

The seal of the University of San Carlos of Guatemala is a circular emblem. It features a central figure, likely a saint or historical figure, surrounded by various symbols including a lion, a castle, and a cross. The text around the border of the seal reads "UNIVERSITAS CAROLINA AC ACADEMIA COACTEMALENSIS INTER CAETERAS ORBIS CONSPICUA".

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

FACULTAD DE CIENCIAS MÉDICAS

**Flujometría doppler de las arterias uterinas como predictor
de la restricción del crecimiento intrauterino**

MONOGRAFIA

Presentada a la Honorable Junta Directiva de la Facultad de Ciencias
Médicas de la Universidad de San Carlos de Guatemala.

Edgar Oswaldo Caal Cárdenas

Médico y Cirujano.

Guatemala

agosto, 2022

El infrascrito Decano y la Coordinadora de la Coordinación de Trabajos de Graduación -COTRAG-, de la Facultad de Ciencias Médicas de la Universidad de San Carlos de Guatemala, hacen constar que el estudiante:

1. EDGAR OSWALDO CAAL CÁRDENAS 201210243 2085757820101

Cumplió con los requisitos solicitados por esta Facultad, previo a optar al título de Médico y Cirujano en el grado de licenciatura, habiendo presentado el trabajo de graduación, en modalidad de monografía titulada:

**FLUJOMETRÍA DOPPLER DE LAS ARTERIAS UTERINAS COMO
PREDICTORA DE LA RESTRICCIÓN DEL CRECIMIENTO INTRAUTERINO**

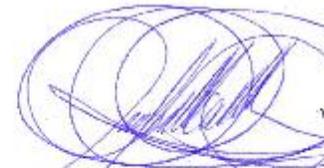
Trabajo asesorado por la Dra. Cristha Isabel Rodas Mazariegos y revisado por el Dr. Rony Enrique Ríos Guzmán, quienes avalan y firman conformes. Por lo anterior, se emite, firma y sella la presente:

ORDEN DE IMPRESIÓN

En la Ciudad de Guatemala, el vointicinco de agosto del año dos mil veintidós



Dra. Magda Francisca Velásquez T.
Coordinadora



Dr. Jorge Fernando Orellana Oliva. PhD
Decano



La infrascrita Coordinadora de la COTRAG de la Facultad de Ciencias Médicas, de la Universidad de San Carlos de Guatemala, HACE CONSTAR que el estudiante:

1. EDGAR OSWALDO CAAL CÁRDENAS 201210243 2085757820101

Presentó el trabajo de graduación en modalidad de monografía, titulada:

FLUJOMETRÍA DOPPLER DE LAS ARTERIAS UTERINAS COMO PREDICTORA DE LA RESTRICCIÓN DEL CRECIMIENTO INTRAUTERINO

El cual ha sido revisado y aprobado por el Lic. Oscar Hugo Machuca Coronado, profesor de la COTRAG y, al establecer que cumple con los requisitos solicitados, se le **AUTORIZA** continuar con los trámites correspondientes para someterse al Examen General Público. Dado en la Ciudad de Guatemala, el veinticinco de agosto del año dos mil veintidós.

"ID Y ENSEÑAD A TODOS"



Dra. Magda Francisca Velásquez Tohom
Coordinadora



Doctora
Magda Francisca Velásquez Tohom
Coordinadora de la COTRAG
Presente

Le informo que yo:

1. EDGAR OSWALDO CAAL CÁRDENAS

Presenté el trabajo de graduación titulado:

**FLUJOMETRÍA DOPPLER DE LAS ARTERIAS UTERINAS COMO
PREDICTORA DE LA RESTRICCIÓN DEL CRECIMIENTO INTRAUTERINO**

Del cual el asesor y revisor se responsabilizan de la metodología, confiabilidad y validez de los datos, así como de los resultados obtenidos y de la pertinencia de las conclusiones y recomendaciones propuestas.

FIRMAS Y SELLOS PROFESIONALES

Asesora:

Dra. Cristha Isabel Rodas Mazariegos

Revisor:

Dr. Rony Enrique Ríos Guzmán
Registro de personal. 360540

Dra. Cristha Isabel Rodas Mazariegos
Méd. en Ginecología y Obstetricia
Colegiado 17204

Dr. Rony Ríos
MSc. Pediatría
Colegiado 6498

De la responsabilidad del trabajo de graduación

El autor es el único responsable de la originalidad, validez científica, de los conceptos y de las opiniones expresados en el contenido del trabajo de graduación. Su aprobación en manera alguna implica responsabilidad para la Coordinación de Trabajos de Graduación, la Facultad de Ciencias Médicas y la Universidad de San Carlos de Guatemala. Si se llegara a determinar y comprobar que se incurrió en el delito de plagio u otro tipo de fraude, el trabajo de graduación será anulado y el autor deberá de someterse a las medidas legales y disciplinarias correspondientes, tanto de la Facultad de Ciencias Médicas, Universidad de San Carlos de Guatemala y, de las otras instancias competentes, que así lo requieran.

DEDICATORIA

A mis padres: A mi mama Miriam Cárdenas y a mi Papa Oswaldo Caal por su apoyo y cariño incondicional a lo largo de toda la carrera. Jamás hubiera podido lograr este importante logro sin ustedes a mi lado.

A mi familia: Especialmente a mis abuelitos, Romelia Cal Medina y Venancio Cal así como a mis tíos Julio Cal y Fredy Cal por darme un hogar y brindarme su compañía durante mi práctica rural.

A mis pacientes: Por permitirme aprender y mejorar mis habilidades como médico mediante el estudio de sus diferentes patologías.

A mis maestros: A todos los catedráticos, jefes de servicio y residentes quienes con su guía y enseñanzas me formaron como profesional.

A mi Universidad: A la Universidad de San Carlos de Guatemala y especialmente a la Facultad de Ciencias Médicas por proporcionarme la mejor formación académica y humana posible.

AGRADECIMIENTOS

A mi asesor

Doctora Cristha Isabel Rodas Mazariegos

A mi revisor

Doctor Rony Enrique Ríos Guzmán

A la Universidad San Carlos de Guatemala Facultad de Ciencias Médica

Facultad de Ciencias Médicas

ÍNDICE

PRÓLOGO	i
INTRODUCCIÓN	ii
PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	iv
OBJETIVOS	vi
MÉTODOS Y TÉCNICAS	vii
CONTENIDO TEMÁTICO	
Capítulo 1. MÉTODOS DIAGNÓSTICOS PARA EL RCIU	1
Capítulo 2: APLICACIONES DE LA FLUJOMETRÍA DOPPLER EN OBSTETRICIA	12
Capítulo 3: UTILIDAD DE LA FLUJOMETRÍA DOPPLER DE LAS ARTERIAS UTERINAS COMO PREDICTORA DE RCIU	23
Capítulo 4: ANÁLISIS	35
CONCLUSIONES	40
RECOMENDACIONES	41
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	42
APÉNDICES	52
GLOSARIO	62

PRÓLOGO

En la presente monografía de compilación se analiza la utilidad de la flujometría doppler de arterias uterinas como predictor de la restricción del crecimiento intraútero, la cual es una complicación observada con más frecuencia en las pacientes embarazadas; ésta es la incapacidad del feto de alcanzar su máximo potencial de crecimiento y se asocia a asfixia o muerte perinatal; el diagnóstico es importante para reducir la morbimortalidad perinatal.

En el presente trabajo se describe la anatomía de la circulación fetal, fisiopatología de la enfermedad, causas, clasificación, manejo, complicaciones y utilidad de la flujometría doppler, aplicaciones e indicaciones en el embarazo.

La flujometría doppler de las arterias uterinas es una herramienta útil, de bajo costo y accesible, realizada entre las semanas 20 a 24 permite predecir en pacientes de alto riesgo el desarrollo de RCIU; este estudio nos permite clasificar a las pacientes y así adoptar medidas preventivas y de seguimiento para disminuir las múltiples complicaciones derivadas del diagnóstico.

Dra. Christa Rodas.

Msc. en Ginecología y Obstetricia.

INTRODUCCIÓN

La flujometría doppler es un método diagnóstico de gran utilidad en el campo de la obstetricia, ya que permite estudiar, de forma no invasiva, las velocidades y resistencias de los diferentes vasos que componen la circulación materno-fetal. Su objetivo principal es identificar y brindar seguimiento a las enfermedades que puedan provocar hipoxia o asfixia fetal.¹⁻⁴ Una de estas enfermedades, es la restricción del crecimiento intrauterino (RCIU), patología en la cual el feto no es capaz de alcanzar su máximo potencial genético de crecimiento, a causa de enfermedades maternas, fetales o placentarias.⁵⁻⁸ Sin embargo, debido a la ambigüedad de esta definición, se ha decidido definir como RCIU a todos aquellos fetos que presenten un peso fetal estimado por debajo del tercer percentil (p3) para la edad gestacional, o aquellos que presenten un peso fetal estimado por debajo del décimo percentil (p10), acompañado de signos de compromiso fetal. Los signos de compromiso fetal son las alteraciones en los índices de resistencia de la arteria cerebral media, arteria umbilical, arteria uterina, istmo aórtico y ductus venoso, los cuales deberán de ser identificados mediante la flujometría doppler.^{3,6-11}

A pesar de ello, el diagnóstico de RCIU continúa presentando dificultades, tales como no contar con una prueba diagnóstica definitiva que permita identificar la enfermedad tempranamente, así como la presencia de un grupo de fetos conocidos como pequeños para la edad gestacional o PEG, los cuales confunden y retrasan el diagnóstico. Todo lo cual, trae como consecuencia un aumento en el riesgo de presentar complicaciones que ponen en peligro la vida y bienestar fetal.^{3,10,12,13} En este contexto se hace evidente la necesidad de encontrar una prueba capaz de identificar o anticipar de forma temprana la enfermedad, así como de diferenciarla de los denominados PEG, lo cual permitiría realizar un mejor seguimiento y adoptar medidas oportunas que aseguren el bienestar fetal.^{3,12,14-16} Una de esas pruebas podría ser la flujometría doppler de las arterias uterinas, debido a la relación potencial entre un patrón de alta resistencia en estas arterias y un mayor riesgo para desarrollar RCIU.^{3,8,14,17,18}

En esta investigación documental tipo monografía con diseño exploratorio, se tuvo como objetivo principal determinar la predictibilidad de la flujometría doppler de las arterias uterinas en el diagnóstico temprano de RCIU. Para ello se revisó la información contenida en documentos en idioma español o inglés publicados desde el año 2001. Para la implementación de la estrategia de búsqueda, se utilizaron descriptores en ciencias de la salud en los idiomas español e inglés. Los operadores lógicos utilizados fueron *and* y *or* para mejorar los resultados

de búsqueda de información. Los metabuscadoreos utilizados fueron: BVSGT, EBSCO, HINARI, Scielo, PubMed, Trip y Google Académico.

La monografía se encuentra dividida en cuatro capítulos. En el primer capítulo, se describen los principales métodos de estudio disponibles para el diagnóstico del RCIU. Así también, se presenta información adicional relacionada a la definición, causas y manejo del RCIU, como base para comprender el resto de los capítulos contenidos dentro de la monografía. En el segundo capítulo, se describe la definición y las bases físicas para la aplicación de la flujometría doppler de las arterias uterinas; además, de sus aplicaciones en el campo de la obstetricia. En el tercer capítulo, se describe la utilidad de la flujometría doppler de la arteria uterina como predictor del RCIU en diferentes momentos de la gestación. Finalmente, en el cuarto capítulo, se realiza el análisis e interpretación de la información presentada en los capítulos anteriores.

Con base en la información registrada en este documento, se concluye que la flujometría doppler de las arterias uterinas no ha demostrado ser un método válido y confiable para la predicción del RCIU. Sin embargo, se determinó que si la flujometria doppler de las arterias uterinas se aplica durante el segundo trimestre del embarazo a una población de alto riesgo, puede identificar a pacientes que presentan un mayor riesgo para desarrollar RCIU. Este proceso permite brindar un seguimiento más estricto a estos pacientes y con ello adoptar medidas que disminuyan las complicaciones asociadas al RCIU.

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

El RCIU provoca que la placenta sea incapaz de proveer del oxígeno y nutrientes necesarios para llevar a cabo un crecimiento y desarrollo fetal adecuado, lo cual trae como consecuencia un aumento en el riesgo de morbilidad y de mortalidad del producto, tanto de forma intrauterina como después de nacer.^{3,5,8} Actualmente no existe ningún tratamiento eficaz contra el RCIU, por lo que, la principal estrategia para evitar o disminuir la aparición de sus complicaciones, es la realización de un diagnóstico temprano y certero que permita determinar el momento ideal para finalizar el embarazo con los mínimos riesgos para el recién nacido.^{10,13,19-21} Sin embargo, realizar dicha tarea ha demostrado ser un gran desafío para el médico obstetra, debido a la falta de una prueba diagnóstica que permita identificar tempranamente la enfermedad, así como la presencia de un grupo de fetos conocidos como PEG, los cuales al presentar características similares a los RCIU, retrasan y confunden el diagnóstico.^{3,10,12,13}

Se ha propuesto a la flujometría doppler de las arterias uterinas como una prueba capaz de resolver las dificultades presentadas para el diagnóstico del RCIU y de esta forma mejorar el manejo actual de la enfermedad. Esta premisa se basa en la relación que diversos estudios han demostrado entre el aumento de la resistencia de las arterias uterinas y un mayor riesgo para desarrollar RCIU. Se ha registrado que, en aquellos embarazos, en los cuales no se produce la invasión por parte del trofoblasto o esta se encuentra limitada a ciertas porciones de las arterias uterinas, se mantiene un alto grado de resistencia vascular, lo cual no permite el paso adecuado y constante de sangre hacia la placenta.^{3,8,14,17,18}

Esta situación trae como consecuencia un aumento en el riesgo de presentar una perfusión placentaria intermitente, la cual conducirá a una disminución del tamaño de los poros intervillosos, reducción del reservorio sanguíneo placentario, disminución del intercambio materno-fetal y concentraciones de oxígeno fluctuante al estrés oxidativo placentario. Finalmente toda esta cascada de eventos culminará con el desarrollo de un RCIU.^{3,8,14,17,18} Debido a que es imposible poder evaluar estos cambios directamente, se ha recurrido a la flujometría doppler de las arterias uterinas como una forma indirecta de conocer si se completó exitosamente el proceso de invasión trofoblástica y con ello, determinar si existe un mayor riesgo para desarrollar un RCIU.^{7,8,10,12,15,22,23} Además, esta prueba también sería capaz de diferenciar a los fetos con RCIU de los PEG, ya que aunque ambos se determinan por un peso fetal estimado por debajo del p10, los PEG no suelen presentar ninguna adaptación

cardiovascular evidenciable mediante flujometría doppler, lo cual permitiría diferenciar claramente entre ambas condiciones al momento de realizar la evaluación doppler.^{3,11,13}

Con base en el contexto anterior, se definieron las siguientes preguntas de investigación, ¿Es la flujometría doppler de las arterias uterinas un predictor temprano, válido y confiable para anticipar el desarrollo de RCIU? ¿Qué métodos diagnósticos se encuentran disponibles para el RCIU? ¿Qué aplicaciones presenta la flujometria doppler en el campo de la obstetricia? ¿Cuáles son los parámetros que definen un doppler de las arterias uterinas como compatible con el desarrollo posterior de RCIU en el feto?

OBJETIVOS

Objetivo General:

- Determinar la predictibilidad de la flujometría doppler de las arterias uterinas en el diagnóstico temprano de la restricción del crecimiento intrauterino.

Objetivos Específicos:

- 1) Describir los métodos diagnósticos disponibles para la restricción del crecimiento intrauterino.
- 2) Describir las aplicaciones que presenta la flujometría doppler en el campo de la obstetricia.
- 3) Establecer los parámetros de referencia para definir un doppler de las arterias uterinas como compatible con el desarrollo posterior de la restricción del crecimiento intrauterino en el feto.

METODOS Y TECNICAS

La presente investigación documental es de tipo monografía la cual sigue un diseño exploratorio. La mayor parte de la información se obtuvo de documentos publicados en español o inglés a partir del año 2010, sin embargo, también se utilizó información relevante publicada desde el año 2001. Se utilizaron fuentes primarias y secundarias de información, tales como publicaciones científicas o tesis. Para realizar la búsqueda de los artículos se utilizaron los siguientes meta buscadores: BVSGT, EBSCO, HINARI, Scielo, PubMed, Trip y Google Académico. Para la implementación de la estrategia de búsqueda, se utilizaron descriptores en ciencias de la salud, en el idioma español e inglés (Apéndice A). Los operadores lógicos utilizados fueron *and* y *or* para mejorar los resultados de búsqueda de información. Para la organización de las referencias bibliográficas se utilizó el gestor de referencias Zotero.

Posteriormente, se realizó la búsqueda inicial de documentos relacionados con el tema de investigación. Debido a la cantidad elevada de resultados obtenidos, solo se seleccionaron aquellos documentos que presentaron fuentes bibliográficas confiables y de alta calidad (Apéndice B). Es decir, aquellos documentos con información actualizada sobre el tema de investigación; con los créditos correspondientes a cada uno de los autores; y dirigidos hacia el personal de salud.

Para la identificación de información relevante se realizó una primera lectura de los documentos, para indagar sobre la información disponible; luego se realizó una segunda lectura para estructurar los capítulos y la información contenida en cada uno de ellos. Finalmente, se realizó una tercera lectura en la cual se procedió a identificar y extraer la información de mayor relevancia y utilidad para la monografía. Este procedimiento se realizó para cada uno de los capítulos contenidos en el presente documento.

Una vez definidos e identificados los documentos con información relevante, se crearon carpetas, según el capítulo en el cual sería utilizada la información. Además, se le asignó un código numérico a cada documento, según el orden de aparición dentro de la monografía. De esta forma, se logró facilitar el manejo y análisis de la información.

Capítulo 1. MÉTODOS DIAGNÓSTICOS PARA EL RCIU

Sumario

- Definición del RCIU
- Clasificación del RCIU
- Causas y factores de riesgo del RCIU
- Métodos diagnósticos de RCIU
- Manejo del RCIU
- Complicaciones del RCIU

1.1 Definición del RCIU

El RCIU es una enfermedad de causa multifactorial y manejo complejo, en la cual existe una disminución en la velocidad de crecimiento intrauterino que le impide al feto alcanzar su máximo potencial de crecimiento genético.^{5-12,24} Debido a la imposibilidad de determinar el potencial genético de cada feto, la Organización Mundial de la Salud (OMS) ha optado por definir como RCIU a todo aquel feto que presente un peso por debajo del p3. La *American College of Obstetric and Gynecology* (ACOG) en tanto, lo ha definido como todo aquel feto que presente un peso por debajo del p10 para su edad gestacional, acompañado de signos de compromiso fetal identificados mediante flujometría doppler; siendo esta última la definición más utilizada. Los signos de compromiso fetal incluyen alteraciones en los índices de resistencia de la arteria cerebral media, arteria umbilical, arteria uterina, istmo aórtico y ductus venoso.^{6,7,9-11}

1.2 Clasificación del RCIU

El RCIU se puede clasificar de acuerdo a tres tipos de criterios: la proporcionalidad de la biometría fetal; el grado de severidad; y el momento de aparición de la enfermedad durante la gestación.⁶ Originalmente el RCIU se clasificó según la proporcionalidad de la biometría fetal, sin embargo, con base en diferentes estudios se determinó que esta clasificación no marca una diferencia real entre los tipos definidos, y que además no aporta ninguna información clínica relevante en lo referente al manejo, seguimiento y pronóstico. Por lo cual, actualmente se ha optado por clasificar el RCIU según el grado de severidad, pero principalmente según el momento de aparición durante la gestación.^{6,25}

1.2.1 Clasificación de RCIU según la proporcionalidad de la biometría fetal

El crecimiento fetal depende de la interacción entre un potencial genético preestablecido y un ambiente fetal, materno y placentario sano y propicio para su crecimiento.⁵ Se conoce que este crecimiento se produce en tres distintas etapas. Durante las primeras 16 semanas de gestación, se genera una fase celular de hiperplasia o de aumento en el número celular; entre la semana 16 a la 32 de gestación, se genera una fase concomitante entre hiperplasia e hipertrofia celular, es decir, un aumento tanto en el número como en el tamaño celular; por último, a partir de la semana 32 de gestación, se genera una fase celular exclusivamente de hipertrofia, en la cual se presenta un rápido aumento del tamaño celular.^{10,11} Este patrón de crecimiento fetal es la base para clasificar el RCIU en tres diferentes tipos tomando en cuenta la proporcionalidad de la biometría fetal: siendo estos simétricos, asimétricos y mixtos^{6,10,21}

- Simétrico: el RCIU simétrico se presenta en etapas tempranas de la gestación debido a infecciones congénitas o anormalidades genéticas, lo cual provoca una disminución del crecimiento fetal a lo largo de toda la gestación. Todos los segmentos corporales incluyendo cabeza, órganos y talla se encuentran reducidos de forma proporcionada.^{5,6,10,11,21}
- Asimétrico: el RCIU asimétrico se presenta entre el segundo y tercer trimestre de la gestación. En este tipo de RCIU existe una disminución de los nutrientes fetales que limitan el almacenamiento de glucosa y grasa debido a una insuficiencia uteroplacentaria. El mayor compromiso se observa en el peso mediante el perímetro abdominal, además también se presenta un compromiso parcial de la talla. Cabe destacar que la circunferencia craneal se conserva en este tipo de RCIU.^{5,6,10,11,21}
- Mixto: el RCIU mixto es más común en países en desarrollo. Se da como consecuencia de un RCIU simétrico más una insuficiencia placentaria, lo cual da como resultado la disminución tanto en el número como en el tamaño celular. La clínica de este tipo de feto es una combinación entre ambos tipos de RCIU, es decir, que pueden presentar tanto una disminución proporcionada de todos los segmentos corporales como un compromiso parcial en el peso o talla.^{6,10,21}

Es importante mencionar que, a pesar del uso de diferentes pruebas, como la flujometría doppler o la cordocentesis, no se ha establecido una clara diferencia entre las causas, estado hemodinámico, antropometría neonatal o resultados adversos entre los RCIU simétricos y

asimétricos. Por lo cual, actualmente esta clasificación no se utiliza, debido a que no aporta información clínica de relevancia que mejore el manejo de fetos con RCIU.⁹

1.2.2 Clasificación de RCIU según el grado de severidad

Este tipo de clasificación se basa en el uso de las tablas de peso para la edad gestacional utilizando como punto de corte el p3, p5 y p10.⁵⁻⁷

- RCIU leve: feto que presenta un peso fetal estimado entre el p5 y p10 para la edad gestacional.⁵⁻⁷
- RCIU moderado: feto que presenta un peso fetal estimado entre el p3 y p5 para la edad gestacional.⁵⁻⁷
- RCIU severo: feto que presenta un peso fetal estimado por debajo del p3 para la edad gestacional. Este tipo de RCIU presenta un peor pronóstico, con aumento de la morbimortalidad perinatal.⁵⁻⁷

1.2.3 Clasificación de RCIU según el momento de aparición durante la gestación

Actualmente esta clasificación es la más utilizada, debido a que presenta la mayor información de relevancia para el manejo y pronóstico del RCIU. La clasificación se basa en el momento de aparición de la enfermedad durante la gestación. Para ello se utiliza la semana 32 de gestación como el punto de corte. De esta forma se encuentran dos tipos de RCIU clínicamente diferenciados, los cuales son temprano o precoz y tardío.¹⁰

- RCIU temprano: el RCIU temprano es aquel que se presenta antes de la semana 32 de gestación como consecuencia de una deficiencia importante en el proceso de implantación placentaria. Esta deficiencia produce un aumento de la resistencia de las arterias uterinas, y por consecuencia, un mayor riesgo de presentar RCIU. Este tipo de fetos suelen presentar un alto grado de hipoxia con grandes adaptaciones vasculares y una gran tolerancia a niveles bajos de oxígeno o hipoxemia. El mayor desafío que presenta este tipo de fetos es el manejo, ya que se ha visto que este tipo de RCIU presenta un mayor riesgo de morbimortalidad perinatal.^{9,10,25,26}
- RCIU tardío: el RCIU tardío es aquel que se presenta posterior a la semana 32 de gestación como consecuencia de una insuficiencia placentaria. Este tipo de RCIU se

presenta con hipoxia moderada, sin adaptaciones vasculares y con una baja tolerancia a bajos niveles de oxígeno o hipoxemia. Debido a que no presenta adaptaciones vasculares tan marcadas como en el caso del RCIU temprano, el diagnóstico es mucho más difícil de realizar en este tipo de fetos.^{9,10,25,26}

1.3 Causas y factores de riesgo del RCIU

Únicamente se ha podido documentar una causa de RCIU en específico, en el 40% de los casos. Del total de casos documentados, se ha determinado que un tercio corresponde a causas genéticas, mientras que los dos tercios restantes están relacionados con el ambiente fetal.⁵ En el caso de los factores de riesgo, se ha establecido que no son tan importantes al momento de valorar un RCIU, ya que solo en un 30% de los casos se han podido relacionar con la enfermedad.²⁵

- Causas de RCIU de origen materno: generalmente relacionadas con enfermedades que producen una disminución del flujo placentario y/o suplementación de oxígeno. Por ejemplo, cardiopatías congénitas cianotizantes; consumo de alcohol; tabaco o drogas; desnutrición o malnutrición materna; diabetes; enfermedad renal crónica; infecciones maternas (infección urinaria, malaria, tuberculosis, TORCH o vaginosis bacteriana); trastornos autoinmunes; trastornos hipertensivos; trastornos de la coagulación y uso de medicamentos (antineoplásicos, anticonvulsivantes beta-bloqueadores, corticoides, warfarina).^{5-7,10,11,20,21,25}
- Causas de RCIU de origen placentario: dentro de las causas de origen placentario se encuentran placentas con alteraciones isquémicas o malformaciones francas. Por ejemplo, anomalías en la inserción del cordón umbilical o del cordón mismo; anomalías placentarias; arteria umbilical única; desprendimiento placentario; infartos placentarios; inserción velamentosa del cordón; insuficiencia placentaria; placentación anormal; y tumores placentarios.^{5-7,10,11,20,21,25}
- Causas de RCIU de origen fetal: las causas de origen fetal se encuentran relacionadas con alteraciones genéticas, cromosómicas o infecciones congénitas.^{5-7,10,11,20,21,25}

1.4 Métodos diagnósticos para el RCIU

El diagnóstico de fetos con RCIU se dificulta debido a la existencia de fetos conocidos como PEG, los cuales cumplen con la característica del peso fetal de los RCIU, pero que no presentan ningún signo de compromiso fetal al momento de evaluarlos.^{3,9,10,12,20,21,24} La diferencia entre estos dos tipos de fetos subyace en que en los fetos con RCIU existe un mayor riesgo de morbilidad perinatal, por lo que, deberán de adoptarse conductas que aseguren el bienestar fetal; mientras que, en los fetos conocidos como PEG este riesgo es inexistente o al menos similar al presentado por fetos con un peso adecuado para su edad gestacional. De forma que, las conductas adoptadas para los PEG no serán diferentes a aquellas tomadas para un embarazo normal.^{3,5,9,10} Es decir, que la identificación del RCIU, la cual está basada en la combinación de diferentes parámetros diagnósticos, no solo tiene como objetivo identificar la enfermedad, sino que también tratar de diferenciarla de la forma más clara y temprana posible de los PEG, de forma que el seguimiento y manejo sea adecuado a la condición que presente el feto.^{3,5,9} Los parámetros diagnósticos utilizados para RCIU son:

- Cálculo y seguimiento del percentil de crecimiento: conociendo el peso fetal estimado, así como la edad gestacional (calculada mediante la fecha de última menstruación y confirmada posteriormente mediante una ecografía del primer trimestre), se procederá a realizar el cálculo del percentil de crecimiento. Si el feto presenta un peso fetal estimado ubicado entre el p5 y el p10 para la edad gestacional, su estudio deberá de ser complementado con una flujometría doppler. Por el contrario, si el feto presenta un peso fetal estimado ubicado por debajo del p3 para la edad gestacional, este feto deberá de identificarse inmediatamente como RCIU, debido al mayor riesgo de mortalidad perinatal que presenta.^{10,11,21,25,27} Además, es importante realizar un seguimiento de la curva de crecimiento como una forma adicional de diferenciar un RCIU de un PEG, ya que se conoce que aquellos fetos que presentan un crecimiento fetal consistente, y que no presentan alteraciones tanto en la arteria umbilical como en la medición del líquido amniótico, no desarrollarán ninguna de las complicaciones asociadas al RCIU.¹⁰
- Flujometría doppler de los vasos maternos y fetales: la flujometría doppler se ha convertido en una herramienta diagnóstica indispensable, ya que mediante el estudio de las velocidades y resistencias de los vasos que componen la circulación fetal y uteroplacentaria se puede identificar y diferenciar a los fetos con RCIU de los PEG; debido a que estos últimos no suelen mostrar alteración alguna en la evaluación doppler. Además, presenta la característica de que las alteraciones hemodinámicas encontradas

en los diferentes vasos van estrechamente relacionadas con una secuencia evolutiva en el deterioro hipóxico fetal y, por lo tanto, con el paulatino aumento de la morbimortalidad perinatal. Es decir, que mediante el seguimiento por flujometría doppler del RCIU se lograría identificar a todos aquellos fetos que presenten compromiso del bienestar fetal, y con ello adoptar las conductas necesarias según el momento de la gestación en la que se encuentren los fetos.^{3,5}

- Índice cerebro placentario (ICP): el ICP representa la combinación entre las alteraciones de la arteria umbilical y la arteria cerebral media. Además, representa el parámetro doppler más sensible y específico para la identificación de resultados adversos en casos de RCIU. Esto debido a que el ICP logra identificar cambios o alteraciones compatibles con el RCIU, incluso cuando los valores de los demás parámetros se encuentran aún dentro de los límites de la normalidad.^{7,21,25}
- Perfil biofísico: este tipo de estudio no es específico para la identificación o seguimiento del RCIU, ya que sus hallazgos no se correlacionan con el estado hipóxico del feto. Sin embargo, puede ayudar a complementar o confirmar el diagnóstico, ya que las alteraciones en el perfil biofísico se encuentran relacionadas con estados de acidosis y, por tanto, con el bienestar fetal. Estas alteraciones, las cuales se modifican según el avance en el estado de la acidosis en la que se encuentre el feto, provocan primero una disminución de la frecuencia de los latidos fetales, seguido de los movimientos respiratorios, pérdida del movimiento, del tono fetal y, por último, una disminución en el volumen de líquido amniótico. Esta última alteración indicaría un compromiso del bienestar fetal de tipo crónico.²⁵
- Registro cardiotopográfico (RGCT): este tipo de estudio es únicamente útil para detectar una descompensación aguda del bienestar fetal. Debido a que las alteraciones encontradas en su registro suelen presentarse de forma simultánea con las alteraciones de los flujos venosos, unos días antes de la descompensación fetal, se recomienda asociar el RGCT con la evaluación doppler del ductus venoso en el seguimiento de RCIU.²⁵
- Estudios adicionales: una vez confirmado el diagnóstico se deberá de determinar la causa que originó el RCIU. Para ello se deberá utilizar la historia clínica para la búsqueda de antecedentes maternos asociados con la enfermedad; exámenes de laboratorio para descartar infección o enfermedad materna; ecografía para descartar

alteraciones placentarias o malformaciones congénitas del feto; y si fuera necesario realizar estudios genéticos.⁵

1.5 Manejo del RCIU

Hasta el momento no existe ningún tratamiento disponible para la reversión o interrupción de la progresión del RCIU, por lo que, el manejo de esta enfermedad se encuentra orientado a monitorizar el estado fetal, con el objetivo de determinar el momento ideal para finalizar el embarazo. De esta forma se busca alcanzar el máximo crecimiento intrauterino del feto, permitir una mayor maduración pulmonar y reducir las diferentes complicaciones derivadas del RCIU. La monitorización del estado fetal se basa, tanto en el momento de la gestación en la que se identifique el RCIU, como en los cambios o adaptaciones cardiovasculares que se encuentren en la flujometría doppler.^{10,13,19,20,26,28,29}

1.5.1 Manejo del RCIU temprano

Los parámetros que se deben utilizar para realizar el seguimiento y manejo del RCIU temprano se dividen en marcadores agudos y en marcadores crónicos. Los marcadores agudos, dentro de los cuales se encuentra la flujometría doppler del ductus venoso y el RGCT, permiten detectar alteraciones compatibles con la descompensación aguda del bienestar fetal. Por otro lado, los marcadores crónicos, dentro de los cuales está la flujometría doppler de las arterias uterinas, arteria umbilical y arteria cerebral media, representan los parámetros estándares para la identificación, seguimiento y pronóstico de la enfermedad.^{7,9,10,25,26,28}

El seguimiento de los RCIU dependerá de las características presentadas tanto en el peso fetal como en la flujometría doppler. Se recomienda realizar evaluaciones semanales en fetos que solamente presenten un peso fetal estimado por debajo del p3 o que presentan un peso por debajo del p10 acompañado de alguna alteración en los valores de la arteria uterina, arteria umbilical, arteria cerebral media o en el índice cerebro placentario. En el caso de encontrar vasodilatación en la arteria cerebral media o flujo diastólico ausente en la arteria umbilical, se deberá de cambiar el seguimiento a cada 48-72 horas, debido a que estos hallazgos son signos de insuficiencia placentaria severa o hipoxia en el feto. Por último, en casos en donde el feto con RCIU se acompañe de un estado de acidosis fetal evidenciado por un flujo reverso en la arteria umbilical o por la alteración en los parámetros del ductus venoso, el

control deberá de aumentarse a cada 24-48 horas en el caso de un doppler tipo III o a 12-24 horas en caso de un doppler tipo IV.^{7,9,10,25,26,28}

En cuanto al momento para realizar la interrupción del embarazo, este también dependerá de los hallazgos encontrados en el feto y su correlación con los diferentes tipos o estadios de doppler (Apéndice C). De esta forma, en los casos de RCIU en estadio 1 o con insuficiencia placentaria leve o moderada, se deberá inducir el parto a las 37 semanas de gestación; en casos de RCIU en estadio 2, es decir, con insuficiencia placentaria severa, se optará por realizar una cesárea a las 34 semanas de gestación, debido a que estos fetos al presentar una reserva placentaria limitada no son capaces de tolerar el estrés producido por el trabajo de parto.^{7,9,10,25,26,28}

Por otro lado, en casos en los que el RCIU se acompañe de un estado de acidosis fetal se presentan tres diferentes escenarios:

- Fetos por debajo de la semana 28 de gestación: en este caso la tasa de supervivencia fuera del útero es cercana al 50%, por lo cual, se deberá finalizar el embarazo mediante cesárea únicamente cuando se presenta un flujo ausente o reverso en el ductus venoso o un patrón de desaceleración en el monitoreo fetal.^{7,9,10,25,26,28}
- Fetos por debajo de la semana 30 de gestación: en este caso se recomienda la finalización del embarazo si se presenta una alteración de los flujos venosos o existe una alta sospecha de acidosis fetal. Estas deberán evidenciarse mediante la flujometría doppler por un flujo reverso en el ductus venoso o alteraciones en el registro cardiotopográfico avanzado.^{7,9,10,25,26,28}
- Fetos en semana 30 o posterior: en este caso se deberá de optar por finalizar el embarazo mediante cesárea, ya que para este punto del embarazo los riesgos de prematuridad son menores a las complicaciones que se pueden presentar en caso de continuar con el embarazo.^{7,9,10,25,26,28}

Adicionalmente a estas recomendaciones también es importante tomar en cuenta lo siguiente:

- Neuroprofilaxis con sulfato de magnesio (SO₄Mg): la profilaxis con sulfato de magnesio se deberá de suministrar en fetos que se encuentren entre la semana 24-34 de gestación y presenten riesgo inminente de parto, ya que disminuye la incidencia de parálisis cerebral.^{9,25}
- Uso de corticoides para maduración pulmonar: la administración de corticoides para la maduración pulmonar se deberá de utilizar en fetos que se encuentren entre la semana

24-34 de gestación, y presenten un doppler tipo III así como un riesgo inminente de parto en las siguientes 48 horas, o a todo feto con un doppler tipo IV al momento de realizar el diagnóstico de RCIU.^{9,25}

1.5.2 Manejo del RCIU Tardío

Para fetos con RCIU posterior a la semana 32 de gestación, se presenta un verdadero desafío diagnóstico para el médico obstetra. Esto debido a que los fetos con RCIU tardío suelen presentarse sin adaptaciones cardiovasculares evidenciables mediante flujometría doppler, por las características propias de la enfermedad. Esta situación trae como consecuencia el retraso y la dificultad para realizar el diagnóstico de la enfermedad. Además, debido a que estos fetos tampoco suelen presentar una gran tolerancia a los diferentes grados de hipoxia, realizar un diagnóstico oportuno y brindar un buen seguimiento se vuelve aún más importante, ya que permitirá reducir o eliminar las complicaciones derivadas del RCIU.^{7,10,25,28}

Los parámetros utilizados para el seguimiento del RCIU tardío son: alteraciones de la arteria uterina, del índice cerebro placentario y un peso fetal estimado por debajo del p3. El seguimiento, al igual que con los RCIU precoz, dependerá de las características presentadas por el feto. De forma que, la evaluación se realiza con una frecuencia de cada 2 semanas en aquellos fetos en los cuales la única alteración sea un peso fetal estimado por debajo del p3, sin alteración alguna en la flujometría doppler y con resultados normales del primer trimestre de gestación en el índice de pulsatilidad de la arteria uterina y en el índice cerebro placentario. Para realizar el seguimiento se deberá de utilizar el ICP como la herramienta principal. Si los resultados del índice de pulsatilidad de la arteria uterina o del índice cerebro placentario del primer trimestre, fueran anormales, se deberá realizar una nueva evaluación cada semana. En fetos que presenten un índice de pulsatilidad por debajo del p5 y vasodilatación en la arteria cerebral media, el control se realizará cada 3-4 días, añadiendo a los controles los mencionados marcadores agudos de RCIU; lo cual permitirá anticipar la aparición de acidosis fetal.^{7,10,25,28}

El manejo en este tipo de fetos dependerá del parámetro por el cual fueron incluidos como RCIU, estableciendo lo siguiente:

- ICP o índice de pulsatilidad (IP) de la arteria uterina alterado: a este tipo de fetos se les inducirá el parto a la 37-38 semanas con monitoreo estricto.

- Vasodilatación de la arteria cerebral media: a este tipo de fetos se le inducirá el parto a las 34-37 semanas con monitoreo estricto, sin embargo, este tipo de fetos suelen presentar pérdida del bienestar fetal hasta en un 60%, por lo que, probablemente se opte finalmente por realizar una cesárea.^{7,10,25,28}

1.6 Complicaciones del RCIU

Los fetos con RCIU presentan un mayor riesgo de presentar complicaciones perinatales, debido a un menor crecimiento intrauterino, disminución en sus reservas de energía y por la aparición de la redistribución de flujo sanguíneo. Aunque la redistribución de flujo sanguíneo se considera un mecanismo protector, también tiene un efecto contraproducente, ya que, al desviar el flujo de sangre hacia los órganos vitales, también puede provocar alteraciones en el desarrollo normal de otras partes del cuerpo.^{5,6,11,21}

Las complicaciones del RCIU se dividen en complicaciones a corto plazo o perinatales y las complicaciones a largo plazo o de la infancia a la adultez. Las complicaciones perinatales se presentan a continuación:

- Parto prematuro y sus complicaciones derivadas.
- Asfixia perinatal, la cual puede estar asociada a síndrome de aspiración meconial o con hipertensión pulmonar persistente.
- Alteración en la regulación de la temperatura corporal.
- Hipoglucemia.
- Policitemia e hiperviscosidad.
- Alteración de la inmunidad celular. Además, se conoce que alrededor de un 50% de los hijos de madre con hipertensión arterial (una causa frecuente de RCIU) presentan neutropenia, lo cual podría aumentar el riesgo de infección.
- Los bebés prematuros con RCIU tienen un mayor riesgo de presentar hipocalcemia, durante los primeros 2 a 3 días de vida.
- Mortalidad aumentada.^{5,6,11,21}

La aparición de complicaciones en la niñez o en la vida adulta se basan en la denominada hipótesis de Baker, la cual plantea que debido al déficit de nutrientes provocada por el RCIU se presentan cambios o adaptaciones en el feto que alteran la función y desarrollo

del aparato cardiovascular, endocrino y metabólico con el consiguiente aumento de riesgo de padecer de las siguientes patologías:

- Retrasos del crecimiento.
- Alteraciones del neurodesarrollo y de la función cognitiva.
- Problemas de conducta.
- Enfermedad coronaria.
- Hiperlipidemia.
- Hipertensión.
- Enfermedad renal crónica.
- Diabetes.^{5,6,11,21}

Capítulo 2: APLICACIONES DE LA FLUJOMETRÍA DOPPLER EN OBSTETRICIA

Sumario

- Definición de la flujometría doppler
- Historia de la flujometría doppler
- Principios físicos de la flujometría dopple
- Tipos de sistemas doppler
- Utilidad clínica de la flujometría doppler
- Ventajas y desventajas de la flujometría doppler
- Flujometría doppler en obstetricia
- Indicaciones clínicas de la flujometría doppler en obstetricia
- Utilidad de la flujometría doppler en obstetricia

2.1 Definición de la flujometría doppler

La flujometría doppler es un método de imagen diagnóstico fundamental, y muchas veces de primera línea, para el estudio de la velocidad y dirección del flujo sanguíneo de las diferentes arterias y venas del cuerpo. Además, se utiliza para la caracterización vascular de diferentes tejidos sólidos tanto normales como tumorales.^{30,31}

2.2 Historia de la flujometría doppler

En el año de 1842, un físico y matemático austriaco llamado Christian Andreas Doppler, describe por primera vez un fenómeno por el cual una onda sonora cambia de frecuencia al existir desplazamiento entre la fuente del sonido o emisor y el receptor; fenómeno al cual llamo efecto doppler. Además, describió una fórmula para calcular la velocidad de movimiento de dicha onda a partir de ese cambio de frecuencia. Años después, en 1848 un físico francés llamado Armand Hippolyte, generaliza el efecto doppler a la luz, determinando que todas aquellas estrellas que se aproximan a la tierra son vistas de color azul y todas aquellas que se alejan de color rojo. Es decir, que las ondas electromagnéticas al aproximarse al receptor se dirigen hacia el extremo ultravioleta del espectro de mayor frecuencia y al alejarse se dirigirán hacia al extremo infrarrojo de menor frecuencia. Estos conceptos junto al ultrasonido, permitieron diversas aplicaciones en la medicina, iniciando con la capacidad para registrar los

movimientos de las válvulas cardiacas a finales de 1950 y con la detección de los latidos fetales en 1964.^{17,30}

2.3 Principios físicos de la flujometría doppler

La aplicación de la flujometría doppler se basa en las propiedades mecánicas del ultrasonido, en su transmisión a través de los diferentes tejidos del cuerpo y en el efecto doppler.³¹ De forma que, la generación de imágenes de los diferentes modos doppler se encuentran relacionados con los cambios de frecuencia que experimentan los haces de ultrasonido al ser reflejados por partículas en movimiento, como los glóbulos rojos. De forma más específica, cuando un haz de ultrasonido rebota contra una estructura inmóvil o fija, el haz reflejado conserva las mismas características, pero si la estructura se encuentra en movimiento, el haz reflejado aumentará o disminuirá su frecuencia dependiendo de la distancia a la que se encuentre con respecto al transductor de ultrasonido. Los cambios en la frecuencia del haz de ultrasonido permiten al operador estimar la velocidad a la que las partículas en movimiento se están moviendo.^{8,17,30,31}

2.4 Tipos de Sistemas Doppler

En la clínica existen dos tipos principales de sistema doppler, los cuales permiten realizar la evaluación del flujo sanguíneo o la caracterización vascular de los tejidos sólidos.

2.4.1 Modo continuo: el transductor emite y recibe el haz de ultrasonido de forma simultánea, permitiendo evaluar flujos y movimientos de muy alta velocidad, como lo que ocurre en las cavidades cardiacas, sin embargo, no puede determinar posición o profundidad del vaso estudiado.^{30,32,33}

2.4.2 Modo pulsado: el transductor emite un haz de ultrasonido, el cual determina de una forma precisa la posición, profundidad y velocidad del vaso sanguíneo, antes de poder enviar el siguiente haz de ultrasonido. Este modo permite la codificación de la velocidad mediante tres técnicas distintas las cuales presentan mayor o menor utilidad según el contexto en el que se esté evaluando^{30,32,33} Estas técnicas son las siguientes:

- **Modo Espectral:** este modo consiste en una curva de velocidad versus tiempo en la cual el eje "y" corresponde a la velocidad y el eje "x" al tiempo. La curva es una representación cuantitativa de la velocidad que presentan los glóbulos rojos a lo largo del ciclo cardíaco.^{30,32,33}
- **Modo Color:** el cambio de frecuencia es codificado mediante el color rojo-azul. Por regla general el color rojo representará todo flujo que se acerca al transductor, mientras que, el color azul representará todo flujo que se aleje. Además, el color será de mayor o menor intensidad según la velocidad de flujo que presente. De esta forma, proporciona una idea global sobre la presencia y dirección del flujo sanguíneo.^{30,32,33}
- **Power Angio:** evalúa la potencia, intensidad o amplitud del espectro del flujo, es decir, la cantidad de glóbulos rojos que se encuentran en movimiento, sin embargo, no permite determinar su velocidad. De forma práctica, determina la presencia de flujo sanguíneo en una estructura, sobre todo en aquellas que presenten flujo lento.^{30,32,33}

2.5 Utilidad clínica de la flujometría doppler

La aplicación de la flujometría doppler en el vaso sanguíneo a estudiar permite obtener los siguientes datos:

1. Permeabilidad del vaso.
2. Irrigación sanguínea alrededor de una lesión.
3. Sentido del flujo de la sangre.
4. Estrechamiento del diámetro vascular.
5. Información del estado vascular de los vasos que se encuentran distales al lugar de estudio.³⁰

De esta forma, la flujometría doppler estaría indicada para el estudio de diversas patologías, tales como la patología carótida-cerebral, patología venosa por trombo o insuficiencia, estenosis de las arterias renales y el estudio de fistulas arteriovenosa entre otras. Así también, presenta importantes aplicaciones en cardiología y obstetricia.³⁰

2.6 Ventajas y desventajas de la flujometría doppler

La flujometría doppler presenta varias ventajas en relación con otras modalidades de estudio, tales como un bajo costo, portabilidad, técnica no invasiva, en la cual no es necesario irradiar al paciente; y además permite realizar un estudio en tiempo real. Sin embargo, al ser una técnica operador-dependiente, la calidad del estudio dependerá de la capacidad del operador para obtener imágenes de calidad y de una correcta interpretación de los resultados. Sin dejar de mencionar otros aspectos propios de los pacientes, los cuales pueden limitar la generación de una imagen de calidad, tales como obesidad, meteorismo intestinal o la presencia de calcificaciones vasculares.^{30,33}

2.7 Flujometría doppler en Obstetricia

La flujometría doppler, uno de los mayores avances en el campo de la obstetricia, es un método diagnóstico no invasivo que permite evaluar la circulación fetal y uteroplacentaria. Esto con el fin de identificar a todos aquellos fetos que presenten hipoxia-acidosis o asfixia fetal; complicaciones asociadas a enfermedades como la preeclampsia o RCIU. Al lograr combinar este método junto a otros que determinan el bienestar fetal, tales como la clínica, pruebas de laboratorio o el perfil biofísico, permiten al obstetra contar con un mejor diagnóstico, pero sobre todo adoptar conductas que puedan disminuir el riesgo de muerte intrauterina o secuelas neurológicas a largo plazo.^{1,2,4,8,34-36} Es importante mencionar que a diferencia de lo que sucede en otras ramas de la medicina, en la obstetricia no se utilizan velocidades absolutas, sino que se recurre a la construcción de índices de resistencia, para conocer el grado de impedancia o resistencia distal al vaso que se esté evaluando. Por ejemplo, al evaluar la arteria umbilical y determinar los índices de resistencia correspondientes a este vaso, se logra conocer la resistencia que existe en el lecho placentario y de esta forma, su integridad y capacidad para realizar el intercambio fetal.

Dentro de los índices de resistencia se encuentran:

- Índice sistólico-diastólico: $\frac{A}{B}$
- Índice de resistencia: $\frac{A-B}{A}$
- Índice de pulsatilidad: $\frac{A-B}{M}$

A: velocidad sistólica máxima B: velocidad del fin de la diástole M: velocidad media.^{17,35}

La flujometría doppler se puede aplicar para el estudio de dos territorios vasculares, el territorio materno, mediante la flujometría doppler de las arterias uterinas; y el territorio fetal, a través de la flujometría doppler de los vasos fetales, la cual incluye a la arteria umbilical, arteria cerebral media, entre otros.^{8,34}

2.7.1 Flujometría doppler de los vasos maternos

La flujometría doppler de los vasos maternos comprende únicamente la exploración de las arterias uterinas, a través de las cuales se evalúa la adaptación materna al embarazo, específicamente en relación con el manejo de las resistencias vasculares periféricas. Además, también es utilizado como herramienta de cribado para la detección de pacientes con un alto riesgo de desarrollar RCIU o preeclampsia. En mujeres no gestantes y durante gran parte de la primera mitad del embarazo, las arterias uterinas se presentan como vasos de bajo flujo y alta resistencia, lo cual es evidenciado mediante la onda de velocidad de flujo por la presencia del notch o la incisura protodiastólica, y por valores elevados de sus índices de resistencia.^{2,8,17,34-36}

Sin embargo, a medida que avanza la gestación, las arterias uterinas sufren modificaciones debido a la invasión por parte del trofoblasto, convirtiéndolas en vasos de alto flujo y baja resistencia capaces de manejar los crecientes volúmenes de flujo sanguíneo que demandará el feto. Es decir, que la presencia de la incisura protodiastólica más allá de la semana 22 de gestación o índices de resistencia persistentemente elevados, indicaría que no se logró la adaptación necesaria para el manejo de los crecientes volúmenes de flujo sanguíneo. Por lo cual, se deberá de realizar un seguimiento más estricto a la paciente, debido a un mayor riesgo de desarrollar RCIU o preeclampsia.^{2,8,17,34-36}

En conclusión, la exploración de las arterias uterinas permite vigilar el adecuado proceso de transformación de estas, con el objetivo de estratificar a las pacientes como de alto o bajo riesgo para el desarrollo de RCIU o preeclampsia, logrando así un mejor control, seguimiento y manejo de la paciente; con el fin de reducir las complicaciones derivadas de la enfermedad.^{2,8,17,34-36}

2.7.2 Flujiometría doppler de los vasos fetales

En teoría, a través de la flujometría doppler se pueden estudiar los flujos de cualquier vaso sanguíneo del entorno fetal, sin embargo, los más utilizados en la práctica clínica son los de la arteria umbilical, arteria cerebral media, ductus venoso y vena umbilical.³⁴

2.7.2.1 Arteria Umbilical

La exploración de la arteria umbilical permite evaluar el grado de desarrollo y resistencia que presenta la placenta. En condiciones normales la placenta desarrolla su árbol vascular de forma progresiva, lo cual es reflejado por una disminución cada vez mayor en los índices de resistencia de la arteria umbilical. Sin embargo, si la vascularización es anormal y los canales vasculares placentarios escasos, los índices de resistencia de la arteria umbilical se mantendrán elevados, seguidos por la ausencia de flujo durante la diástole o incluso la aparición de un flujo reverso en la onda de velocidad de flujo de la arteria umbilical. Estos dos últimos hallazgos son indicadores de daño placentario significativo, lo cual provoca un déficit de nutrientes y oxígeno en el feto que, de no identificarse a tiempo, pueden conducir a la muerte.^{2,8,17,34-36}

En conclusión, la exploración de la arteria umbilical permite identificar y evaluar el grado de insuficiencia placentaria, con el objetivo de disminuir el número de ingresos prematuros, inducciones, sufrimiento fetal, cesáreas, pero sobre todo fetos con encefalopatía hipóxica y mortalidad perinatal.^{2,8,17,34-36}

2.7.2.2 Arteria Cerebral Media

La exploración de la arteria cerebral media permite evaluar la circulación cerebral fetal. En fetos con RCIU o con cualquier otra patología que provoque hipoxia fetal, se activan mecanismos compensadores que tienen como fin, preservar el aporte de oxígeno y nutrientes hacia órganos vitales como el cerebro, miocardio, bazo y glándulas suprarrenales. De esta forma, se logra evitar la aparición de cambios más severos que podrían incluso conducir a la muerte. Uno de los mecanismos compensadores, es la redistribución de flujo sanguíneo hacia el cerebro, la cual se logra mediante la vasodilatación de la arteria cerebral media y, de ser necesario, por el aumento progresivo de su velocidad de flujo. Debido a que estos cambios serán reflejados a través de la exploración de la arteria cerebral media y que, además, suelen preceder en 2-3 semanas la aparición de las desaceleraciones tardías, se hace posible

identificar a un grupo de pacientes que se encuentra en alto riesgo de padecer asfixia fetal.^{2,8,17,34-36}

Otra utilidad que presenta la exploración de la arteria cerebral media es en el diagnóstico y seguimiento de la anemia fetal. Esto debido a que la velocidad sistólica máxima de esta arteria se encuentra directamente relacionada con el grado de anemia que presenta el feto, y que además, esta se ve alterada al realizar las medidas terapéuticas correspondientes, como la transfusión intrauterina. Por tanto, este sector vascular se ha convertido en el método de referencia para el diagnóstico y seguimiento de la anemia fetal, poniendo en detrimento el uso de otros métodos diagnósticos, tales como la espectrofotometría de líquido amniótico o la cordocentesis. Esto debido a que al presentar mayores dificultades técnicas y estar mayormente asociados a complicaciones, se han dejado de utilizar o se reservan para casos especiales.^{2,8,17,34-36}

En conclusión, la exploración de la arteria cerebral media permite detectar anomalías que indiquen una redistribución de flujo sanguíneo hacia el cerebro por un estado de hipoxia, con el fin de reducir morbilidad fetal, además de ser utilizado como método principal para la detección y seguimiento de la anemia fetal.^{2,8,17,34-36}

2.7.2.3 Ductus Venoso y Vena Umbilical

La evaluación del sistema venoso fetal, principalmente del ductus venoso y la vena umbilical, permite conocer el estado hemodinámico o funcional del corazón fetal. El ductus venoso se caracteriza por presentar una onda de tipo trifásica, la cual está compuesta por una onda sistólica, correspondiente al momento de la velocidad máxima en la sístole ventricular; una onda diastólica, correspondiente a la diástole precoz o llenado pasivo ventricular; y una onda "a" de carácter anterógrado o positiva, la cual corresponde a la diástole tardía o de contracción auricular. En este tipo de vaso la onda "a" es la que se modifica conforme avanza el deterioro fetal, por lo que, la disminución, bloqueo o inversión de la onda "a" indicaría un estado de hipoxia-acidosis fetal severa, una falla cardíaca por isquemia del miocardio o una cardiopatía de tipo estructural o funcional. Además, el ductus venoso también puede ser utilizado como herramienta de cribado durante el primer trimestre para cromosomopatías y cardiopatías sobre todo si se combina con la translucencia nucal y el hueso nasal.^{2,8,17,34-36}

En el caso de la vena umbilical, este es un vaso que se caracteriza por presentar un flujo de tipo continuo. Sin embargo, en estados de hipoxia fetal, existe un cambio de un flujo de tipo

continuo hacia un flujo de tipo pulsátil, evidenciado por la velocidad de onda de flujo. Este cambio se debe a la transmisión de presiones por un aumento de la presión intrahepática, vasoconstricción del sistema porta y por la disminución de flujo, secundario a la disminución del árbol vascular placentario. De cualquier forma, esta alteración representa un signo ominoso de una insuficiencia cardíaca congestiva.^{2,8,17,34-36}

En conclusión, la evaluación del sistema venoso fetal, específicamente del ductus venoso y de la vena umbilical permite encontrar alteraciones compatibles con daño cardíaco, acidosis fetal, pero sobre todo fetos que presenten compromiso del bienestar fetal. Todo ello con el objetivo de realizar una intervención inmediata que garantice la sobrevivencia fetal. Adicionalmente, el ductus venoso ha demostrado ser una herramienta de cribado muy útil para la detección de cardiopatías y cromosomopatías siempre que se aplique durante el primer trimestre del embarazo y en combinación con los otros parámetros antes descritos.^{2,8,17,34-36}

2.8 Indicaciones Clínicas de la Flujiometría doppler en Obstetricia

La flujiometría doppler no debe de ser considerada como un estudio de rutina en el embarazo, por lo que, se deben de tomar en cuenta las siguientes situaciones para realizar el estudio:

- Hipertensión arterial crónica.
- Diabetes mellitus (evolución mayor a 10 años).
- Lupus eritematoso sistémico.
- Síndrome de anticuerpos anti-fosfolípidos.
- Antecedentes de hipertensión gestacional en un embarazo previo.
- Antecedente de hijo con RCIU u óbito fetal.
- Feto con alteración del crecimiento.
- Isoinmunización Rh.
- Oligoamnios sin causa identificable.
- Cualquier otra enfermedad que altere el crecimiento fetal o bien altere el desarrollo de la vasculatura.³⁴

2.9 Utilidad Clínica de la Flujiometría doppler en Obstetricia

La flujometría doppler presenta una variedad de aplicaciones en la obstetricia que permiten asegurar el bienestar fetal, entre las que se encuentran:

- Vigilancia de los cambios fisiológicos en las arterias uterinas: durante el embarazo, las arterias uterinas sufren modificaciones por parte del trofoblasto, con el objetivo de adaptarlas a las necesidades del embarazo. Estas modificaciones, las cuales incluyen el reemplazo del musculo liso de sus paredes vasculares, aumento del diámetro y supresión hacia estímulos vasoactivos, se evidencian mediante la flujometría doppler de la arteria uterina por la disminución de sus índices de resistencia y, por tanto, son susceptibles a la vigilancia mediante flujometría doppler.^{35,36}
- Predicción, evaluación y seguimiento del RCIU: la exploración de la circulación uteroplacentaria mediante la flujometría doppler se ha convertido en una herramienta de gran importancia para la predicción evaluación y seguimiento de esta enfermedad. Esto debido a que las alteraciones encontradas en los diferentes vasos maternos y fetales se encuentran estrechamente relacionados con una secuencia evolutiva de la enfermedad, permitiendo anticipar, identificar y clasificar a los fetos con RCIU.^{2,35,36}
- Cribado de trastornos hipertensivos del embarazo: la exploración de las arterias uterinas durante la primera mitad del embarazo representa un estudio de gran utilidad en la predicción de la preeclampsia. La presencia de una elevada resistencia en las arterias uterinas se encuentra relacionada con una invasión trofoblástica deficiente o incompleta. La deficiencia en la invasión por parte del trofoblasto no permite la conversión de las arterias uterinas en vasos gruesos capaces de manejar los crecientes volúmenes de flujo necesarios para satisfacer las demandas del embarazo. Además, provoca un daño placentario importante, así como un desbalance entre la liberación de sustancias vasoconstrictoras y vasodilatadoras que estarían involucrados en la fisiopatología de la preeclampsia.^{2,35,37}
- Evaluación de cambios hemodinámicos ante hipoxia fetal: a través de la exploración doppler de los vasos fetales, es posible detectar alteraciones compatibles con estados de hipoxia/acidosis en el feto y de esta forma adoptar medidas que aseguren el bienestar fetal. Esto debido a que la hipoxia fetal genera una serie de cambios hemodinámicos, los cuales se evidencian a través de alteraciones en la onda de flujo de la vena umbilical, ductus venoso, istmo aórtico entre otros.^{2,17,35,36}

- Evaluación del grado de anemia fetal en la Isoinmunización Rh (ISORH): se ha demostrado que la velocidad sistólica máxima de la arteria cerebral media se encuentra directamente relacionada con el grado de anemia que presenta el feto y que además, esta velocidad se altera al adoptar medidas terapéuticas para el manejo de la anemia fetal. Todo esto, sumado al hecho de que es un estudio no invasivo y relativamente fácil de realizar, lo ha convertido en el método diagnóstico de elección para la detección y seguimiento de la anemia fetal.^{2,17,35,36}
- Cribado de cromosopatías (primer trimestre): mediante la exploración del ductus venoso, es posible evaluar el funcionamiento del corazón fetal, ya que este vaso suele ser un indicador del funcionamiento del ventrículo izquierdo. Por tanto, cualquier alteración encontrada en este vaso, permite inferir acerca de la presencia de una anomalía estructural o funcional del corazón fetal, como consecuencia de una cardiopatía. Además, puede ser utilizado como herramienta de cribado para cromosopatías durante el primer trimestre, debido a que la mayoría de estas enfermedades, suelen estar ligadas a defectos congénitos del corazón.^{2,35,36}
- Evaluación de la madurez del lecho vascular pulmonar fetal: mediante la construcción del índice relativo de resistencia del ductus arterioso y arteria pulmonar, es posible determinar el grado de resistencia del lecho vascular pulmonar y su posibilidad de éxito hacia la transición respiratoria neonatal.²
- Evaluación de la actividad respiratoria del feto: las ondas de flujo atrio ventriculares de las válvulas mitral y tricúspide, se presentan normalmente como ondas bifásicas, sin embargo, durante los movimientos respiratorios del feto cambian su morfología hacia ondas monofásicas, permitiendo valorar la actividad respiratoria fetal.²
- Evaluación de la función cardíaca fetal y detección o tipificación de cardiopatías: el funcionamiento del corazón fetal puede ser evaluado mediante la exploración de distintos vasos, como del ductus venoso, el cual aporta información acerca del funcionamiento del ventrículo izquierdo y la presencia de problemas estructurales o funcionales del corazón fetal. A través de la vena umbilical, se puede detectar una insuficiencia cardíaca como consecuencia de un estado de hipoxia en el feto. Por último, a través de la exploración de las ondas atrio ventriculares, se puede detectar una disfunción miocárdica fetal, mientras que, a través de las ondas de flujo de las venas pulmonares, al igual que con el ductus venoso, se puede recabar información sobre el funcionamiento del ventrículo izquierdo. Además, si estas últimas se combinan con las

ondas de flujo de la arteria pulmonar, pueden ser de utilidad para la tipificación de algunas arritmias cardiacas fetales.²

Capítulo 3: UTILIDAD DE LA FLUJOMETRÍA DOPPLER DE LAS ARTERIAS UTERINAS COMO PREDICTORA DE RCIU

Sumario

- Anatomía de la circulación uterina
- Flujo sanguíneo uterino en el embarazo
- Flujiometría doppler de las arterias uterinas en el RCIU

3.1. Anatomía de la circulación uterina

El útero se encuentra irrigado por las arterias uterinas, ramas de la arteria iliaca interna, las cuales discurren de forma ascendente y lateral al útero a través del ligamento ancho, en donde se anastomosan con las arterias ováricas. En este punto dan origen a las arterias arcuatas o arqueadas, arterias que discurren medialmente penetrando el miometrio y en donde, casi de forma inmediata, se dividen en ramas anteriores y posteriores. Estas ramas recorren de forma circunferencial el miometrio, entre su tercio medio y tercio externo para unirse libremente con las ramas arqueadas del lado opuesto, hacia la línea media. Durante este trayecto, las arterias arqueadas dan origen a las arterias radiales, las cuales se dirigirán hacia el lumen uterino.^{38,39}

En la unión miometrio-endometrio, las arterias radiales originan a las ramas laterales rectas, las cuales están encargadas de irrigar al miometrio y la porción basal del endometrio. Por otro lado, la continuación de las arterias radiales dentro del endometrio basal y funcional, arterias conocidas como espiraladas, se dirigen hacia el lumen uterino, donde se angostan y se dividen en pequeñas ramas que discurren de forma recta, antes de terminar en el plexo capilar por debajo del epitelio endometrial; por lo que, estas arterias se encargan de irrigar al endometrio y a las glándulas uterinas.^{38,39}

3.2 Flujo sanguíneo uterino en el embarazo

Al inicio del embarazo las necesidades metabólicas y nutricionales del feto son mucho menores que al final de la gestación, lo cual permite brindar el tiempo necesario al organismo materno para realizar las adaptaciones anatómicas y fisiológicas que aseguren un flujo de

sangre constante y acorde a las demandas del crecimiento fetal hacia al útero. Dentro de estas adaptaciones se encuentran el aumento del gasto cardiaco y la disminución de la resistencia vascular periférica.^{38,39} El aumento del gasto cardiaco, el cual es hasta un 50% mayor en comparación con la mujer no gestante, se logra mediante el aumento de la frecuencia cardiaca y mediante el aumento del volumen del latido, es decir, mediante el aumento de la cantidad de sangre expulsada por cada latido cardiaco⁴⁰ Por otro lado, la disminución de la resistencia vascular periférica se logra a través de la remodelación de los componentes de la pared vascular y por el aumento del diámetro de todos los vasos que componen la circulación uteroplacentaria.^{10,14,18,23,36,38,39,41-44}

Tanto la remodelación de los componentes de la pared vascular como el aumento de diámetro de la circulación uteroplacentaria dependen de un proceso, conocido como invasión trofoblástica. Se conoce que esta invasión trofoblástica se produce mediante dos etapas bien diferenciadas, conocidas como oleadas trofoblásticas. En la primera oleada, de la semana 8 a la 12 de gestación, el trofoblasto invade las porciones deciduales de las arterias radiales y espiraladas. Mientras que, en la segunda oleada, de la semana 14 a la 18 de gestación, la invasión continúa hasta alcanzar las porciones miometriales de las mismas arterias. Ambas oleadas reemplazan el musculo liso de las paredes vasculares por tejido fibrinoide, logrando aumentar el diámetro vascular, además de eliminar la reactividad frente a los estímulos vasoactivos, logrando reducir el riesgo de vasoconstricción espontánea y perfusión intermitente.^{10,14,18,23,36,38,39,41-44}

Por otro lado, se ha determinado que, en aquellas mujeres embarazadas en las que no se produce la invasión trofoblástica o en donde el trofoblasto invade únicamente las porciones deciduales de las arterias, aumenta el riesgo de padecer de un RCIU. Esto debido a que al conservar la reactividad frente a estímulos vasoactivos y al mantenerse un diámetro vascular disminuido, aumenta el riesgo de presentar un flujo de sangre deficiente, turbulento y de alta velocidad hacia el espacio intervelloso. Esta situación trae como consecuencia una cascada de eventos que incluyen la reducción del reservorio sanguíneo placentario o la disminución del intercambio materno-fetal, los cuales culminaran con el desarrollo de RCIU. De esta forma se establece que la invasión trofoblástica no solo representa la base fisiológica para la aplicación de la flujometría doppler de las arterias uterinas, sino que también sería una de las adaptaciones maternas al embarazo más importantes.^{3,9,10,14,17,18, 23,35,36,38,41-44}

3.3. Flujiometría doppler de las arterias uterinas en el RCIU

3.3.1 Protocolo para la realización de la flujiometría doppler de las arterias uterinas.

La flujiometría doppler de las arterias uterinas deberá de realizarse siguiendo un protocolo estandarizado, evitando de esta forma la probabilidad de que una mala técnica genere datos erróneos, o que estos presenten una variación significativa entre los diferentes estudios realizados. A continuación, se presentan los aspectos a considerar al realizar el estudio:

- La flujiometría doppler de las arterias uterinas puede realizarse por vía vaginal o por vía abdominal. La facilidad para evaluar la arteria uterina, por la vía vaginal durante el primer trimestre, permite obtener una onda de velocidad de flujo de gran calidad con un ángulo de insonación óptimo. A partir de la semana 12 de gestación el útero asciende hacia la cavidad abdominal, por lo cual, podrá ser utilizada cualquier de las dos vías. A partir de la semana 20 la vía abdominal será la vía de elección.^{45,46}
- Aspectos técnicos.
 - La arteria uterina deberá de identificarse mediante el uso del doppler color utilizando escalas de velocidad altas (entre 30/50 cm/s).^{45,46}
 - El ángulo de insonación para realizar la medición deberá de ser menor a los 45° grados.
 - La medición deberá de realizarse con base en tres o más ondas de velocidad de flujo de similares características, con una ampliación adecuada y ocupando al menos un 75% de la pantalla.^{45,46}
 - El tamaño de muestra deberá ser similar al diámetro de la arteria y deberá de colocarse en el centro del vaso.^{45,46}
- Para considerar un flujo uterino como anormal se deberá de tomar en cuenta los siguientes parámetros: 1) índice de resistencia (IR) o de pulsatilidad (IP) por encima del p95; 2) IR o IP por encima del percentil asignado por el investigador; 3) presencia de la incisura protodiastólica. A pesar de estos parámetros se recomienda utilizar únicamente el IP, debido a que la valoración de la incisura protodiastólica no ha demostrado mejorar el rendimiento clínico de los índices cuantitativos.^{8,45,47}

Siguiendo estas recomendaciones, la arteria uterina se presenta como un vaso de alto flujo y de baja resistencia, en donde la onda D será la encargada de orientar el diagnóstico de las alteraciones de este vaso. Las alteraciones encontradas se pueden clasificar en tres diferentes procesos, todos ellos relacionados con el aumento de la resistencia:

- Aumento de la resistencia, evidenciado por la disminución de la onda D.
- Bloqueo, evidenciado por la desaparición de la onda D.
- Presencia de la incisura protodiastólica, lo cual se considerará como un hallazgo normal hasta la semana 22-24 de gestación.³⁴

3.3.2 Utilidad de la flujometría doppler de las arterias uterinas como predictora de RCIU

La posibilidad de estudiar la circulación uterina mediante el uso de la flujometría doppler, fue descrito por primera vez en el año de 1983, posicionándola desde entonces como una herramienta útil para la detección de pacientes con riesgo de padecer RCIU. La base para realizar este estudio se encuentra en la disminución progresiva de la resistencia vascular que experimenta la arteria uterina durante el embarazo, lo cual es evidenciable mediante la flujometría doppler a través de los cambios en la forma de la onda de velocidad de flujo y por los valores de los índices de resistencia. Durante el primer trimestre del embarazo, la onda de velocidad de flujo de la arteria uterina se presenta con una incisura protodiastólica y valores elevados en los índices de resistencia, similar a los hallazgos encontrados en pacientes fértiles no embarazadas. A partir del segundo trimestre, la onda de velocidad de flujo de la arteria uterina presenta una desaparición progresiva de la incisura protodiastólica, aumento de flujo del fin de la diástole y disminución en los índices de resistencia. Conociendo estos aspectos, es posible realizar la flujometría doppler de las arterias uterinas en diferentes momentos de la gestación, todos ellos con ventajas y desventajas particulares y con diferentes resultados entre sí.^{3,9,14,17,23,35,36,38,42,48,49}

3.2.2.1 Flujometría doppler de las arterias uterinas como predictor de RCIU durante el primer trimestre del embarazo

La aplicación de la flujometría doppler de la arteria uterina durante el primer trimestre del embarazo surge de la necesidad de anticipar el desarrollo de RCIU con el suficiente tiempo para adoptar medidas terapéuticas que mitiguen las complicaciones asociadas a la enfermedad.

A diferencia de lo que sucede en otros momentos de la gestación, esta aplicación precoz no se encuentra relacionada con la invasión trofoblástica, al menos no de forma exclusiva, debido a que para este punto del embarazo este proceso aún no habría finalizado; más bien, podría estar relacionado con la presencia de shunts arterio-arteriales y arterio-venosos del plexo sub-endometrial que participarían en la temprana disminución de la resistencia vascular de la circulación uteroplacentaria. De esta forma se conoce que alrededor del 50% de mujeres embarazadas ya presenta, entre las 11-14 semanas de gestación, patrones de resistencia baja en la onda de velocidad de flujo, razón por lo cual, la viabilidad para realizar el examen en esta etapa de la gestación estaría justificada.^{2,14,15,35,48,50,51}

En un metaanálisis publicado en el año 2008 por la Facultad de Medicina de la Universidad de Zúrich (Suiza), Cnossen et al⁵² incluyeron 61 estudios de RCIU (muestra de 41,131 pacientes), con el objetivo de determinar la capacidad de la flujometría doppler de las arterias uterinas para la predicción de RCIU durante el primer trimestre del embarazo. Cuando se utilizó el índice de pulsatilidad (IP) con un punto de corte mayor al p95, la flujometría doppler de las arterias uterinas presentó una sensibilidad del 12%, con una especificidad del 9% para detectar RCIU de cualquier severidad. Una sensibilidad del 24%, con una especificidad del 95% para detectar RCIU severo en una población de bajo riesgo o no especificado. En el caso de utilizar el índice de resistencia (IR) y un punto de corte mayor al p95 (0.70) para detectar RCIU de cualquier severidad en la misma población, la flujometría doppler de las arterias uterinas presentó una sensibilidad del 67%, con una especificidad del 75%. En una población de alto riesgo y utilizando el IP con un punto de corte mayor al p95, la flujometría doppler de las arterias uterinas presentó una sensibilidad del 34% y una especificidad del 76%. Por lo tanto, los autores del estudio concluyeron que la aplicación de la flujometría doppler de las arterias uterinas durante el primer trimestre presenta una baja fidelidad para predecir el RCIU, sobre todo al compararla con su aplicación durante el segundo trimestre.⁵²

De igual manera en el año 2008, Barreno Sánchez⁵³, como parte de su trabajo de investigación para la obtención de su especialidad en Ginecología y Obstetricia por la Universidad de Guayaquil (Ecuador), evaluó a 82 gestantes con factores de alto riesgo obstétrico, quienes se encontraban entre la 12-14 semanas de gestación en el Hospital Dr. Teodoro Maldonado Carbo en la ciudad de Guayaquil. Su objetivo fue determinar el valor del doppler de las arterias uterinas durante el primer trimestre para la predicción del RCIU en gestantes con factores de alto riesgo obstétrico. Utilizando el IP con un punto de corte mayor o igual al p95, la flujometría doppler de las arterias uterinas presentó una sensibilidad del 87.32%,

una especificidad del 99.16%, un VPP del 100% y un VPN del 55%. De tal manera, se concluyó que la flujometría doppler de las arterias uterinas logro predecir con éxito el desarrollo de RCIU, incluso al aplicarlo en edades gestacionales tan tempranas como las utilizadas en este estudio.⁵³

En un metaanálisis publicado en el año 2014 por la Facultad de Medicina y Odontología de la *Queen Mary University of London* (Inglaterra), Velauthar et al⁵⁴ incluyeron 18 estudios de RCIU (muestra de 55, 974 mujeres), con el objetivo de determinar la capacidad de la flujometría doppler de la arteria uterina para la predicción de RCIU durante el primer trimestre en una población de bajo riesgo. Utilizando el IP o IR con un punto de corte igual o mayor al p90, la flujometría doppler de las arterias uterinas presentó una sensibilidad del 39.2%, con una especificidad del 93.1% para detectar RCIU temprano y una sensibilidad del 15.4%, con una especificidad del 93.3% para detectar RCIU en general. A diferencia del metaanálisis descrito en párrafos anteriores, los autores de este estudio concluyeron que la aplicación de la flujometría doppler de las arterias uterinas durante el primer trimestre si es una herramienta útil para la predicción de RCIU. Sin embargo, también describen que a pesar de que el estudio presenta una alta especificidad, su sensibilidad es limitada.⁵⁴

En un estudio prospectivo observacional, publicado en el año 2016 por la Facultad de Medicina de la Universidad de Tanta (Egipto), Eldeen y Elkhool et al²³ evaluaron un total de 260 mujeres de bajo riesgo, primigrávidas y con embarazo único, que se encontraban entre las semanas 12-14 de gestación en la clínica de obstetricia del hospital de dicha universidad. Su objetivo fue determinar el valor de la flujometría doppler de las arterias uterinas como única herramienta de detección y en combinación con el factor de crecimiento placentario (PIGF) y la proteína plasmática A asociada al embarazo (PAPP-A) para la predicción de RCIU. Utilizando el IP con un punto de corte mayor a 2.65, la flujometría doppler de las arterias uterinas presentó una sensibilidad del 47.36%, una especificidad del 85.42%, un valor predictivo positivo (VPP) del 20% y un valor predictivo negativo (VPN) del 59.47%. Mientras que, los resultados combinados de la flujometría doppler con PIGF, utilizando un punto de corte menor a 12 pg/ml presentaron una sensibilidad del 94.73%, una especificidad del 89.06%, un VPP del 40% y un VPN del 99.54%. La combinación de la flujometría doppler de las arterias uterinas con PAPP-A no demostró mejorar la sensibilidad ni la especificidad para la predicción de RCIU. Por tanto, los autores del estudio concluyeron que el marcador ideal para la predicción de RCIU en pacientes de bajo riesgo podría ser la combinación de PIGF con el índice de pulsatilidad de las arterias uterinas.²³

En el año 2016, la Universidad de Ciencias Médicas de *Uttar Pradesh* (India) publicó un estudio prospectivo de cohorte en el cual Mittal et al⁵⁵ evaluaron a 100 mujeres entre los 19-33 años, de bajo riesgo y con embarazo único, que se encontraban entre las 10-14 semanas de gestación en el hospital de dicha universidad. Su objetivo fue determinar el valor de los índices de la flujometría doppler de las arterias uterinas para predecir, lo más temprano posible, el RCIU, de forma que se pudiera proveer de una ventana terapéutica suficiente, como para realizar una intervención adecuada. Utilizando el IR y un punto de corte de 0.68, la flujometría doppler de las arterias uterinas presentó una sensibilidad del 75% y una especificidad del 78%. Cuando se utilizó un punto de corte mayor al p95 (0.82), se presentó una sensibilidad del 25% y una especificidad del 100%. Por lo tanto, los autores del estudio concluyeron que la flujometría doppler de las arterias uterinas representa un buen predictor para el desarrollo de RCIU. Sin embargo, también recomiendan realizar un segundo examen, durante el segundo trimestre, para aumentar la sensibilidad y disminuir la tasa de falsos positivos.⁵⁵

En un estudio prospectivo observacional, publicado en el año 2019 por la *Jawaharlal Nehru Medical College* de la *KLE University* (India), Handa et al⁵¹ evaluaron a un total de 117 mujeres normotensas y con embarazo único, que se encontraban entre las 11-13 semanas de gestación en un centro de atención terciaria de dicha universidad. Su objetivo fue determinar la utilidad de la flujometría doppler de las arterias uterinas como predictor de RCIU. Utilizando el IP y un punto de corte mayor o igual al p95, la flujometría doppler de las arterias uterinas presentó una sensibilidad del 18.75%, una especificidad del 91.09%, un VPP del 25% y un VPN del 87.62%. Por lo tanto, los autores del estudio concluyeron que debido a la baja sensibilidad que presenta la flujometría doppler de las arterias uterinas, la utilidad de este estudio como predictor de RCIU es limitada.⁵¹

3.2.2.2 Flujometría doppler de las arterias uterinas como predictor de RCIU durante el segundo trimestre del embarazo

La aplicación de la flujometría doppler de la arteria uterina durante el segundo trimestre del embarazo está basada en el hecho de que para este punto de la gestación, todos los cambios anatómicos y fisiológicos encargados de la adaptación materna al embarazo están bastante avanzados o incluso ya han finalizado, permitiendo detectar anomalías en la onda de velocidad de flujo e índices de resistencia que anticipen de forma más confiable el desarrollo de RCIU. Aunque existen diferentes momentos en los cuales se puede realizar este estudio, es entre la semana 20 a la 24 de gestación que se recomienda su realización, ya que realizarlo

antes de este periodo implicaría una cantidad alta de falsos positivos. Mientras que realizarlo después no tendría sentido, ya que sería muy tarde para adoptar alguna intervención que reduzca de forma exitosa las complicaciones asociadas a la enfermedad.^{8,41,50,56}

En un estudio multicéntrico publicado en el año 2001 por el Harris *Birthright Research Centre* de la *King's College Hospital Medical School* (Inglaterra). Papageorghiou et al⁵⁷ evaluaron a 8,335 mujeres con embarazos únicos, que se encontraban entre las 22-24 semanas de gestación, con el objetivo de determinar el valor del doppler color transvaginal de las arterias uterinas en la predicción de RCIU. Utilizando el IP con un punto de corte mayor al p95 (1.63), la flujometría doppler de las arterias uterinas presentó una sensibilidad del 13.2%, una especificidad del 95.7%, un VPP del 22.9% y un VPN del 91.8% para una población sin riesgo especificado. Los autores del estudio concluyeron que la aplicación de la flujometría doppler de las arterias uterinas a las 23 semanas de gestación permite identificar a la mayoría de las mujeres que posteriormente desarrollaran RCIU, sobre todo para aquellas que desarrollen la forma severa de la enfermedad.⁵⁷

En un estudio prospectivo, publicado en el año 2004 por el departamento de ginecología y obstetricia de la universidad de *Schleswig-Holstein* (Alemania), Schwarze et al⁵⁸ evaluaron a 346 mujeres con embarazo único, de bajo riesgo que se encontraban entre las 19-26 semanas de gestación en el hospital de dicha universidad. Su objetivo fue determinar la utilidad del análisis de la onda de flujo del doppler color de las arterias uterinas en la predicción de RCIU. Utilizando el IR con un punto de corte mayor a 0.58, la flujometría doppler de las arterias uterinas presento una sensibilidad del 11%, una especificidad del 85%, un VPP del 8% y un VPN del 89%. Cuando se utilizó un IR con un punto de corte mayor a 0.7, la sensibilidad fue del 34%, con una especificidad del 79%, un VPP del 17% y un VPN del 89%. Específicamente para embarazos entre las 19-22 semanas de gestación y utilizando el IR con un punto de corte mayor a 0.58, se presentó una sensibilidad del 15%, una especificidad del 83%, un VPP del 8% y un VPN del 90%; mientras que, utilizando un punto de corte mayor a 0.7, la sensibilidad fue del 28%, con una especificidad del 98%, un VPP del 11% y un VPN del 91%. Para embarazos entre las 23-26 semanas de gestación, utilizando un IR mayor a 0.58, la flujometría doppler de las arterias uterinas presentó una sensibilidad del 6%, una especificidad del 88%, un VPP del 7% y un VPN del 97%; mientras que, utilizando un IR con un punto de corte mayor a 0.7, se presentó una sensibilidad del 33%, una especificidad del 95%, un VPP del 28% y un VPN del 93%. Los autores del estudio concluyeron que la aplicación de la flujometría doppler de las arterias uterinas entre las 23-26 semanas de gestación aumenta el valor predictivo para el

desarrollo de RCIU. Sin embargo, también concluyeron que el valor predictivo de la flujometría doppler de las arterias uterinas para predecir el desarrollo de RCIU en una población de bajo riesgo es limitado.⁵⁸

En un metaanálisis publicado en el año 2008, por la Facultad de Medicina de la Universidad de Zúrich (Suiza), Cnossen et al⁵² identificaron 61 estudios de RCIU (muestra de 41,131 mujeres), con el objetivo de determinar la capacidad de la flujometría doppler de las arterias uterinas para la predicción de RCIU durante el segundo trimestre. Utilizando el IP con un punto de corte mayor al p95, la flujometría doppler de las arterias uterinas presentó una sensibilidad del 18% y una especificidad del 95% para pacientes con bajo riesgo o no especificado. Cuando se utilizó un punto de corte mayor al p95 (0.70) para la misma población, se presentó una sensibilidad del 16% y una especificidad del 91%. En una población de alto riesgo y utilizando el IP con un punto de corte mayor al p95, la flujometría doppler de las arterias uterinas presentó una sensibilidad del 58% y una especificidad del 75%. En el caso de utilizar el IR con un punto de corte mayor al p95 para la misma población, se presentó una sensibilidad del 38% y una especificidad del 85%. Por lo tanto, los autores del estudio concluyeron que la aplicación de la flujometría doppler de las arterias uterinas es más útil para predecir preeclampsia que el RCIU.⁵²

En un estudio publicado en el año 2011 por Ramírez⁵⁹, como parte de su trabajo de investigación para la obtención de su especialidad en Ginecología y Obstetricia por la Universidad Nacional de San Marcos (Perú), evaluó a 103 pacientes quienes se encontraban entre las 20-26 semanas de gestación en el Instituto Nacional Materno Perinatal. Su objetivo fue determinar la utilidad de la velocimetría doppler de las arterias uterinas por medio de la determinación de la presencia de la incisura protodiastólica y la media de los índices de resistencia y pulsatilidad por encima del p95 para la predicción de RCIU durante el período comprendido entre el 01 de abril y el 31 de diciembre de 2011. Utilizando el IP con un punto de corte mayor al p95, la flujometría doppler de las arterias uterinas presentó una sensibilidad del 60%, una especificidad del 82.7%, un VPP del 15% y un VPN del 93.8% en una población en general. Por lo tanto, se concluyó sobre la posibilidad de adoptar la flujometría doppler de las arterias uterinas entre las 20-26 semanas de gestación, como una prueba de predicción, medida preventiva y de seguimiento de RCIU en una población de alto riesgo.⁵⁹

En un estudio publicado en el año 2012, por Hernández Gonzales y Urruela Vizcaino⁶⁰, como parte de su trabajo de investigación para la obtención de su maestría en Ginecología y

Obstetricia por la Universidad de San Carlos de Guatemala (Guatemala), se evaluaron a 28 mujeres entre los 18-38 años sin riesgo alguno para desarrollar RCIU, y que se encontraban entre las 18-24 semanas de gestación en la consulta externa de ginecología del Hospital General San Juan de Dios. Su objetivo fue determinar la utilidad de la flujometría doppler de las arterias uterinas como predictor de RCIU. Utilizando el IR con un punto de corte de 0.55, la flujometría doppler de las arterias uterinas mostró una sensibilidad del 54.55% y una especificidad del 64.7%. De tal cuenta, los autores del estudio concluyeron que los resultados no demostraban que la aplicación de la flujometría doppler de la arteria uterina durante las 18-24 semanas de gestación represente un buen predictor para el RCIU.⁶⁰

En un estudio longitudinal publicado en el año 2014 por la Universidad de Ciencias Médicas de *Shahid Beheshti* (Irán), Afrakhteh et al²² evaluaron a 205 mujeres con embarazo único, que se encontraban en el segundo trimestre del embarazo, específicamente entre las 15-20 semanas de gestación en el departamento de ginecología del hospital de Tajrish. Su objetivo fue investigar el valor de la flujometría doppler de las arterias uterinas para la predicción de RCIU en pacientes de bajo riesgo. Cuando se utilizó un punto de corte por encima del p95, la flujometría doppler de las arterias uterinas mostró una sensibilidad del 48.8%, una especificidad del 90.7%, un VPP del 58% y un VPN del 86.9%. En el caso de utilizar el IR con un punto de corte por encima del p95, la sensibilidad alcanzada fue del 77.2%, una especificidad del 89.6%, un VPP del 47.2% y un VPN del 97%.²²

En el año 2015, Liquidano Cerrate y Rosales Quiroa⁶¹, publicaron un estudio como parte de su trabajo de investigación para la obtención de su maestría en Ginecología y Obstetricia por la Universidad de San Carlos de Guatemala (Guatemala); en la cual se evaluaron a 79 pacientes menores de 38 años, sin antecedentes de enfermedad crónica, embarazo único y que se encontraban entre las 18-24 semanas de embarazo en las clínicas 5, 6 y 8 de la consulta externa del departamento de ginecología y obstetricia del Hospital General San Juan de Dios. Su objetivo fue determinar la utilidad de la flujometría doppler de las arterias uterinas como predictor de RCIU. Utilizando el IR con un punto de corte mayor a 0.55, la flujometría doppler de las arterias uterinas mostró una sensibilidad del 83.33%, una especificidad del 85.94% y un VPN del 98.21%. De tal cuenta, los autores del estudio concluyeron que la aplicación de la flujometría doppler de la arteria uterina puede utilizarse como prueba de tamizaje para el desarrollo de RCIU. Debido a que, por su alta especificidad y alto VPN, la mayoría de las pacientes que presenten un doppler normal en este momento del embarazo no desarrollaran finalmente RCIU.⁶¹

En el año 2016, la *Maulana Azad Medical College* (India) publicó un estudio prospectivo en el cual Verma et al⁵⁶ evaluaron a 165 mujeres con embarazo único, quienes se encontraban entre las 22-24 semanas de gestación en la consulta externa de cuidados prenatales del *Maulana Azad Medical College*. Su objetivo fue determinar el valor predictivo de la flujometría doppler de las arterias uterinas para predecir RCIU en una población de bajo riesgo. Utilizando la presencia de la incisura protodiastólica en ambas arterias o un IP con un punto de corte igual o mayor al p95 (1.45), la flujometría doppler de las arterias uterinas presentó una sensibilidad del 45%, una especificidad del 84.1%, un VPP del 36.8% y un VPN del 94%. De tal cuenta, los autores del estudio concluyeron que a pesar de que la flujometría doppler de las arterias uterinas presenta una posible utilidad como predictor de RCIU, el beneficio-costo es limitado.⁵⁶

En un estudio prospectivo publicado en el año 2017 por el departamento de ginecología y obstetricia de la *Good Samaritan Hospital and Medical Center* y por los departamentos de ginecología y obstetricia, radiología y de investigación de la universidad de Saveetha (India), Sharma et al⁶² evaluaron a 697 mujeres con embarazo único, quienes se encontraban entre las 20-23 semanas de gestación en los departamentos de radiología y de ginecología y obstetricia del *Saveetha Medical College and Hospital*. Su objetivo fue estudiar los factores de riesgo materno y la onda de flujo de las arterias uterinas en relación con el RCIU, así como predecir su incidencia. Utilizando el IP con un punto de corte por encima del p95 (1.55), la flujometría doppler de las arterias uterinas mostró una sensibilidad del 59.38%, una especificidad del 94.14%, un VPP del 32.76% y un VPN del 97.97% para RCIU en general. En el caso del RCIU temprano, la sensibilidad fue del 87.71%, una especificidad del 92.46%, un VPP del 10.34% y un VPN del 99.84%; mientras que, para RCIU tardío, la sensibilidad fue del 52%, con una especificidad del 93.30%, un VPP del 22.41% y un VPN del 98.12% en una población de alto riesgo. De tal cuenta, los autores del estudio concluyeron que un IP de las arterias uterinas elevado se encuentra asociado con el desarrollo posterior de RCIU. Además, también describen que la sensibilidad y el VPN del estudio presentaron mejores resultados con el RCIU de aparición temprana.⁶²

Por último, en el año 2020, el departamento de radiología y de obstetricia y ginecología de la Universidad Estatal de Ekiti (Nigeria), publicaron un estudio prospectivo longitudinal en el cual Adefisan et al¹⁶ evaluaron a 120 mujeres nulíparas, con embarazo único y de bajo riesgo, que se encontraban entre las 22-26 semanas de gestación en el hospital de dicha universidad. Su objetivo fue evaluar la utilidad de la flujometría doppler de las arterias uterinas durante el segundo trimestre como predictor de RCIU. Utilizando el IP con un punto de corte de 1.6, la

flujometría doppler de las arterias uterinas mostró una sensibilidad del 0%, una especificidad del 86.9%, un VPP del 0% y un VPN del 87.7%. Cuando se utilizó un IR con un punto de corte de 0.58, la sensibilidad fue del 23.1%, con una especificidad del 34.6%, un VPP del 4.1% y un VPN del 78.7%. Por tanto, los autores del estudio concluyeron que la aplicación de la flujometría doppler de la arteria uterina durante este momento del embarazo, a pacientes de bajo riesgo, presenta una utilidad limitada.¹⁶

Capítulo 4: ANÁLISIS

Uno de los principales desafíos en el manejo de RCIU es encontrar un método diagnóstico capaz de identificar o anticipar de forma temprana la enfermedad, y de esta forma prevenir el desarrollo, detener la evolución o disminuir los resultados adversos dados por esta enfermedad.^{14,15,23,48,63} El método diagnóstico debe ser simple; fácilmente medible y realizable; no invasivo; no debe de generar incomodidad o riesgo al paciente; ampliamente accesible; de bajo costo; reproducible; confiable; además de presentar una alta sensibilidad y especificidad.^{23,63}

Uno de los métodos diagnósticos que podría reunir estas características y que, por lo tanto, sería capaz de detectar o anticipar de forma temprana el RCIU, es la flujometría doppler de las arterias uterinas. Este método se basa en el estudio de los cambios adaptativos que sufren las arterias uterinas durante el embarazo, ya que la evidencia establece que en los embarazos en los cuales no se da esta adaptación, aumenta el riesgo de presentar una perfusión placentaria intermitente y, por ende, desarrollar RCIU. Para ello, se ha propuesto aplicar este estudio durante el primero o segundo trimestre; a la población en general, a una población con factores de riesgo o en asociación con otros parámetros diagnósticos.^{2,3,9,14,17,18,23,36,47,48}

La aplicación de la flujometría doppler de las arterias uterinas durante el primer trimestre ha podido demostrar una relación entre un patrón de alta resistencia y el desarrollo posterior de RCIU, sin embargo, la sensibilidad y VPP registrados en los diferentes estudios son limitados (Apéndice D). Por lo cual, se puede asegurar que la mayoría de las pacientes que presenten alteraciones doppler en el primer trimestre del embarazo, no desarrollarán finalmente la enfermedad.^{8,23,48,51-55} Una de las razones, podría deberse a que los mecanismos fisiológicos encargados de adaptar la circulación uteroplacentaria al embarazo, aún se encuentran en pleno desarrollo durante el primer trimestre del embarazo. Por ejemplo, se conoce que un 45% de las embarazadas presentan la incisura protodiastólica en el primer trimestre del embarazo. No obstante, esta desaparecerá finalmente conforme avance la gestación. Es decir que, para este punto del embarazo, aunque se registren resultados alterados, aún existe la posibilidad de que los mecanismos fisiológicos logren adaptar exitosamente la circulación uteroplacentaria a las demandas del embarazo.^{2,15,50}

Otro inconveniente son las diferencias entre la definición de RCIU, toma de muestra, parámetros diagnósticos y características de la población utilizados en los diferentes estudios. Por ejemplo, la sensibilidad reportada por Mittal et al⁵⁵, a las 10-14 semanas de gestación, utilizando un IR mayor a 0.68 es del 75%. La sensibilidad reportada por Handa et al⁵¹, a las 11-14 semanas, utilizando un IP mayor al p95 es del 18.75%; mientras que, la sensibilidad reportada por Eldeen Y Elkhool et al²³, a las 12-14 semanas de gestación, utilizando IP mayor a 2.65 es del 47.36%. A pesar de que es posible encontrar diferencias entre la sensibilidad reportada en cada uno de los estudios, no es normal registrar cambios tan marcados en la sensibilidad y sobre todo, desde un extremo al otro en un periodo corto de tiempo.^{9,23,47,51-55,63}

Además, teóricamente la sensibilidad debería de ir en aumento conforme avanza la gestación, ya que es más probable que las alteraciones encontradas en las etapas más avanzadas de la gestación correspondan de forma más confiable con el desarrollo posterior del RCIU. Por el contrario, los resultados registrados en los diversos estudios muestran una disminución en la sensibilidad conforme avanza la gestación, por lo cual, las diferencias entre los índices utilizados podrían estar provocando una variabilidad entre los resultados reportados, que no solo altera los hallazgos esperados, sino que también dificulta realizar comparaciones y llegar a conclusiones definitivas.^{2,9,14,15,23,36,51-55}

Adicionalmente, se ha propuesto que los índices de resistencia se ven afectados de forma individual por el peso, altura y origen étnico de cada paciente, por lo que, utilizar un valor de referencia específico para todas las poblaciones sería contraproducente, debido a que no reflejaría de forma exacta un aumento de la resistencia.^{14,15,52} Por lo cual, aunque se ha propuesto que la aplicación de la flujometría doppler de las arterias uterina durante el primer trimestre puede ser de utilidad en el manejo de RCIU, los resultados obtenidos no han demostrado que esta herramienta sea un método confiable y eficaz para anticipar la aparición de la enfermedad.^{8,14,15,23,47,48,51-55}

Con base en este contexto, se ha propuesto aplicar la flujometría doppler de las arterias uterinas en el primer trimestre, únicamente en una población que presente factores de riesgo para desarrollar RCIU o aplicarla en combinación con otros parámetros diagnósticos. Todo ello, con el objetivo de aumentar la eficacia con la que la flujometría doppler de las arterias uterinas predice el RCIU. Sin embargo, aunque los estudios realizados por Barreno Sánchez⁵³, y Eldeen Y Elkhool et al²³ presentan una mayor eficacia para anticipar el desarrollo de RCIU, hasta el momento, no existen otros estudios disponibles que repliquen estos resultados.^{3,9,14,23,48,53,63}

La aplicación de la flujometría doppler de las arterias uterinas durante el segundo trimestre ha demostrado una mayor utilidad para predecir el desarrollo de RCIU. Aunque la sensibilidad y el VPP continúan siendo limitados durante este periodo, la especificidad y VPN de la prueba permiten asegurar que la mayoría de las pacientes que presenten un doppler normal durante esta etapa del embarazo, no desarrollarán RCIU (Apéndice E).^{8,16,17,22,42,47,52,56-62} Para ello, se ha propuesto que el periodo entre las 20-24 semanas de gestación es el momento ideal para aplicar la prueba, ya que realizar el estudio antes de este periodo, equivaldría probablemente a obtener una cantidad alta de falsos positivos, debido a la posibilidad de que los mecanismos fisiológicos logren normalizar la resistencia de la circulación uteroplacentaria. Mientras que, realizar la prueba después de estas semanas, ya no tendría ninguna utilidad, debido a que sería demasiado tarde para adoptar medidas que reduzcan el riesgo de complicaciones asociadas a la enfermedad.^{8,41,56}

Diversos estudios han generado evidencia científica que apoya esta premisa. Por ejemplo, la mayor relación sensibilidad-especificidad se alcanzó en un estudio realizado por Liquidano Cerrate et al⁶¹, entre las 18-24 semanas de gestación. Mientras que, la mayor especificidad fue alcanzada en un estudio realizado por Schwarze et al⁵⁷, entre las 23-26 semanas. Ambos estudios se realizaron posterior al momento en el cual se ha reportado el cambio de una circulación uteroplacentaria de alta resistencia a una de baja resistencia.^{57,61} Es decir, que la aplicación de la flujometría doppler de la arteria uterina durante el segundo trimestre permitiría detectar a un grupo de pacientes que se encuentra en alto riesgo de desarrollar RCIU. Lo cual mejoraría la vigilancia prenatal, permitiendo adoptar medidas que reduzcan la morbilidad asociada a esta enfermedad. Sin embargo, debido a que los resultados reportados durante el segundo trimestre presentan los mismos inconvenientes que los descritos durante el primer trimestre, así como una mala relación sensibilidad-especificidad, la adopción generalizada de este examen no se encuentra justificada, ya que no presenta un beneficio-costo altamente efectivo.^{8,16,17,22,42,47,50,52,56-62}

Es por ello, que al igual que lo discutido para el primer trimestre, se recomienda realizar este estudio únicamente en una población con factores de riesgo para desarrollar RCIU, de forma que se incremente el valor del estudio. Sin embargo, los estudios realizados en este tipo de población, como en el caso de Cnossen et al⁵¹ y Sharma et al⁶², no mejoran los resultados reportados por los estudios realizados en la población en general.^{51,47,62}

Con base en la evidencia disponible se puede concluir que la aplicación de la flujometría doppler de las arterias uterinas durante el primer trimestre, en la población en general, no ha demostrado una alta capacidad para anticipar el desarrollo del RCIU.^{8,23,47,48,51-55} En el caso de aplicar el estudio en una población con factores de riesgo para desarrollar la enfermedad o al combinarla con otros parámetros diagnósticos, los resultados reportados no han podido ser replicados más allá de los estudios encontrados en esta investigación. Por lo tanto, no existe suficiente evidencia científica que apoye la aplicación de esta modalidad de la flujometría doppler de las arterias uterinas.^{23,53} En el caso del segundo trimestre, los resultados reportados demuestran que las pacientes que presentan una flujometría doppler de las arterias uterinas normal durante esta etapa del embarazo, casi con toda seguridad no desarrollaran un RCIU.^{8,16,17,22,42,47,52,56-62} En el caso de aplicar el estudio en una población con factores de riesgo, los resultados reportados, no mejoran los resultados obtenidos en los estudios aplicados en la población en general, por lo cual, no presentan ninguna utilidad diferente a la ya descrita anteriormente.^{51,62}

Además, la falta de consenso en la utilización de una definición estándar y en el uso de los parámetros diagnósticos dificulta realizar comparaciones entre los estudios y no permite determinar la verdadera utilidad de la flujometría doppler de las arterias uterinas para la anticipación de RCIU.^{9,14,39,47,52} Para evitar esta situación, actualmente se recomienda utilizar el IP por encima del 95p para la edad gestacional como único parámetro para considerar un doppler de las arterias uterinas como anormal.^{34,47,}

Por lo tanto, actualmente la utilidad de la flujometría doppler de las arterias uterinas como predictor de RCIU es limitada y su aporte insuficiente como para recomendar la adopción generalizada de este estudio para anticipar el desarrollo del RCIU. Lo cual no indica que no sea útil para el manejo de esta enfermedad, ya que si el estudio se realiza durante el segundo trimestre del embarazo, especialmente en el periodo comprendido entre las 20-24 semanas de gestación, puede identificar a un grupo de pacientes que se encuentra en alto riesgo de desarrollar el RCIU, sin importar si la población presenta factores de riesgo para esta enfermedad.^{8,17,41,56}

Además, durante los últimos años se ha propuesto que la combinación de la flujometría doppler de la arteria uterina durante el primer trimestre con la medición de ciertos biomarcadores, como la proteína plasmática-A o el índice de sflt-1/PIGF podría elevar la sensibilidad y especificidad lo suficiente, como para valorar su utilización como un predictor

temprano, válido y confiable para el desarrollo del RCIU. Por lo tanto, es necesario investigar la eficacia, costo y accesibilidad de esta combinación diagnóstica para validar estas premisas.^{3,9,14,48,63}

CONCLUSIONES

1. El diagnóstico de RCIU se basa en la combinación de varios parámetros diagnósticos, dentro de los cuales se encuentra el peso fetal estimado, la flujometría doppler y el índice cerebro-placentario.
2. La flujometría doppler evalúa la circulación fetal y uteroplacentaria, permitiendo identificar a todos aquellos fetos que presenten o se encuentren en riesgo de desarrollar hipoxia-acidosis o asfixia fetal; además de complicaciones asociadas a enfermedades como la preeclampsia o el RCIU.
3. El principal parámetro diagnóstico para definir un doppler de la arteria uterina como anormal y compatible con el desarrollo posterior de RCIU en el feto, es el índice de pulsatilidad por encima del p95 para la edad gestacional.
4. La flujometría doppler de las arterias uterinas no ha demostrado ser un método diagnóstico válido y confiable para la predicción de RCIU en la población en general. Sin embargo, su aplicación durante el segundo trimestre puede identificar a un grupo de pacientes que se encuentra en alto riesgo de desarrollar la enfermedad.
5. La estrategia de búsqueda implementada en esta monografía (descriptores en ciencias de la salud, motores de búsqueda y filtros utilizados) fue adecuada, ya que permitió registrar información relevante sobre el tema.

RECOMENDACIONES

1. Valorar la aplicación de la flujometría doppler de las arterias uterinas únicamente a una población con factores de riesgo para desarrollar RCIU, con el objetivo de incrementar la eficacia con la que el estudio predice la enfermedad durante el primer trimestre.
2. Valorar el uso de la combinación de la flujometría doppler de las arterias uterinas con la medición de ciertos biomarcadores, como la proteína plasmática-A o el índice de sflt-1/PIGF, como una alternativa válida para la predicción de RCIU durante el primer trimestre.
3. Estandarizar las definiciones y parámetros diagnósticos utilizados en los diferentes estudios de RCIU. De forma que, se puedan realizar análisis comparativos entre los resultados generados en los estudios, logrando determinar la verdadera eficacia de la flujometría doppler de las arterias uterinas para la predicción de la enfermedad.
4. Realizar estudios sobre la utilidad de la flujometría doppler de las arterias uterinas como predictor de RCIU en Guatemala. Esto debido a que el RCIU, al igual que muchas otras enfermedades, presentan diferentes características según la población de estudio. Es decir, que los resultados registrados en los diferentes estudios realizados en otros países sobre la utilidad de la flujometría doppler de las arterias uterinas, podrían no corresponder con los hallazgos que se registren en la población guatemalteca.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Garrido Molla N. Doppler en obstetricia [en línea]. Albacete: Complejo Hospitalario Universitario de Albacete; 2011 [consultado 1 Feb 2021]. Disponible en: https://www.chospab.es/web/area_medica/obstetriciaginecologia/docencia/seminarios/2010-2011/sesion20110504_1.pdf
2. Sosa Olavarría A. Avances en el doppler en obstetricia. Rev Per Ginecol obstet [en línea]. 2009 [consultado 1 Feb 2021]; 55 (3): 163-6. Disponible en: <http://www.spog.org.pe/web/revista/index.php/RPGO/article/view/286/257>
3. Lacunza Paredes RO, Ávalos Gómez J. Restricción de crecimiento fetal y factores angiogénicos: un nuevo horizonte. Rev Per Ginecol obstet [en línea]. 2018 [consultado 1 Feb 2021]; 64 (3): 353-8. Disponible en: <http://www.scielo.org.pe/pdf/rgo/v64n3/a06v64n3.pdf>
4. Zavala Coca CA, Pacheco Romero J. Flujo venoso fetal e índice cerebro placentario como indicadores de hipoxia fetal en gestantes preeclámpticas severas. Rev Per Ginecol obstet [en línea]. 2011 [consultado 8 Feb 2021]; 57 (3): 171-6. Disponible en: <http://www.scielo.org.pe/pdf/rgo/v57n3/a06v57n3.pdf>
5. Tapia ML. RCIU (retardo del crecimiento intrauterino) y PEG (pequeño para la edad gestacional). En: Mühlhausen Muñoz G, González Bravo A, editores. Guías práctica clínica Unidad de Neonatología Hospital San José Chile [en línea]. Santiago [Chile]: Hospital San José; 2016 [consultado 8 Feb 2021]; p. 53-8. Disponible en: http://www.manuelosses.cl/BNN/gpc/Manual%20Neo_H.SnJose_2016.pdf
6. Rybertt T, Azua E, Rybertt F. Retardo de crecimiento intrauterino: consecuencias a largo plazo. Rev méd Clín Las Condes [en línea]. 2016 Jul [consultado 8 Feb 2021]; 27 (4): 509-13. Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/306046313_RETARDO_DE_CRECIMIENTO_INTRAUTERINO_CONSECUENCIAS_A_LARGO_PLAZO
7. Pimiento Infante LM, Beltrán Avendaño MA. Restricción del crecimiento intrauterino: una aproximación al diagnóstico, seguimiento y manejo. Rev chil obstet ginecol [en línea]. 2015 Dic [consultado 15 Feb 2021]; 80 (6): 493-502. Disponible en: <https://scielo.conicyt.cl/pdf/rchog/v80n6/art10.pdf>
8. Carvajal J, Ralph C. Manual de Obstetricia y Ginecología [en línea]. 7ed. Santiago [Chile]: Pontificia Universidad Católica de Chile; 2017. Capítulo 21, Restricción del crecimiento Fetal; [consultado 15 Feb 2021]; p. 198-209. Disponible en: <https://medicina.uc.cl/wp-content/uploads/2018/04/Manual-Obstetricia-Ginecologia-2017.pdf>

9. Lees CC, Stampalija T, Baschat AA, da Silva Costa F, Ferrazzi E, Figueras F, et al. ISUOG practice guidelines: diagnosis and management of small-for-gestational-age fetus and fetal growth restriction. *Ultrasound Obstet Gynecol* [en línea]. 2020 Ago [consultado 15 Feb 2021]; 56: 298-312. Disponible en: <https://www.isuog.org/uploads/assets/b2aa3fb4-031e-4d84-b7246d613a466884/ISUOG-Practice-Guidelines-diagnosis-and-management-of-small-for-gestational-age-fetus-and-fetal-growth-restriction.pdf>
10. Machado Nardoza LM, Rabachini Caetano AC, Perez Zamarian AC, Brandão Mazzola J, Pacheco Silva C, Gomes Marçal VM, et al. Fetal growth restriction: current knowledge. *Arch Gynecol Obstet* [en línea]. 2017 Mayo [consultado 22 Feb 2021]; 295 (5): 1061-77. Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/314688533_Fetal_growth_restriction_current_knowledge
11. Arango Gómez F, Grajales Rojas J. Restricción del crecimiento intrauterino. *CCAP* [en línea]. 2009 [consultado 22 Feb 2021]; 9 (3): 5-14. Disponible en: https://www.bfa.fcnym.unlp.edu.ar/catalogo/doc_num.php?explnum_id=2241
12. Cohen E, Wong, FY, Rosemary, Horne SC, Yiallourou SR. Intrauterine growth restriction: impact on cardiovascular development and function throughout infancy. *Pediatr Res* [en línea]. 2016 Jun [consultado 22 Feb 2021]; 79 (6): 821-30. Disponible en: <https://www.nature.com/articles/pr201624.pdf?proof=t>
13. Figueras F, Gardosi J. Intrauterine growth restriction: new concepts in antenatal surveillance, diagnosis, and management. *AJOG* [en línea]. 2011 Abr [consultado 1 Mar 2021]; 204: (4): 288-300. Disponible en: https://www.gestation.net/PDFs/IUGR_new_concepts_AJOG_Review.pdf
14. Khong SL, Kane SC, Brennecke SP, Costa F. First-trimester uterine artery doppler analysis in the prediction of later pregnancy complications. *Disease Markers* [en línea]. 2015 Abr [consultado 1 Mar 2021]; 2015: 1-10. Disponible en: <https://www.hindawi.com/journals/dm/2015/679730/>
15. Elwakel AM, Azab SM, Elbakry AM. First-trimester uterine artery doppler in the prediction of later pregnancy complication. *MMJ* [en línea]. 2020 Sept [consultado 1 Mar 2021]; 33 (3): 966-71. Disponible en: <https://www.mmj.eg.net/article.asp?issn=1110-2098;year=2020;volume=33;issue=3;spage=966;epage=971;aulast=Elwakel>
16. Adefisan A, Akintayo A, Awoleke J, Awolowo A, Aduloju O. Role of second-trimester uterine artery doppler indices in the prediction of adverse pregnancy outcomes in a low-risk population. *Int J Gynecol Obstet* [en línea]. 2020 Nov [consultado 8 Mar 2021]; 151: 209–13. Disponible en:

https://www.researchgate.net/publication/342789555_Role_of_second-trimester_uterine_artery_Doppler_indices_in_the_prediction_of_adverse_pregnancy_outcomes_in_a_low-risk_population

17. Cacifi D. Doppler en obstetricia. Rev méd Clín Las Condes [en línea]. 2008 Jul [consultado 8 Mar 2021]; 19 (3): 221-5. Disponible en: <https://www.elsevier.es/es-revista-revista-medica-clinica-las-condes-202-pdf-X0716864008321739>
18. Varun N, Nilanchali S. Role of doppler velocimetry of uterine artery in obstetrics: review article. J Preg Child Health [en línea]. 2017 Sept [consultado 8 Mar 2021]. 4 (5): aprox 5 pant. Disponible en:
https://www.researchgate.net/publication/321188135_Role_of_Doppler_Velocimetry_of_Uterine_Artery_in_Obstetrics_Review_Article
19. Sheridan Colette. Intrauterine growth restriction diagnosis and management. AFP [en línea]. 2005 Sept [consultado 15 Mar 2021]; 34 (9): 717-23. Disponible en: <https://www.racgp.org.au/afpbackissues/2005/200509/200509sheridan.pdf>
20. Malhotra N, Puri R, Malhotra J, Malhotra N, Rao JP. Maternal-fetal work-up and management in intrauterine growth restriction (IUGR). DSJUOG [en línea]. 2010 Oct-Dic [consultado 15 Mar 2021]; 4 (4): 427-32. Disponible en: <https://www.dsjuog.com/doi/DSJUOG/pdf/10.5005/jp-journals-10009-1162>
21. Sharma D, Shastri S, Sharma, P. Intrauterine growth restriction: antenatal and postnatal Aspects. Clin Med Insights Pediatr [en línea]. 2016 Oct-Dic [consultado 15 Mar 2021]; 10: 67–83. Disponible en: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC4946587/pdf/cmped-10-2016-067.pdf>
22. Afraktheh M, Moeini A, Sanei Taheri M, Haghhighatkah H R, Fakhri M, Masoom N. Uterine doppler velocimetry of the uterine arteries in the second and third trimesters for the prediction of gestational outcome. Rev Bras Ginecol Obstet [en línea]. 2014 Ene [consultado 22 Mar 2021]; 36 (1): 35-9 Disponible en: <https://www.scielo.br/pdf/rbgo/v36n1/0100-7203-rbgo-36-01-00035.pdf>
23. Eldeen Y Elkholi DG, Hefedal MAE, Nagy HM. First trimester screening for preeclampsia and intrauterine growth using uterine artery doppler and maternal serum placental growth factor and pregnancy associated plasma protein- A. Reprod Immunol Open Access [en línea]. 2016 Jun [consultado 22 Mar 2021]; 1 (3): 1-6. Disponible en: <https://reproductive-immunology.imedpub.com/first-trimester-screening-for-preeclampsia-and-intrauterine-growth-restriction-using-uterine-artery-doppler-and-maternal-serum-pla.pdf>

24. Labarta JI, De Arriba A, Serrano I, Ferrer M, Vara M. Riesgo cardiovascular y metabólico en la infancia y adolescencia en el RN pequeño para la edad gestacional. *Rev Esp Endocrinol Pediat* [en línea]. 2021 Ene [consultado 22 Mar 2021]; 12 (1): 4-12. Disponible en: <https://www.endocrinologiapediatrica.org/revistas/P1-E34/P1-E34-S2792-A631.pdf>
25. Valenti EA, Avila N, Amenabar S, Zanuttini E, Crespo H. Actualización de consenso de obstetricia FASGO 2017: "RCIU (restricción del crecimiento intrauterino)". Argentina: Federación Argentina de Sociedades de Ginecología y Obstetricia; 2017 [consultado 29 Mar 2021]. Disponible en: http://www.fasgo.org.ar/archivos/consensos/Actualizacion_consenso_RCIU_FASGO_2017.pdf
26. Shrivastava D, Master A. Fetal Growth Restriction. *JOGI* [en línea]. 2020 Mar-Abr [consultado 29 Mar 2021]; 70 (2): 103–10. Disponible en: <https://jogi.co.in/march-april-2020/pdf/reviewarticle.pdf>
27. Uquillas KR, Grubbs BH, Prosper AE, Chmait RH, Grant EG, Walker DK. Doppler US in the Evaluation of Fetal Growth and Perinatal Health. *RadioGraphics* [en línea]. 2017 Oct [consultado 29 Mar 2021]; 37: 1831–8. Disponible en: <https://pubs.rsna.org/doi/pdf/10.1148/rg.2017170020>
28. Cunninghamh FG, Leveno KJ, Bloom S L, Dashe JS, Hoffman BL, Casey BM, et al. *Williams obstetricia*. 10 ed. Ciudad de México: McGraw Hill; 2014. Capítulo, Trastornos del crecimiento fetal; p. 882-4
29. Perinatal Society of Australia and New Zealand and Centre of Research Excellence Stillbirth. Position statement: detection and management of fetal growth restriction in singleton pregnancies [en línea]. Brisbane: Perinatal Society of Australia and New Zealand and Centre of Research Excellence Stillbirth; 2019 [consultado 5 Abr 2021]. Disponible en: <https://sanda.psanz.com.au/assets/Uploads/Position-Statement-FGR.pdf>
30. Paonelli GP. Principios físicos e indicaciones clínicas del ultrasonido doppler. *Rev méd Clín Las Condes* [en línea]. 2013 Ene [consultado 5 Abr 2021]; 24 (1): 139-48. Disponible en: <https://www.elsevier.es/es-revista-revista-medica-clinica-las-condes-202-pdf-S0716864013701391>
31. Ulloa Guerrero LH, Lozano Castillo AJ. *Radiología básica: rx-tc-rm-ecocardiografía*. 2da ed. Colombia: Editorial Medica CELSIUS; 2015. Capítulo 1, Principios físicos de la generación de las imágenes diagnósticas y de la protección radiológica; p. 21-5
32. Borrego R, González RC. *Fundamentos básicos de ecografía* [en línea]. Madrid: Sociedad Española de Cuidados Intensivos Pediátricos; 2015 [consultado 12 Abr 2021]. Disponible en:

<https://secip.com/images/uploads/2018/09/1-FUNDAMENTOS-BASICOS-DE-ECOGRAF%C3%8DA.pdf>

33. Tirapu MT, Gomez HH, Zabalza JU. Ecografía doppler: principios básicos y guía práctica para residentes [en línea]. Oviedo: Sociedad Española de Radiología Medica; 2014 [consultado 12 Abr 2021]. Disponible en: <https://epos.myesr.org/poster/esr/seram2014/S-0379/revisi%C3%B3n%20del%20tema>
34. Grupo de especialistas del Hospital de Ginecoobstetricia-IGSS. Monitoreo fetal anteparto basado en evidencia [en línea]. Guatemala: Instituto Guatemalteco de Seguridad Social; 2014 [consultado 19 Abr 2021]. Disponible en: <https://www.igssgt.org/wp-content/uploads/images/gpc-be/ginecoobstetricia/GPC-BE%20No%2064%20Monitoreo%20Fetal%20Anteparto.pdf>
35. Pianigiani E. Eco-doppler en ginecología [en línea]. Argentina: Sociedad Argentina de Ecografía y Ultrasonografía; 2010 [consultado 19 Abr 2021]. Disponible en: http://www.saeu.org.ar/docs/gineco/apunte_ecodoppler.pdf
36. Martínez Rodríguez P, Oliva Cáceres L. Flujiometría doppler en medicina materno fetal. Rev Med Hondur [en línea]. 2014 Ene, Feb, Mar [consultado 19 Abr 2021]; 82 (1): 27-32. Disponible en: <http://www.bvs.hn/RMH/pdf/2014/pdf/Vol82-1-2014-9.pdf>
37. Mora Valverde, JA. Preeclampsia. Rev méd Costa Rica Centroam [en línea]. 2012 Abr-Jun [consultado 26 Abr 2021]; 69 (602): 193-8. Disponible en: <https://www.medigraphic.com/pdfs/revmedcoscen/rmc-2012/rmc123f.pdf>
38. Apaza Valencia J, Huaman Guerrero M. Flujo sanguíneo uterino en el embarazo. Rev Per Ginecol obstet [en línea]. 2015. [consultado 26 Abr 2021]. 61 (2): 127-33. Disponible en: <http://www.scielo.org.pe/pdf/rgo/v61n2/a06v61n2.pdf>
39. Nicolaidis K, Rizzo G, Hecher K, Ximenes R. Doppler in obstetrics [en línea]. Reino Unido: The Fetal Medicine Foundation; 2002 [consultado 26 Abr 2021]. Disponible en: <https://fetalmedicine.org/var/uploads/Doppler-in-Obstetrics.pdf>
40. Purizaca M. Modificaciones fisiológicas en el embarazo. Rev Per Ginecol obstet [en línea]. 2010 [consultado 3 Mayo 2021]; 56 (1): 57-69. Disponible en: https://sisbib.unmsm.edu.pe/BVRevistas/ginecologia/vol56_n1/pdf/a10v56n1.pdf
41. Adiga P, Tella K, Hebbar S. Outcome of pregnancy in patients with unilaterally increased uterine artery resistance in second trimester. Int J. Clin. Obstet Gynaecol [en línea]. 2018 Mayo-Jun [consultado 3 Mayo 2021]; 2 (3): 21-24. Disponible en: <https://www.gynaecologyjournal.com/articles/72/2-3-1-686.pdf>

42. Nafisa Anwar M, Tanzina Iveen C, Tasrina Rabia C. Uterine artery doppler screening in 2nd trimester of pregnancy for prediction of pre-eclampsia and fetal growth restriction. JAMMR [en línea]. 2020 Ago [consultado 3 Mayo 2021]; 32 (13): 7-22. Disponible en: <https://www.journaljammr.com/index.php/JAMMR/article/view/30548/57267>
43. Llurba Olive E. Utopía: Eficacia del doppler de las arterias uterinas en el segundo trimestre y control exhaustivo de la gestación para la prevención de malos resultados perinatales. Estudio randomizado. [Tesis Maestría en Ginecología y Obstetricia]. Barcelona: Universidad Autónoma de Barcelona, Facultad de Medicina; 2015 [consultado 10 Mayo 2021] Disponible en: <https://www.tdx.cat/handle/10803/325417>
44. Mecacci F, Avagliano L, Lisi F, Clemenza S, Serena C, Vannuccini S, et al. Fetal growth restriction: does an integrated maternal hemodynamic placental model fit better? Repro Sci [en línea]. 2020 [consultado 10 Mayo 2021]. Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/346059944_Fetal_Growth_Restriction_Does_an_Integrated_Maternal_Hemodynamic-Placental_Model_Fit_Better
45. Mazarico E, Meler E, Figueras F. Guía clínica: Doppler en medicina fetal [en línea]. Barcelona: Hospital Clinic Barcelona; 2014 [consultado 10 Mayo 2021]. Disponible en: <https://medicinafetalbarcelona.org/protocolos/es/patologia-fetal/doppler.html>
46. Bhide A, Acharya G, Bilardo CM, Brezinka C, Cafici D, Hernandez Andrade E, et al. ISUOG practice guidelines: use of doppler ultrasonography in obstetrics. Ultrasound Obstet Gynecol [en línea]. 2013 Feb [consultado 17 Mayo 2021]; 41 (2): 233–9. Disponible en: <https://www.isuog.org/uploads/assets/uploaded/b842cf8a-944a-462a-94aa8a97843e4442.pdf>
47. Gross Pedersen N. Intrauterine growth restriction in first half of pregnancy. [Tesis Maestría en Ginecología y Obstetricia]. Copenhagen: Faculty of Health Sciences University of Copenhagen; 2010 [consultado 17 Mayo 2021]. Disponible en: https://www.rigshospitalet.dk/english/departments/juliane-marie-centre/departament-of-obstetrics/research/Documents/PhDThesisNinaGrosPedersenMarch15_2010.pdf
48. Amaral Pedroso M, Rebecca Palmer K, James Hodges R, Costa F, Lorber Rolnik D. Uterine artery doppler in screening for preeclampsia and fetal growth restriction. Rev Bras Ginecol Obstet [en línea]. 2018 Mayo [consultado 17 Mayo 2021]; 40 (5): 287-93. Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/325837849_Uterine_Artery_Doppler_in_Screening_for_Preeclampsia_and_Fetal_Growth_Restriction/link/5b9cedf392851ca9ed0b16ae/download
49. Urdaneta Machado JR, Sierralta Macias MA, Baabel Zambrano N, Contreras Benítez A, Valbuena Vera G, Labarca L, et al. Doppler de las arterias uterinas en la predicción de

- resultados perinatales adversos (Revisión). VITAE [en línea]. 2016 Oct-Dic [consultado 24 Mayo 2021]; 68: 1-12. Disponible en: https://vitae.ucv.ve/pdfs/VITAE_5419.pdf
50. Sanchez Seiz M, Matias A, Aparacio Bustos JL, Banegas M, Flores Villalta I, Hidalgo Intriago L. Evaluación Doppler en el diagnóstico y pronóstico de la Restricción del Crecimiento Intrauterino. Rev Latin Perinat [en línea]. 2017 [consultado 24 Mayo 2021]; 20 (2): 95-112. Disponible en: http://www.revperinatologia.com/images/7_Evaluaci%C3%B3n_Doppler_en_el_diagn%C3%B3stico_y_pron%C3%B3stico_de_la-ilovepdf-compressed.pdf
51. Handa S, Pujar Y. Evaluation of Uterine Artery Doppler at 11–13+6 Weeks of Gestation for Prediction of Preeclampsia: A Descriptive Observational Study. J South Asian Feder Obst Gynae [en línea]. 2019 Sept-Oct [consultado 24 Mayo 2021]; 11 (5): 305–8. Disponible en: <https://www.jsafog.com/doi/JSAFOG/pdf/10.5005/jp-journals-10006-1721>
52. Cnossen JS, Morris RK, ter Riet G, Mol BWJ, van der Post JAM, Coomarasamy A, et al. Use of uterine artery Doppler ultrasonography to predict pre-eclampsia and intrauterine growth restriction: a systematic review and bivariable meta-analysis. CMAJ [en línea]. 2008 Mar [consultado 31 Mayo 2021]; 178 (6): 701-11. Disponible en: <https://www.zora.uzh.ch/id/eprint/10190/>
53. Barreno Sánchez DF, Alvarez Lindao E. Valor Predictivo de la Flujiometría Doppler de la Arteria Uterina en el Crecimiento Fetal. [Tesis Maestría en Ginecología y Obstetricia]. Ecuador: Universidad de Guayaquil, Facultad de Ciencias Médicas; 2019 [consultado 31 Mayo 2021] Disponible en: <http://repositorio.ug.edu.ec/handle/redug/39077>
54. Velauthar L, Plana MN, Kalidindi M, Zamora J, Thilaganathans B, Illanesq S E, et al. First-trimester uterine artery Doppler and adverse pregnancy outcome: a meta-analysis involving 55 974 women. Ultrasound Obstet Gynecol [en línea]. 2014 Mayo [consultado 31 Mayo 2021]; 43 (5): 500-7. Disponible en: <https://obgyn.onlinelibrary.wiley.com/doi/pdf/10.1002/uog.13275>
55. Nupur M, Pragyashree, Sharma P, Vishwakarma S. Colour doppler study of uterine artery between 10-14 weeks of gestation as a predictor of intra-uterine growth restriction and preeclampsia. Int J Reprod Contracept Obstet Gynecol [en línea] 2016 Ago [consultado 7 Jun 2021]; 5 (8): 2784-90. Disponible en: <https://www.ijrcog.org/index.php/ijrcog/article/view/1519/1382>
56. Verma D, Gupta, S. Prediction of adverse pregnancy outcomes using uterine artery Doppler imaging at 22-24 weeks of pregnancy: A North Indian experience. Turk J Obstet Gynecol [en

- línea]. 2016 Jun [consultado 7 Jun 2021]; 13 (2): 80-4. Disponible en: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC5558343/pdf/TJOD-13-80.pdf>
57. Papageorghiou AT, Yu Ck H, Bindra R, Pandis G, Nicolaides KH. Multicenter screening for pre-eclampsia and fetal growth restriction by transvaginal uterine artery Doppler at 23 weeks of gestation. *Ultrasound Obstet Gynecol* [en línea]. 2001 Nov [consultado 7 Jun 2021]; 18 (5): 441–9. Disponible en: <https://obgyn.onlinelibrary.wiley.com/doi/epdf/10.1046/j.0960-7692.2001.00572.x>
58. Schwarze A, Nelles I, Krapp M, Friedrich M, Schmidt W, Diedrich Km, et al. Doppler ultrasound of the uterine artery in the prediction of severe complications during low-risk pregnancies. *Arch Gynecol Obstet* [en línea]. 2005 Ene [consultado 7 Jun 2021]; 271 (1): 46–52. Disponible en: <http://web.a.ebscohost.com/ehost/detail/detail?vid=3&sid=b24fe026-a8dd-4e11-8d36-36d2b0690359%40sdc-v-sessmgr03&bdata=Jmxhbm9ZXMmc2l0ZT1laG9zdC1saXZl#AN=15185101&db=mnh>
59. Minaya Ramirez L. Validez de la velocimetría Doppler de las arterias uterinas en la predicción de la restricción de crecimiento intrauterino. Instituto Nacional Materno Perinatal–Año 2011. [Tesis Maestría en Ginecología y Obstetricia]. Lima [Perú]: Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Facultad de Medicina Humana; 2012 [consultado 14 Jun 2021] Disponible en: <https://cybertesis.unmsm.edu.pe/handle/20.500.12672/12801?show=full>
60. Hernández Gonzales PT, Urruela Vizcaíno GA. Doppler de la arteria uterina como predictor de preeclampsia, trabajo de parto pretérmino y restricción de crecimiento intrauterino. [Tesis Maestría en Ginecología y Obstetricia]. Ciudad de Guatemala: Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ciencias Médicas; 2012 [consultado 14 Jun 2021] Disponible en: http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/05/05_8848.pdf
61. Liquidano Cerrate AM, Rosales Quiroa EP. Doppler de la arteria uterina en pacientes con embarazos de 18 a 24 semanas como predictor de preeclampsia, trabajo de parto y restricción de crecimiento intrauterino. [Tesis Maestría en Ginecología y Obstetricia]. Ciudad de Guatemala: Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ciencias Médicas; 2015 [consultado 14 Jun 2021] Disponible en: http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/05/05_9536.pdf
62. Sharma N, Srinivasan S, Krishnamurthy J, Kulasekaran N, Meenakshi S, Vijayaraghavan R. Prediction of intrauterine growth restriction in high pulsatility index of uterine artery. *BJMMR* [en línea]. 2017 Jun [consultado 21 Jun 2021]; 22 (2): 1-6. Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/317563747_Prediction_of_Intrauterine_Growth_Restriction_in_High_Pulsatility_Index_of_Uterine_Artery/link/59743beb0f7e9b401694ad84/download

63. Lynne McLeod. How useful is uterine artery Doppler ultrasonography in predicting pre-eclampsia and intrauterine growth restriction? CMAJ [en línea]. 2008 Mar [consultado 28 Jun 2021]; 178 (6) 727-29. Disponible en: <https://www.cmaj.ca/content/cmaj/178/6/727.full.pdf>
64. Garcia-Alix A, Martinez Biarge M, Arnaez J, Valverde E, Quero J. Asfixia intraparto y encefalopatía hipóxica-isquémica [en línea]. Madrid [España]: Asociación Española de Pediatría. 2008 [consultado 28 Jun 2021]. Disponible en: <https://www.aeped.es/sites/default/files/documentos/26.pdf>
65. Ugwumadu A. Electronic fetal heart rate monitoring: the tier 5 system [en línea]. 3ed. Massachusetts: Jones and Barlett Learning. Chapter 5: Fetal asphyxia: pathogenic mechanism and consequences; [consultado 5 Jul 2021] Disponible en: http://samples.jblearning.com/9781284090338/Chapter_5.pdf
66. Žaliūnas B, Bartkevičienė D, Drašutienė G, Utkus A, Kurmanavičius J. Fetal biometry: relevance in obstetrical practice. Medicina [en línea]. 2017 Dic [consultado 5 Jul 2021]; 53 (6): 357-64 Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1010660X18300077>
67. Carvajal J, Ralph C. Manual de Obstetricia y Ginecología [en línea]. 7ed. Santiago [Chile]: Pontificia Universidad Católica de Chile; 2017. Capítulo 4, diagnóstico de edad gestacional; [consultado 5 Jul 2021] Disponible en: <https://medicina.uc.cl/wp-content/uploads/2018/04/Manual-Obstetricia-Ginecologia-2017.pdf>
68. Ghaaliq Lalkhen A, McCluskey A. Clinical tests: sensitivity and specificity. Anaesth Crit Care Pain Med [en línea]. 2008 Dic [consultado 12 Jul 2021]; 8 (6): 221-3. Disponible en: <https://academic.oup.com/bjaed/article/8/6/221/406440>
69. Bravo-Grau S, Cruz QJP. Estudios de exactitud diagnóstica: herramientas para su interpretación. Rev chil radiol [en línea]. 2015 Oct [consultado 12 Jul 2021]; 21 (4): 158-64. Disponible en: <https://scielo.conicyt.cl/pdf/rchradiol/v21n4/art07.pdf>
70. Borrel A. Guía clínica: isoimmunización [en línea]. Barcelona: Hospital Clinic Barcelona; 2020 [consultado 12 Jul 2021]. Disponible en: <https://medicinafetalbarcelona.org/protocolos/es/patologia-fetal/isoimmunizacion-y-transfusion-intrauterina.html>
71. Serrano Berrones MA, Beltran Castillo I, Serrano Berrones JR. Perfil biofísico para conocer el bienestar fetal. Rev Esp Med-Quir [en línea]. 2012 Oct-Dic [consultado 19 Jul 2021]; 17 (4): 300-7. Disponible en: <https://www.redalyc.org/pdf/473/47325181010.pdf>
72. Grivell RM, Alfirevic Z, Gyte GML, Devane D. Antenatal cardiotocography for fetal assessment (review). Cochrane Database of Systematic Reviews [en línea]. 2015 Sept [consultado 19 Jul

2021]; 9: 6-7. Disponible en:

<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC6510058/pdf/CD007863.pdf>

73. Grupo de especialistas del Hospital de Ginecoobstetricia-IGSS. Manejo de TORCH en el embarazo [en línea]. Guatemala: Instituto Guatemalteco de Seguridad Social; 2014 [consultado 19 Jul 2021]. Disponible en: <https://www.igssgt.org/wp-content/uploads/images/gpc-be/ginecoobstetricia/GPC-BE%2045%20TORCH.pdf>

APÉNDICES

Apéndice A. Descriptores en ciencias de la salud utilizados en la estrategia de búsqueda.

DeCS	MeSH	Calificadores	Operadores Lógicos
Retardo del Crecimiento intrauterino	<i>Intrauterine Growth Retardation</i>	Etiología Clasificación	"Retardo del Crecimiento intrauterino" or "Restricción del Crecimiento Fetal"
Restricción del Crecimiento Fetal	<i>Intrauterine Growth Restriction</i>	Epidemiología Fisiopatología	or " RCIU" or " Restricción del Crecimiento Intrauterino and
RCIU	<i>Fetal Growth Restriction</i>	Diagnostico	"Ultrasonografía Doppler de las arterias uterinas" or "Ecografía Doppler de las arterias uterinas"
Restricción del Crecimiento Intrauterino	<i>UIGR</i>	Seguimiento	or "Ultrasonido Doppler de las arterias uterinas"
Ultrasonografía Doppler de las arterias uterinas	<i>Uterine Artery Doppler Ultrasonography</i>	Manejo Complicaciones	or "Flujometría Doppler de las arterias uterinas"
Ecografía Doppler de las arterias uterinas	<i>Uterine Artery Doppler Ultrasound</i>	Métodos	
Ultrasonido Doppler de las arterias uterinas	<i>Uterine Artery Doppler Flowmetry</i>	Indicaciones	
Flujometría Doppler de las arterias uterinas			

Fuente: Elaboración Propia

Apéndice B. Matriz de artículos utilizados según el tipo de documento.

Tipo de estudio	Término utilizado	Número de artículos
Todos los artículos	No filtrados	490
Meta análisis	<i>Fetal Growth Restriction</i> <i>Uterine Artery Doppler</i>	2
Guías Prácticas Clínicas	<i>Fetal Growth Restriction</i> Retardo del Crecimiento intrauterino Ecografía Doppler de las arterias uterinas	7
Estudios Epidemiológicos (Serie de Casos)	Restricción del Crecimiento Intrauterino <i>Intrauterine Growth Restriction</i> <i>Fetal Growth Restriction</i> <i>Uterine Artery Doppler</i> Flujometría doppler de las arterias uterinas	21
Artículos de revisión	Restricción del Crecimiento Intrauterino	8

	<p><i>Fetal Growth Restriction</i></p> <p><i>Intrauterine Growth Restriction</i></p> <p>Restricción del Crecimiento Fetal</p> <p>Flujo sanguíneo uterino en el embarazo</p> <p>Modificaciones fisiológicas al embarazo</p>	
Monografías	<p>Retardo del Crecimiento intrauterino</p> <p>Restricción del Crecimiento Intrauterino</p> <p><i>Fetal Growth Restriction</i></p> <p><i>Intrauterine Growth Restriction</i></p> <p>Ecografía Doppler de las arterias uterinas</p> <p>Ultrasonido Doppler de las arterias uterinas</p> <p>Restricción del Crecimiento Fetal</p>	37

	<i>Uterine Artery Doppler</i>	
--	-------------------------------	--

Fuente: Elaboración Propia

Apéndice C. Clasificación del RCIU según las alteraciones encontradas en la flujometría doppler.

Tipo o Estadios	Correlación Fisiológica	Características	Seguimiento	Finalización
I	Insuficiencia placentaria Leve o moderada	<ul style="list-style-type: none"> • PFE<p3 o • PFE<p10 + ▪ IP AU>p95 ▪ IP AUt>p95 ▪ ICP<p5 ▪ ACM<p5 <p>Nota: El estadio 1 se correlaciona clínicamente con un PFE<p3 o un PFE<p10 acompañado de una alteración de los vasos fetales o maternos.</p>	Semanal	Inducción del trabajo de parto a las 37 semanas
II	Insuficiencia placentaria severa	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Flujo diastólico ausente en la arteria umbilical 	Cada 48-72 horas o 2-3 veces por semana	Cesárea a las 34 semanas
III	Baja sospecha de acidosis fetal	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Flujo diastólico reverso en la arteria umbilical 	Cada 24-48 horas o cada 1-2 días	Cesárea a las 30 semanas

		▪ IP DV>p95		
IV	Alta sospecha de acidosis fetal	▪ Flujo diastólico ausente o reverso en el ductus venoso	Cada 12-24 horas	Cesárea a las 26 semanas

PFE: Peso Fetal Estimado; p: Percentil de crecimiento; IP AU: Índice de pulsatilidad de la arteria umbilical; IP AUt: Índice de pulsatilidad de la arteria uterina;

IP ACM: Índice de pulsatilidad de la arteria cerebral media; ICP: Índice cerebro placentario; IP DV: Índice de pulsatilidad del ductus venoso

Fuente: Elaboración propia basado en Machado Nardoza LM et al¹⁰, Valenti EA et al²⁵.

Apéndice D. Tabla comparativa entre la sensibilidad, especificidad, valor predictivo positivo y valor predictivo negativo alcanzado por los diferentes estudios durante el primer trimestre del embarazo para la predicción de RCIU.

	Sensibilidad	Especificidad	VPP	VPN
❖	Pacientes de bajo riesgo			
<i>Mittal N et al</i>	10-14 semanas de gestación			
IR > 0.68	75 %	78 %	-	-
IR > p95 (0.82)	25 %	100 %	-	-
<i>Handa S et al</i>	11-13 ^{†6} semanas de gestación			
IP > p95	18.75 %	91.09 %	25 %	87.62 %
<i>Velauthar L et al</i>	11-14 semanas de gestación			
IP > p90	15.4 %	93.3 %	-	-
<i>Eldeen Y Elkhol DG et al</i>	12-14 semanas de gestación			
IP > 2.65	47.36 %	85.42 %	20 %	59.47 %
IP > 2.65 + PIG > 12 pg/ml	94.73 %	89.06 %	40 %	99.54 %
<i>Cnossen JS et al</i>	Primer trimestre			
IP > p95	12 %	96 %	-	-

IR > p95 (0.70)	67 %	75 %	-	-
❖	Pacientes de alto riesgo			
Barreno Sánchez DF	12-14 semanas de gestación			
IP > p95	87.32 %	99.16 %	100 %	55 %
<i>Crossen JS et al</i>	Primer trimestre			
IP > p95	34 %	76 %	-	-

IP: índice de pulsatilidad; IR: índice de resistencia; PIG: Factor de crecimiento placentario.

Fuente: Elaboración propia basado en Eldeen Y Elkhol DG et al²³, Handa S et al⁵⁰, Crossen JS et al⁵², Barreno Sánchez DF⁵³, Velauthar et al⁵⁴, Mittal N et al⁵⁵.

Apéndice E. Tabla comparativa entre la sensibilidad, especificidad, valor predictivo positivo y valor predictivo negativo alcanzado por los diferentes estudios durante el segundo trimestre del embarazo para la predicción de RCIU.

	Sensibilidad	Especificidad	VPP	VPN
❖	Pacientes de bajo riesgo			
Afrakhteh M et al	15-20 semanas de gestación			
IP > p95	48.8 %	90.7 %	58 %	86.9 %
IR > p95	77.2 %	89.6 %	47.2 %	97 %
Hernández Gonzales PT et al	18-24 semanas de gestación			
IR > 0.55	54.55 %	64.7 %	-	-
Liquidano Cerrate AM et al	18-24 semanas de gestación			
IR > 0.55	83.33 %	85.94 %	-	98.21 %
Schwarze N et al	19-22 semanas de gestación			
IR > 0.58	15 %	83 %	8 %	90 %
IR > 0.70	28 %	98 %	11 %	91 %
23-26 semanas de gestación				
IR > 0.58	6 %	88 %	7 %	97 %
IR > 0.70	33 %	95 %	28 %	93 %
19-26 semanas de gestación				
IR > 0.58	11 %	85 %	8 %	89 %
IR > 0.70	34 %	79 %	17 %	89 %
Verma D et al	22-24 semanas de gestación			
IP > p95 (1.45) o incisura protodiastolica en	45 %	84.1 %	36.8 %	94 %

ambas arterias				
Adefisan AS et al	22-26 semanas de gestación			
IP > 1.6	0 %	86.9 %	0 %	87.7 %
IR > 0.58	23.1 %	34.6 %	4.1 %	78.7 %
Crossen JS et al	Segundo trimestre			
IP > p95	18 %	95 %	-	-
IR > p95 (0.70)	16 %	91 %	-	-
❖	Pacientes de alto riesgo			
Crossen JS et al	Segundo Trimestre			
IP > p95	34 %	76 %	-	-
IR > p95 (0.70)	38 %	85 %	-	-
Sharma N et al	20-23 semanas de gestación			
IP > p95 (1.55)	59.38 %	94.14 %	32.76 %	97.97 %
	Pacientes sin riesgo especificado			
Ramírez LM	20-26 semanas de gestación			
IP > p95	60 %	82.7	15 %	93.8 %
Papageorghiou AT et al	22-24 semanas de gestación			
IP > p95 (1.63)	13.2 %	95.7 %	22.9 %	91.8 %

IP: índice de pulsatilidad; IR: índice de resistencia.

Fuente: Elaboración Propia basado en Adefisan AS et al¹⁶, Crossen JS et al⁵¹, Papageorghiou AT et al⁵⁶, Schwarze et al⁵⁷, Ramírez LM⁵⁸, Hernández Gonzales PT et al⁵⁹, Liquidano Cerrate AM et al⁶⁰, Verma D et al⁶¹, Sharma N et al⁶².

GLOSARIO

1. Angulo de insonación: es el ángulo formado por el haz de ultrasonido y la estructura en movimiento (glóbulos rojos). De forma que se pueda obtener una velocidad media fiable, el ángulo deberá de encontrarse entre los 45 ° y 60 ° grados.³³
2. Asfixia Fetal: es la agresión producida al feto por la falta de oxígeno y/o perfusión tisular. El término generalmente se reserva para situaciones graves en las cuales existe un daño tisular importante o en donde se produce la muerte.^{64,65}
3. Biometría fetal: serie de mediciones por ultrasonido de los segmentos corporales del feto. Su aplicación permite evaluar el crecimiento y desarrollo fetal.⁶⁶
4. Edad gestacional: número de días transcurridos desde el primer día de la última menstruación.⁶⁷
5. Especificidad: La especificidad corresponde a la capacidad de la prueba diagnóstica para identificar correctamente a los sujetos que no presentan la enfermedad. Es decir la capacidad de la prueba para descartar la enfermedad.^{68,69}
6. Falso negativo: prueba negativa en un sujeto que si presenta la enfermedad.⁶⁸
7. Falso positivo: prueba positiva en un sujeto que no presenta la enfermedad.⁶⁸
8. Hipoxia Fetal: disminución del aporte de oxígeno y/o perfusión tisular adecuada hacia el compartimiento fetal.⁶⁴
9. ISORH: esta condición consiste en la producción y liberación anticuerpos maternos hacia un antígeno de membrana de los eritrocitos fetales, como consecuencia de una incompatibilidad RH. Los eritrocitos fetales serán destruidos por el sistema retículo endotelial, posterior a la reacción antígeno-anticuerpo.⁷⁰
10. Perfil Biofísico: es una prueba que permite evaluar el bienestar fetal. El perfil biofísico se basa en la observación ecográfica de los movimientos respiratorios fetales, movimientos corporales, tono fetal, reactividad de la frecuencia cardiaca fetal, y medición del volumen de líquido amniótico.⁷¹
11. Registro Cardiotopográfico (RGCT): registro electrónico continuo de la frecuencia cardiaca fetal y de las contracciones uterinas por medio de unos transductores de ultrasonido. Su aplicación permite evaluar el bienestar fetal posterior a la semana 26 de gestación.⁷²
12. Sensibilidad: la sensibilidad corresponde a la capacidad de la prueba diagnóstica para identificar correctamente a los sujetos que presentan la enfermedad. Es decir, la capacidad de la prueba para identificar la enfermedad.^{68,69}

13. TORCH: acrónimo que hace referencia a un grupo de microorganismos patógenos capaces de causar una infección intrauterina o una infección al recién nacido a su paso por el canal vaginal al momento del parto. El grupo de microorganismos comprende: toxoplasma, sífilis, rubeola, citomegalovirus y herpes simple.⁷³
14. Valor predictivo negativo (VPN): el VPN corresponde a la probabilidad de que el sujeto no presente la enfermedad dado que la prueba haya resultado negativa. Es decir, la proporción de pacientes con una prueba negativa que efectivamente no tienen la enfermedad.^{68,69}
15. Valor predictivo positivo (VPP): el VPP corresponde a la probabilidad de que el sujeto presente la enfermedad dado que la prueba haya resultado positiva. Es decir, la proporción de pacientes con una prueba positiva que efectivamente tienen la enfermedad.^{68,69}