

Doppler de arteria oftalmológica para predicción de preeclampsia: revisión bibliográfica

Ophthalmic artery Doppler for prediction of preeclampsia: bibliographic review

Sara Stephanie Michilena Guamba

saramichilenaguamba@hotmail.com

<https://orcid.org/0009-0001-3690-0751>

Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Ecuador

Nicole Elizabeth Jordán Medina

nicolejordanm@gmail.com

<https://orcid.org/0009-0006-6354-7232>

Universidad Regional Autónoma de los Andes, Ecuador

María Teresa Peñaherrera Ron

maitelanena17@hotmail.com

<https://orcid.org/0000-0002-9980-2796>

Universidad Regional Autónoma de los Andes, Ecuador

Diego Jacob Narváez Jordan

diegojor_96@outlook.com

<https://orcid.org/0009-0005-4298-2617>

Universidad Regional Autónoma de los Andes, Ecuador

RESUMEN

La investigación se centra en la aplicación del Doppler de arteria oftalmológica para predicción de preeclampsia este tiene como objetivo analizar su posible efectividad; dado que, la arteria oftálmica proporciona información favorable para la evaluación mediante Doppler, facilitando la obtención de datos de la circulación intracraneal, la cual generalmente es más difícil de alcanzar; dicho lo anterior, la preeclampsia es un trastorno hipertensivo durante el embarazo, con un rango que oscila entre el 5% y el 7% de las complicaciones a nivel mundial. La mencionada investigación se realizó mediante un análisis narrativo de diferentes bases de datos del año 2018 al 2023; la exploración y selección de artículos se realizó en revistas indexadas en inglés y español. Como resultado se obtuvo que el uso de Doppler en la arteria oftálmica puede revelar cambios hemodinámicos maternos intracraneales en pacientes que no presenten las características clásicas de preeclampsia. Por lo tanto, el índice de la primera velocidad sistólica máxima entre las 11 y 13 semanas de gestación podría ser un biomarcador potencialmente beneficioso para anticipar el desarrollo futuro de la preeclampsia prematura. De modo que, su utilidad se extiende desde las 19 hasta las 23 semanas de gestación, ya sea de manera independiente o en combinación con otros biomarcadores, especialmente cuando se trata de casos de parto prematuro.

Palabras claves: preeclampsia. doppler. arteria oftálmica. embarazo. parto prematuro.

ABSTRACT

The research focuses on the application of ophthalmological artery Doppler for the prediction of preeclampsia, the objective of which is to analyze its possible effectiveness; given that the ophthalmic artery provides favorable information for Doppler evaluation, facilitating the obtaining of data on the intracranial circulation, which is generally more difficult to achieve; That said, preeclampsia is a hypertensive disorder during pregnancy, with a range that oscillates between 5% and 7% of complications worldwide. The research was carried out through a narrative analysis of different databases from 2018 to 2023; The exploration and selection of articles was carried out in indexed journals in English and Spanish. As a result, it was found that the use of Doppler in the ophthalmic artery can reveal intracranial maternal hemodynamic changes in patients who do not present the classic characteristics of preeclampsia. Therefore, the index of first peak systolic velocity between 11 and 13 weeks of gestation could be a potentially beneficial biomarker to anticipate the future development of premature preeclampsia. Thus, its usefulness extends from 19 to 23 weeks of gestation, either independently or in combination with other biomarkers, especially when it comes to cases of premature birth.

Keywords: preeclampsia. doppler. ophthalmic artery. pregnancy. premature birth.

INTRODUCCIÓN

La arteria oftálmica cumple una función esencial al ser la principal proveedora de irrigación sanguínea para las estructuras ubicadas en la órbita, además contribuye al suministro de sangre en diversas zonas de la fosa nasal y los senos paranasales (Martel et al., 2019). Consideramos ahora la importancia de conocer que es un conducto de fácil alcance para la

evaluación mediante Doppler, ya que ofrece datos sobre la circulación intracraneal que suele ser más difícil de acceder (Zapata Marín et al., 2022).

La preeclampsia es conocida como una de las complicaciones con mayor preocupación durante el embarazo, debido a que influye mucho en la salud materna y fetal; esta se caracteriza principalmente por la hipertensión y alteración orgánica, dejándonos problemas como partos prematuros o en otros casos la muerte. Es necesario recalcar que, es de suma importancia la identificación temprana a través de métodos Doppler de la arteria oftálmica. (Zapata Marín et al., 2022). Por consiguiente, la presente investigación tiene como objetivo analizar la efectividad del Doppler Oftálmico en posibles pacientes con preeclampsia, considerando que ha emergido como un enfoque prometedor para dar solución a esta complicación.

Preeclampsia

La preeclampsia, un síndrome que suele manifestarse después de las 20 semanas de embarazo, se caracteriza por la presencia de hipertensión y proteinuria. En raras ocasiones, sobre todo en caso de gestación múltiple y mola hidatiforme, puede desarrollarse antes de las 20 semanas. Esta enfermedad representa una amenaza importante para la salud materna y fetal, ya que afecta aproximadamente a entre el 5% y el 7% de todos los embarazos. Aunque su etiología no se conoce del todo, varios autores han propuesto diversas teorías, entre ellas la placentación anormal, la presencia de complejos inmunes en la placenta y otros órganos, alteraciones en el metabolismo de las prostaglandinas, daño endotelial, factores citotóxicos dirigidos a las células endoteliales, predisposición genética y espasmo vascular, entre otras. Sin embargo, la teoría más aceptada hasta la fecha es que la invaginación citotrofoblástica anormal de la arteria espiral se produce durante la placentación. Durante el primer y segundo trimestre del embarazo normal, el trofoblasto invade las arterias espirales de la decidua, remodelando la pared arterial y facilitando un flujo sanguíneo adecuado para el crecimiento placentario. En algunas mujeres con preeclampsia, esta invasión del trofoblasto puede ser incompleta, preservando la arquitectura muscular de las arterias espirales y reduciendo la perfusión materno-placentaria, lo que aumenta el riesgo de hipoxia placentaria relativa más adelante en el embarazo (Mora-Valverde, 2012).

En algunas mujeres que presentan preeclampsia la primera oleada trofoblástica endovascular puede ser incompleta y no ocurrir la segunda oleada, lo que da como efecto la conservación de la arquitectura musculo elástica de las arterias espirales y su capacidad de responder a sustancias vasoconstrictoras endógenas, reduciendo así la perfusión materno-placentaria lo que predispone a la hipoxia relativa placentaria en etapas avanzadas del embarazo. El daño endotelial en la preeclampsia ocasiona menor producción de prostaciclina en el endotelio, un potente vasodilatador e inhibidor de la agregación plaquetaria. La lesión de las células endoteliales expone la colágena subendotelial y desencadena la agregación plaquetaria, activación y liberación de tromboxano A2 derivado de plaquetas, un potente vasoconstrictor y estimulador de la agregación plaquetaria. El desbalance entre la producción de sustancias vasodilatadoras y vasoconstrictoras, pueden contribuir a la vasoconstricción e hipertensión que se observa en la preeclampsia (Mora-Valverde, 2012).

La preeclampsia es una patología con una prevalencia a nivel mundial de 10% de los embarazos. Presenta una mayor incidencia en mujeres menores de 20 años y mayores de 35 años al momento del embarazo y de estas el 75% de los casos corresponden a pacientes primigestas. Anteriormente se clasificaba como preeclampsia leve, moderada y severa pero dentro de la nueva clasificación solamente se habla de preeclampsia con criterios de severidad o sin criterios de severidad. Es una patología que en la mayoría de los casos es asintomática y ya cuando presenta síntomas presenta por lo general criterios de severidad por lo que es importante el control de la presión arterial dentro de los controles prenatales (Gaitán, 2019).

Fisiopatología de la preeclampsia

En el embarazo normal, las arterias espirales tienen como función principal el paso de la sangre a la placenta para suministrar sangre al feto, en el momento del embarazo estos vasos se hacen de baja resistencia y de alta capacidad, esto se debe por la migración de células desde la decidua hasta el miometrio, estas células son los citotrofoblastos que invaden la capa muscular de las arterias espirales, provocando una necrosis fibrinoide.(Pereira Calvo et al., 2020).

Al provocar este proceso se causa una pérdida del tejido muscular y elástico, agrandando de manera importante estas arterias y eliminando su control vasomotor. Estos cambios aumentan la función de las arterias espirales, accediendo que se adapten al flujo enorme indispensable para la perfusión placentaria, a bajas presiones (Cruz-Pavlovich et al., 2023).

En la preeclampsia, no se produce la invasión de estas células hacia la capa muscular de las arterias espirales, que resulta en la ausencia de dilatación vascular, y produciendo subperfusión placentaria. En los vasos de las placentas preeclámpticas, la invasión del citotrofoblasto alcanza hasta la decidua, dando como resultado un diámetro promedio de 200 µm, en comparación de 500 µm en las placentas de embarazos normales (Cruz-Pavlovich et al., 2023; Pereira Calvo et al., 2020).

La preeclampsia se clasifica de inicio temprano (aproximadamente de 34 semanas), y de inicio tardío (todo esto

depende de la semana de gestación en la que comienza), y cada una tiene su respectiva fisiopatología (Cruz-Pavlovich et al., 2023):

Preeclampsia de inicio temprano: ocurre en un 20% de los casos y se divide en la placentación anómala (que toma lugar en el primer y segundo trimestre) y el desarrollo del síndrome materno que ocurre en el tercer trimestre. La fisiopatología se basa principalmente en que el citotrofoblasto adquiera su capacidad de invadir, para esto es necesario que se convierta de un tejido epitelial a uno endotelial, en un proceso conocido como pseudovasculogénesis (Cruz-Pavlovich et al., 2023).

Preeclampsia de inicio tardío: ocurre en un 80% de los casos y se cree que es causada por un desbalance entre el suplemento de nutrientes de la madre y las necesidades metabólicas del feto al final del embarazo, en este caso la placenta es de un peso normal, tiene una perfusión normal y tiene muchas menos lesiones vasculares. La fisiopatología de este tipo de preeclampsia depende de factores que predisponen a la madre a enfermedad cardiovascular, como la obesidad o los factores de tipo genéticos. (Cruz-Pavlovich et al., 2023)

La arteria oftálmica

La arteria oftálmica es el principal aporte vascular de las estructuras de la órbita, y contribuye a su vez a la irrigación de diversos territorios de la fosa nasal y de los senos paranasales. Tiene su origen en la porción supraclinoidea de la arteria carótida interna (ACI) y penetra en la órbita a través del conducto óptico, situándose inferior y lateral al nervio óptico (Martel et al., 2019).

La arteria oftálmica es un vaso de fácil acceso para la evaluación Doppler que proporciona información sobre la circulación intracraneal menos accesible. En mujeres con preeclampsia, en comparación con mujeres embarazadas normotensas, hay una disminución en la impedancia al flujo y un aumento en las velocidades en las formas de onda de velocidad del flujo desde las arterias oftálmicas (Kane et al., 2016; Glaucoimeire et al., 2015; como citado en Zapata Marín et al., 2022, p.2).

Uso del Doppler en preeclampsia

La utilidad del Doppler para llevar a cabo una evaluación de la arteria oftálmica ha sido de gran interés como un método de predicción de preeclampsia. Se llegó a este método para realizar una revisión que existe entre el flujo de esta arteria y su posible causa de múltiples afecciones (Zapata Marín et al., 2022).

Mencionar que para su respectiva evaluación mediante esta técnica la paciente debe estar en una posición supina y permanecer quieta durante un tiempo de 5 minutos es importante saber que la arteria oftálmica casi siempre tiene una forma característica de dos picos en sístole, por lo que para su respectiva evaluación se utiliza la primera y segunda velocidad pico, índice de pulsatilidad y la razón entre las velocidades pico. Este tipo de prueba es un examen rápido, seguro y no invasivo por esta razón es considerada en la parte clínica para pacientes que presenten un alto riesgo de padecer preeclampsia (Zapata Marín et al., 2022).

Además, se ha descrito el Doppler de arterias uterinas como una técnica bastante eficaz para alertarnos de que una paciente pueda presentar riesgo de tener preeclampsia, ya que la misma no es invasiva y a la vez es económica, por lo cual debería ser considerado dentro de las pruebas fiables de detección de PE entre la semana 11 a 13 más 6 (Sanabria et al., 2023)

El médico general debe conocer el funcionamiento de esta técnica y los resultados eficaces que podría tener si se la utiliza de manera correcta. Temprana y oportuna para evitar complicaciones secundarias en este tipo de pacientes. (Nicolaidis et al., 2022)

Eco Doppler En Preeclampsia

Para medir el flujo de las arterias uterinas en el segundo trimestre del embarazo, el ultrasonido Doppler es una herramienta muy útil. Una onda anormal de flujometría Doppler se caracteriza por un alto índice de resistencia o por la presencia de un "notch" diastólico temprano, unilateral o bilateral. Los embarazos complejos o con factores de riesgo, con hallazgos anormales en los índices de resistencia al flujo de las arterias uterinas, tienen una probabilidad seis veces mayor de desarrollar preeclampsia. El Eco-Doppler Feto-Placentario es una forma segura e inofensiva de examinar el flujo sanguíneo materno-fetal y la circulación placentaria. Su eficacia se ha demostrado en el manejo de embarazos con alto riesgo obstétrico, reduciendo la mortalidad perinatal en un 49 %. (Agostini et al., 2021).

Considerando la gran utilidad de este método, es apropiado explicar cómo se utiliza. Esto puede realizarse tanto a

través de la vía transabdominal como transvaginal. Ambos métodos han demostrado ser reproducibles al medir el IP-AtU, pero el que se realiza por vía transvaginal tiene mayor sensibilidad y especificidad en la edad gestacional sugerida (Agostini et al., 2021a).

Calculadoras de riesgo de preclampsia entre las semanas 11 a 13+6

Debido a la utilidad del Doppler de arterias uterinas, se han determinado algoritmos de evaluación del riesgo de preeclampsia en el primer trimestre. Este software utiliza características específicas de cada paciente para calcular su riesgo de preeclampsia. El profesional de la salud debe conocer sus características debido a la variedad y estas para decidir cuál usar en el cribado, en qué población los aplican y cuán divergentes son los resultados (Otero-Rosales et al., 2022).

Predicción de la preeclampsia usando la flujometría Doppler de las arterias uterinas

En la segunda oleada de invasión trofoblástica, los valores alterados de la flujometría Doppler se han relacionado con la preeclampsia. Esto provoca un aumento de la resistencia vascular de la arteria uterina y una disminución de la perfusión y el flujo de la placenta. Esto puede limitar el crecimiento fetal debido a la disminución de la perfusión de oxígeno y nutrición a la placenta. Por lo tanto, esta resistencia alta y flujo bajo causan daño al endotelio, lo que provoca vasoconstricción arterial sistémica y lesiones glomerulares en la preeclampsia. La ecografía Doppler de las arterias uterinas, un método no invasivo para examinar la circulación proporciona evidencia indirecta de este proceso y se ha propuesto como una prueba predictiva de preeclampsia (Alejandro Gonzales Medina & Raúl Alegría Guerrero, 2014).

Recomendaciones

El eco Doppler fetal placentario es una herramienta útil para evaluar la salud del feto, especialmente en embarazos que tienen un alto riesgo de parto. La persistencia de Notch en el tercer trimestre, también conocida como Índice de resistencias elevadas en las arterias uterinas, es un signo de alerta y, por lo tanto, un indicador de vigilancia de la salud fetal (Agostini et al., 2021).

El aumento del índice de pulsatilidad es más crucial para la toma de decisiones en la actualidad que la existencia de Notch. La vasodilatación en la arteria cerebral media es un signo de que el feto debe ser monitoreado minuciosamente. Al tomar decisiones sobre el parto, es importante considerar la relación entre los índices de pulsatilidad cerebral y umbilical (Agostini et al., 2021).

METODOLOGÍA

La metodología utilizada en esta revisión integra un enfoque sistemático para analizar la efectividad del Doppler de la arteria oftálmica como predictor de la preeclampsia en mujeres embarazadas. Implica un examen meticuloso y una evaluación de la literatura pertinente obtenida de bases de datos académicas como ScienceDirect, Google Scholar y PubMed, adaptada al enfoque específico de esta revisión.

Se utilizaron términos de búsqueda como "Doppler de arteria oftálmica", "predicción de preeclampsia", "embarazo" y "revisión sistemática" para recuperar literatura y artículos relevantes. La refinación de las consultas de búsqueda se logró mediante el uso de operadores booleanos (Y, O) para asegurar una recuperación enfocada de la literatura.

Se consideraron elegibles para su inclusión los estudios centrados en la aplicación del Doppler de la arteria oftálmica en la predicción de la preeclampsia en mujeres embarazadas, publicados en inglés en los últimos siete años (2017-2023). Por el contrario, se excluyeron investigaciones que involucraban sujetos no humanos, resultados irrelevantes o metodologías deficientes.

Se llevó a cabo una selección preliminar de publicaciones basada en resúmenes y títulos, lo que resultó en la identificación de artículos iniciales. La posterior aplicación de criterios de inclusión y exclusión redujo la selección a los artículos pertinentes para un examen de texto completo.

Se realizó un examen exhaustivo de los textos completos de los artículos seleccionados para extraer datos relevantes, incluidos autores, año de publicación, diseño del estudio, características de los participantes, metodología del Doppler de la arteria oftálmica y resultados relacionados con la predicción de la preeclampsia.

Los datos extraídos fueron sometidos a un análisis narrativo centrado en evaluar la utilidad del Doppler de la arteria oftálmica en la predicción de la preeclampsia en mujeres embarazadas.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Tabla 1. Estudios de investigación

Estudio	Objetivo	Fundamento	Resultado	Conclusión
Caracterización Doppler ultrasonográfica de las arterias oftálmicas y uterinas en gestantes con factores de riesgo de preeclampsia (Freytez, 2022).	Determinar la caracterización ultrasonográfica Doppler de la arteria oftálmica y uterina en gestantes con factores de riesgo para preeclampsia	Se llevó a cabo un estudio descriptivo transversal con la participación de 20 mujeres que se encontraban en un rango de 18 a 24 semanas de gestación y que asistían a la consulta prenatal en el Servicio de Ginecología y Obstetricia del Hospital Central Universitario Dr. Antonio María Pineda.	Se notó que el historial previo de preeclampsia en las pacientes representaba un factor de riesgo para el desarrollo posterior de esta condición en el 50% de los casos. Además, el 55% de las mujeres embarazadas tenían sobrepeso, mientras que el 30% tenía obesidad de grado I. La presión arterial diastólica se encontraba elevada en el 75% de las pacientes. Asimismo, el 65% de las pacientes exhibieron un índice de pulsatilidad medio alto en la arteria uterina, junto con la presencia de Notch. Se observó la presencia de una jobra diastólica en la arteria oftálmica en el 60% de las pacientes.	"VDAO puede indicar cambios hemodinámicos maternos intracraneales inclusive cuando las pacientes no exhiben las características clásicas de preeclampsia".
Doppler de la arteria oftálmica para la predicción de la preeclampsia: revisión sistemática y metaanálisis (Kalafat et al., 2018)	Determinar la eficacia del Doppler de la arteria oftálmica durante el periodo de embarazo para la predicción de la preeclampsia.	"Se realizaron búsquedas de citas relevantes para predecir el desarrollo de preeclampsia y se extrajeron datos para construir 2x2 mesas. Se obtuvieron datos de algunos pacientes, se utilizó un modelo bivariable de efectos aleatorios para la síntesis cuantitativa de los datos. Se empleó un análisis de regresión logística para generar curvas de características operativas del receptor (ROC) y obtener valores de corte óptimos para cada parámetro investigado, y se empleó un análisis bivariable utilizando puntos de corte predeterminados para obtener valores de sensibilidad y especificidad y generar curvas ROC resumidas".	De los análisis llevados a cabo, se identificaron un total de 87 citas que cumplieron con los criterios de búsqueda establecidos. Posteriormente, se incluyeron en el análisis tres estudios que abarcaban un total de 1119 embarazos. Todos estos estudios proporcionaron una descripción clara del índice y las pruebas de referencia, lo que ayudó a evitar el sesgo de verificación y garantizó un seguimiento adecuado de los casos. Se recopilaron datos individuales de pacientes para estos tres estudios. Se encontró que la primera velocidad máxima diastólica obtenida mediante el Doppler de la arteria oftálmica, con un umbral de 23,3 cm/s, demostró una sensibilidad modesta del 61,0% (IC 95%, 44,2–76,1%) y una especificidad del 73,2% (IC 95%, 66,9–78,7%) para predecir la preeclampsia de inicio temprano. El área bajo la curva ROC (AUC) fue de 0,68 (IC 95%, 0,61–0,76) para esta medida. En contraste, la primera velocidad máxima diastólica mostró una sensibilidad mucho menor del 39,0% (IC 95%, 20,6–61,0%) para la predicción de la preeclampsia de aparición tardía, con una especificidad similar del 73,2% (IC 95%, 66,9–78,7%). El AUC fue más bajo, con un valor de 0,58 (IC 95%, 0,52–0,65), para esta condición.	Se obtuvieron resultados que respaldan la búsqueda de la efectividad y el mecanismo subyacente detrás del uso de dos vasos maternos aparentemente no relacionados, la arteria oftálmica y la arteria uterina, para predecir una enfermedad conocida como "trastorno placentario". Esta técnica, el Doppler de la arteria oftálmica, se ha demostrado ser tan simple y precisa como la evaluación de la arteria uterina, lo que sugiere que ambos métodos podrían ser igualmente efectivos en la predicción de esta complicación del embarazo.
Doppler de la arteria oftálmica entre las semanas 11 y 13 de gestación en la predicción de la preeclampsia (Gana et al., 2022).	Evaluar el potencial del Doppler de la arteria oftálmica materna durante las semanas 11 a 13 de gestación, tanto de manera independiente como en conjunto con los biomarcadores de preeclampsia determinados en el primer trimestre, que incluyen el índice de pulsatilidad de la arteria uterina (uta-PI), la presión arterial media (MAP), el factor de crecimiento placentario sérico (plgf) y la proteína plasmática A asociada al embarazo en suero (PAPP-A), para predecir el desarrollo posterior de preeclampsia.	Estudio prospectivo observacional en mujeres que asistieron a una visita hospitalaria de rutina durante las semanas 11 + 0 a 13 + 6 de gestación. Durante esta evaluación, se registraron las características demográficas y el historial médico de las madres, se realizó un examen ecográfico para evaluar la anatomía y el crecimiento fetal, y se analizaron las formas de onda de velocidad del flujo sanguíneo en las arterias oftálmicas maternas. También se calculó la relación entre la velocidad sistólica máxima (PSV) del segundo al primer pico, y se tomaron mediciones de la presión arterial media (MAP) y de la proteína plasmática A asociada al embarazo en suero (PAPP-A). Además, se llevó a cabo un estudio de casos y controles para medir el factor de crecimiento placentario sérico (plgf) en muestras recolectadas de casos que desarrollaron preeclampsia y controles no afectados. Los valores de PSV, uta-PI, MAP, PAPP-A y plgf se ajustaron a múltiplos de la mediana o deltas para eliminar los efectos de las características maternas y el historial médico. Se utilizó un modelo de riesgos competitivos para evaluar el riesgo específico de cada paciente de tener preeclampsia antes de las semanas <37 y <41 + 3 de gestación para varias combinaciones de marcadores. La efectividad se evaluó utilizando tasas de detección a una tasa de falsos positivos fija (FPR) y áreas bajo las curvas de características operativas del receptor. También se examinó el desempeño del modelo.	En el estudio, la muestra comprendía un total de 4066 embarazos, entre los cuales se identificaron 114 casos de preeclampsia, lo que representaba un 2,8% del total de embarazos. De estos casos, 25 mujeres (0,6%) dieron a luz con preeclampsia antes de las 37 semanas de gestación. Se observó un aumento significativo en la proporción de la velocidad sistólica máxima (PSV) en los embarazos con preeclampsia, y se notó que el impacto de la preeclampsia variaba según la edad gestacional en el momento del parto, siendo más pronunciada la desviación de lo normal en la preeclampsia temprana en comparación con la tardía. El análisis del modelo reveló que al agregar el índice PSV, se mejoró la capacidad de detección de la preeclampsia temprana, a una tasa de falsos positivos del 10%, en comparación con el uso exclusivo de factores de riesgo maternos (del 46,3% al 58,4%), factores maternos junto con MAP y uta-PI (del 65,9% al 70,6%), y factores maternos junto con MAP, uta-PI y plgf (del 74,6% al 76,7%). Sin embargo, la relación PSV no mejoró la predicción de la preeclampsia a término proporcionada por ninguna combinación de biomarcadores.	"El índice PSV de la arteria oftálmica a las 11-13 semanas de gestación es un biomarcador potencialmente ventajoso para predecir el desarrollo posterior de EP prematuro, pero se necesitan estudios más extensos para aprobar este hallazgo".
Doppler de la arteria oftálmica en combinación con otros biomarcadores para la predicción de la preeclampsia a las 19-23 semanas de gestación	Estudiar el valor potencial del Doppler de la arteria oftálmica materna a las 19-23 semanas de gestación, tanto por sí solo como en combinación con los biomarcadores establecidos de la preeclampsia (PE), a saber, el índice de pulsatilidad (IP) de la arteria uterina (aut), la presión arterial media (PAM), el factor de crecimiento placentario (fcpl) sérico y la tirosina quinasa-1 (sflt-1) tipo fms soluble en suero, en la predicción del desarrollo posterior de la PE.	Este fue un estudio prospectivo de observación a mujeres que acudieron al hospital a una consulta de rutina entre las 19+1 y las 23+3 semanas de gestación. Esta consulta incluyó el registro de las características demográficas y el historial médico de la madre, el examen ecográfico de la anatomía y el crecimiento del feto, la evaluación de la forma de onda de velocidad de flujo de las arterias oftálmicas maternas, y la medición de la PAM, el IP-aut, el fcpl sérico y la sflt-1 sérica. La forma de onda se obtuvo de las arterias oftálmicas consecutivamente del ojo derecho, el ojo izquierdo y de nuevo del ojo derecho y luego del izquierdo. Se registró el promedio de las cuatro mediciones, dos de cada ojo, para los siguientes cuatro índices: primer pico de velocidad sistólica; segundo pico de velocidad sistólica; IP; y el cociente entre el segundo y el primer pico de velocidad sistólica (cociente PVS). Las mediciones de los cuatro índices se estandarizaron, a fin de eliminar los efectos de las características y los elementos maternos del historial clínico. Se utilizó el modelo de riesgos en competencia para estimar los riesgos específicos de cada paciente en el parto en cuanto a la PE a <37 y ≥37 semanas de gestación y para determinar el área bajo la curva de la característica operativa del receptor (ABC) y la tasa de detección (TD), con una tasa de falsos positivos (TFP) del 10%, en la detección mediante una combinación de características demográficas maternas e historial médico con biomarcadores. También se estimó el rendimiento del modelo de la detección de la PE.	La población de estudio de 2853 embarazos contenía 76 (2,7%) mujeres que desarrollaron PE, entre ellas 18 (0,6%) que dieron a luz con PE a <37 semanas de gestación. El cociente de PVS de la arteria oftálmica aumentó significativamente en los embarazos con PE, y el efecto de la PE dependió de la edad gestacional en el momento del parto; la desviación de la curva normal fue mayor en el caso de la PE temprana que en el de la tardía. El segundo pico de velocidad sistólica también aumentó en los embarazos con PE, pero el efecto no dependió de la edad gestacional en el momento del parto. Los otros dos índices de la arteria oftálmica del primer pico de velocidad sistólica e IP no se vieron afectados significativamente por la PE. El cociente de PVS mejoró la predicción de la PE pretérmino proporcionada exclusivamente por los factores maternos (del 56,1% al 80,2%), los factores maternos, la PAM y el IP-aut (del 80,7% al 87,9%), los factores maternos, la PAM, el IP-aut y el fcpl (del 85,5% al 90,3%) y los factores maternos, la PAM, el IP-aut, el fcpl y la sflt-1 (del 84,9% al 89,8%), con una TFP del 10%. La tasa de PVS también mejoró la predicción de la PE a término proporcionada exclusivamente por los factores maternos (del 33,8% al 46,0%), los factores maternos, la PAM y el IP-aut (del 46,6% al 54,2%), los factores maternos, la PAM, el IP-aut y el fcpl (del 45,2% al 53,4%) y los factores maternos, la PAM, el IP-aut, el fcpl y la sflt-1 (del 43,0% al 51,2%), con una TFP del 10%. Los resultados empíricos de la TD con una TFP del 10% concordaron con los resultados del modelo. El segundo pico de velocidad sistólica no mejoró la predicción de la PE pretérmino o a término proporcionada exclusivamente por los factores maternos.	La proporción de PVS de la arteria oftálmica a las 19-23 semanas de gestación, tanto por sí sola como en combinación con otros biomarcadores, es potencialmente útil para la predicción del desarrollo posterior de la PE, especialmente la PE pretérmino, pero se necesitan estudios más amplios para validar este hallazgo
Doppler de arteria oftálmica en la predicción de la preeclampsia	Los objetivos de este artículo consistieron en describir la técnica utilizada en el estudio mediante Doppler de la arteria oftálmica y resumir los resultados obtenidos durante la aplicación clínica de esta evaluación en la predicción de la EP.	Se realizó un estudio en el que se obtuvieron las formas de onda en secuencia tanto del ojo derecho como del ojo izquierdo y se encontró que había una buena relación entre la primera y la segunda medición del mismo ojo, pero una correlación peor en la primera y la segunda medición. Entre los dos ojos. Se obtuvo que el mejor rendimiento en el cribado de PE se logró tomando un promedio de 4 mediciones (2 de cada ojo). También se lograron resultados satisfactorios tomando el promedio de 1 medición de cada ojo.	En el primer estudio, se examinaron 440 embarazos entre las semanas 11 y 14 de gestación y los autores informaron que en el grupo que desarrolló EP, en comparación con los embarazos no afectados, el segundo PSV aumentó; todos los demás índices no fueron marcadamente diferentes. En el segundo estudio, se examinaron 347 embarazos entre las semanas 20 y 28 de gestación, y los autores informaron que en el grupo que desarrolló PE, en comparación con los embarazos no afectados. En el tercer estudio, se examinaron 372 embarazos entre las semanas 18 y 23 de gestación, y los autores informaron que en el grupo que desarrolló PE, en comparación con los embarazos no afectados, no hubo diferencias marcadas en el segundo PSV, la proporción segundo/primer PSV o PI.	El Doppler de la arteria oftálmica proporciona un biomarcador muy útil para la predicción de la EP.

Fuente: los autores.

Se han implementado exámenes prenatales para mejorar los resultados perinatales maternos y neonatales. Educar a las mujeres embarazadas es crucial para prevenir resultados no deseados, especialmente para las mujeres en riesgo.

La preeclampsia continúa aumentando la morbilidad y mortalidad materna y perinatal en todo el mundo; Por ello, es necesario que su diagnóstico y prevención se realice a tiempo, utilizando medios muy sensibles, esto requiere conocimiento de sus vías fisiopatológicas para desarrollar biomarcadores que puedan combinarse con otros métodos de detección, como la evaluación Doppler de la arteria oftálmica, para predecir mejor la preeclampsia. Esto se hace identificando los factores de

riesgo, implementando pruebas fáciles de repetir, económicas y que permitan una predicción temprana de la hipertensión. Se ha documentado un mayor riesgo de enfermedad cardiovascular en aquellos nacidos de madres con preeclampsia.

En la investigación se logró identificar varios parámetros como la velocidad sistólica máxima, la velocidad telediastólica, velocidad media, velocidad mesodiastólica máxima (PMDV) y cociente máximo, pero solo la PMDV era estadísticamente significativa ($P < 0,001$). En este estudio se llegó a la conclusión que el PMDV de arteria oftálmica se a potenciado en el segundo trimestre del embarazo, es una causa directa independiente del desarrollo de preeclampsia. Este estudio está acorde con el nuestro al demostrar la utilidad del Doppler de la arteria oftálmica como causal directo para el desarrollo de preeclampsia, aunque solo se evalúa la velocidad mesodiastólica máxima (PMDV) (Matias et al., 2014, como citado en Zapata Marín et al., 2022, p.4).

Otro estudio coloca a disposición en realización con una alta eficacia del Doppler de la arteria oftálmica y el Doppler de la arteria uterina. Se llega a la conclusión de que no hubo diferencias estadísticamente significativas entre el Doppler de arteria oftálmica y Doppler de arteria uterina en la predicción del desarrollo de preeclampsia. Por lo que ambos parámetros podrían estar indicados para predecir el diagnóstico de preeclampsia, pero antes de llegar a una conclusión, se requieren más análisis de ensayos clínicos, que analicen el Doppler de arteria uterina y oftálmica (Gurgel et al., 2014, como citado en Zapata Marín et al., 2022, p.5).

Entre las limitaciones que encontramos es la poca evidencia de análisis de ensayos clínicos a gran escala para determinar certeramente la eficacia del Doppler de arteria oftálmica como predictor de preeclampsia, al igual que otros parámetros cardiovasculares y del sistema nervioso que podrían determinar complicaciones futuras en la madres gestantes (Zapata Marín et al., 2022, p.5).

CONCLUSIONES

En síntesis, la aplicación de la técnica Doppler en la arteria oftálmica, la cual posee similitudes embriológicas con la irrigación intracraneal, proporciona una perspectiva para detectar posibles cambios característicos de la preeclampsia, como el incremento en la resistencia vascular. Este enfoque sugiere la implementación de un seguimiento adecuado para prevenir complicaciones tanto maternas como fetales.

Además, esta metodología se presenta como un procedimiento seguro, bien tolerado y de fácil accesibilidad, con capacidad de duplicación, lo que facilita el análisis en tiempo real de los cambios hemodinámicos cerebrovasculares. Es particularmente relevante en situaciones como la vasodilatación de la arteria cerebral, indicando la necesidad de un monitoreo detallado del feto.

La evaluación del Doppler en la arteria oftálmica como herramienta para predecir la preeclampsia exhibe resultados prometedores en la literatura científica. Aunque hay evidencia que sugiere que esta técnica puede ofrecer información valiosa sobre la función vascular y la resistencia en mujeres gestantes, es esencial abordar ciertas limitaciones y llevar a cabo más investigaciones para validar su utilidad clínica.

La revisión bibliográfica subraya la necesidad de realizar estudios prospectivos con muestras de mayor tamaño y la estandarización de las técnicas y criterios de evaluación. La variabilidad en los resultados y la presencia de informes contradictorios resaltan la importancia de emprender investigaciones adicionales para comprender mejor la fiabilidad y la consistencia de las mediciones Doppler en la arteria oftálmica.

En un futuro, es fundamental explorar nuevas metodologías y tecnologías que complementen y mejoren la precisión del Doppler en la arteria oftálmica para la predicción de la preeclampsia. La integración de enfoques multimodales, como la combinación del Doppler con biomarcadores séricos y otros métodos de imagenología, podría potenciar la capacidad predictiva de esta técnica. Además, el desarrollo de algoritmos avanzados de análisis de datos podría permitir una interpretación más precisa y personalizada de los resultados, lo que sería de gran utilidad para una detección temprana y una intervención oportuna en mujeres en riesgo de desarrollar preeclampsia. Sin embargo, para alcanzar estos objetivos, se requiere una colaboración interdisciplinaria entre investigadores en obstetricia, radiología, bioinformática y otras áreas relacionadas, así como una inversión continua en investigación y desarrollo.

REFERENCIAS

1. Agostini, M. De, Morán, R., Cordano, C., Garat, F., Agostini, M. De, Morán, R., Cordano, C., & Garat, F. (2021a). Utilidad de la ecografía y del eco-doppler color en pacientes de alto riesgo obstétrico. *revista uruguaya medicina interna*, 06(02), 67–71. <https://doi.org/10.26445/06.02.10>
2. Agostini, M. De, Morán, R., Cordano, C., Garat, F., Agostini, M. De, Morán, R., Cordano, C., & Garat, F. (2021b). Utilidad de la ecografía y del eco-doppler color en pacientes de alto riesgo obstétrico. *Revista Uruguaya de Medicina Interna*, 6(2), 67–71. <https://doi.org/10.26445/06.02.10>
3. Alejandro Gonzales Medina, C., & Raúl Alegría Guerrero, C. (2014). ¿ES POSIBLE PREDECIR LA PREECLAMPSIA? En *Revista Peruana de Ginecología y Obstetricia* (Vol. 363). http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2304-51322014000400012
4. Bohórquez-Camargo, D. C., Guerrero-Solano, A. M., Becerra-Mojica, C. H., & Díaz-Martínez, L. A. (2021). Uterine artery Doppler in chronic hypertensive pregnant women as a predictor of preeclampsia with criteria of over-aggregated severity and need for intensive care. *Ginecología y Obstetricia de Mexico*, 89(8), 611–621. <https://doi.org/10.24245/gom.v89i8.5473>
5. Cruz-Pavlovich, S., Salmeron-Salcedo, F., Ponce-Rivera, C. S., & Luna-Flores, M. (2023). ARTÍCULO DE REVISIÓN PREECLAMPSIA: REVISIÓN. En *Preeclampsia: Revisión. Artículo de revisión. Revista Homeostasis* (Vol. 2023, Número 5).
6. de las Mercedes Cairo González, V., Jiménez Puñales, S., Machado Benavides, H. L., Cardet Niebla, Y., Milián Espinosa, I., & Rodríguez Royero, L. (2021). Doppler ultrasound of uterine arteries as a predictor of preeclampsia and adverse maternal and perinatal outcomes. *Clinica e Investigacion en Ginecología y Obstetricia*, 48(2), 104–109. <https://doi.org/10.1016/j.gine.2020.08.002>
7. Freytez, J. (2022). Caracterización ultrasonográfica Doppler de las arterias oftálmica y uterina en gestantes con factores de riesgo para preeclampsia. *Boletín Médico de Postgrado* 2022, 38(1), 36–42. <https://doi.org/10.5281/zenodo.6468844>.
8. Sanchez Gaitán, E. (2019). Factores para un embarazo de riesgo. *Revista Médica Sinergia*, 4(9), e319. <https://doi.org/10.31434/rms.v4i9.319>.
9. Gana, N., Sarno, M., Vieira, N., Wright, A., Charakida, M., & Nicolaides, K. H. (2022). Ophthalmic artery Doppler at 11–13 weeks' gestation in prediction of pre-eclampsia. *Ultrasound in Obstetrics and Gynecology*, 59(6), 731–736. <https://doi.org/10.1002/uog.24914>
10. Glaucimeire, O. M. Marianne, N. Waldemar. Using ultrasound and Doppler ultrasound to assess vascular changes in pre-eclampsia and eclampsia: a systematic review. *Reprodução & Climatério*. 30 march 2015. DOI: 10.1016/j.recli.2015.04.002.
11. Gurgel, P. J. Praciano, S. Bezerra. First-trimester maternal ophthalmic artery Doppler analysis for prediction of pre-eclampsia. *Ultrasound Obstet Gynecol*. 2014 Oct;44(4):411-8. doi: 10.1002/uog.13338
12. Sanabria VLC, Santiago SL, Malfavón FM, et al. Ophthalmic artery Doppler: a model for the prediction of preeclampsia. *Ginecol Obstet Mex*. 2023;91(12):885-902.
13. Kalafat, E., Laoreti, A., Khalil, A., Da Silva Costa, F., & Thilaganathan, B. (2018). Ophthalmic artery Doppler for prediction of pre-eclampsia: systematic review and meta-analysis. *Ultrasound in Obstetrics and Gynecology*, 51(6), 731–737. <https://doi.org/10.1002/uog.19002>
14. Kane, S. Brennecke, F. Da silva. Ophthalmic artery Doppler analysis: a window into the cerebrovasculature of women with pre-eclampsia. *Ultrasound in obstetrics & Gynecology*. 03 august 2016. <https://doi.org/10.1002/uog.17209>.
15. Martel, M., Gras C, J. R., León V, X., Ramírez, R. D., Sandoval, M., Mirapeix, R., Martel, A., Massegur, H., & Resumen, S. 2. (2019). Origen intraorbitario de las arterias etmoidales. Estudio anatómico Intraorbital origin of the ethmoidal arteries. *Anatomical study. Otorrinolaringol*, 79.
16. Matias, D. R. Costa, B. Marias. Predictive value of ophthalmic artery Doppler velocimetry in relation to development of pre-eclampsia. *Ultrasound Obstet Gynecol*. 2014 Oct;44(4):419-26. doi: 10.1002/uog.13313.
17. Mora-Valverde, J. A. (2012). PREECLAMPSIA SUM M A RY REVISTA MEDICA DE COSTA RICA Y CENTROAMERICA LXIX. *REVISTA MEDICA DE COSTA RICA Y CENTROAMERICA LXIX*.
18. Nicolaides, K. H., Sarno, M., & Wright, A. (2022a). Ophthalmic artery Doppler in the prediction of preeclampsia. En *American Journal of Obstetrics and Gynecology* (Vol. 226, Número 2). <https://doi.org/10.1016/j.ajog.2020.11.039>
19. Nicolaides, K. H., Sarno, M., & Wright, A. (2022b). Ophthalmic artery Doppler in the prediction of preeclampsia. *American Journal of Obstetrics and Gynecology*, 226(2), S1098–S1101. <https://doi.org/10.1016/j.ajog.2020.11.039>
20. Otero-Rosales, M. C., Olarte-Marín, C. D., Padilla-Serpa, J. D., Morales-Duarte, P. A., & Quintero-Roa, E. M. (2022). Utilidad de la evaluación USG Doppler de las arterias uterinas entre las semanas 11 y 13+6 y su aplicación en las calculadoras de riesgo para predecir preeclampsia. *MedUNAB*, 24(3), 375–383. <https://doi.org/10.29375/01237047.3953>
21. Pereira Calvo, J., Pereira Rodríguez, Y., & Quirós Figueroa, L. (2020). Actualización en preeclampsia. *Revista Médica Sinergia*, 5(1), e340. <https://doi.org/10.31434/rms.v5i1.340>
22. Sapantzoglou, I., Wright, A., Arozena, M. G., Campos, R. V., Charakida, M., & Nicolaides, K. H. (2021). Ophthalmic artery Doppler in combination with other biomarkers in prediction of pre-eclampsia at 19–23 weeks' gestation. *Ultrasound in Obstetrics and Gynecology*, 57(1), 75–83. <https://doi.org/10.1002/uog.23528>
23. Zapata Marín, M., Giraldo Ramírez, J. E., Román Murillo, L. T., Pacheco Narvaez, E., Echavez Agudelo, A. R., Peña Beleño, D., Córdoba Adames, G. A., & De La Espriella Palmett, V. M. (2022a). DOPPLER DE ARTERIA OFTÁLMICA COMO METODO ELECTIVO PARA PREDICCIÓN DE PREECLAMPSIA. *Archivos de Medicina (Manizales)*, 22(2). <https://doi.org/10.30554/archmed.22.2.4536.2022>
24. Zapata Marín, M., Giraldo Ramírez, J. E., Román Murillo, L. T., Pacheco Narvaez, E., Echavez Agudelo, A. R., Peña Beleño, D., Córdoba Adames, G. A., & De La Espriella Palmett, V. M. (2022b). DOPPLER DE ARTERIA OFTÁLMICA COMO METODO ELECTIVO PARA PREDICCIÓN DE PREECLAMPSIA. *Archivos de Medicina (Manizales)*, 22(2). <https://doi.org/10.30554/archmed.22.2.4536.2022>