

03

ROL DEL ÍNDICE

**CEREBROPLACENTARIO Y DOPPLER DE LA ARTERIA
UTERINA EN EL DIAGNÓSTICO Y PRONÓSTICO DE LA
RESTRICCIÓN DEL CRECIMIENTO FETAL**

ROL DEL ÍNDICE

CEREBROPLACENTARIO Y DOPPLER DE LA ARTERIA UTERINA EN EL DIAGNÓSTICO Y PRONÓSTICO DE LA RESTRICCIÓN DEL CRECIMIENTO FETAL

ROLE OF THE CEREBROPLACENTAL RATIO AND UTERINE ARTERY DOPPLER IN THE DIAGNOSIS AND PROGNOSIS OF FETAL GROWTH RESTRICTION

Patricio Martin Reyes-Játiva¹

E-mail: ui.patriciorj12@uniandes.edu.ec

ORCID: <https://orcid.org/0009-0001-7574-8422>

Esther de los Dolores Jiménez-Andrade¹

E-mail: ui.estherja25@uniandes.edu.ec

ORCID: <https://orcid.org/0009-0004-0886-2307>

Washington Omar Guevara-Pérez¹

Email: ui.washingtongp68@uniandes.edu.ec

ORCID: <https://orcid.org/0009-0006-8691-1471>

¹ Universidad Regional Autónoma de Los Andes, Ibarra. Ecuador.

Cita sugerida (APA, séptima edición)

Reyes-Játiva, P. M., Jiménez-Andrade, E. D., & Guevara-Pérez, W. O. (2025). Rol del índice cerebroplacentario y doppler de la arteria uterina en el diagnóstico y pronóstico de la restricción del crecimiento fetal. *Revista Metropolitana de Ciencias Aplicadas*, 8(S1), 26-31.

RESUMEN

El presente estudio tuvo como objetivo evaluar la precisión del índice cerebroplacentario (ICP) y el Doppler de la arteria uterina en la predicción de resultados perinatales adversos en casos de restricción del crecimiento fetal (RCF). Se realizó una revisión bibliográfica de estudios publicados desde 2014, obtenidos de bases de datos como PubMed y EMBASE, centrándose en cohortes y estudios transversales que analizaran la relación entre estos parámetros Doppler y los resultados perinatales. Los resultados mostraron que el ICP tuvo una precisión moderada a alta para predecir la muerte perinatal, con una sensibilidad y especificidad combinadas del 93% y 76%, respectivamente. Sin embargo, su precisión fue baja para otros resultados adversos, como la cesárea de emergencia o la acidosis neonatal. El Doppler de la arteria uterina, por sí solo, detectó menos del 40% de los casos de RCF, pero su combinación con otros parámetros mejoró la precisión predictiva. Se concluye que el ICP y el Doppler de la arteria uterina son herramientas útiles en el diagnóstico y pronóstico de la RCF, aunque se necesitan más estudios para evaluar su impacto en el desarrollo neurológico fetal.

Palabras clave:

Restricción del crecimiento fetal, índice cerebroplacentario, doppler de arteria uterina, resultados perinatales, diagnóstico prenatal, pronóstico fetal.

ABSTRACT

This study aimed to evaluate the accuracy of the cerebroplacental ratio (CPR) and uterine artery Doppler in predicting adverse perinatal outcomes in cases of fetal growth restriction (FGR). A literature review of studies published since 2014 was conducted, using databases such as PubMed and EMBASE, focusing on cohort and cross-sectional studies that analyzed the relationship between these Doppler parameters and perinatal outcomes. The results showed that CPR had moderate to high accuracy for predicting perinatal death, with pooled sensitivity and specificity of 93% and 76%, respectively. However, its accuracy was low for other adverse outcomes, such as emergency cesarean section or neonatal acidosis. Uterine artery Doppler alone detected less than 40% of FGR cases, but its combination with other parameters improved predictive accuracy. It is concluded that CPR and uterine artery Doppler are useful tools in the diagnosis and prognosis of FGR, although further studies are needed to assess their impact on fetal neurodevelopment.

Keywords:

Fetal growth restriction, cerebroplacental ratio, uterine artery doppler, perinatal outcomes, prenatal diagnosis, fetal prognosis.

INTRODUCCIÓN

La restricción del crecimiento fetal (RCF) es una de las complicaciones más comunes en la etapa perinatal. Se define como la incapacidad del feto para alcanzar su potencial de crecimiento, con un peso estimado por debajo del percentil 10 para la edad gestacional o menos de 2500 g después de las 37 semanas (Yu et al., 2021). Esta condición, que afecta hasta al 10% de los embarazos, es una de las principales causas de morbilidad y mortalidad infantil, con tasas de mortalidad fetal que aumentan entre 6 y 8 veces (Martins et al., 2020). Los bebés pequeños para la edad gestacional (PEG) representan del 28% al 45% de los mortinatos no anómalos, la mayoría de los cuales ocurren después de la semana 34 y están asociados con insuficiencia uteroplacentaria, retraso en el desarrollo neurológico y enfermedades metabólicas (McCowan et al., 2019). Distinguir entre RCF y PEG es crucial, ya que los fetos con RCF tienen un riesgo 3 a 4 veces mayor de muerte fetal, especialmente en embarazos a término (MacDonald et al., 2019).

El diagnóstico temprano y el manejo adecuado son esenciales para mejorar los resultados perinatales. El Doppler de la arteria uterina y el índice cerebroplacentario (ICP) han surgido como herramientas prometedoras para la detección de RCF. Sin embargo, su precisión predictiva y su correlación con resultados adversos aún no están completamente claras (Pedroso et al., 2019). Mientras que el Doppler de la arteria umbilical (UA) ha sido tradicionalmente el estándar para identificar RCF, su utilidad se limita a casos graves de enfermedad placentaria, dejando sin detectar casos leves o de aparición tardía (7, 8). Por otro lado, el ICP, que combina la resistencia placentaria y cerebral, ha demostrado ser más sensible para predecir hipoxia fetal y resultados adversos (Valiño et al., 2019; Flatley et al., 2020).

Si bien el tamaño fetal general se asocia con un peor resultado, la evidencia clínica sugiere que existen, al menos, dos grupos de fetos pequeños: Restricción de Crecimiento Fetal (RCF) y pequeño para la edad gestacional constitucional (PEG). La RCF se refiere a fetos con mayor riesgo de deterioro fetal intraútero, muerte fetal y peores resultados perinatales, mientras que el PEG describe fetos pequeños sin signos de adaptación a un ambiente anormal y con resultados similares a los de fetos de crecimiento normal (Gordijn et al., 2016). La distinción entre RCF y PEG es clínicamente relevante, ya que los fetos con RCF requieren un manejo más activo, mientras que los PEG no se benefician de intervenciones tempranas (Conde-Agudelo et al., 2019).

Durante casi 20 años, el Doppler de la arteria umbilical (UA) fue el estándar para identificar RCF. Sin embargo, aunque es útil para detectar casos graves de enfermedad placentaria, no identifica casos leves o de aparición tardía (Pedroso et al., 2019; Springer et al., 2023). Estudios recientes han demostrado que fetos con Doppler UA

normal (PEG) aún pueden tener peores resultados perinatales que fetos de crecimiento normal, lo que cuestiona su uso como criterio independiente para diferenciar RCF de PEG (Figueras et al., 2019; McCowan et al., 2019).

La evidencia actual sugiere que no existe un único parámetro para diferenciar RCF de PEG. El mejor candidato individual es el índice cerebroplacentario (ICP), que combina la resistencia placentaria y cerebral y es más sensible a la hipoxia fetal (Valiño et al., 2019; Flatley et al., 2020). Además, el Doppler de la arteria uterina (UtA PI) puede predecir resultados adversos incluso cuando el Doppler UA es normal, aunque su valor predictivo independiente es menor (Valiño et al., 2019). Otro predictor importante es el peso fetal estimado (PEF) muy bajo ($<p3$), que aumenta el riesgo de resultados adversos independientemente de otros parámetros.

La RCF se clasifica en temprana (<32 semanas) y tardía (≥ 32 semanas). La RCF temprana está asociada con insuficiencia placentaria grave, hipoxia crónica y altas tasas de preeclampsia (50%), mientras que la RCF tardía, aunque menos severa, sigue siendo un factor de riesgo importante para eventos hipóxicos y deterioro neurológico (Figueras et al., 2019; Springer et al., 2023). A pesar de los avances en el diagnóstico mediante ecografía Doppler, las tasas de detección siguen siendo bajas, lo que contribuye a una proporción significativa de muertes fetales (Martins et al., 2020).

El Doppler UA proporciona información valiosa para el diagnóstico y pronóstico de la RCF. Un flujo diastólico final ausente o invertido se asocia con un mayor riesgo de lesión o muerte fetal, especialmente después de las 30 semanas, cuando el parto puede estar justificado (Valiño et al., 2019).

El Doppler de la arteria cerebral media (ACM) informa sobre la vasodilatación cerebral, un marcador de hipoxia. Aunque es una manifestación tardía, su combinación con el ICP mejora su sensibilidad para predecir resultados adversos (Pedroso et al., 2019).

El RCP mejora la sensibilidad del Doppler UA y ACM al combinar aumentos leves en la resistencia placentaria con reducciones en la resistencia cerebral. En fetos PEG tardíos, un RCP anormal está presente en el 20-25% de los casos y se asocia con un mayor riesgo de resultados adversos (Valiño et al., 2019).

El índice de pulsatilidad (PI) de la arteria uterina es útil para predecir RCF, aunque su precisión ha sido cuestionada. La presencia de muescas diastólicas tempranas o una relación de velocidad anormal refleja una mayor impedancia vascular y se asocia con resultados adversos (Rizzo et al., 2020).

MATERIALES Y MÉTODOS

Este estudio se basó en una revisión bibliográfica no experimental, diseñada para evaluar la precisión del índice

cerebroplacentario (RCP) y el índice de pulsatilidad de la arteria uterina (UtA PI) en la predicción de resultados perinatales adversos y/o alteraciones del desarrollo neurológico en embarazos únicos con sospecha de restricción del crecimiento fetal (RCF) diagnosticada prenatalmente mediante parámetros ecográficos.

Se realizaron búsquedas sistemáticas en las bases de datos PubMed, EMBASE, MEDLINE y LILACS, abarcando estudios publicados desde el año 2014 hasta la actualidad. Se utilizó una combinación de palabras clave y términos de texto libre relacionados con los siguientes conceptos: *Doppler, arteria uterina, relación cerebroplacentaria, restricción del crecimiento fetal, resultados perinatales adversos y desarrollo neurológico*. No se aplicaron restricciones de idioma en la selección de los estudios, con el fin de incluir la mayor cantidad de evidencia disponible.

Se incluyeron estudios que cumplieran con los siguientes criterios:

1. Estudios que informaran sobre la precisión del RCP y/o el índice de pulsatilidad de la arteria uterina para predecir resultados perinatales adversos, como muerte perinatal, cesárea por sufrimiento fetal, puntuación de Apgar baja, ingreso a la unidad de cuidados intensivos neonatales (UCIN), acidosis y morbilidad neonatales.
2. Estudios que analizaran embarazos únicos con sospecha de RCF diagnosticada prenatalmente mediante parámetros ecográficos, como el peso fetal estimado (PFE) por debajo del percentil 10 o alteraciones en los índices Doppler.

Se excluyeron los estudios que:

1. Evaluaron retrospectivamente la precisión predictiva del RCP en bebés clasificados como pequeños para la edad gestacional (PEG) o con RCF basándose únicamente en parámetros posnatales, como el peso al nacer, medidas antropométricas o hallazgos histopatológicos placentarios.
2. Analizaron el RCP en una combinación de embarazos de alto riesgo sin informar resultados específicos para embarazos con sospecha de RCF.

Los estudios identificados fueron revisados para verificar su elegibilidad según los criterios establecidos. Se priorizaron estudios de cohorte y transversales que proporcionaran datos sobre la sensibilidad, especificidad, valores predictivos y razones de verosimilitud (LR) del RCP y el UtA PI en la predicción de resultados perinatales adversos. Además, se consideraron estudios que exploraran la asociación entre estos parámetros Doppler y el desarrollo neurológico fetal.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los resultados evaluados en esta revisión incluyen: muerte perinatal, combinación de resultados

perinatales adversos (parto por cesárea por sufrimiento fetal o estado fetal no tranquilizador, puntuación de Apgar a los 5 minutos menor a 7, ingreso a la unidad de cuidados intensivos neonatales (UCIN), acidosis neonatal y lesión cerebral neonatal).

La RCP demostró una precisión predictiva de moderada a alta para la muerte perinatal, que es el resultado más crítico asociado a la insuficiencia uteroplacentaria en casos de sospecha de restricción del crecimiento fetal (RCF). Un resultado normal de RCP mostró una alta precisión para identificar fetos con bajo riesgo de muerte perinatal, reduciendo la probabilidad previa a la prueba del 2% al 0,2%. Sin embargo, la RCP tuvo una precisión predictiva baja para otros resultados perinatales adversos, como la cesárea de emergencia, la puntuación de Apgar baja, el ingreso a la UCIN, la acidosis neonatal y la lesión cerebral neonatal. A pesar de esto, un resultado anormal de RCP aumentó la probabilidad previa a la prueba de un resultado perinatal adverso del 25% al 45% (Vollgraf et al., 2019; Flatley et al., 2020).

En términos de sensibilidad y especificidad, la RCP mostró valores combinados del 93% y 76%, respectivamente, para predecir la muerte perinatal, con razones de verosimilitud (LR) positivos y negativos resumidos de 3,9 y 0,09. Para otros resultados perinatales adversos, los LR positivos y negativos variaron entre 1,1 y 2,5, y 0,3 y 0,9, respectivamente, lo que indica una precisión predictiva limitada (Valiño et al., 2019; Flatley et al., 2020).

Los análisis de subgrupos revelaron que la precisión predictiva de la RCP fue mayor en casos de RCF de inicio temprano (<32 semanas) en comparación con la RCF de inicio tardío (≥32 semanas). En la RCF temprana, se observaron anomalías en los índices Doppler de la arteria umbilical (UA) y la arteria cerebral media (MCA), lo que contribuyó a una mayor precisión de la RCP. En contraste, en la RCF tardía, las anomalías Doppler suelen limitarse a la MCA, lo que reduce la precisión predictiva de la RCP. Un análisis secundario del estudio TRUFFLE indicó que la RCP no se asoció con deterioro del desarrollo neurológico a los 2 años de edad corregida en fetos con RCF de inicio temprano (Valiño et al., 2019).

Como predictor único, el Doppler de la arteria uterina detectó menos del 50% de los casos de preeclampsia y no más del 40% de los embarazos afectados por RCF (Rizzo et al., 2020). Sin embargo, los modelos basados en regresión logística que combinan múltiples marcadores (como el UtA PI, el RCP y el peso fetal estimado) demostraron una mayor precisión, detectando aproximadamente el 75% de los casos de preeclampsia y el 55% de los embarazos que resultan en bebés pequeños para la edad gestacional (PEG) (Rizzo et al., 2020).

Un resultado anormal de RCP mostró una precisión moderada para predecir PEG al nacer, con un LR positivo resumido de 7,4 (basado en dos estudios que

incluyeron 554 fetos). En general, se estimó que los fetos con sospecha de RCF tenían una probabilidad previa a la prueba del 25% para resultados perinatales adversos, del 2% para muerte perinatal y del 90% para PEG al nacer. Un resultado anormal de RCP aumentó estas probabilidades al 45%, 7,4% y 98,5%, respectivamente, mientras que un resultado normal de RCP las redujo al 17%, 0,2% y 84% (Vollgraff et al., 2019).

Esta revisión identificó varias limitaciones en los estudios analizados. En aproximadamente dos tercios de los estudios incluidos, no se reportó información sobre el sesgo de los resultados del índice cerebroplacentario (RCP) o se omitió por completo. Aunque la mayoría de los estudios indicaron que los resultados de la RCP no se utilizaron para guiar el manejo de embarazos con sospecha de restricción del crecimiento fetal (RCF), es posible que las mujeres con resultados anormales de RCP hayan recibido un seguimiento más estrecho o intervenciones adicionales, lo que podría haber influido en los resultados observados.

Se ha planteado la hipótesis de que la RCP es una prueba más precisa para predecir resultados perinatales adversos que sus componentes individuales, el Doppler de la arteria umbilical (UA) y el Doppler de la arteria cerebral media (MCA). Al comparar las estimaciones de nuestro estudio con las reportadas en dos metaanálisis previos que evaluaron la precisión del Doppler UA y MCA, se observó que la RCP tuvo una mayor precisión predictiva para la muerte perinatal (razones de verosimilitud [LR] positivos y negativos de 3,9 y 0,09, respectivamente) en comparación con el Doppler UA (LR positivos y negativos de 2,5 y 0,3) y el Doppler MCA (LR positivos y negativos de 1,4 y 0,5). Sin embargo, para otros resultados perinatales adversos, la precisión predictiva de la RCP fue comparable a la del Doppler UA y MCA.

En embarazos de alto riesgo, la RCP demostró ser superior al Doppler UA y MCA en la predicción de una combinación de resultados perinatales adversos y parto de emergencia por sufrimiento fetal. Sin embargo, no se encontraron diferencias significativas entre la RCP y el Doppler UA o MCA en la predicción de muerte perinatal, puntuación de Apgar baja o ingreso a la unidad de cuidados intensivos neonatales (UCIN). Estos hallazgos sugieren que, aunque la RCP es útil para identificar fetos en riesgo de muerte perinatal, su precisión para otros resultados adversos es limitada.

Un estudio reciente de Vollgraff et al. (2019), evaluó la precisión de la RCP en embarazos únicos de todos los perfiles de riesgo y encontró que la RCP fue significativamente superior al Doppler UA y MCA en la predicción de resultados perinatales adversos. Sin embargo, en nuestro estudio, las estimaciones de la precisión predictiva de la RCP para embarazos con sospecha de RCF fueron inferiores a las reportadas en esa revisión. Esta discrepancia podría deberse a diferencias en las poblaciones

estudiadas, ya que nuestro análisis se centró específicamente en embarazos con sospecha de RCF, mientras que el estudio de Vollgraff et al. (2019), incluyó embarazos de todos los perfiles de riesgo.

A pesar de sus limitaciones, la RCP sigue siendo una herramienta valiosa en la evaluación de fetos con sospecha de RCF, particularmente para predecir la muerte perinatal. Sin embargo, su utilidad para otros resultados perinatales adversos es menos clara, lo que sugiere la necesidad de combinar la RCP con otros parámetros Doppler, como el índice de pulsatilidad de la arteria uterina (UtA PI), para mejorar su precisión predictiva. Además, se requieren más estudios para evaluar el impacto de la RCP en el desarrollo neurológico a largo plazo de los fetos con RCF.

CONCLUSIONES

El índice de pulsatilidad de la arteria uterina (UtA PI), como prueba predictiva única, tiene una precisión limitada para detectar la restricción del crecimiento fetal y el pequeño para la edad gestacional. Sin embargo, su uso combinado con otros parámetros Doppler, como el índice cerebroplacentario (RCP), mejora significativamente la capacidad para identificar fetos con RCF.

La Relación Cerebroplacentaria demostró ser una herramienta útil para predecir la muerte perinatal en embarazos con sospecha de RCF, mostrando una precisión predictiva de moderada a alta. No obstante, su utilidad para otros resultados perinatales adversos, como la cesárea de emergencia, la puntuación de Apgar baja o el ingreso a la unidad de cuidados intensivos neonatales (UCIN), es menos clara. Por lo tanto, se recomienda la realización de ensayos controlados aleatorios para evaluar el impacto de la RCP en la reducción de eventos obstétricos adversos, como la muerte perinatal.

Finalmente, se necesitan más estudios para evaluar la precisión predictiva de la RCP en relación con los resultados adversos del desarrollo neurológico en fetos con sospecha de RCF. Esto permitiría una comprensión más completa del papel de la RCP en el manejo clínico de estos embarazos y su impacto a largo plazo en el neurodesarrollo fetal.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Conde-Agudelo, A., Villar, J., Kennedy, S. H., & Papa-georghiou, A. T. (2018). Predictive accuracy of cerebroplacental ratio for adverse perinatal and neurodevelopmental outcomes in suspected fetal growth restriction: systematic review and meta-analysis. *Ultrasound in obstetrics & gynecology: the official journal of the International Society of Ultrasound in Obstetrics and Gynecology*, 52(4), 430–441. <https://doi.org/10.1002/uog.19117>

- Figueras, F., Caradeux, J., Crispi, F., Eixarch, E., Peguero, A., & Gratacos, E. (2018). Diagnosis and surveillance of late-onset fetal growth restriction. *American journal of obstetrics and gynecology*, *218*(2S), S790–S802.e1. <https://doi.org/10.1016/j.ajog.2017.12.003>
- Flatley, C., Greer, R. M., & Kumar, S. (2017). Magnitude of change in fetal cerebroplacental ratio in third trimester and risk of adverse pregnancy outcome. *Ultrasound in obstetrics & gynecology : the official journal of the International Society of Ultrasound in Obstetrics and Gynecology*, *50*(4), 514–519. <https://doi.org/10.1002/uog.17371>
- Gordijn, S. J., Beune, I. M., Thilaganathan, B., Papageorgiou, A., Baschat, A. A., Baker, P. N., Silver, R. M., Wynia, K., & Ganzevoort, W. (2016). Consensus definition of fetal growth restriction: a Delphi procedure. *Ultrasound in obstetrics & gynecology: the official journal of the International Society of Ultrasound in Obstetrics and Gynecology*, *48*(3), 333–339. <https://doi.org/10.1002/uog.15884>
- MacDonald, T. M., Hui, L., Robinson, A. J., Dane, K. M., Middleton, A. L., Tong, S., & Walker, S. P. (2019). Cerebral-placental-uterine ratio as novel predictor of late fetal growth restriction: prospective cohort study. *Ultrasound in obstetrics & gynecology : the official journal of the International Society of Ultrasound in Obstetrics and Gynecology*, *54*(3), 367–375. <https://doi.org/10.1002/uog.20150>
- Martins, J. G., Biggio, J. R., & Abuhamad, A. (2020). Society for maternal-fetal medicine consult series# 52: diagnosis and management of fetal growth restriction:(replaces clinical guideline number 3, April 2012). *American journal of obstetrics and gynecology*, *223*(4), B2-B17. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/32407785/>
- McCowan, L. M., Figueras, F., & Anderson, N. H. (2018). Evidence-based national guidelines for the management of suspected fetal growth restriction: comparison, consensus, and controversy. *American journal of obstetrics and gynecology*, *218*(2S), S855–S868. <https://doi.org/10.1016/j.ajog.2017.12.004>
- Pedroso, M. A., Palmer, K. R., Hodges, R. J., Costa, F. D. S., & Rolnik, D. L. (2018). Uterine Artery Doppler in Screening for Preeclampsia and Fetal Growth Restriction. Doppler das artérias uterinas no rastreamento para pré-eclâmpsia e restrição do crescimento fetal. *Revista da Federacao Brasileira das Sociedades de Ginecologia e Obstetricia*, *40*(5), 287–293. <https://doi.org/10.1055/s-0038-1660777>
- Rizzo, G., Mappa, I., Bitsadze, V., Słodki, M., Khizroeva, J., Makatsariya, A., & D'Antonio, F. (2020). Role of Doppler ultrasound at time of diagnosis of late-onset fetal growth restriction in predicting adverse perinatal outcome: prospective cohort study. *Ultrasound in obstetrics & gynecology: the official journal of the International Society of Ultrasound in Obstetrics and Gynecology*, *55*(6), 793–798. <https://doi.org/10.1002/uog.20406>
- Springer, S., Worda, K., Franz, M., Karner, E., Krampfl-Bettelheim, E., & Worda, C. (2023). Fetal Growth Restriction Is Associated with Pregnancy Associated Plasma Protein A and Uterine Artery Doppler in First Trimester. *Journal of clinical medicine*, *12*(7), 2502. <https://doi.org/10.3390/jcm12072502>
- Valiño, N., Giunta, G., Gallo, D. M., Akolekar, R., & Nicolaides, K. H. (2016). Uterine artery pulsatility index at 30–34 weeks' gestation in the prediction of adverse perinatal outcome. *Ultrasound in obstetrics & gynecology : the official journal of the International Society of Ultrasound in Obstetrics and Gynecology*, *47*(3), 308–315. <https://doi.org/10.1002/uog.14898>
- Vollgraf Heidweiller-Schreurs, C. A., De Boer, M. A., Heymans, M. W., Schoonmade, L. J., Bossuyt, P. M. M., Mol, B. W. J., De Groot, C. J. M., & Bax, C. J. (2018). Prognostic accuracy of cerebroplacental ratio and middle cerebral artery Doppler for adverse perinatal outcome: systematic review and meta-analysis. *Ultrasound in obstetrics & gynecology: the official journal of the International Society of Ultrasound in Obstetrics and Gynecology*, *51*(3), 313–322. <https://doi.org/10.1002/uog.18809>
- Yu, H., Yuan, M., Wang, L., Li, X., & Jiang, M. (2021). Correlation between Parturients' Uterine Artery Blood Flow Spectra in the First and Second Trimesters of Pregnancy and Fetal Growth Restriction. *Journal of healthcare engineering*, *2021*, 2129201. <https://doi.org/10.1155/2021/2129201>