



Vascularización renal fetal en preeclámpticas severas y embarazadas normotensas (Fetal renal vascularization in severe preeclamptic patients and normotensive pregnant women)

Eduardo Reyna-Villasmil¹✉, Joel Santos-Bolívar¹, Yolimar Navarro-Briceño¹, Jorly Mejía-Montilla¹, Nadia Reyna-Villasmil¹, Andreina Fernández-Ramírez¹, Marta Rondón-Tapia¹

¹. Servicio de Obstetricia y Ginecología - Maternidad "Dr. Nerio Belloso" Hospital Central "Dr. Urquinaona". Maracaibo, Estado Zulia, Venezuela.

Recibido: 24 de Agosto de 2016
Aceptado: 30 de Noviembre de 2016
Publicación online: 9 de Diciembre de 2016

[TRABAJO ORIGINAL]

Resumen (español)

El objetivo de la investigación fue comparar la vascularización renal fetal en preeclámpticas severa con embarazadas normotensas. Se realizó un estudio de casos y controles en el Hospital Central "Dr. Urquinaona", Maracaibo, Venezuela, de 50 preeclámpticas severas (grupo A) y 50 embarazadas normotensas (grupo B), todas nulíparas y con embarazos simples de más de 30 semanas. La evaluación tridimensional y de Doppler poder se realizó en cada riñón fetal en forma separada para calcular los índices vasculares: de vascularización, de flujo y de vascularización – flujo. No se encontraron diferencias estadísticamente significativas en la edad materna y la edad gestacional ($p = ns$). Se encontraron diferencias estadísticamente significativas en los valores promedio de presión arterial sistólica y presión arterial diastólica y proteinuria entre el grupo de preeclámpticas severas y las embarazadas controles normotensas ($p = 0,0001$). Las pacientes del grupo A presentaron valores menores de los índices de vascularización, flujo y vascularización – flujo comparado con las pacientes del grupo B ($p < 0,0001$). Estas diferencias fueron evidentes para la comparación de las mediciones de riñón derecho y el riñón izquierdo como en forma combinada del promedio de las mediciones ($p < 0,0001$). La disminución del índice de vascularización, índice de flujo e índice de vascularización – flujo entre las preeclámpticas severas y los controles fue superior al 30%, 34% y 54%, respectivamente. Se concluye que la disminución de la vascularización renal fetal puede ser cuantificada y es significativamente menor en las preeclámpticas severas comparado con las embarazadas normotensas.

Palabras clave (español)

Vascularización; Renal; Preeclampsia; Feto; Doppler.

Abstract (english)

The objective of research was to compare renal vascularization in fetus of severe preeclamptic patients with normotensive pregnant women. A case-control study was done at Hospital Central "Dr. Urquinaona", Maracaibo, Venezuela, with 50 severe preeclamptic patients (grupo A) and 50 normotensive pregnant women (group B), all nulliparous and with gestational age over 30 weeks. Tridimensional and power Doppler evaluation was performed in each fetal kidney separately to calculate vascular indexes: vascularization index, flow index and vascularization – flow index. There were not found significant differences in maternal age and gestational age ($p = ns$). There were found significant differences in mean values of systolic and diastolic blood pressure and proteinuria between severe preeclamptic patients and normotensive pregnant women ($p < 0.0001$). Patients in group A presented significant lower values of vascularization index, flow index and vascularization – flow index compared with patients of group B ($p < 0.0001$). These differences were also evident for comparison between right and left kidney as mean combined measurement ($p < 0.0001$). Decrease of vascularization index,

flow index and vascularization – flow index between severe preeclamptic patients and controls were above 30%, 34% and 54%, respectively. It is concluded that decreased fetal renal vascularization could be measured and is significantly lower in severe preeclamptic patients compared with normotensive pregnant women.

Keywords (english)

Vascularization; Renal; Preeclampsia; Fetus; Doppler

Introducción

La preeclampsia es una causa de morbi-mortalidad materna y perinatal. Las complicaciones maternas de la preeclampsia incluyen coagulopatía, insuficiencia renal y enfermedad cerebrovascular hemorrágica (1). La disfunción endotelial provoca vasoconstricción generalizada, activación plaquetaria, trombosis y disminución del volumen plasmático, con posterior reducción del flujo sanguíneo a múltiples órganos (2). El hallazgo fisiopatológico principal en las preeclámpticas es alteración de la vasodilatación de los vasos maternos, mediado por diferentes compuestos que se producen en el endotelio (3).

En respuesta a la reducción de la perfusión placentaria y la hipoxia, el feto redistribuye su flujo sanguíneo a órganos vitales como cerebro, corazón y glándulas suprarrenales, un mecanismo que permite reservar la oxigenación hacia estos órganos vitales. Se ha descrito en modelos animales que, durante la hipoxia crónica y sostenida, los flujos sanguíneos renal, hepático y pulmonar se encuentran disminuidos en forma marcada y significativa (4,5). Este fenómeno de redistribución circulatoria en patologías como la preeclampsia ha sido confirmado por estudios Doppler, en los que se observa disminución de la impedancia del flujo de los vasos cerebrales e incremento en la impedancia de la aorta torácica descendente (6). Las mediciones de la velocidad de flujo sanguíneo en las arterias uterina y umbilical pueden revelar de forma específica las variaciones en la resistencia vascular placentaria y pueden ser predictivas de complicaciones fetales (4). Hallazgos similares se han realizado en fetos humanos con diagnóstico de restricción del crecimiento intrauterino del feto (7).

El flujo sanguíneo y la vascularización renal son cruciales en la circulación fetal, debido a que la alteración en la perfusión puede ser relevante tanto para el bienestar fetal como para el pronóstico neonatal (8). Además del análisis morfológico del riñón fetal, la evaluación de la vascularización renal tiene importancia vital en el crecimiento, por lo que es obligatorio determinar el estado de la vascularización y del flujo sanguíneo renal. Sin embargo, la vascularización renal global en los fetos humanos in

utero ha sido evaluada solo en forma indirecta mediante la ecografía bidimensional (8,9). Un estudio previo observó una correlación entre los índices vasculares y el flujo sanguíneo real en los cotiledones placentarios en un modelo animal (10). Las cuantificaciones tridimensionales del flujo sanguíneo usando el Doppler poder y el programa de ayuda de reconstrucción virtual de órganos (VOCAL) proveen estimaciones de tres índices vasculares importantes: índice de vascularización (IV), índice de flujo (IF) e índice de vascularización – flujo (IVF) (9). Sin embargo, estos índices han sido determinados casi en forma exclusiva en placenta y pulmón fetal, para predecir el pronóstico post-natal de fetos que presentan hernias diafragmáticas y restricción del crecimiento intrauterina (11,12).

Debido a que es conocido que la preeclampsia severa produce alteraciones en el flujo sanguíneo renal fetal (13), el objetivo de la investigación fue comparar la vascularización renal fetal en preeclámpticas severa con embarazadas normotensas.

Materiales y métodos

Selección de pacientes. Se realizó un estudio de casos y controles en el Hospital Central “Dr. Urquinaona”, Maracaibo, Venezuela entre enero de 2014 y julio de 2016. Se seleccionaron las pacientes que asistieron a la emergencia y a las cuales se les realizó biometría fetal. La muestra fue de 50 preeclámpticas severas (grupo A) y 50 embarazadas normotensas, todas nulíparas y con embarazos simples de más de 30 semanas, que acudieron a la emergencia obstétrica. Los controles fueron seleccionados y pareados con las preeclámpticas severas por tener una edad materna y gestacional similar.

Se excluyeron aquellas embarazadas con hipertensión crónica, sospecha de restricción del crecimiento intrauterino del feto, diabetes mellitus pre-gestacional o gestacional y enfermedades sistémicas crónicas. El estudio fue aprobado por el Comité de ética del Hospital y se obtuvo el consentimiento por escrito de todas las participantes.

La preeclampsia severa se definió si la presión arterial diastólica estaba por encima de 110 mm de Hg o la presión arterial sistólica era de 160 mm de Hg o

más, junto con 3 cruces de proteinuria en un examen cualitativo o por lo menos 3 g en una muestra de orina de 24 h, presencia de cefalea, alteraciones visuales, dolor abdominal, oliguria (menos de 500 ml/24 h), hiperbilirrubinemia, elevación de las concentraciones séricas de creatinina (mayor de 1,0 mg/dL), trombocitopenia (menos de 150.000 mm³) y elevación de las concentraciones de las transaminasas después de las 20 semanas de gestación. La presión sanguínea se midió en posición sentada después de 15 min de descanso.

Determinación de los índices de vascularización renal fetal. Todas las preeclámpticas severas fueron hospitalizadas y se realizó la evaluación antes del uso de cualquier tratamiento. Cada una de las embarazadas de cada grupo fue estudiada utilizando ecografía tridimensional usando un ecógrafo 730-Expert® (Voluson, Austria) con transductor de 4 – 8 Mhz de ambos riñones fetales para estudiar la vascularización renal, en todos los casos la configuración del Doppler poder se preestableció antes de la determinación volumétrica de la imagen renal en todas las embarazadas. La evaluación tridimensional se realizó en cada riñón fetal en forma separada con el feto en reposo, con una frecuencia cardiaca de 120 – 160 latidos por minuto y en ausencias de contracciones uterinas. La imagen del riñón se colocó en forma longitudinal con la arteria renal en el centro de la imagen y visualizándose con el Doppler poder, utilizando un ángulo variable de acuerdo a la edad gestacional y las dimensiones del riñón.

El volumen renal se midió en cada riñón fetal en forma separada usando el programa VOCAL (figura 1). Posteriormente, se utilizó el histograma del Doppler, del Doppler poder y la ecografía tridimensional para calcular los índices vasculares: IV, IF y IVF (9). El IV indica el porcentaje de color dentro del volumen total del riñón fetal y demuestra el número de vasos que pueden ser detectados dentro del parénquima renal. El IF es el valor promedio de la amplitud de flujo dentro del parénquima, mostrando el número de células sanguíneas en movimientos que se desplazan durante el barrido tridimensional y representa el flujo sanguíneo dentro del parénquima renal. El IVF es producto de la combinación de la información de la presencia de los vasos y la cantidad de flujo relacionado en diferentes valores ponderados por la amplitud del volumen del órgano. Por lo tanto, el IVF demuestra la vascularización y el flujo sanguíneo del riñón fetal. Todos los parámetros fueron analizados en modo manual para cada plano de rotación de 30 grados. Se realizaron dos mediciones por paciente por

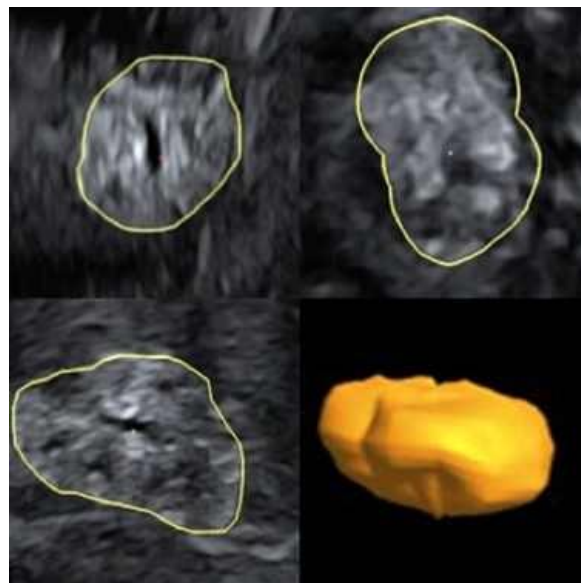


Figura 1. Delineado de la Imagen por ecografía tridimensional del riñón fetal para establecer el volumen estimado y los índices de vascularización con la programa VOCAL.

el mismo investigador y se utilizó el valor promedio para el análisis y en las mismas condiciones.

Análisis estadístico. Los resultados se muestran como promedio +/- desviación estándar. La distribución normal se analizó con la prueba Kolmogorov-Smirnov. Se utilizó la prueba t de Student o la prueba de Mann-Whitney cuando se consideró apropiado. Los coeficientes de correlación entre los índices de vascularización renal fetal y los valores de presión arterial materna. Los resultados con valores menores a $p < 0,05$ se consideraron estadísticamente significativos.

Resultados

Se seleccionaron un total de 100 pacientes para la investigación, de las cuales 50 eran embarazadas con diagnóstico de preeclampsia (grupo A) y 50 embarazadas normotensas (grupo B). En la tabla 1 se muestran las características generales de ambos grupos de embarazadas. No se encontraron diferencias estadísticamente significativas en la edad materna y la edad gestacional ($p = ns$). Se encontraron diferencias estadísticamente significativas en los valores promedio de presión arterial sistólica y presión arterial diastólica y proteinuria entre el grupo de preeclámpticas severas y las embarazadas controles normotensas ($p = 0,0001$).

Tabla 1. Características generales.

Promedio +/- desviación estándar	GRUPO A Preeclámpticas severas (N = 50)	GRUPO B Embarazadas normotensas (n = 50)	p
Edad materna, años	21,68 +/- 2,03	21,61 +/- 2,06	0,8645
Edad gestacional, semanas	33,23 +/- 1,40	33,55 +/- 1,39	0,2542
Presión arterial sistólica, mm de Hg	171,00 +/- 5,97	105,05 +/- 4,20	< 0,0001
Presión arterial diastólica, mm de Hg	123,85 +/- 6,98	72,70 +/- 4,87	< 0,0001
Proteinuria, g/24 horas	3,75 +/- 0,45	0,19 +/- 0,05	< 0,0001

En la tabla 2 se muestran los índices de vascularización renal fetal de cada grupo. Las pacientes del grupo A presentaron valores significativamente menores de IV, IF e IVF comparado con las pacientes del grupo B ($p < 0,0001$). Estas diferencias fueron evidentes para la comparación de las mediciones de riñón derecho y el riñón izquierdo como en forma combinada del promedio de las mediciones ($p < 0,0001$). La disminución del IV, IF e IVF entre las preeclámpticas severas y los controles fue superior al 30, 34 y 54%, respectivamente.

No se encontró correlación entre los valores de los diferentes índices de vascularización renal fetal y la presión arterial materna en ambos grupos de pacientes en forma global, ni en las pacientes en el grupo A ni en el grupo B en forma separada ($p = ns$).

Discusión

Los resultados de la investigación demuestran que los fetos de las preeclámpticas severas presentan alteración de la vascularización renal, demostrado por la disminución significativa de los IV, IF e IVF comparado con las embarazadas normotensas. Hasta el momento, este es uno de los primeros estudios de la evaluación vascular renal cuyos hallazgos refleja la alteración de la vascularización fetal causada por la

preeclampsia severa.

El flujo sanguíneo renal fetal se estima que representa 2 - 3% del gasto cardiaco en condiciones fisiológicas, debido al alto índice de pulsatilidad reflejo de la elevada resistencia de la arteria renal (14). Durante la disminución del flujo plasmático y la hipoxemia, el flujo sanguíneo fetal disminuye entre 25 - 50% comparado con los valores basales, pero no se ha descubierto cual es el mecanismo exacto por el cual se produce dicha disminución (15). La redistribución de la circulación fetal, secundarias a la hipoxemia fetal, produce alteraciones de la vascularización renal fetal. Durante este proceso, los riñones fetales están entre los órganos comprometidos, llevando a insuficiencia renal transitoria, que generalmente es un proceso benigno (16). Esto implicaría que en vez de la vasoconstricción local de la vasculatura renal, el flujo sanguíneo renal fetal puede modificarse por la combinación de varios mecanismos que incluyen aumento de la presión arterial y de la acción intra-renal de varios metabolitos, los cuales finalmente inducen cambios hemodinámicos renales (17).

En teoría, la hipoxia fetal activa produce una reacción vasomotora discordante en la aorta torácica descendente y la arteria carotídea común. En la aorta torácica descendente, se produce disminución de la velocidad sanguínea promedio, mientras que en la

Tabla 2. Índices de vascularización renal en cada grupo.

Promedio +/- desviación estándar	GRUPO A Preeclámpticas severas (N = 50)	GRUPO B Embarazadas normotensas (n = 50)	p
Índice de vascularización			
Riñón derecho	2,72 +/- 1,02	4,91 +/- 3,75	< 0,0001
Riñón izquierdo	2,66 +/- 0,86	5,06 +/- 4,18	< 0,0001
Combinado	2,69 +/- 0,74	4,49 +/- 3,04	< 0,0001
Índice de flujo			
Riñón derecho	27,64 +/- 2,19	41,27 +/- 3,70	< 0,0001
Riñón izquierdo	27,40 +/- 2,25	40,92 +/- 3,76	< 0,0001
Combinado	27,52 +/- 1,42	41,09 +/- 2,65	< 0,0001
Índice flujo vascularización			
Riñón derecho	0,82 +/- 0,52	1,78 +/- 2,17	< 0,0001
Riñón izquierdo	0,76 +/- 0,49	1,61 +/- 2,28	< 0,0001
Combinado	0,79 +/- 0,34	1,69 +/- 1,64	< 0,0001

arteria carótida común aumenta la velocidad promedio y el índice de pulsatilidad (18,19). El incremento de la resistencia de la aorta torácica descendente puede ser un componente de la centralización de la circulación debido a la hipoxia crónica. Los hallazgos de esta y otras investigaciones previas demuestran que la vascularización renal fetal puede estar afectada en forma similar como resultado de una resistencia intra-vascular elevada, llevando a disminución de la perfusión renal fetal (20). Existen varios mecanismos potenciales por los cuales se pueden producir alteraciones en el flujo renal en fetos de las preeclámpticas. Uno es la potencial hipovolemia y la hemoconcentración debido a los cambios en el balance de líquidos en el feto y la placenta (21). El otro posible mecanismo es el incremento localizado de la resistencia de los vasos renales, que puede ser medido utilizando el Doppler poder.

En esta investigación se evaluaron los efectos de la preeclampsia severa en los índices de vascularización renal fetal usando el Doppler poder y se encontró disminución de los valores promedio de cada uno de los índices de vascularización comparado con las embarazadas normotensas. Se seleccionaron a las preeclámpticas severas debido a que es una patología bien definida, la cual es posible diagnosticarla en el periodo prenatal y es una causa importante de hipoxia fetal. Los efectos de esta patología permiten determinar las diferencias en los índices de vascularización del riñón fetal. Los resultados de esta investigación sugieren que la circulación renal patológica podría estar conectada con el estado hipóxico crónico causado por la preeclampsia (18). El uso de Doppler poder para establecer la vascularización renal fetal permite la detección de la disfunción que afecta el riñón en diferentes estados de hipoxia crónica.

Entre los recientes avances tecnológicos en la evaluación de la vascularización y parámetros de flujo, el uso de la ecografía de 3 dimensiones puede cuantificar el volumen sanguíneo y la vascularización al analizar el órgano estudiado en sus diferentes dimensiones (9,22). Todo esto hace que el Doppler poder sea el mejor método para la reconstrucción tridimensional de pequeños vasos. Además, del uso del Doppler poder, el histograma tridimensional puede medir la vascularización y flujo de sangre dentro de un bloque de tejido o un órgano de interés. En contraste, el histograma de mediciones color bidimensional solo puede evaluar planos simples (9). La vascularización y el flujo de sangre del órgano de interés son tridimensionales, por lo cual cualquier órgano fetal no puede ser evaluado usando un plano simple con

histogramas bidimensionales. Más aún, la perfusión total no puede ser evaluada solo con el histograma bidimensional (9,23-25).

Pero este sistema tiene al menos dos ventajas. En contraste con el Doppler color, basado en frecuencias que analizan los cambios del flujo sanguíneo, el Doppler poder determina la amplitud de los componentes de la señal, indicando el número de células sanguíneas en movimiento. De igual forma, se ha reportado que es más útil que el Doppler color en situaciones de baja velocidad de flujo sanguíneo y también puede detectar alteraciones mínimas en el flujo sanguíneo (24). Todo esto se debe a que es más sensible, menos dependiente de los ángulos y menos susceptible a falsas identificaciones (9,23,26,27). Esto permite una mejor visualización de los pequeños vasos y del bajo flujo, especialmente en los fetos con diferentes patologías (24).

Las técnicas de Doppler poder de tres dimensiones tienen limitaciones y una amplia variedad de factores puede alterar los valores de los diferentes índices. Los parámetros de preestablecidos de ecografía y Doppler poder son los factores más importantes (28,29). Por lo tanto, en este estudio se decidió no ajustar la ganancia, color o cualquiera de los otros parámetros ecográficos para evaluar cada paciente en forma individual. Además, los parámetros de adquisición de imágenes fueron los mismos para todas las pacientes.

La distancia entre el transductor y el órgano que va a ser analizado podría cambiar el poder de la señal (9). El tejido subcutáneo varía en las embarazadas y los fetos son móviles haciendo difícil en ocasiones realizar este tipo de estudios. Otro factor importante que puede afectar el valor de los índices es la profundidad. Los índices de vascularización fetal disminuyen en forma lineal con la profundidad. El índice de flujo disminuye también, pero en una forma no lineal (28). Debe evitarse la presencia de artefactos causados por el movimiento cuando se analiza los datos del Doppler poder. Este método es muy sensible y puede detectar vasos muy pequeños (menores de 1 milímetro de diámetro) al igual que el flujo de baja velocidad. Sin embargo, debido a esta relativa alta sensibilidad, los artefactos causados por el movimiento del transductor, de la paciente o del feto pueden también ser evaluados (9,23-25). En este estudio se descartaron los registros con artefactos de movimiento y las evaluaciones fueron repetidas en esas pacientes.

En conclusión, la observación de la disminución de la vascularización renal fetal puede ser cuantificada y es significativamente menor en las

preeclámpticas severas comparado con las embarazadas normotensas, lo que aporta información valiosa que puede ayudar en el manejo de estos casos.

Conflicto de Interés

Los autores declaran no tener ningún conflicto de interés

Referencias

- Dekker GA. Pre-eclampsia - A disease of an individual couple. *Pregnancy Hypertens.* 2014; 4: 242-3. [\[PubMed\]](#) [\[Google Scholar\]](#)
- Rodriguez A, Tuuli MG, Odibo AO. First-, Second-, and Third-Trimester Screening for Preeclampsia and Intrauterine Growth Restriction. *Clin Lab Med.* 2016; 36: 331-51. [\[PubMed\]](#) [\[Google Scholar\]](#).
- Fisher SJ. Why is placentation abnormal in preeclampsia? *Am J Obstet Gynecol.* 2015; 213: S115-22. [\[PubMed\]](#) [\[Google Scholar\]](#)
- Ghosh G, Breborowicz A, Brazert M, Maczkiewicz M, Kobelski M, Dubiel M, Gudmundsson S. Evaluation of third trimester uterine artery flow velocity indices in relationship to perinatal complications. *J Matern Fetal Neonatal Med.* 2006; 19: 551-5. [\[PubMed\]](#) [\[Google Scholar\]](#)
- Thakor AS, Giussani DA. Effects of acute acidemia on the fetal cardiovascular defense to acute hypoxemia. *Am J Physiol Regul Integr Comp Physiol.* 2009; 296: R90-9. [\[PubMed\]](#) [\[Google Scholar\]](#)
- Akira M, Noa U, Atsuko T, Kanako M, Mikio M. The relationship between fetal inferior vena cava diameter pulse and flow velocity waveforms in normal and compromised pregnancies. *Early Hum Dev.* 2008; 84: 129-35. [\[PubMed\]](#) [\[Google Scholar\]](#)
- Siddiqui TS, Asim A, Ali S, Siddiqui TS, Tariq A. Comparison of perinatal outcome in growth restricted fetuses retaining normal umbilical artery Doppler flow to those with diminished end-diastolic flow. *J Ayub Med Coll Abbottabad.* 2014; 26: 221-4. [\[PubMed\]](#) [\[Google Scholar\]](#)
- Chang CH, Chang FM, Yu CH, Liang RI, Ko HC, Chen HY. Systemic assessment of fetal hemodynamics by Doppler ultrasound. *Ultrasound Med Biol.* 2000; 26: 777-85. [\[PubMed\]](#) [\[Google Scholar\]](#)
- Pairleitner H, Steiner H, Hasenoehrl G, Staudach A. Three-dimensional power Doppler sonography: imaging and quantifying blood flow and vascularization. *Ultrasound Obstet Gynecol.* 1999; 14: 139-43. [\[PubMed\]](#) [\[Google Scholar\]](#)
- Surányi A, Kozinszky Z, Molnár A, Nyári T, Bitó T, Pál A. Placental three-dimensional power Doppler indices in mid-pregnancy and late pregnancy complicated by gestational diabetes mellitus. *Prenat Diagn.* 2013; 33: 952-8. [\[PubMed\]](#) [\[Google Scholar\]](#)
- Farina A. Placental vascular indices (VI, FI and VFI) in intrauterine growth retardation (IUGR). A pooled analysis of the literature. *Prenat Diagn.* 2015; 35: 1065-72. [\[PubMed\]](#) [\[Google Scholar\]](#)
- Bartha JL, Moya EM, Hervías-Vivancos B. Three-dimensional power Doppler analysis of cerebral circulation in normal and growth-restricted fetuses. *J Cereb Blood Flow Metab.* 2009; 29: 1609-18. [\[PubMed\]](#) [\[Google Scholar\]](#)
- Navarro-Briceño J, Santos-Bolívar J, Reyna-Villasmil E, Mejía-Montilla J, Reyna-Villasmil N. Flujo sanguíneo de las arterias renales fetales en preeclámpticas graves y embarazadas normotensas sanas. *Prog Obstet Ginecol.* 2011; 54: 506-10. [\[Google Scholar\]](#)
- Surányi A, Nyári T, Keresztúri A, Pál A. What does fetal renal echogenicity mean in intrauterine growth retardation?. *Orv Hetil.* 2006; 147: 1997-2002. [\[PubMed\]](#) [\[Google Scholar\]](#)
- Tomimatsu T, Pereyra Pena J, Hatran DP, Longo LD. Maternal oxygen administration and fetal cerebral oxygenation: studies on near-term fetal lambs at both low and high altitude. *Am J Obstet Gynecol.* 2006; 195: 535-41. [\[PubMed\]](#) [\[Google Scholar\]](#)
- Ogunlesi TA, Adekanmbi F. Evaluating and managing neonatal acute renal failure in a resource-poor setting. *Indian J Pediatr.* 2009; 76: 293-6. [\[PubMed\]](#) [\[Google Scholar\]](#)
- Yu ZY, Lumbers ER, Simonetta G. The cardiovascular and renal effects of acute and chronic inhibition of nitric oxide production in fetal sheep. *Exp Physiol.* 2002; 87: 343-51. [\[PubMed\]](#) [\[Google Scholar\]](#)
- Galesić K, Brkljacić B, Sabljarić Matovinović M, Morović-Vergles J, Cvitković-Kuzmić A, Božikov V. Renal vascular resistance in essential hypertension: duplex-Doppler ultrasonographic evaluation. *Angiology.* 2000; 51: 667-75. [\[PubMed\]](#) [\[Google Scholar\]](#)
- Vyas S, Nicolaides KH, Campbell S. Renal artery flow-velocity waveforms in normal and hypoxic fetuses. *Am J Obstet Gynecol.* 1989; 161: 168-72. [\[PubMed\]](#) [\[Google Scholar\]](#)
- Mori A, Iwabuchi M, Makino T. Fetal haemodynamic changes in fetuses during fetal development evaluated by arterial pressure pulse and blood flow velocity waveforms. *BJOG.* 2000; 107: 669-77. [\[PubMed\]](#) [\[Google Scholar\]](#)
- Konje JC, Abrams KR, Taylor DJ. Normative values of Doppler velocimetry of five major fetal arteries as determined by color power angiography. *Acta Obstet Gynecol Scand.* 2005; 84: 230-7. [\[PubMed\]](#) [\[Google Scholar\]](#)
- Yagel S, Cohen SM, Messing B, Valsky DV. Three-dimensional and four-dimensional ultrasound applications in fetal medicine. *Curr Opin Obstet Gynecol.* 2009; 21: 167-74. [\[PubMed\]](#) [\[Google Scholar\]](#)
- Tonni G, Araujo Júnior E. Three-dimensional ultrasound in obstetrics practice: myth or reality? *Rev Bras Ginecol Obstet.* 2014; 36: 143-5. [\[PubMed\]](#) [\[Google Scholar\]](#)
- Battaglia C, Battaglia B, Morotti E, Paradisi R, Zanetti I, Meriggiola MC, Venturoli S. Two- and three-dimensional sonographic and color Doppler techniques for diagnosis of polycystic ovary syndrome. The stromal/ovarian volume ratio as a new diagnostic criterion. *J Ultrasound Med.* 2012; 31: 1015-24. [\[PubMed\]](#) [\[Google Scholar\]](#)
- Ierullo AM, Fernandez S, Palacio M, Gratacos E, Hernandez-Andrade E. Cervical blood perfusion assessed using power Doppler-derived estimation of fractional moving blood volume: a reproducibility study. *Ultrasound Obstet Gynecol.* 2011; 38: 57-61. [\[PubMed\]](#) [\[Google Scholar\]](#)
- Guerriero S, Ajossa S, Piras S, Gerada M, Floris S, Garau N, Minerba L, Paoletti AM, Melis GB. Three-dimensional quantification of tumor vascularity as a tertiary test after B-mode and power Doppler evaluation for detection of ovarian cancer. *J Ultrasound Med.* 2007; 26: 1271-8. [\[PubMed\]](#) [\[Google Scholar\]](#)
- de Paula CF, Ruano R, Campos JA, Zugaib M. Quantitative analysis of placental vasculature by three-dimensional power Doppler ultrasonography in normal pregnancies from 12 to 40 weeks of gestation. *Placenta.* 2009; 30: 142-8. [\[PubMed\]](#) [\[Google Scholar\]](#)

28. Raine-Fenning NJ, Nordin NM, Ramnarine KV, Campbell BK, Clewes JS, Perkins A, Johnson IR. Determining the relationship between three-dimensional power Doppler data and true blood flow characteristics: an in-vitro flow phantom experiment. *Ultrasound Obstet Gynecol.* 2008; 32: 540-50. [\[PubMed\]](#) [\[Google Scholar\]](#)
29. Hata T, Tanaka H, Noguchi J, Hata K. Three-dimensional ultrasound evaluation of the placenta. *Placenta.* 2011; 32: 105-15. [\[PubMed\]](#) [\[Google Scholar\]](#)

Como citar este artículo: Reyna-Villasmil E, Santos-Bolívar J, Navarro-Briceño Y, Mejía-Montilla J, Reyna-Villasmil N, Fernández-Ramírez A, Rondón-Tapia M. Vascularización renal fetal en preeclámpticas severas y embarazadas normotensas. *Avan Biomed* 2016; 5: 160-6.