones de mayor riesgo para presentar complicaciones importantes, tanto en la etapa fetal, perinatal y neonatal inmediata. [7] Por tanto la DM es considerada una noxa que contribuye al deterioro cardiovascular fetal, manifestando una disfunción diastólica inicial con alteración de los flujos auriculoventriculares y alteración de la FSAI, debido a los cambios del patrón de deformación miocárdica, lo que se correlaciona con la dinámica flujométrica que impone el concepto de la banda miocárdica helicoidal de Torrent-Guasp [8,9] demostrado hoy en día con el uso del *Strain-rate*, la cual puede ser detectado desde etapas iniciales, permitiendo una intervención mèdica oportuna que evite el progreso a cambios sistólico o sistodiastolicos que comprometen la función cardiaca global en los fetos de madre con diabetes tipo 1 o tipo 2 [18] estos resultados fueron consistente con los reportados , Sosa *et al.,* [22] propusieron la fracción de succión atrial izquierda, utilizando el muestreo simultáneo de la vena pulmonar y la arteria pulmonar periférica en la conexión venoatrial, sobre la base de los principios de la banda helicoidal miocárdica de Torrent-Guasp, [9, 10] como marcador de disfunción diastólica de ventrículo izquierdo. De igual manera, Rizzo *et al.,* [24] estudiaron la función cardiaca en 40 fetos de madres con diabetes mellitus tipo 1, bien controladas, entre las 20 semanas y 38 semanas de embarazo; dentro de sus hallazgos

describieron, que a pesar del buen control glucémico, los hijos de madre diabética presentaron disfunción ventricular en comparación con la población general.

Por otra parte, Gómez *et al.,* [28] evaluaron la función miocárdica fetal en hijos de madres diabéticas en el servicio de medicina Materno Fetal de la Maternidad Concepción Palacios usando el índice de rendimiento miocárdico, concluyeron que el índice de función miocárdica del ventrículo izquierdo, el cual determina funcionamiento global, es decir; se altera cuando hay mayor daño cardiaco en fetos de madres con diabetes mellitus pregestacional, está, con frecuencia, por encima del p95.

En lo que concierne a la determinación de la función cardiaca fetal mediante la FSAI y la edad gestacional se obtuvo que el 36,7 % de los fetos patológicos de pacientes con diabetes pregestacional, se estudiaron en las semanas 24 a 32 de embarazos y el 33,4 % de los fetos normales en madres de diabetes pregestacional, estos resultados no fueron estadísticamente significativo, la similitud del porcentaje se relaciona probablemente en la edad gestacional internacionalmente establecida para la evaluación del función y estructura cardiaca fetal es entre las 24 y 32 semanas. [1, 7, 14] Y que fisiopatológicamente, se puede inferir que la contribución al llenado de la aurícula izquierda, que surge como efecto de la succión ventricular ejercida hacia dicha cavidad, se mantiene constante entre las 19 y 38 semanas de gestación, y en consecuencia, la potencialidad de desempeño de la banda miocárdica se logra tempranamente durante el embarazo, la determinación en cualquier etapa del embarazo resulta confiable. Estos resultados obtenidos concuerda con Sosa *et al.,* [22] donde los valores obtenidos no muestran ninguna tendencia a medida que avanza la edad gestacional, por el contrario se dispersan de una manera bastante homogénea en función del tiempo, a diferencia por lo encontrado por Gomez *et al.* [28] estudiaron función cardiaca con la medición del índice de rendimiento miocárdico concluyendo, que se modifica a medida que aumenta la edad gestacional y la falta de control glucémico.

En conclusión, se puede puntualizar que la FSAI resulta de utilidad práctica por el personal obstétrico, radiólogos y médicos en medicina materno fetal, para la evaluación de la función cardiaca fetal, debido a la fácil aplicación y viabilidad para la ejecución mediante la ultrasonografía, por lo que resulta aceptable su práctica en instituciones de atención especializadas en obstetricia y alto riesgo obstétrico, permitiendo simplificar la evaluación de

la función cardiaca fetal en hijos de madre con diabetes pregestacional como marcador de disfunción cardiaca precoz, previo a la disfunción cardiaca global, gracias a su estabilidad durante cualquier edad gestacional y así establecer medidas terapéuticas oportunas que contribuyan a un adecuado funcionamiento cardiaco fetal. Adicionalmente, se logró identificar que la edad gestacional no posees significancia estadística para la determinación de la función cardiaca fetal mediante la determinación de FSAI, por lo tanto puede utilizarse desde la evaluación precoz de la función cardiaca fetal recomendada desde las 20 semanas de gestación.

Se recomienda la utilización de la FSAI en todos los establecimientos de salud de país debido a sus beneficios antes expuesto, bajo costo y la necesidad de unificar criterio de reporte ecocardiográficos de la evaluación de la función cardiaca fetal. Por último, pero no menos importante se recomienda la realización de estudios similares en otras localidades e instituciones del país, y de ser posible con una muestra más nutrida de participantes y que incluyan otras variables a considerar como los niveles de glicemias o hemoglobina glicosilada y su relación con la función cardiaca fetal, que no pudieron ser incluidos en el presente estudio por recurso económico de las participantes.

REFERENCIAS

1. Servei de Medicina Maternofetal – ICGON – Hospital Clínic Barcelona [Internet]. Barcelona: Diabetes Pregestacional. Protocolos Medicina Maternofetal. Universitat de Barcelona; 2018 [consultado 18 de julio de 2019]. Disponible en: https://medicinafetalbarcelona.org/protocolos/es/patologia-materna-obstetrica/diabetes%20pregestacional.pdf
2. Gardiner H, Pasquini L, Wolfenden J, Kulinskaya E, Li W, Henein M. Increased periconceptual maternal glycated haemoglobin in diabetic mothers reduces fetal long axis cardiac function. Heart [Internet]. 2006 [consultado 19 de julio de 2019]; 92 (8): 1125–1130. Disponible en: https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/16278273
3. Suhonen L, Hiilesmaa V, Teramo K. Glycaemic control during early pregnancy and fetal malformations in women with Type I diabetes mellitus. Diabetologia. 2000; 43 (1): 79–82.
4. Girz B, Divon M, Merkatz I. Sudden fetal death in women with well-controlled, intensively monitored gestational diabetes. J Perinatol. 1992; 12 (3): 229-233.
5. Deorari A, Saxena A, Singh M, Shrivastava S. Echocardiographic assessment of infants born to diabetic mothers. Arch Dis Child [Internet]. 1989 [consultado 20 de julio de 2019]; 64 (5): 721-724. Disponible en: https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC1792021/pdf/archdisch006740085.pdf
6. Sheehan PQ, Rowland TW, Shah BL, McGravey VJ, Reiter EO. Maternal diabetic control and hypertrophic cardiomyopathy in infants of diabetic mothers. Clin Ped (Phila). 1996; 25 (5): 266-272.
7. Cabero L. Repercusiones de la diabetes sobre el embrión y el feto. En: Gratacós E, Gómez R, Nicolaides K, Romero R, editores. Medicina Fetal. 1era ed. Buenos Aires: Panamericana; 2007. p. 609-616.
8. Sosa A, Flores F. Flujometría *doppler* en venas pulmonares fetales. Rev Latin Perinat. 2017; 20 (4): 243-251.
9. Torrent-Guasp F, Kocica M, Corno A, Komeda M, Carreras F, Flotats A, *et al*. Towards new understanding of the heart structure and function. Eur J Cardiothorac Surg. 2005; 27 (2): 191-201.
10. Torrent-Guasp F, Kocica M, Corno A, Komeda M, Cox J, Flotats A, *et al*. Systolic ventricular filling. Eur J Cardiothorac Surg. 2004; 25 (3): 376-386.
11. García-Flores J, Jañez M, Gonzalez MC, Martinez N, Espada M, Gonzalez A. Fetal myocardial morphological and functional changes associated with well-controlled gestational diabetes. Eur J Obstet Gynecol Reprod Biol [Internet]. 2011 [consultado 20 de julio de 2019]; 154 (1): 24–26. Disponible en: https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/20800336
12. Hatém MA, Zielinsky P, Hatém DM, Nicoloso LH, Manica JL, Piccoli AL, *et al*. Assessment of diastolic ventricular function in fetuses of diabetic mothers using tissue Doppler. Cardiol Young. 2008; 18 (3): 297-302.

13. Galindo A, Gratacós E, Martinez J. Cardiología fetal.1era ed. Madrid: Marbán; 2015.

14. Zielinsky P. Cardiología Fetal: ciencia y práctica.1era ed. Brasil: Revinter; 2009.

15. Cabero L. Metabolopatías con manifestación en vida fetal. En: Gratacós E, Gómez R, Nicolaides K, Romero R, editores. Medicina Fetal. 1era ed. Buenos Aires: Panamericana; 2007. p. 601-608.

16. Crispi F, Valenzuela-Alcaraz B, Cruz-Lemini M, Gratacós E. Ultrasound assessment of fetal cardiac function. Australas J Ultrasound Med. 2013; 16 (4): 158-167.

17. Donofrio MT, Moon-Grady AJ, Hornberger LK, Copel JA, Sklansky MS, Abuhamad A, *et al.* Diagnosis and treatment of fetal cardiac disease. A scientific statement from the American Heart Association. Circulation [Internet]. 2014 [consultado 20 de julio de 2019]; 129 (21): 2183-2242. Disponible en: https://www.ahajournals.org/doi/pdf/10.1161/01.cir.0000437597.44550.5d

18. Zurita J, Sosa A, Zielinsky P. Evaluación ecográfica de la función cardiaca fetal. Rev Latin Perinat. 2017; 20 (2): 115-126.

19. Opie L, Commerford P, Gersh B. Pfeffer M. Controversies in ventricular remodelling. Lancet. 2006; 367 (9507): 356–367.

20. Lenz F, Chaoui R. Changes in pulmonary venous Doppler parameters in fetal cardiac defects. Ultrasound Obstet Gynecol. 2006; 28 (1): 63-70.

21. Carvalho J, Prefumo F, Ciardelli V, Sairam S, Bhide A, Shinebourne E. Evaluation of fetal arrhythmias from simultaneous pulsed wave Doppler in pulmonary artery and vein. Heart. 2007; 93 (11): 1448-1453.

22. Sosa A. Evaluación del rendimiento ventricular del corazón fetal en función de la Banda Miocárdica Helicoidal. En: Pérez C, Giugni G, Díaz L, editores. Ultrasonografía y Clínica Embrio – Fetal. 1era ed. Valencia: Tatum; 2010; 5: 7-13.

23. Cáritas De Souza F. Fracción de succión en atrio izquierdo e hipertrofia miocárdica en fetos de madres diabéticas. [Tesis de Grado]. Porto Alegre (Rio Grande): Instituto de Cardiología de Rio Grande del Sur; 2014.

24. Rizzo G, Arduini D, Romanini C. Cardiac function in fetuses of type I diabetic mothers. Am J Obstet Gynecol. 1991; 164: 837-843.

25. Schenone A, Giugni G, Schenone M, Diaz L, Bermudez A, Majdalany D, *et al*. Case Series: Fetal pulmonary vein a-wave reversal: An early marker of left-sided cardiac anomalies? AJP Rep. 2015; 5 (1): e60-e66.

26. Tongsong T, Luewan S, Jatavan P, Tongprasert F, Sukpan K. A simple rule for prenatal diagnosis of total anomalous pulmonary venous return. J Ultrasound Med. 2016; 35 (7): 1601-1607.

27. Bahlmann F, Gallinat R, Schmidt-Fittschen M, Al Naimi A, Reinhard I, Willruth A. Fetal pulmonary venous blood flow velocities in a normal population and new calculated reference values. Prenat Diagn. 2016; 36 (11): 1033-1040.

28. Gómez I, Reyna J. Índice de función miocárdica fetal en gestante con diabetes mellitus pregestacional. [Trabajo Especial de Grado]. Caracas (DC): Universidad Central de Venezuela; 2018.

29. Bijnens B, Cikes M, Butakoff C, Sitges M, Crispi F. Myocardial motion and deformation: What does it tell us and how does it relate to function? Fetal Diagn Ther. 2012; 32 (1–2): 5–16.

30. Anderson RH, Smerup M, Sanchez- Quintana D, Loukas M, Lunkenheimer PP. The three- dimensional arrangement of the myocytes in the ventricular walls. Clin Anat. 2009; 22 (1): 64–76.

31. Tobita K, Garrison JB, Liu LJ, Tinney JP, Keller BB. Three- dimensional myofiber architecture of the embryonic left ventricle during normal development and altered mechanical loads. Anat Rec A Discov Mol Cell Evol Biol. 2005; 283 (1): 193–201.

Agradecimiento

Al tutor del trabajo Dr. Jeiv Gomez. Gracias por las enseñanzas académicas a lo largo de la práctica clínica en la formación como médicos maternos fetales, de igual manera, por su apoyo en pro de la investigación, disciplina, buen consejo y constancia.

A la asesora metodológica, Dra Mireya González, quien representa en nuestra institución ejemplo de disciplina, profesionalismo, paciencia y firmeza, que motiva a la culminación de los objetivos y poder lograr la meta establecida.

A la Maternidad Concepción Palacios Específicamente el servicio de Medicina Materno Fetal, sus pacientes, docentes y personal administrativo, que gracias a la organización se pudo desarrollar el presente trabajo de investigación.

Anexo 1

Consentimiento informado

Caracas, _____/_____/_____

Título del trabajo: **DIABETES PREGESTACIONAL: EVALUACIÓN DE LA FUNCIÓN CARDIACA FETAL MEDIANTE LA DETERMINACIÓN DE LA FRACCIÓN DE SUCCIÓN ATRIAL IZQUIERDA**

Investigadores responsables: Dra. Daniella Galiffa y Dr. Jhonatan Neuta, médico residente del Programa de Sub especialización en Medicina Materno fetal de la Universidad Central de Venezuela, sede en la Maternidad Concepción Palacios.

Se me ha solicitado participar en un proyecto de investigación, el cual consiste en evaluar ecográficamente la función cardiaca fetal de hijos de madre diabética mediante la medición de la fracción de succión atrial izquierda. Que consiste en determinar: actividad cardiaca fetal, estática fetal, edad gestacional y descartar alguna malformación anatómica fetal, seguidamente, se realizará la evaluación cardiaca fetal en un corte axial de tórax fetal a nivel de 4 cámaras en la conexión veno-atrial izquierda. Con transductor cónvex de frecuencia 5 MHz, ángulo de isoniación del *doppler* por debajo de 30º, frecuencia de repetición de pulso aproximado de 1,25 KHz, con volumen de muestra o ventana ampliada hasta obtener simultáneamente la onda de velocidad de flujo venosa y arterial pulmonar

El proceso identificado arriba, me ha sido explicado con detalle y todas mis preguntas e inquietudes me han sido contestadas y aclaradas por el médico que me realizará el cuestionario.

Entiendo que:

1.- Este estudio no afectará la evolución de mi patología mèdica, y mi participación o no, no afectará en ningún momento la calidad de atención hacia mi persona.

2.- Autorizo a las personas encargadas de este proyecto, a que mis resultados formen parte del estudio, y que los mismos sean publicados según lo crean conveniente, más sin embargo mi identidad no será revelada en forma alguna y bajo ningún precepto, siendo mis datos anónimos y permaneciendo en forma confidencial, a menos que la ley, demande lo contrario.

3.-Declaro que mi consentimiento está dado voluntariamente, sin que haya sido forzada u obligada.

4.-No recibiré beneficios materiales por mi participación. Los beneficios derivados del estudio y del análisis de sus resultados, están reservados para el enriquecimiento intelectual y el provecho de la comunidad en general.

Paciente:

Nombre: _____

C.I.Nº: _____

Dra. Daniella Galiffa.

Dr. Jhonatan Neuta.

Anexo 2

DIABETES PREGESTACIONAL: EVALUACIÓN DE LA FUNCIÓN CARDIACA FETAL MEDIANTE LA DETERMINACIÓN DE LA FRACCIÓN DE SUCCIÓN ATRIAL IZQUIERDA

FICHA DE REGISTRO

Paciente: _____Edad: _____Fecha:___/____/____

Número de Cédula: _____ Paridad G____P_____C____A_____

Fecha de Ultima Regla:_____ Edad Gestacional:_____

Tipo de diabetes asociada:

Diabetes pregestacional	Diabetes gestacional

Ecografía:

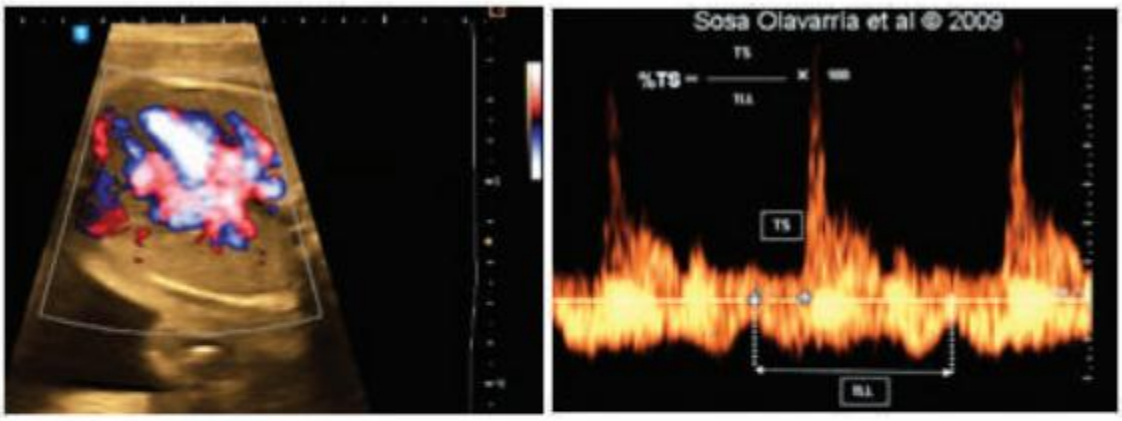
Peso fetal estimado: _____Percentil:_____ Crecimiento fetal restringido _____ crecimiento fetal mayor a percentil 90 ____

Doppler de arteria umbilical con flujo diastólico borrado o en reversa Sí____ No____

Fracción de succión atrial izquierda:

Anexo 3.

Figura 1. Representación gráfica de la medición de la FSAI.



FSAI, izquierda: 4 cámaras con Doppler de amplitud con bajo PRF (saturado) para visualizar unión Veno-atrial izquierda, derecha Doppler espectral con flujos en vena y arteria pulmonar con cálculo de la FSAI.



Tabla 1

Distribución de las pacientes sanas y con diabetes según el nivel de la fracción de succión atrial izquierda.

Nivel de la fracción de succión atrial izquierda	Fetos madres sanas		Fetos madres con diabetes	
	n	%	n	%
Disminuida (< 25,1 %)	3	10	26	86,7
Normal (25,1 - 26,5 %)	25	83,4	3	10
Aumentada (> 26,5 %)	2	6,6	1	3,3
Total	30	100	30	100

X^2 =35,86 p= <0,001

Tabla 2

Distribución de las pacientes sanas y con diabetes según el resultado de la función miocárdica.

Función miocárdica fetal	Fetos madres sanas		Fetos madres con diabetes	
	n	%	n	%
Normal	27	90	4	13,3
Patológico	3	10	26	86,7
Total	30	100	30	100

X^2 =35,31 p= <0,001

Tabla 3

Relación entre la edad gestacional y el resultado de la función miocárdica fetal según la condición de las pacientes.

Edad gestacional (Semanas)	Resultado de la función miocárdica			
	Fetos madres sanas		Fetos madres con diabetes	
	Patológico n (%)	Normal n (%)	Patológico n (%)	Normal n (%)
24 - 32	2 (6,6)	10 (33,4)	11 (36,7)	1 (3,3)
33 - 36	1 (3,3)	9 (30)	8 (26,7)	2 (6,6)
37 - 40	0	8 (26,7)	7 (23,4)	1 (3,3)
Total	3 (100)	27 (100)	26 (100)	4 (100)

X^2 =0,55 p= 0,759