



Doppler de arteria hepática y asociación con crecimiento fetal restringido

Dres. Daniel Márquez Contreras¹, Juan Andrés Pérez Wulff¹, María Amparo Riani²,
 Carlos Lugo², Stefanía Robles³, Jonel Di Muro⁴.

¹Profesor Posgrado Perinatología. Hospital Universitario de Caracas, Universidad Central de Venezuela. ² Profesor Posgrado Obstetricia y Ginecología. Hospital "Dr. Domingo Luciani". Caracas, Universidad Central de Venezuela. ³ Profesor Posgrado Obstetricia y Ginecología. Hospital "Dr. Miguel Pérez Carreño". Caracas, Universidad Central de Venezuela. ⁴ Docente colaborador. Posgrado de Obstetricia y Ginecología. Universidad de Oriente.

RESUMEN

Objetivo: Relacionar los valores del índice de pulsatilidad y velocidad sistólica máxima de la arteria hepática en fetos de 11 a 13 semanas más 6 días, con el crecimiento fetal restringido en gestantes evaluadas en la Unidad de Perinatología UNIFEM.

Métodos: Se incluyeron 390 gestantes, 329 culminaron el estudio, con seguimiento hasta la resolución obstétrica. Las participantes se dividieron en dos grupos: Grupo 1 (grupo de estudio): 11 embarazadas con alteración del índice de pulsatilidad y/o velocidad sistólica máxima de la arteria hepática fetal; y Grupo 2 (grupo control): 318 pacientes con parámetros normales al doppler de la arteria hepática.

Resultados: Se observó una correlación estadísticamente significativa entre un índice de pulsatilidad de la arteria hepática inferior a 1,66 (0,58 – 2,11) y el diagnóstico de crecimiento fetal restringido. Esta asociación no se evidenció con el incremento de la velocidad sistólica máxima de la arteria hepática. La disminución del índice de pulsatilidad mostró una sensibilidad del 64 %; especificidad 96 %, valor de predicción positivo de 37 % y negativo de 99 %; con un cociente de probabilidad positivo de 16 y un cociente de probabilidad negativo de 0,38.

Conclusiones: La disminución del índice de pulsatilidad de la arteria hepática fetal constituye un marcador efectivo en la predicción de crecimiento fetal restringido. Sin embargo, su principal aplicación clínica radica en la escasa probabilidad de afectación del crecimiento fetal en aquellos fetos que cursaron con índice de pulsatilidad de la arteria hepática normal en primer trimestre.

Palabras clave: Arteria hepática, Doppler, Índice de pulsatilidad, Velocidad pico sistólico, Crecimiento fetal restringido.

Hepatic artery doppler and association with restricted fetal growth

ABSTRACT:

Objective: To relate the values of the pulsatility index and maximum systolic velocity of the hepatic artery in fetuses aged 11 to 13 weeks plus 6 days, with restricted fetal growth in pregnant women evaluated at the UNIFEM Perinatology Unit.

Methods: A total of 390 pregnant women were included, 329 of whom completed the study, with follow-up until obstetric resolution. The participants were divided into two groups: Group 1 (study group): 11 pregnant women with alteration of the pulsatility index and/or maximum systolic velocity of the fetal hepatic artery; and Group 2 (control group): 318 patients with normal parameters on the Doppler of the hepatic artery.

Results: A statistically significant correlation was observed between a hepatic artery pulsatility index of less than 1.66 (0.58 – 2.11) and the diagnosis of fetal growth restriction. This association was not evidenced with the increase in the maximum systolic velocity of the hepatic artery. The decrease in the pulsatility index showed a sensitivity of 64%; specificity 96%, positive predictive value of 37% and negative prediction value of 99%. with a positive probability ratio of 16 and a negative probability ratio of 0.38.

Conclusion: Decreased fetal hepatic artery pulsatility index is an effective marker in the prediction of restricted fetal growth. However, its main clinical application lies in the low probability of fetal growth impairment in those fetuses that presented with a normal hepatic artery pulsatility index in the first trimester.

Keywords: Hepatic artery, Doppler, Pulsatility index, Stroke peak velocity, Restricted fetal growth.

Forma de citar este artículo: Márquez Contreras D, Pérez Wulff JA, Riani MA, Lugo C, Robles S, Di Muro J. Doppler de arteria hepática y asociación con crecimiento fetal restringido. Rev Venez Ultrason Med. 2023; NS3(3): 10-16. DOI: 10.57097/REVUM.2023.3.3.2

Dirección para correspondencia: Daniel Márquez C. Correo: danielmarquez33@gmail.com.

INTRODUCCIÓN

Con el uso de la ecografía de alta resolución, el diagnóstico prenatal de alteraciones estructurales y del crecimiento fetal se realiza cada vez más precozmente. El ultrasonido permite realizar estudios de investigación en relación con nuevos marcadores que resultarían útiles en la predicción de mal pronóstico perinatal.

Las alteraciones del crecimiento fetal son causa importante de morbilidad perinatal, por tanto, se han establecido métodos cada vez más precisos de diagnóstico prenatal e identificación de población de riesgo (1). A la fecha, es bien conocida la utilidad del *doppler* de las arterias uterinas maternas como estrategia de tamizaje para el crecimiento fetal restringido (CFR), dentro del espectro de la mal-adaptación vascular, que también comprende a los trastornos hipertensivos del embarazo (THE) y el desprendimiento prematuro de placenta normoinsera (DPPNI) (2, 3). Dada la necesidad de encontrar nuevos instrumentos ecográficos, que permitan apoyar a los ya existentes, se insiste en la búsqueda de elementos capaces de señalar a aquellos fetos con riesgo de presentar alteraciones en su potencial de crecimiento.

En vida fetal, el hígado es un órgano vital, dada su actividad metabólica y hematopoyética. Normalmente, más del 90 % de la sangre que suplementa al hígado proviene de la vena umbilical y venas portales; y menos del 10 % depende de la arteria hepática, la cual surge, en la mayoría de los fetos, del tronco celíaco, rama directa de la aorta descendente y con menor frecuencia (18 %) de la arteria mesentérica superior. En fetos en el primer trimestre, este vaso es visto en continuidad con el tronco celíaco, con un recorrido en dirección súpero-anterior hacia el ductus venoso, con el cual tiene un contacto íntimo (4).

En hipoxemia fetal hay un incremento de la fracción del flujo de sangre venosa umbilical hacia el corazón a través del ductus venoso, con la disminución consecuente de la sangre que suplementa al hígado. Reducida la perfusión hepática, hay acumulación de adenosina, la cual actúa directamente sobre la arteria hepática y causa vasodilatación con incremento compensatorio de riesgo sanguíneo hepático. Esta respuesta buffer de la arteria hepática apunta a mantener la perfusión del hígado fetal bajo condiciones adversas (5).

Se han reportado estudios sobre arteria hepática y el comportamiento de sus valores de índice de pulsatilidad (IP) y velocidad sistólica máxima (VSM) en fetos normales y con patologías cromosómicas, además de su asociación con pronóstico perinatal adverso. Sin embargo, muy pocas investigaciones han reportado el impacto de este marcador en la detección de riesgo de CFR.

El presente estudio se realizó con el objetivo de relacionar las alteraciones del IP y la VSM de la arteria hepática en fetos de 11 a 13 semanas más 6 días con la restricción del crecimiento fetal.

MÉTODOS

Se realizó un estudio observacional, prospectivo, de corte transversal, que incluyó a 390 gestantes con edad gestacional comprendida entre 11 y 13 semanas más 6 días, que acudieron a la Unidad de Perinatología UNIFEM, en Caracas, Venezuela, durante el período enero de 2020 a julio de 2022. Del total de pacientes incluidas, se completó el seguimiento hasta el término en 329 de ellas. Las participantes se dividieron en dos grupos: Grupo 1 (grupo de estudio): 11 gestantes con *doppler* alterado de arteria hepática fetal. Grupo 2 (grupo control): 318 pacientes con flujometría *doppler* hepática fetal normal.

Los datos fueron analizados utilizando SPSS versión 22.0. Los mismos se probaron para la distribución normal utilizando la prueba de Shapiro-Walk. Los datos cuantitativos se expresaron como media $\pm$ DS. Un valor de $p < 0,05$ se consideró estadísticamente significativo. Cada feto fue examinado para determinar el flujo de la arteria hepática midiendo el IP de la arteria y la VSM, de acuerdo con el método descrito por Zvanca y cols. (6). Se utilizó un equipo Mindray DC8, con transductor transabdominal multifrecuencial de 3,5 – 7 MHz y se cuantificaron los parámetros de flujo sanguíneo en ausencia de movimientos fetales (Figura 1). Además, se debían cumplir las siguientes condiciones, establecidas por la Fundación de Medicina Fetal (FMF) (7):

1. Aumento de la imagen hasta abarcar tórax y abdomen fetal.
2. *Doppler* color que permita evidenciar la vena cava inferior, el conducto venoso y la arteria hepática.
3. Volumen de la muestra: 1,0 mm colocado sobre la arteria hepática, evitando contaminación con vasos circunvecinos.

4. Ángulo de isonación $< 30^\circ$

5. Filtro de pared (WF) ajustado a 120 Hz.

6. Velocidad de barrido: 2 – 3 cm/s.

7. Frecuencia de repetición de pulsos: 2,2 – 3,3 Hz.

Se estimó el peso fetal en cada consulta sucesiva, con seguimiento seriado de los fetos con peso estimado inferior a percentil (P) 10 a través de pruebas de vigilancia fetal (*doppler* y monitoreo fetal no estresante).

Un resultado exitoso del embarazo se definió como un nacido vivo a término, > 37 semanas de gestación, con crecimiento fetal $> P 10$, sin defectos congénitos ni aneuploidías.

RESULTADOS

Se compararon los grupos CFR (estudio) con los fetos que cursaron con crecimiento normal (control) de acuerdo con los datos epidemiológicos

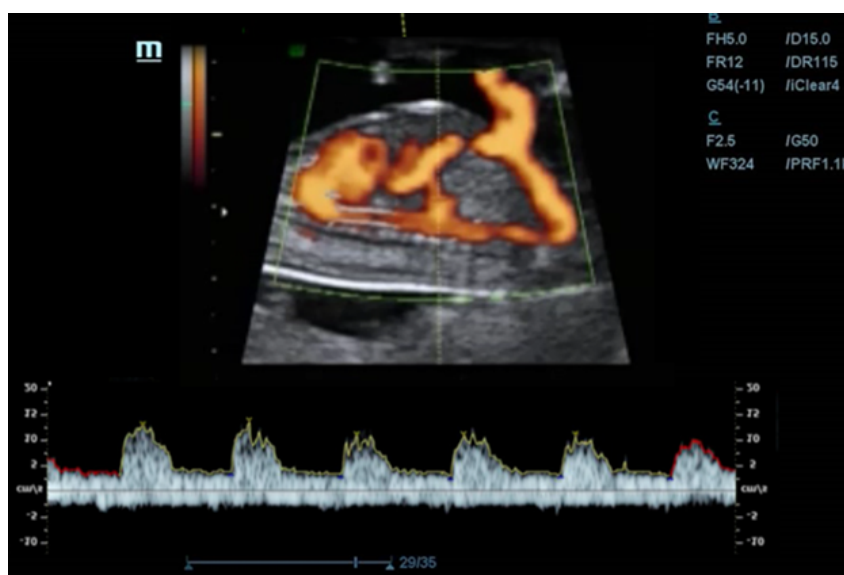


Figura 1. Evaluación *doppler* de arteria hepática fetal.

pertinentes, tales como edad materna, paridad, índice de masa corporal (IMC), edad gestacional al nacer, peso fetal al momento del nacimiento y permanencia en cuidados intensivos neonatales (UTIN). No hubo diferencias significativas entre los grupos al comparar la edad cronológica de las gestantes, paridad e IMC. Por su parte, en el grupo CFR se evidenció menor edad gestacional al nacer, peso más bajo al momento del nacimiento y mayor necesidad de ingreso a UTIN (tabla 1).

En la evaluación ecográfica del primer trimestre no se encontraron diferencias en el valor de la translucencia nuchal (TN), ductus venoso (IP DV) ni en la velocidad sistólica máxima de la arteria hepática (VSM AH). Al calcular el índice de pulsatilidad de la arteria hepática fetal (IP AH) se observó diferencia con significancia estadística entre ambos grupos, registrando valores más bajos en el grupo que posteriormente desarrollaría CFR (Tabla 2).

En el estudio hemodinámico *doppler* del segundo trimestre, se compararon de manera individual los índices semicuantitativos de velocimetría *doppler* entre ambos grupos, específicamente el índice de pulsatilidad de la arteria umbilical libre (IP AU) y de la arteria cerebral media (IP ACM). De igual forma se establecieron comparaciones entre el índice cerebro/placentario (ICP) y el ductus venoso (IP DV). Del total de casos patológicos ($n = 11$), 7 de ellos (63,6 %) desarrollaron CFR; 6 casos (85,7 %) se encontraban en estadio I según la clasificación de Barcelona (8) y 1 (14,3 %) en estadio II. Se encontró diferencia estadísticamente significativa entre los grupos, en el comportamiento del IP AU, IP ACM e ICP. El IP DV no mostró diferencia significativa (Tabla 3).

Al realizar el cálculo de indicadores de pruebas diagnósticas (Tabla 4), se obtuvo una sensibilidad de 64 %, especificidad 96 %, VPP 37 %, VPN 99 %, cociente de probabilidad positivo de 16 y

Tabla 1. Datos epidemiológicos

	CFR (Media $\pm$ DS) n=11	Crecimiento normal (Media $\pm$ DS) n=318	p
Edad Materna (años)	27,55 $\pm$ 5,18	28,36 $\pm$ 5,04	0,67
Paridad	1,62 $\pm$ 1,37	1,58 $\pm$ 1,44	0,70
IMC (g/m ²)	22,09 $\pm$ 2,57	22,51 $\pm$ 2,41	0,66
EG al nacer (sem)	35, 16 $\pm$ 1,82	38,11 $\pm$ 1,09	0,038
PAN (g)	1803,24 $\pm$ 512	2796 $\pm$ 593	< 0,0033
UTIN (días)	7,05 $\pm$ 6,62	1,84 $\pm$ 2,27	< 0,001

IMC: Índice de masa corporal. EG: Edad gestacional. PAN: Peso al nacer. UTIN: Unidad de terapia intensiva neonatal. CFR: crecimiento fetal restringido.

Tabla 2. Evaluación ecográfica del primer trimestre

	CFR (Media $\pm$ DS) n=11	Crecimiento normal (Media $\pm$ DS) n=318	p
TN	1,79 (1,42-2,19)	1,67 (1,38-2,05)	0,57
IP DV	1,22 (0,59-2,27)	1,14 (0,52-2,15)	0,61
IP AH	1,66 (0,58-2,11)	1,84 (0,76-2,49)	< 0,0037
VSM AH	15,83 (8,85-29,17)	16,12 (9,04-31,33)	0,56

TN: Translucencia nuchal. IP DV: Índice de pulsatilidad del ductus venoso. IP AH: Índice de pulsatilidad de la arteria hepática. VSM AH: Velocidad sistólica máxima de la arteria hepática. CFR: crecimiento fetal restringido. IC: Intervalo de confianza.

Tabla 3. Evaluación ecográfica del segundo trimestre

	CFR (Media $\pm$ DS) n=11	Crecimiento normal (Media $\pm$ DS) n=318	p
IP AU	1,28 (0,93-3,01)	0,86 (0,63-1,34)	< 0,0022
IP ACM	0,93 (0,45-1,98)	1,57 (0,63-7,19)	< 0,0054
ICP	0,91 (0,41-2,07)	1,22 (0,95-2,42)	< 0,0049
IP DV	13,27 (8,14-25,83)	14,65 (8,81-34,73)	0,68

IP AU: Índice de pulsatilidad de la arteria umbilical. IP ACM: Índice de pulsatilidad de la arteria cerebral media. ICP: Índice cerebro/placentario. IP DV: Índice de pulsatilidad del ductus venoso. CFR: crecimiento fetal restringido. IC: intervalo de confianza.

Tabla 4. Cálculo de indicadores de pruebas diagnósticas, asociación entre IP AH y CFR

Indicador	%
Sensibilidad	64
Especificidad	96
Valor predictivo positivo	37
Valor predictivo negativo	99
Cociente de probabilidad positivo	16
Cociente de probabilidad negativo	38

IP AH: Índice de pulsatilidad de la arteria hepática. CFR: Crecimiento fetal restringido.

un cociente de probabilidad negativo de 0,38; demostrando que existe asociación entre la disminución del IP AH y el desarrollo de CFR. Sin embargo, su principal aplicación clínica radica en la escasa probabilidad de afectación del crecimiento fetal en aquellos fetos que cursaron con IP AH normal en primer trimestre.

DISCUSIÓN

Múltiples estudios han comparado las diferencias biométricas y hemodinámicas que existen entre fetos con alteración en su crecimiento intrauterino y aquellos que expresan de manera adecuada su potencial genético de crecimiento (9, 10). De igual forma, las guías de manejo en CFR son de consulta frecuente en medicina materno-fetal, ya que permiten una adecuada estadificación del deterioro hemodinámico y la toma de decisiones oportunas en materia de resolución obstétrica. En este estudio, las características epidemiológicas

entre ambos grupos no mostraron diferencias significativas. Al comparar los parámetros biométricos y hemodinámicos entre fetos normales y con CFR se obtuvo significancia estadística en la biometría fetal, IP AU, IP ACM e ICP; en concordancia a lo reportado por grupos referenciales como Barcelona (8), Colegio Americano de Obstetras y Ginecólogos (ACOG) (11), Fundación de Medicina Fetal (FMF) (7) y Federación Latinoamericana de Sociedades de Obstetricia y Ginecología (FLASOG) (13).

Sin embargo, con la intención de incrementar la sensibilidad diagnóstica de la disfunción hemodinámica fetal, se han planteado nuevos marcadores vasculares susceptibles de evaluación mediante la herramienta del *doppler*. Así, la arteria hepática (AH) fetal ha sido incorporada al tamizaje flujométrico del primer trimestre, como marcador de riesgo de cromosopatías y pronóstico perinatal adverso (14, 15).

En esta línea de investigación, Tongprasert y cols. (16) estudiaron la hepatometría fetal entre las 14 y 40 semanas, permitiendo obtener nomogramas susceptibles de ser comparados con fetos patológicos o con alteración de su crecimiento. Chang y cols. (17) estudiaron los casos de CFR y compararon el tamaño del hígado fetal con el de fetos normales, reportando una sensibilidad del 97,6 %, y una especificidad del 93,6 %, en la predicción de alteración del crecimiento fetal, empleando la biometría hepática como único marcador.

Por su parte, Bilardo y cols. (18) estudiaron el comportamiento de 59 fetos, a 34 de los cuales se les realizó cariotipo por translucencia nual aumentada. En este subgrupo, evidenciaron que el IP AH fue significativamente menor. En este orden de ideas, Zvanca y cols. (6) evaluaron 330 fetos de alto riesgo que fueron a biopsia de vellosidades coriales, de los cuales 47 resultaron ser portadores

de trisomía 21. Este grupo presentó una VSM AH incrementada y un IP AH disminuido, hallazgos asociados además con regurgitación tricuspídea alterada y ductus venoso reverso, destacando la importancia de la AH en la predicción de pronóstico perinatal adverso.

En Latinoamérica, Molina y cols. (19) estudiaron el hígado fetal de 119 pacientes con edad gestacional comprendida entre 24-34 empleando la herramienta 3D. Encontraron una reducción significativa en el volumen hepático en fetos con CFR en comparación con los casos normales.

Con relación a la evaluación hemodinámica, Samson y cols. (20), estudiaron 33 casos con CFR, evidenciando una disminución significativa del IP AH en el 66 % de los crecimientos fetales anormales y sugirieron que existe una menor resistencia vascular hepática arterial y, en consecuencia, un aumento del flujo sanguíneo de la arteria hepática en fetos con CFR. Estos hallazgos concuerdan con los obtenidos en el presente estudio. Por su parte, Ebbing y cols. (21) reportaron vasodilatación de las arterias hepática y esplénica (IP disminuido) en fetos con CFR y *doppler* umbilical alterado, en probable relación con un aumento de la derivación de la sangre umbilical a través del conducto venoso hacia el corazón y una menor distribución del flujo umbilical hacia el hígado, hallazgos concordantes con esta investigación. En Venezuela, Araujo y cols. (22) evaluaron el rol hemodinámico del istmo aórtico fetal y sus implicaciones en la redistribución del flujo vascular hepático en fetos con crecimiento restringido, estableciendo su asociación con resultados perinatales desfavorables.

Finalmente, Czuba y cols. (23) reportaron asociación directa entre el flujo arterial hepático fetal y el pronóstico perinatal adverso, principalmente asociado a riesgo de aneuploidías y alteración de la hematopoyesis hepática.

El estudio hemodinámico del hígado fetal mediante la herramienta *doppler* brinda la oportunidad de evaluar la adaptación fetal a la hipoxia y el compromiso de un órgano importante, desde el punto de vista hemodinámico, hematopoyético y metabólico, con repercusión directa en la homeostasis fetal, su potencial de crecimiento y pronóstico perinatal.

Se concluye que esta condición permite demostrar que la disminución de la resistencia del flujo de la arteria hepática fetal en primer trimestre se puede observar en asociación con resultados desfavorables, estuvo presente en un importante número de fetos que desarrollaron CFR, por lo que puede ser considerado como un signo ominoso, que anticipará la reducción del perímetro abdominal por redistribución central del flujo sanguíneo, activación de mecanismos hemodinámicos compensatorios fetales, riesgo de cromosomopatías y compromiso de su potencial genético de crecimiento.

CONFLICTO DE INTERES: no se declaran conflictos de interés por los autores.

REFERENCIAS

1. Hirsch L, Melamed N. Fetal growth velocity and body proportion in the assessment of growth. *Am J Obstet Gynecol.* 2018;218: S700-S11.e1. DOI: 10.1016/j.ajog.2017.12.014.
2. Lees CC, Stampalija T, Baschat A, 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.* 2020; 56:298-312. DOI: 10.1002/uog.22134.
3. Veerabathini MK, Mohanthy SS, Mukherjee N, Adarsh A, Kumar BA, Shankar G. Role of colour Doppler in evaluation of intrauterine growth retardation. *IJCMSR.* 2020;5(1):A148-A152. DOI: 10.21276/ijcmsr.2020.5.1.32.

4. Karagiannis G, Akolekar R, Sarquis R, Wright D, Nicolaides KH. Prediction of small-for-gestation neonates from biophysical and biochemical markers at 11-13 weeks. *Fetal Diagn Ther.* 2011;29(2):148-54. DOI: 10.1159/000321694.
5. Kunisaki SM, Azpurua H, Fuchs JR, Graves SC, Zurakowski D, Fauza DO. Fetal hepatic haematopoiesis is modulated by arterial blood flow to the liver. *Br J Haematol.* 2006;134(3):330-2. DOI: 10.1111/j.1365-2141.2006.06183.x.
6. Zvanca M, Gielchinsky Y, Abdeljawad F, Bilardo CM, Nicolaides KH. Hepatic artery Doppler in trisomy 21 and euploid fetuses at 11-13 weeks. *Prenat Diagn.* 2011;31(1):22-7. DOI: 10.1002/pd.2664.
7. Nicolaides KH. Turning the pyramid of prenatal care. *Fetal Diagn Ther.* 2011;29(3):183-96. doi: 10.1159/000324320.
8. Figueras F, Gratacós E. Update on the diagnosis and classification of fetal growth restriction and proposal of a stage-based management protocol. *Fetal Diagn Ther.* 2014;36(2):86-98. doi: 10.1159/000357592.
9. Maiz N, Valencia C, Kagan KO, Wright D, Nicolaides KH. Ductus venosus Doppler in screening for trisomies 21, 18 and 13 and Turner syndrome at 11-13 weeks of gestation. *Ultrasound Obstet Gynecol.* 2009;33(5):512-7. DOI: 10.1002/uog.6330.
10. Novac MV, Iliescu DG, Tudorache S, Manolea M, Meetesu RE, Vrabie S, *et al.* Ultrasound Evaluation of Fetal Biometry and Doppler Parameters in the Third Trimester of Pregnancy Suspected of Intrauterine Growth Restriction. *Curr Health Sci J.* 2018;44(1):23-28. DOI: 10.12865/CHSJ.44.01.04.
11. Fetal Growth Restriction: ACOG Practice Bulletin, Number 227. *Obstet Gynecol.* 2021;137(2):e16-e28. DOI: 10.1097/AOG.0000000000004251.
12. Lobmaier SM, Mensing van Charante N, Ferrazzi E, Giussani DA, Shaw CJ, Müller A, *et al.*; TRUFFLE investigators. Phase-rectified signal averaging method to predict perinatal outcome in infants with very preterm fetal growth restriction- a secondary analysis of TRUFFLE-trial. *Am J Obstet Gynecol.* 2016;215(5):630.e1-630.e7. DOI: 10.1016/j.ajog.2016.06.024.
13. Pérez Wulff J, Márquez Contreras D, Muñoz H, Solís Delgado A, Otaño L, Ayala Hung V. Restricción de Crecimiento Intrauterino. FLASOG, Guía Clínica; 2013;2 [Internet] 2013 [consultado el 20 de enero de 2024]. Disponible en: <https://es.slideshare.net/slideshow/guia-clinicaderestricciondelcrecimientointrauterino2013-75481975/754819752013.pdf>.
14. Garcia-Flores J, Cruceyra M, Cañamares M, Garicano A, Nieto O, Tamarit I. Predictive value of fetal hepatic biometry for birth weight and cord blood markers in gestational diabetes. *J Perinatol.* 2016;36(9):723-8. DOI: 10.1038/jp.2016.72.
15. Kilavuz O, Vetter K. Is the liver of the fetus the 4th preferential organ for arterial blood supply besides brain, heart, and adrenal glands? *J Perinat Med.* 1999;27(2):103-6. DOI: 10.1515/JPM.1999.012.
16. Tongprasert F, Srisupundit K, Luewan S, Tongsong T. Normal length of the fetal liver from 14 to 40 weeks of gestational age. *J Clin Ultrasound.* 2011;39(2):74-7. DOI: 10.1002/jcu.20756.
17. Chang CH, Yu CH, Ko HC, Chen CL, Chang FM. Predicting fetal growth restriction with liver volume by three-dimensional ultrasound: efficacy evaluation. *Ultrasound Med Biol.* 2006;32(1):13-7. DOI: 10.1016/j.ultrasmedbio.2005.09.002.
18. Bilardo CM, Timmerman E, De Medina PG, Clur SA. Low-resistance hepatic artery flow in first-trimester fetuses: an ominous sign. *Ultrasound Obstet Gynecol.* 2011;37(4):438-43. DOI: 10.1002/uog.7766.
19. Molina Giraldo S, Alfonso Ayala DA, Arreaza Graterol M, Perez Olivo JL, Solano Montero AF. Three-dimensional Doppler ultrasonography for the assessment of fetal liver vascularization in fetuses with intrauterine growth restriction. *Int J Gynaecol Obstet.* 2019;144(3):260-264. DOI: 10.1002/ijgo.12715.
20. Samson J, De Leon-Luis J, Meyer N, Santolaya J, Uhlmann R, Mari G. Hepatic artery Doppler in IUGR fetuses. *Am J Obstet Gynecol.* 2009;201(6): S146. DOI: 10.1016/j.ajog.2009.10.393.
21. Ebbing C, Rasmussen S, Godfrey KM, Hanson MA, Kiserud T. Redistribution pattern of fetal liver circulation in intrauterine growth restriction. *Acta Obstet Gynecol Scand.* 2009;88(10):1118-23. DOI: 10.1080/00016340903214924.
22. Araujo-Vargas K, Guevara Y, Veroes J, Márquez-Contreras D, Pérez-Wulff J, Lugo C, Di Muro. Onda de velocidad de flujo del istmo aórtico en fetos con crecimiento intrauterino restringido. *RevUM [Internet].* 2021; 1(1):16-34. Disponible en: [https://avum.org/2021_1_1/6AO_2021_1\(1\).pdf](https://avum.org/2021_1_1/6AO_2021_1(1).pdf).
23. Czuba B, Tousty P, Cnota W, Borowski D, Jagielska A, Dubiel M, *et al.* First-Trimester Fetal Hepatic Artery Examination for Adverse Outcome Prediction. *J Clin Med.* 2022;11(8):2095. DOI: 10.3390/jcm11082095.

Recibido: 12 de febrero de 2024

Aprobado: 30 de marzo 2025