

ARTÍCULO ORIGINAL

1. Médico ginecólogo y obstetra, Centro de Medicina Fetal, Clínica Santa Isabel, Lima, Perú - ORCID iD: <https://orcid.org/0000-0002-6700-4925>
2. Médico ginecólogo y obstetra, Centro de Medicina Fetal, Ministerio de Salud, Perú
3. Médico ginecólogo y obstetra, Centro de Medicina Fetal, Lima, Perú

El contenido de este artículo es original y no ha sido enviado a otra revista biomédica

Todas las pacientes dieron su consentimiento para usar los datos obtenidos de forma anónima en trabajos de investigación

El trabajo ha sido financiado con fondos propios

Declaramos no tener conflictos de interés

Recibido: 14 junio 2020

Aceptado: 3 noviembre 2020

Publicación en línea:

Correspondencia:

Dr. Eduardo Reyna-Villasmil

Av Guardia Civil 715 2o piso

+51 999411054

gdiezch@gmail.com

Citar como: Diez Chang G, Gladys Bazán Lossio de Diez M, Huertas Tacchino E. Selección de la curva de referencia del índice pulsatilidad de las arterias umbilicales. Rev Peru Ginecol Obstet. 2021;67(1). DOI: <https://doi.org/10.31403/rpgov67i2300>

Selección de la curva de referencia del índice pulsatilidad de las arterias umbilicales

Umbilical artery pulsatility index reference chart selection

Guillermo Diez Chang¹, Magdalena Gladys Bazán Lossio de Diez², Erasmo Huertas Tacchino³

DOI: <https://doi.org/10.31403/rpgov67i2300>

RESUMEN

Se evalúa la resistencia en las arterias umbilicales (AU) para detectar la restricción del crecimiento debida a placentación inadecuada en bebés pequeños con riesgo de muerte perinatal e incapacidad a largo plazo. El índice de pulsatilidad de la arteria umbilical (IP AU) debe ser comparada con una tabla de referencia seleccionada estadísticamente. **Objetivo.** Identificar la curva de referencia del índice de pulsatilidad (IP) cuyo valor crítico coincide mejor con nuestros datos poblacionales. **Métodos.** La cohorte fue descrita en un trabajo previo de 1 753 fetos con 2 031 mediciones del IP de las arterias uterinas y arterias umbilicales con desenlace materno-perinatal normal. **Resultados.** El IP AU tuvo una significativa correlación negativa ($r=-0,42$) con la edad gestacional (EG). El percentil 95 de nuestras pacientes fue significativamente diferente de los publicados por Arduini, Acharya, Ciobanu, Baschat y Limay. **Conclusión.** Las cifras de índice de pulsatilidad de las arterias umbilicales obtenidas se ajustan mejor a las curvas de referencia de Parra.

Palabras clave. Arterias umbilicales. Ultrasonografía Doppler en color.

ABSTRACT

Umbilical arteries (UA) resistance is assessed to detect growth restriction due to an inadequate placentation in small infants at risk of perinatal death and long-term incapacity. The umbilical artery pulsatility index (UA PI) must be compared with a statistically selected reference chart. **Objective:** To identify the pulsatility index (PI) reference curve whose critical value best matches our population data. **Methods:** The cohort was described in a previous study of 1 753 fetuses with 2 031 measurements of the PI of the uterine arteries and umbilical arteries with normal maternal-perinatal outcome. **Results:** PI UA had a significant negative correlation ($r=-0.42$) with gestational age (GA). The 95th percentile of our patients was significantly different from those published by Arduini, Acharya, Ciobanu, Baschat and Limay. **Conclusion:** The umbilical artery pulsatility index figures obtained conform better to Parra's reference curves.

Key words. Umbilical arteries, Doppler color ultrasonography.

INTRODUCCIÓN

La medición de la resistencia de la arteria umbilical (AU) es usada para evaluar los fetos pequeños para la edad gestacional debido a placentación inadecuada⁽¹⁾. La evaluación de la resistencia en la arteria umbilical tiene una parte cualitativa, el flujo diastólico que puede ser anterógrado, reverso (retrógrado) o ausente⁽¹⁾, y una cuantitativa (estimación de la resistencia que se obtiene mediante parámetros⁽²⁻¹⁵⁾, entre ellos, el índice de pulsatilidad (IP AU)⁽²⁻⁸⁾.

El IP AU se ve afectado por los movimientos respiratorios fetales, frecuencia cardíaca fetal, movimientos corporales fetales, compresión del cordón, posición materna, edad gestacional (EG), sitio de muestreo, entre otros.

Se ha informado que la IP AU medida en diferentes porciones de la arteria umbilical difiere. El 'asa libre' y el extremo placentario son similares, pero el extremo fetal y el intraabdominal son más altos. Es por eso que la medición de UA PI debe compararse con la tabla de referencia correcta.



Para seleccionar la mejor tabla de referencia para nuestro servicio, comparamos nuestras mediciones de IP AU en mujeres con resultados maternos y perinatales normales con las publicadas.

MÉTODOS

El presente es un estudio transversal retrospectivo. Los datos fueron recolectados de manera prospectiva de pacientes citadas para control prenatal en la institución y analizados retrospectivamente. La cohorte fue descrita en una publicación previa⁽¹⁶⁾. Se obtuvo los datos de todas las gestantes con al menos 24 semanas de edad gestacional (EG) confirmadas con una ecografía del primer trimestre. Se excluyó a las gestantes con preeclampsia, diabetes, embarazo múltiple, los fetos anormales y pequeños para la EG (PEG), así como los embarazos con más de dos evaluaciones ecográficas.

Como datos demográficos se registró la edad y la paridad de las madres. Se midió la resistencia en ambas arterias uterinas por debajo del cruce con la iliaca externa, por vía abdominal. Se midió la resistencia de una de las arterias umbilicales (IP AU) en un segmento de asa libre. La medición debió tener al menos 3 ondas idénticas en un periodo sin respiración fetal. Las medidas fueron transferidas por vía electrónica a la base de datos de la institución.

Se utilizó el programa Excel (Microsoft®) para realizar la evaluación estadística y el diseño de gráficos. Primero se evaluó la normalidad de la distribución del IP AU. Los datos del IP AU fueron tabulados por semana de edad gestacional. Se comparó el promedio del IP AU de cada semana de gestación para ver si eran significativamente diferentes (ANOVA, F de Snedecor). Con el método de mínimos cuadrados se realizaron regresiones y se obtuvo el percentil 95 por cada semana de EG. Se evaluaron visualmente las curvas de residuos para identificar sesgos. Se midió el coeficiente de correlación de Pearson y el coeficiente de determinación para medir la fortaleza de la asociación del IP AU con el IP AUt y con la edad gestacional. Se utilizó un nivel de significancia del 5%.

El percentil 95 del IP AU fue comparado con las curvas de referencia publicadas por Arduini, Acharya, Parra, Ciobanu, Baschat y Limay. Como

nuestra población tuvo resultados normales, el porcentaje de valores por encima del percentil 95 representan la tasa de falsos positivos obtenido con cada curva. Se comparó la tasa de falsos positivos obtenida al comparar las mediciones de nuestra población con las diferentes curvas.

RESULTADOS

La cohorte de 1 753 fetos con 2 031 mediciones del IPAU y del IP de las de las arterias uterinas (IP AUt) ha sido descrita en un trabajo previo⁽¹⁶⁾. La distribución del número de mediciones en relación con la edad gestacional se observa en la tabla 1 y la figura 1.

La correlación del IP de las arterias uterinas y umbilicales fue débil (figura 1), pero significativa ($r=0,10$, $p<0,05$), lo que implica que la variación de la resistencia de las arterias uterinas solo explica el 1% de la variación de la resistencia de las arterias umbilicales entre las 24 y 40 semanas. Se apreció una significativa correlación negativa del IP AU con la edad gestacional ($r=-0,42$; $p<0,05$) (figura 1). El coeficiente de determinación r^2 nos dice que la edad gestacional explica el 18% de la variación de la resistencia en las arterias umbilicales entre las 24 y 40 semanas.

La mejor regresión fue con una recta en que el IP AU disminuye 2% cada semana: $IP\ AU = -0,023EG + 1,7225$; (donde EG es la edad gestacional en semanas; $R^2 = 0,18$; figura 1). En la figura 2 se compara la distribución del AU (curva de regresión y los percentiles 5 y 95) con otras publicadas (3-8).

En la figura 3 se aprecia la distribución del IP AU (promedio 0,92, mediana 0,91 y moda 0,87; rango 0,46 a 2,19, DE 0,18, IQ 0,649 a 0,895, $p_5=0,515$, $p_{95}=1,22$), que tiene menor asimetría derecha (0,8 vs 1,9) y menor curtosis (2,8 vs 6,3) que el IP AUt. La curva del IP AU se encuentra desplazada a la derecha con relación al IP AUt.

En la tabla 1 se aprecia el número y porcentaje de falsos positivos. La tasa de falsos positivos (TFP) en nuestra población fue significativamente diferente al 5% al usar las tablas de Arduini, Acharya, Ciobanu, Limay y Baschat; con Arduini, específicamente entre las semanas 32 y 39, y con Baschat, entre las 34 y 38. En la gráfica 2 se aprecia con claridad la discrepancia de los percentiles 5 y 95 entre la curva de Arduini con las demás.

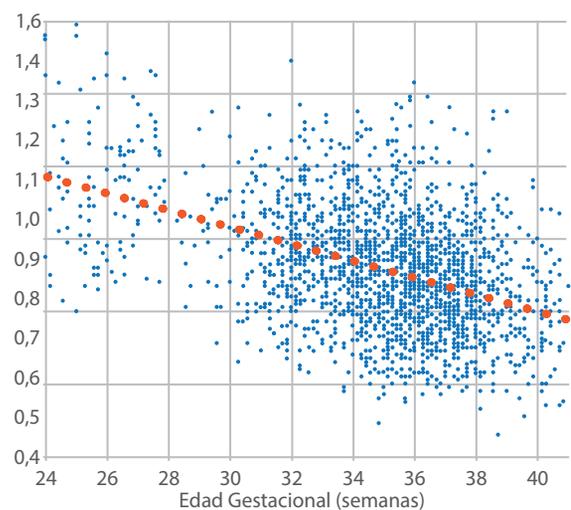
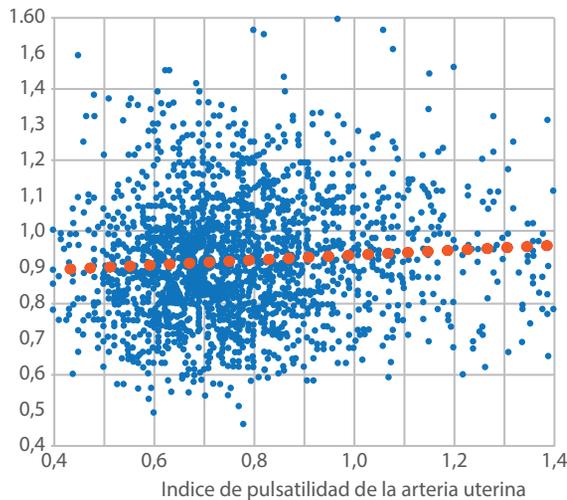


TABLA I. PERCENTIL 95 DEL ÍNDICE DE PULSATILIDAD DE LA ARTERIA UMBILICAL DE DIFERENTES AUTORES Y PORCENTAJE DE FALSOS POSITIVOS AL USARLO EN NUESTRA POBLACIÓN.

EG	N	Percentil 95 del IP AU						Número (% percentil >95)				
		Díez	Arduini	Acharya	Ciobanu	Parra	Limay	Arduini	Acharya	Ciobanu	Parra	Limay
24	22	1,60	1,79	1,47	1,45	1,64	1,47	0(0)	2(9)	2(9)	0(0)	2(9)
25	31	1,54	1,74	1,44	1,42	1,59	1,43	1(3)	3(10)	4(13)	1(3)	4(13)
26	32	1,48	1,69	1,41	1,40	1,54	1,4	0(0)	3(9)*	3(9)*	0(0)	3(9)*
27	26	1,42	1,65	1,38	1,37	1,49	1,37	0(0)	2(8)	2(8)	0(0)	2(8)
28	11	1,35	1,61	1,35	1,35	1,45	1,34	1(9)	1(9)	1(9)	1(9)	1(9)
29	21	1,30	1,57	1,32	1,32	1,40	1,31	0(0)	1(5)	1(5)	0(0)	1(5)
30	52	1,24	1,54	1,29	1,30	1,36	1,29	0(0)	1(2)	1(2)	0(0)	1(2)
31	99	1,23	1,51	1,27	1,28	1,32	1,27	1(1)	2(2)	2(2)	2(2)	2(2)
32	163	1,21	1,48	1,25	1,23	1,28	1,25	1(1)*	8(5)	9(6)	5(3)	8(5)
33	172	1,19	1,46	1,22	1,23	1,24	1,23	0(0)*	9(5)	8(5)	8(5)	8(5)
34	255	1,17	1,44	1,20	1,21	1,20	1,21	0(0)*	10(4)	10(4)	10(4)	10(4)
35	315	1,15	1,43	1,18	1,18	1,17	1,20	0(0)*	24(8)	24(8)	27(9)	20(6)*
36	298	1,13	1,42	1,16	1,16	1,13	1,18	1(0)*	11(4)	11(4)	14(5)	11(4)
37	259	1,11	1,41	1,14	1,14	1,10	1,17	0(0)*	7(3)	7(3)	11(4)	5(2)
38	143	1,10	1,40	1,12	1,12	1,06	1,15	0(0)*	5(3)	5(3)	15(10)*	4(3)
39	81	1,08	1,40	1,10	1,10	1,03	1,14	1(1)	5(6)	5(6)	7(9)	3(4)
40	49	1,06	1,40	1,09	1,08	1,00	1,13	0(0)	0(0)	0(0)	3(6)	0(0)
Total	2029 (100)							6 (0,3)*	94 (4,6)*	95 (4,7)*	104 (5,1)	85 (4,2)*

*p<0,05. EG=edad gestacional. N=número de mediciones.

FIGURA 1. GRÁFICO DE PUNTOS Y RELACIÓN LINEAL ENTRE EL IP DE LAS ARTERIAS UMBILICALES Y UTERINAS Y ENTRE EL IP DE LAS ARTERIAS UMBILICALES Y LA EDAD GESTACIONAL.



DISCUSIÓN

Desde la publicación de Arduini⁽³⁾ a la de Ciobanu⁽⁵⁾ han transcurrido 30 años, durante los cuales, gracias a los desarrollos tecnológicos, ha mejorado la calidad de las imágenes del ultrasonido obstétrico, hecho que ha podido influir en los resultados. Asimismo, existen notables diferencias en cuanto a la metodología, al número de pacientes y a la manera en que fueron seleccionadas para construir las curvas de referencia.

En el primer estudio de la Fetal Medicine Foundation (FMF), Mauro Parra⁽⁶⁾ evaluó 172 gestantes referidas para evaluación de crecimiento en el tercer trimestre. A diferencia del estudio de Ciobanu, fue hecho en una población con desenlace materno perinatal normal. La edad gestacional fue establecida en base a la fecha de última menstruación (FUM) y confirmada por la longitud corono nalga (LCN). Excluyó los casos de anomalías cromosómicas y malformaciones. Tampoco incluyó pacientes con preeclampsia, diabetes



FIGURA 2. COMPARACIÓN DE LOS PERCENTILES 50, 5 Y 95 DEL IP AU ENTRE LAS 24 Y 40 SEMANAS CON DIFERENTES PUBLICACIONES.

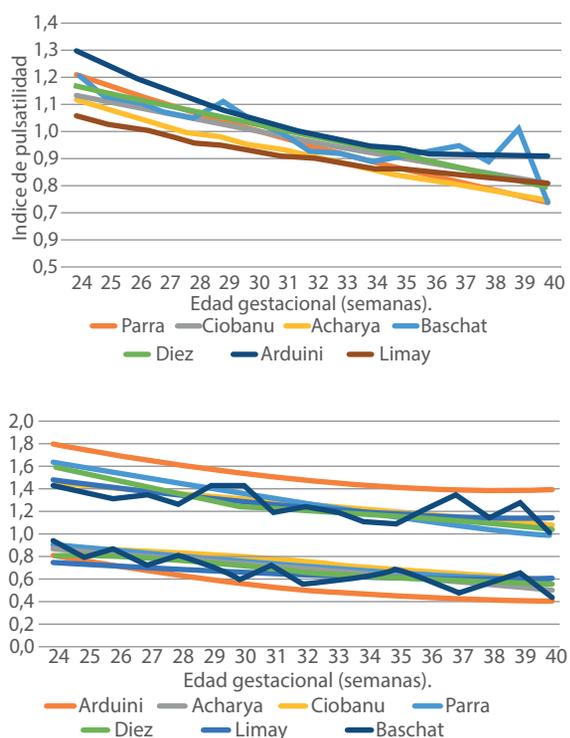
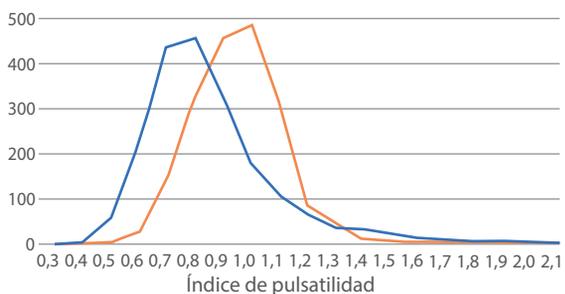


FIGURA 3. DISTRIBUCIÓN DEL NÚMERO DE CASOS DEL ÍNDICE DE PULSATILIDAD DE LAS ARTERIAS UMBILICALES Y UTERINAS ENTRE LAS 24 Y 39 SEMANAS.



insulino-dependiente, gestantes que tomaban antihipertensivos ni fetos con circunferencia abdominal por debajo del percentil 5. Además, solo incluyó la primera de las medidas. Sus rangos de referencia fueron establecidos en base a intervalos semanales, e hizo una normalización de las medidas en base a peso fetal estimado (PEF), excluyendo las medidas de los fetos cuyo PEF estuvo por encima o debajo de 1,5 DE. El intervalo de referencia fue definido como $media \pm 1,645 DE$. Su población fue aún más joven ($29 \pm 5,6$ años). La media fue descrita por la fórmula $UA PI = 10^{(-0,0134 * EG + 0,405)}$, donde EG es la edad gestacional en semanas. Esta es la curva que tiene mejor correspondencia con nuestra población normal.

La curva de referencia de Anca Ciobanu⁽⁵⁾ (también de la FMF) fue obtenida para evaluar el efecto de enfermedades prevalentes y condiciones maternas, por lo que incluye pacientes con preeclampsia, sospecha de RCIU o diabetes mellitus, pero, solo incorpora la última evaluación de cada paciente. La edad gestacional fue estimada en base a la longitud corono nalgá medida en el primer trimestre y los datos fueron tabulados en base a periodos de un día. Las medianas fueron obtenidas con una curva de regresión que asumía una distribución logarítmica normal. Las desviaciones estándar también fueron transformadas logarítmicamente y después ajustadas con regresión cuadrática. Registró más de 72 000 observaciones, 67 000 de ellas entre las 31 y 36 semanas. Fue un estudio multicéntrico con más de 500 ecografistas involucrados. Sus pacientes fueron más jóvenes que las nuestras (23 a 38,2 años vs 28,4 a 39,2 años). Ellos recalcan que no se trata de una curva de normalidad, sino de una de referencia para identificar el efecto de las características materna en el IP. El origen de la discrepancia con sus tablas podría ser que nuestra población tuvo resultados normales, cuya edad gestacional fue establecida por FUM y confirmada con LCN, pero también puede estar originada en la forma que tabularon sus datos (diariamente en lugar de semanalmente, como las demás).

Los estudios del Acharya⁽²⁾, del grupo del Kiserud, fueron publicados en 2005. Tuvieron un diseño longitudinal en 130 gestantes reclutadas específicamente para el estudio, a quienes se realizó ecografías cada 4 semanas (modelo longitudinal). La edad gestacional fue confirmada por ecografía antes de las 20 semanas, y no tenían complicaciones previas al reclutamiento. Excluyeron fumadoras y gestantes con antecedentes de preeclampsia, desprendimiento prematuro de placenta, restricción de crecimiento, parto pretérmino, así como enfermedades maternas, malformaciones fetales o embarazos múltiples. Se usó un tamaño de muestra de 10 a 12 mm (lejos del estándar actual de 2 mm). Realizó transformación logarítmica para IP y luego una curva de regresión polinómica de tercer grado. Se estimó que el IP AU bajaba 0,01 por cada semana de gestación. Otra causa de discrepancia podría ser el modelo longitudinal seguido.

Baschat⁽⁴⁾ elaboró su tabla en base a fetos normales referidos entre las 20 y 40 semanas para evaluación del crecimiento, con edad gestacio-



nal estimada por FUM y confirmada con una ecografía antes de las 20 semanas y resistencia de las arterias uterinas dentro de rango normal. Colectó 306 pacientes, con una variabilidad intraobservador del 5%. Encontró una relación significativa de la resistencia con la edad gestacional ($r^2=0,40$), representada por la regresión lineal $IP\ AU=-0,0246*EG+1,779$. Nuestros datos coinciden con los de Baschat en la forma de la curva del IP promedio (lineal con una pendiente de 0,02) y la correlación de 0,4. Sin embargo, la curva de referencia que presenta asume una distribución normal del IP, por lo que sus valores críticos difieren.

Arduini⁽³⁾ trabajó con fetos referidos para ultrasonido, con edades confirmadas por LCN o diámetro biparietal (DBP). Las pacientes fueron más jóvenes que las nuestras (29 años versus 33,4 años) y de mayor paridad. El cálculo de los IP fue realizado manualmente (aún no era automático por los equipos). La distribución del número de mediciones por edad gestacional en su muestra fue contraria a las de los demás estudios, con un pico de pacientes entre 26 y 30 semanas (que coincide con el nadir de las demás). Menciona que la variación de las mediciones inter e intraobservador fue menor al 14%. La mejor correlación que encuentra para el promedio es polinomial cuadrática: $IP\ AU = 3,653-0,163*EG+0,02*EG^2$ ($EG=$ edad gestacional). La variación de las medidas interobservador podría explicar parcialmente la discrepancia con nuestros valores.

Un estudio del Instituto Nacional Especializado Materno Perinatal⁽⁹⁾ del 2018 recomienda abandonar las curvas de referencia de Arduini y utilizar la de Acharya o el calculador de la Fetal Medicine Foundation hasta que haya tablas nacionales adecuadamente diseñadas.

Poco después, Limay⁽⁸⁾ publicó un gran esfuerzo nacional de establecer una curva de referencia. Menciona que utilizó 2 613 mediciones del IP de la arteria umbilical entre el 2013 y el 2018, pero no es claro cómo seleccionó a las pacientes usadas en el estudio ni cuántas mediciones fueron hechas a cada paciente. Extendió el periodo de la curva desde las 14 a las 40 semanas, con al menos 42 casos por semana. Excluyó a los RCIU, los macrosómicos, los que tenían datos incompletos y a las gestantes de alto riesgo, con comorbilidades y fetos anormales. Construyó

su curva de referencia en base a una transformación logarítmica y regresión exponencial de tercer grado (metodología similar a la usada por Acharya).

El objetivo de nuestro estudio fue identificar la curva cuyo valor crítico (percentil 95) seleccione al 5% de las gestantes normales en nuestra institución. En base a la diferencia estadística con las curvas presentadas, nuestros resultados justifican la selección de la curva de Parra, que es la única que no presenta diferencias significativas con nuestros datos.

Un segundo aporte de nuestro estudio es la evaluación de la distribución del IP AU; en cualquier edad gestacional presenta una evidente desviación de la normalidad. La asimetría derecha originada por su fórmula de cálculo hace que haya gran dispersión de los valores altos de resistencia, ocasionando la necesidad de la transformación logarítmica para generar una curva de distribución normal. Esta es la razón por la que es necesaria una muestra más grande -más de 300 mediciones por semana- para construir una curva con el real percentil 95.

Cuando sea necesario medir la resistencia de las arterias umbilicales en el polo fetal o en el polo placentario, se deberían utilizar curvas específicas como las publicadas por Acharya⁽²⁾ o Soneson⁽¹⁰⁾.

Durante la evaluación de este artículo, Ruiz Martínez⁽¹⁷⁾ publicó un estudio similar que compara el percentil 95 del IP AU de 19 publicaciones diferentes, encontrando variación entre 20 y 40% de este valor crítico entre ellas, a lo largo del embarazo.

Debemos reconocer las limitaciones de nuestro estudio. La primera es la falta de seguimiento a largo plazo, ya que solo usamos resultados perinatales normales. La segunda es el tamaño no uniforme de las mediciones por edad gestacional (del que adolece la mayoría de los estudios transversales). Para elaborar las tablas de referencia apropiadamente se requerirá juntar alrededor de, por lo menos, 300 mediciones semanales entre las semanas 24 y 41 semanas y contar con los resultados perinatales de todas ellas. Medir la resistencia en el abdomen fetal (útil para los embarazos dobles), en asa libre y en la inserción del cordón. Además, será impor-



tante descartar si la medición es similar con diferentes transductores o marcas de equipos, un estudio multicéntrico en el país con valoración prospectiva posterior.

En conclusión, la curva de referencia del índice pulsatilidad de las arterias umbilicales entre las 24 y 40 semanas de gestación que mejor se ajusta a nuestra población es la de Parra. Se requieren estudios prospectivos más amplios, en población normal y en fetos pequeños para demostrar la utilidad de la curva seleccionada.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. The GRIT Study Group. A randomised trial of timed delivery for the compromised preterm fetus: short term outcomes and Bayesian interpretation. *Br J Obstet Gynaecol.* 2003; 110:27-32. doi: 10.1016/s1470-0328(02)02514-4
2. Acharya G, Wilsgaard T, Berntsen GK, Maltau JM, Kiserud T. Reference ranges for serial measurements of blood velocity and pulsatility index at the intra-abdominal portion, and fetal and placental ends of the umbilical artery. *Ultrasound Obstet Gynecol.* 2005 Aug;26(2):162-9. doi: 10.1016/j.ajog.2004.09.019
3. Arduini D, Rizzo G. Normal values of pulsatility index from fetal vessels: a cross sectional study on 1556 healthy fetuses. *J Perinat Med.* 1990;18:165-72. doi: 10.1515/jpme.1990.18.3.165
4. Baschat AA, Gembruch U. The cerebroplacental Doppler ratio revisited. *Ultrasound Obstet Gynecol.* 2003 Feb;21(2):124-7. DOI: 10.1002/uog.20
5. Ciobanu A, Wright A, Syngelaki A, Wright D, Akolekar R, Nicolaides KH. Fetal Medicine Foundation reference ranges for umbilical artery and middle cerebral artery pulsatility index and cerebroplacental ratio. *Ultrasound Obstet Gynecol.* 2019;53(4):465-72. doi: 10.1002/uog.20157
6. Parra-Cordero M, Lees C, Missfelder-Lobos H, Seed P, Harris C. Fetal arterial and venous Doppler pulsatility index and time averaged velocity ranges. *Prenat Diagn.* 2007;27:1251-7. DOI: 10.1002/pd.1868
7. Acharya G, Wilsgaard T, Berntsen GK, Maltau JM, Kiserud T. Reference ranges for serial measurements of umbilical artery Doppler indices in the second half of pregnancy. *Am J Obstet Gynecol.* 2005 Mar;192(3):937-44. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ajog.2004.09.019>
8. Limay Ríos A, Espínola-Sánchez, M, Huertas-Tacchino E, Castillo Urquiaga W, Ventura Laveriano W, Ingar Pinedo J, et al. Referential intervals of the pulsatility index of fetal umbilical artery in Peruvian population. *Prog Obstet Gynecol.* 2020;63(1):17-22.
9. Castillo-Urquiaga W, Ventura-Laveriano W, Limay-Ríos OA, Zárate-Girao M, Sugajara-Rosario R, Ingar-Pinedo J, et al. Tabla de referencia para la evaluación Doppler de la arteria umbilical. *Rev Peru Investig Materno Perinat.* 2018;7(1):68-75.
10. Sonesson, SE, Fouron JC, Drblik SP, Tawile C., Lessard M, Skoll A, et al. Reference values for Doppler velocimetric indices from the fetal and placental ends of the umbilical artery during normal pregnancy. *J Clin Ultrasound.* 1993;21(5):317-24. doi:10.1002/jcu.1870210505
11. Abramowicz JS, Warsof SL, Arrington J, Levy DL. (1989). Doppler analysis of the umbilical artery. The importance of choosing the placental end of the cord. *J Ultrasound Med.* 1989;8(4):219-21. doi:10.7863/jum.1989.8.4.219
12. Kurmanavicius J, Florio I, Wisser J, Hebisch G, Zimmermann R, Müller R, Huch R, Huch A. Reference resistance indices of the umbilical, fetal middle cerebral and uterine arteries at 24-42 weeks of gestation. *Ultrasound Obstet Gynecol.* 1997 Aug;10(2):112-20. doi: 10.1046/j.1469-0705.1997.10020112.x
13. Stuart B, Drumm J, FitzGerald DE, Duignan NM. Fetal blood velocity waveforms in normal pregnancy. *BJOG.* 1980;87(9):780-5. doi:10.1111/j.1471-0528.1980.tb04613.x
14. Trudinger B J, Giles W B, Cook, C M. Uteroplacental blood flow velocity-time waveforms in normal and complicated pregnancy. *BJOG.* 1985;92(1):39-45. doi:10.1111/j.1471-0528.1985.tb01046.x
15. Schulman H, Fleischer A, Stern W, Farmakides G, Jagan, N, Blattner P. Umbilical velocity wave ratios in human pregnancy. *Am J Obstet Gynecol.* 1984;148(7):985-90. doi:10.1016/0002-9378(84)90541-6.
16. Díez G, Bazan M, Lacunza R, Elias J, Huertas E. Selección de la curva de referencia del índice de pulsatilidad de las arterias uterinas entre las 24 y 40 semanas de gestación para una institución de salud. Lima Peru. *Rev Peru Ginecol Obstet.* 2020;66(4). DOI: <https://doi.org/10.31403/rpgo.v66i2274>
17. Ruiz-Martínez S, Papageorghiou AT, Staines-Urías E, Villar J, González de Agüero R, Oros D. Clinical impact of Doppler reference charts on management of small for gestational age fetuses: need for standardization. *Ultrasound Obstet Gynecol.* 2020 Aug;56(2):166-72. doi: 10.1002/uog.20380