

Madurez fetal: utilidad de la estimación de la presión de la arteria pulmonar fetal

 Jeickson German Mendoza Mora¹,  Rhaiza Josefa Urbina Labrador¹,
 Mireya González Blanco².

RESUMEN

Objetivo: Evaluar la utilidad de la estimación de la presión de la arteria pulmonar fetal obtenida por ecografía doppler como indicador de madurez fetal y su correlación con los resultados neonatales en un grupo de pacientes que asistan al área de sala de parto del Hospital Central de San Cristóbal, entre marzo y julio de 2023.

Métodos: Se trata de un estudio observacional, descriptivo, correlacional. La muestra fue de 90 mujeres (90 fetos) con embarazo simple entre 34 y 40 semanas de gestación.

Resultados: De las variables doppler analizadas, se evidenció que la presión de la arteria pulmonar fetal disminuyó significativamente ($p < 0,001$) con el avance de la edad gestacional. Se determinó que existe una asociación significativa inversa entre la presión de la arteria pulmonar fetal y la madurez fetal ($p < 0,001$), de manera que a menor valor de la presión de la arteria pulmonar fetal se tiene un mayor porcentaje de madurez fetal. Un punto de corte de la presión de la arteria pulmonar fetal ubicado en 55,9 mm Hg determinó la sensibilidad y especificidad más alta conjuntamente para el diagnóstico de madurez pulmonar fetal, siendo su sensibilidad de 93,75 % y especificidad de 80,77 %. Con un valor predictivo positivo de 92,31 % y un valor predictivo negativo de 84 %.

Conclusión: La estimación de la presión de la arteria pulmonar fetal obtenida mediante ecografía doppler es útil como indicador de madurez fetal.

Palabras clave: Doppler, Presión arteria pulmonar fetal, Madurez fetal, Punto de corte.

Fetal maturity: utility of estimation of fetal pulmonary artery pressure

SUMMARY

Objective: To evaluate the usefulness of the estimation of fetal pulmonary artery pressure obtained by doppler ultrasound as an indicator of fetal maturity and its correlation with neonatal outcomes in a group of patients attending the delivery room area of the Hospital Central de San Cristobal, between March and July 2023.

Methods: This is an observational, descriptive, correlational study. The sample consisted of 90 women (90 fetuses) with a single pregnancy between 34 and 40 weeks of gestation.

Results: From the doppler variables analyzed, it was evidenced that the fetal pulmonary artery pressure decreased significantly ($p < 0.001$) with advancing gestational age. It was determined that there is a significant inverse association between fetal pulmonary artery pressure and fetal maturity ($p < 0.001$), such that the lower the fetal pulmonary artery pressure value, the higher the percentage of fetal maturity. A fetal pulmonary artery pressure cut-off point located at 55.9 mm Hg jointly determined the highest sensitivity and specificity for the diagnosis of fetal lung maturity, its sensitivity being 93.75% and specificity being 80.77%. With a positive predictive value of 92.31% and a negative predictive value of 84%.

Conclusion: The estimation of fetal pulmonary artery pressure obtained by doppler ultrasound is useful as an indicator of fetal maturity.

Keywords: Doppler, Fetal pulmonary artery pressure, Fetal maturity, Cut-off point.

¹Médicos Especialistas en Obstetricia y Ginecología, Hospital Central de San Cristóbal, Táchira, Venezuela. ²Ginecólogo obstetra. Maternidad Concepción Palacios. Universidad Central de Venezuela. *Trabajo Especial de Grado presentado por Jeickson Mendoza Mora para optar al título de especialista en Obstetricia y Ginecología en la Universidad de Los Andes. Segundo lugar al mejor Trabajo Especial de Grado, de todas las especialidades médicas, Premio "Dr. Jesús Alfonso Osuna Ceballos" Universidad de Los Andes, diciembre 2023. Correo de correspondencia: jeicksonmendoza@gmail.com

Forma de citar este artículo: Mendoza JG, Urbina RJ, González-Blanco M. Madurez fetal: utilidad de la estimación de la presión de la arteria pulmonar fetal. Rev Obstet Ginecol Venez. 84(1):49-58. DOI 10.51288/00840109

INTRODUCCIÓN

La patología respiratoria asociada a la prematuridad es, al día de hoy, una de las causas de mayor morbilidad y mortalidad en recién nacidos y uno de los principales motivos de ingreso en las unidades

de cuidados intensivos neonatales (1). El síndrome de dificultad respiratoria (SDR) neonatal hace referencia al compromiso respiratorio que se presenta poco después del parto, más comúnmente en recién nacidos con sistemas respiratorios inmaduros (2). Esta patología afecta entre el 50 % - 90 % de recién nacidos pretérmino y hasta un 7,8 % de recién nacidos a término, con una mortalidad de 44 %, con lo que se evidencia una especial susceptibilidad en neonatos pretérmino, relacionada con la falta de madurez pulmonar (1). Debido a su importante prevalencia, se hace necesario encontrar medios por los cuales se pueda estimar, de manera antenatal, el momento en que se alcance la madurez fetal.

El SDR del recién nacido es la causa más común de dificultad respiratoria en infantes pretérmino; se correlaciona con inmadurez pulmonar, tanto estructural como funcional, y es la causa más común de mortalidad neonatal (3). A pesar de que la mayoría de casos se reportan en recién nacidos pretérmino, una parte importante de los casos reportados se diagnostican en recién nacidos a término (4). El aumento constante en el número de cesáreas es uno de los factores que contribuye a este problema, conllevando a un incremento de la morbimortalidad neonatal (3). Esto ha motivado al desarrollo y creación de herramientas para la disminución de la misma; la evaluación antenatal de la madurez pulmonar fetal es una de estas.

De los posibles sitios anatómicos a estudiar, el que ha cobrado mayor relevancia por su mejor aproximación a la madurez pulmonar fetal y por ende a la funcionalidad pulmonar es la evaluación *doppler* de la arteria pulmonar fetal. Las razones por las cuales se ha resaltado este estudio son varias: en primera instancia, la velocimetría *doppler* de este vaso ha sido utilizada para identificar el riesgo de hipoplasia pulmonar. De igual manera, ha mostrado que neonatos con SDR presentan aumento en su resistencia vascular. Asimismo, la forma de la onda de la velocidad de

flujo de la arteria pulmonar fetal ha demostrado variar conforme avanza la edad gestacional (2).

Actualmente, uno de los índices más estudiados como predictor de función pulmonar fetal es la relación entre el tiempo de aceleración (TA) y el tiempo de eyección (TE) de la arteria pulmonar fetal. La medición de este índice mostró ser un indicador confiable de madurez pulmonar fetal, aunque no se ha establecido un consenso sobre el índice con mayor valor predictivo ni sobre los puntos de corte (5). En un intento de encontrar nuevas formas de valorar la función pulmonar fetal mediante ultrasonido, se ha logrado determinar la estimación de la presión de la arteria pulmonar fetal mediante el cálculo del TA y el uso de otros valores constantes. El desarrollo de esta hipótesis data de la década de 1980, encontrando una buena relación entre este valor y la resistencia pulmonar (6). Más recientemente, se logró aplicar esta fórmula en la evaluación *doppler* fetal, logrando determinar la relación existente entre la determinación de la presión de la arteria pulmonar fetal y la reducción de la misma, conforme avanza la edad gestacional (7).

Hay estudios que respaldan la utilidad de la estimación de la presión de la arteria pulmonar fetal como indicador de madurez fetal. En 1987, Dabestani y cols. (6) evaluaron y la resistencia la presión de la arteria pulmonar (AP) usando ecocardiografía *doppler* pulsado. Concluyeron que, el método *doppler*, puede ser útil en la separación de pacientes con presión normal de aquellos con elevación de la presión de la AP. Por su parte, en 1998, Chaoui y cols. (8) describieron las formas de onda de velocidad de flujo sanguíneo normal en las principales ramas de las arterias pulmonares derecha e izquierda en el feto humano, concluyendo que el examen *doppler* del flujo sanguíneo en el tallo principal de las arterias pulmonares derecha e izquierda del feto es factible. Más recientemente, en 2015, Hu y cols. (9) valoraron el uso de la ecocardiografía para determinar los cambios en la presión sistólica de la arteria pulmonar (PSAP)

durante la circulación transicional en neonatos sanos, y para determinar valores normales para la PSAP; en 2018, Zhan y cols. (10) evaluaron la importancia clínica del flujo sanguíneo del TA de la arteria pulmonar como parámetro en la monitorización de la presión de la arteria pulmonar fetal. En Venezuela, en 2019, Sosa-Olavarría y cols. (7), evaluaron una fórmula para calcular la presión de la arteria pulmonar principal fetal (PAPPF) y su correlación con la edad gestacional, determinando que la presión de la arteria pulmonar en el feto disminuye con la edad gestacional. De igual manera, en 2020, Cui y cols. (11) investigaron el análisis diagnóstico del aumento anormal de la PSAP en el embarazo medio y tardío mediante ecocardiografía *doppler*. En 2021, Zielinsky y cols. (12) probaron la hipótesis de que la presión arterial pulmonar media estimada (PAPM) disminuye y la maduración vascular pulmonar aumenta después de la reversión de la constricción del conducto arterioso fetal al reducir la ingesta materna del agente causal.

La valoración ecográfica de este vaso sanguíneo se realiza mediante la ubicación del tórax fetal en una vista de cuatro cámaras, se identifica el tracto de salida del ventrículo derecho, corroborando la presencia de un gran vaso que se origina del ventrículo morfológicamente derecho y se continúa distalmente hacia el lado izquierdo en el *ductus* arterioso (13). Una vez obtenido anatómicamente el vaso, se coloca el volumen de muestra adaptado al calibre del vaso, justo a continuación de la válvula pulmonar, con ángulo de isonación cercano a 0° obteniendo el perfil de la onda (13). De esta manera, se valora el TA, que se inicia con la sístole ventricular y finaliza en el pico máximo de la misma y el TE, que es el periodo que dura el flujo a través de la arteria mientras la válvula sigmoidea permanece abierta. Usando estas variables se puede obtener la estimación de la presión de la arteria pulmonar fetal. Para estimar este valor, se han propuesto diversas fórmulas, teniendo mejor resultado y correlación la fórmula $PAPF = 90 - (0,62 \times TAAPF)$ (6).

Teniendo en cuenta que la estimación de la presión de la arteria pulmonar fetal resulta ser una evaluación de rápida aplicación, no invasiva y que solo requiere de recursos con los que actualmente cuentan una buena parte de las instituciones de salud en el país, se planteó evaluar la utilidad de la estimación de la presión de la arteria pulmonar fetal obtenida por ecografía *doppler* como indicador de madurez fetal y su correlación con los resultados neonatales en un grupo de pacientes que asistieron al área de sala de parto del Hospital Central de San Cristóbal, entre marzo y julio de 2023.

MÉTODOS

Se trata de un estudio observacional, descriptivo, correlacional. que incluyó una muestra probabilística de 90 pacientes, con embarazo simple entre 34 y 40 semanas de gestación y resolución obstétrica de la gestación en un máximo de 48 horas. Se excluyeron las gestantes con embarazos múltiples, aquellas en las que no se pudo corroborar edad gestacional mediante ecografía del primer trimestre, y las que tenían óbitos fetales. Todas las pacientes incluidas firmaron un formulario de consentimiento informado. Se les realizó un estudio ultrasonográfico obstétrico; se determinó la edad gestacional utilizando la fecha de última menstruación y su correlación con la edad gestacional ecográfica; se realizó biometría fetal para determinar peso estimado fetal. En la ecografía, se identificó en un corte de tres vasos la arteria pulmonar fetal y se realizó un estudio *doppler* para determinar el tiempo de aceleración, el tiempo de eyección y se estimó la presión sistólica de la arteria pulmonar siguiendo la fórmula planteada por Dabestani y cols. (6) (figura 1). Este resultado se correlacionó con la edad gestacional y con la madurez del recién nacido.

El estudio fue aprobado por el Consejo Directivo del Postgrado de Obstetricia y Ginecología de la Facultad de Medicina de la Universidad de Los Andes, y del Comité de Bioética del hospital.

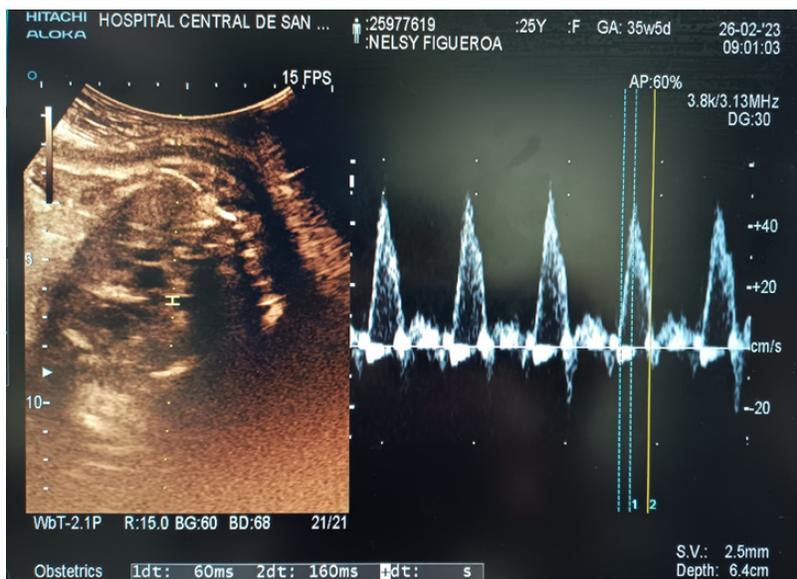


Figura 1. Corte anatómico para la ubicación de la arteria pulmonar fetal y obtención del tiempo de aceleración en el estudio *doppler*

RESULTADOS

Se incluyeron 90 pacientes. En la tabla 1, se muestra la distribución de las pacientes según las características clínicas maternas.

En general, la mayoría de las pacientes (58; 64,4 %) tenían entre 20 y 35 años, y la mayoría de los partos (73; 81,1 %) ocurrieron con 37 o más semanas de gestación. En cuanto a los antecedentes obstétricos, hubo una distribución aproximadamente igual entre las primigestas (47,8 %) y las pacientes con gestaciones previas (52,2 %). En la mayoría de las pacientes, se practicó cesárea (59; 65,6 %); 66 pacientes no presentaron patologías maternas (73,3 %). Las patologías más comunes fueron la rotura prematura de membranas (RPM) (5 pacientes; 5,6 %), el trastorno hipertensivo del embarazo (THE) (4 casos; 4,4 %) y el parto pretérmino (4 pacientes; 4,4 %).

La distribución de pacientes según las características clínicas de los neonatos se encuentra en la tabla 2. Se observa que 67 neonatos (74,4 %) tenían una edad

Tabla 1. Distribución de pacientes según las características clínicas maternas

Característica	n	%
Edad materna (años)		
14-19	23	25,6
20-35	58	64,4
35 y más	9	10,0
Edad gestacional al parto		
34 a 36+6	17	18,9
37 y más	73	81,1
Antecedentes obstétricos		
Primigestas	43	47,8
II-IV gestas	46	51,1
V y más	1	1,1
Vía del parto		
Parto	31	34,4
Cesárea	59	65,6
Patologías maternas		
RPM	5	5,6
THE	4	4,4
Parto pretérmino	4	4,4
Diabetes mellitus	2	2,2
Otras	9	10,0
Ninguna	66	73,3

RPM: rotura prematura de membranas; THE: trastorno hipertensivo del embarazo.

Tabla 2. Distribución de pacientes según las características clínicas de los neonatos

Característica	n	%
Edad gestacional (Ballard)		
32-34	4	4,4
35-36	19	21,1
37-41	67	74,4
Apgar al minuto		
< 7	21	23,3
7 o más	69	76,7
Apgar a los 5 minutos		
< 7	2	2,2
7 o más	88	97,8
Peso del RN (gramos)		
< 2500	20	22,2
2500 y más	70	77,8
Diagnóstico del neonatólogo		
RNPT	26	28,9
RNAT	64	71,1
Condiciones del RN		
Satisfactorias	73	81,1
Adverso	17	18,9

gestacional entre 37 y 41 semanas y 70 (77,8 %) tenían un peso igual o mayor a 2500 gramos (77,8 %); 69 (76,7 %) y 88 (97,8 %) tuvieron una puntuación Apgar de 7 o más al minuto y a los 5 minutos, respectivamente. En cuanto al diagnóstico del neonatólogo, 64 neonatos (71,1 %) fueron diagnosticados como recién nacidos a término (RNAT), mientras que los restantes 26 (28,9 %) fueron diagnosticados como recién nacidos pretérmino (RNPT). Las condiciones del recién nacido fueron satisfactorias en 73 casos (81,1 %) y no satisfactorias en 17 (18,9 %). De estos 17 pacientes, la mayoría 76,4 % (13 pacientes) presentaron crecimiento fetal restringido, mientras que los otros 4 casos presentaron: cardiopatía fetal, *hidrops* fetal, gastrosquisis y complejo de Dandy Walker (1 caso cada uno; 5,9 %).

La presión media de la arteria pulmonar fue de $53,4 \pm 5,3$ mm Hg. La presión mínima registrada fue de 42,9 mm Hg, mientras que la máxima fue de

Tabla 3. Presión de la arteria pulmonar fetal

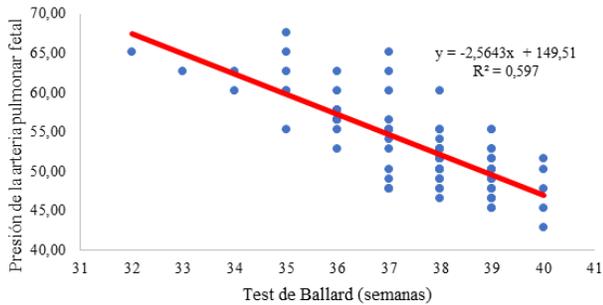
Presión de la arteria pulmonar fetal (mm Hg)	n	%
< 50,32	34	37,8
50,33 – 55,28	31	34,4
> 55,29	25	27,8

67,7 mm Hg. En la tabla 3 se muestra la distribución de pacientes según la presión de la arteria pulmonar fetal. Se establecieron 3 grupos acorde a la frecuencia relativa de pacientes. Se puede observar que 34 pacientes (37,8 %) presentaron una presión menor o igual a 50,32 mm Hg, mientras que 31 (34,4 %) tuvieron una presión en el rango de 50,33 a 55,28 mm Hg. Por otro lado, 25 (27,8 %) presentaron una presión mayor a 55,29 mm Hg.

Después de haber obtenido información sobre la distribución y los valores medios de la presión de la arteria pulmonar fetal, se llevó a cabo una prueba de correlación de Pearson para examinar la posible relación entre esta variable y la edad gestacional. El coeficiente de correlación encontrado fue de $r = -0,676$, el cual se considera moderado y negativo, lo que sugiere que a medida que la edad gestacional aumenta, la presión de la arteria pulmonar fetal tiende a disminuir (Gráfica 1). Además, los valores de significancia bilateral ($p < 0,001$) indican que esta correlación es estadísticamente significativa.

La ecuación de la gráfica 1, obtenida a partir de la correlación entre la presión de la arteria pulmonar fetal y la edad gestacional en la muestra estudiada es $y = -2,2432x + 138,23$, donde “y” representa la presión de la arteria pulmonar fetal y “x” representa la edad gestacional. El coeficiente de regresión (-2,2432) indica que, en promedio, la presión de la arteria pulmonar fetal disminuye en 2,2432 mm Hg por cada semana adicional de gestación. El coeficiente de determinación (R^2) de 0,4568 indica que el modelo

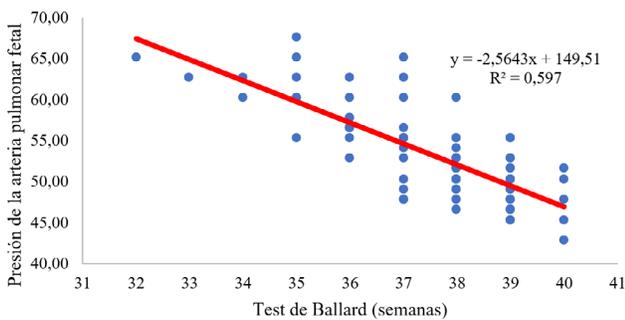
Gráfica 1. Correlación entre la presión de la arteria pulmonar fetal y la edad gestacional



de asociación explica el 45,68 % de la variabilidad observada en la presión de la arteria pulmonar fetal en la muestra estudiada. Es decir, aproximadamente la mitad de la variabilidad en la presión de la arteria pulmonar fetal se explica por la edad gestacional, mientras que la otra mitad se debe a otros factores que no se incluyen en el modelo.

De forma similar se estableció la asociación entre la presión de la arteria pulmonar fetal y la edad gestacional por test de Ballard/Capurro (Gráfica 2).

Gráfica 2. Correlación entre la presión de la arteria pulmonar fetal y la madurez del recién nacido por test de Ballard.



En este caso, se obtuvo una correlación buena, negativa y significativa ($r = -0,773$; $p < 0,001$), lo que sugiere, al igual que el caso anterior, que a medida que la edad gestacional evaluada por el método de Ballard/Capurro aumenta, la presión de la arteria pulmonar fetal tiende a disminuir. Este modelo presenta un coeficiente de correlación mayor y, además, cerca del 60 % de la variabilidad en la presión de la arteria pulmonar fetal se explica por la edad gestacional evaluada por el método de Ballard/Capurro, mientras que el restante 40 % se debe a otros factores que no se incluyen en el modelo.

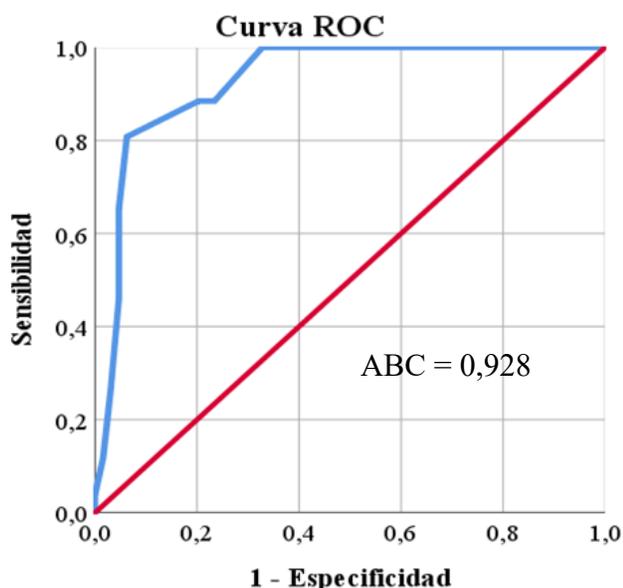
La tabla 4, muestra los resultados de un análisis de la relación entre la presión de la arteria pulmonar fetal y la madurez fetal según el diagnóstico del neonatólogo al nacimiento. Los resultados de las pruebas de chi-cuadrado indican que hay una asociación significativa entre la presión de la arteria pulmonar fetal y la madurez pulmonar fetal en la muestra estudiada ($\chi^2 = 53,2$; $p < 0,001$). Los resultados muestran que 34 recién nacidos (53,1 %) clasificados como maduros tenían una presión de la arteria pulmonar fetal inferior a 50,32 mm Hg, mientras que 21 de los considerados inmaduros (80,8 %) tenían una presión de la arteria pulmonar fetal superior a 55,29 mm Hg. De manera que a menor valor de presión de la arteria pulmonar fetal se tiene un mayor porcentaje de madurez fetal.

Debido a que se encontró la asociación entre la madurez y la presión de la arteria pulmonar fetal, y ante la

Tabla 4. Relación entre la presión de la arteria pulmonar fetal y madurez pulmonar fetal

Presión de la arteria pulmonar fetal	Maduros (n = 64)		No maduros (n = 26)		p
	n	%	n	%	
< 50,32	34	53,1	0	0,0	
50,33 – 55,28	26	40,6	5	19,2	< 0,001
> 55,29	4	6,3	21	80,8	

Gráfica 3. Curva ROC para determinar el mejor punto de corte de la presión de la arteria pulmonar fetal para madurez fetal



ausencia de un punto de corte establecido previamente para esta variable, se procedió a realizar un análisis por curva ROC para establecer el límite adecuado para poder determinar el punto de corte para estimar la madurez fetal. La gráfica 3 muestra el análisis de la curva ROC, el valor del área bajo la curva (ABC) fue de 0,928, (IC 95 % = 0,874 a 0,982; $p < 0,001$). Estos resultados sugieren que la variable de resultado, la PAP, tiene una alta capacidad para distinguir entre pacientes con madurez fetal o no. Por lo que se buscó el punto de corte con mayor capacidad predictiva para discriminar correctamente a los pacientes, encontrando que la mejor relación entre sensibilidad y especificidad estaba en un valor de PAP de 55,9 mm Hg.

Tomando, este resultado en consideración, se agrupó a la PAP en una nueva variable con solo dos clasificaciones ($< 55,9$ y $> 55,9$) y se procedió a establecer la asociación de la PAP con la madurez fetal a través del estadístico Chi². En la tabla 5, se observa que existe una asociación estadísticamente significativa

Tabla 5. Relación entre nuevo punto de corte de la presión de la arteria pulmonar fetal y madurez fetal

Presión de la arteria pulmonar fetal	Maduros (n = 64)		No maduros (n = 26)		p
	n	%	n	%	
$< 55,9$	60	93,8	5	19,2	$< 0,001$
$> 55,9$	4	6,3	21	80,8	

entre este punto de corte para PAP y la madurez fetal ($\chi^2 = 51,2$; $p < 0,001$). Se constata que el 93,8 % de los pacientes con madurez fetal presentaron valores de PAP igual o inferiores a 55,9 mm Hg, mientras que el 80,8 % de aquellos no maduros, presentaron valores por encima de 55,9 mm Hg para la PAP.

Finalmente, se calcularon las pruebas de evaluación diagnóstica de la PAP para estimar madurez fetal (tabla 6).

Se encontró que, para esta muestra estudiada, la sensibilidad o proporción de pacientes con madurez fetal que son identificados correctamente por la presión de la arteria pulmonar fetal como positivos, fue de 93,8 %, lo que indica que la presión de la arteria pulmonar fetal es un buen indicador de la madurez fetal; mientras que la proporción de pacientes sin madurez fetal que son identificados correctamente por la presión de la arteria pulmonar fetal como negativos, fue un

Tabla 6. Rendimiento de la presión de la arteria pulmonar fetal para predecir madurez fetal

Medida de rendimiento	%	IC 95 %
Sensibilidad	93,75	84,76 a 98,27
Especificidad	80,77	60,65 a 93,45
Valor de predicción positivo	92,31	84,48 a 96,36
Valor de predicción negativo	84,00	66,62 a 93,25
Exactitud	90,00	81,86 a 95,32

poco menor con 80,8 %, sin embargo, este porcentaje se considera bueno en términos de especificidad. Por otro lado, se calcularon los valores predictivos positivos (VPP) y negativos (VPN). El VPP se refiere a la proporción de pacientes que realmente tienen madurez fetal entre aquellos que fueron identificados como positivos por la presión de la arteria pulmonar fetal. En este caso, el valor predictivo positivo es del 92,31 %. El VPN o proporción de pacientes que realmente no tienen madurez fetal entre aquellos que fueron identificados como negativos por la presión de la arteria pulmonar fetal fue de 84,00 %. La exactitud se refiere a la proporción total de pacientes que fueron clasificados correctamente por la presión de la arteria pulmonar fetal. En este caso, la exactitud es del 90,00 %, lo que indica que 9 de cada 10 pacientes con madurez fetal son clasificados de manera correcta usando este punto de corte para la PAP.

DISCUSIÓN

Al analizar los datos obtenidos en esta investigación se evidencia una asociación inversa entre el valor de la presión de la arteria pulmonar y la edad gestacional, teniendo que a medida que la edad gestacional aumenta, la PAP disminuye. Esta reducción en la resistencia vascular ha sido reportada por diversos autores, como Rojas y cols. (13), quienes especificaron el hecho de que esta disminución de la resistencia vascular se consigue hacia el tercer trimestre de la gestación. Concordando con estos hallazgos se encuentra el estudio realizado por Hu y cols. (9), quienes evidenciaron que la PAP disminuye de manera significativa en los neonatos con el pasar de los días. En el presente trabajo, se hace referencia a una reducción promedio de la PAP en 2,2432 mm Hg por cada semana adicional de gestación, dato que hasta ahora no ha sido incluido en la literatura.

Es importante destacar que, también se aprecia una correlación inversa entre el valor del TA y la PAP; se evidencia que el valor del TA es más alto a medida que la PAP disminuye. Este hallazgo es soportado por los estudios de Zhan y cols. (10), quienes evidenciaron que los valores del TA de los fetos con aumento de la presión de la arteria pulmonar fueron significativamente más bajos que las de los fetos normales. Mientras tanto, el TA disminuyó a medida que aumentó la presión de la arteria pulmonar. Hay que destacar que existen situaciones patológicas en las cuales se puede ver incrementada la PAP tal y como lo establecen Cui y cols. (11), quienes describieron que, cuando la presión de sistólica de la arteria pulmonar fetal se incrementó en la mayoría de fetos en el segundo y tercer trimestre, el *ductus* arterioso no estuvo completamente cerrado, pero también estaba acompañado por un alto valor de regurgitación tricuspídea e hipertensión pulmonar grave, que estuvieron altamente asociadas con el incremento de la resistencia vascular pulmonar y la contracción del ductus arterioso.

De igual manera, los resultados muestran una asociación significativa entre la PAP y la madurez fetal. Teniendo en cuenta que la estimación de la PAP se logra a través de la ecuación de Dabestani y cols. (6), la cual utiliza el TA como valor principal de cálculo, aquellos estudios que utilicen el TA como indicador de madurez fetal pueden ser tomados en cuenta para evaluar sus resultados. Con ello, se encontró una asociación positiva entre el cálculo del índice TA/TE y la madurez fetal como bien fue reportada por diversos autores (4, 14). Bajo esta premisa, en esta investigación se evidenció que los fetos clasificados como maduros presentaron una PAP inferior a 50,32 mm Hg mientras aquellos fetos diagnosticados como inmaduros presentan una PAP superior a 55,29 mm Hg. En virtud de esto, se puede afirmar que a menor valor de PAP, se tiene un mayor porcentaje de madurez fetal.

En vista de los resultados promisorios hallados entre la asociación de la PAP y la madurez fetal, y ante la poca literatura disponible con estos datos, surgió la necesidad de establecer un punto corte que presentara los valores de sensibilidad y especificidad más altos, que permitiera establecer con claridad el diagnóstico de madurez fetal. Se determinó entonces un punto corte de la presión de la arteria pulmonar fetal de 55,9 mm Hg. En el grupo de estudio, el 93,8 % de los pacientes diagnosticados como maduros presentaron valores de PAP igual o inferiores a 55,9 mm Hg, mientras que los pacientes diagnosticados como inmaduros tuvieron valores de PAP por encima de 55,9 mm Hg en un 80,8 %.

Hasta ahora, las investigaciones acerca de la estimación de PAP se han centrado en su potencial uso en la detección de hipertensión pulmonar fetal, como así lo demuestran Sosa y cols. (7) y Zielinsky y cols. (12). Sin embargo, la asociación encontrada entre PAP y la madurez fetal demuestra ser un potencial marcador en el diagnóstico de madurez fetal. El punto corte hallado de 55,9 mm Hg presenta una sensibilidad de 93,75 % y una especificidad de 80,77 %, con un valor predictivo positivo de 92,31 % y un valor predictivo negativo de 84 %. Revisando la literatura disponible, se puede ver que estos valores, excepcionalmente positivos, son similares a otros indicadores de madurez fetal identificados por ecografía *doppler* previamente validados, como en los casos descritos por Sosa y Díaz (15) para el IR DAP TA/TE (con una sensibilidad de 76 % y especificidad de 94 %). De igual manera, estos valores se corresponden con los hallados por Orellana y cols. (1) para el índice TA/TE (sensibilidad de 95,2 % y especificidad de 97,2 %).

Se concluye que la ultrasonografía *doppler* proporciona una forma simple, no invasiva y reproducible de evaluar directamente la madurez fetal. La estimación de la presión de la arteria pulmonar fetal obtenida mediante ecografía *doppler* es útil como indicador de madurez fetal.

En esta serie de estudio, la presión media de la arteria pulmonar fetal fue de $53,4 \pm 5,3$ mm Hg, obteniendo en 34 pacientes (37,8 %) un valor inferior a 50,32 mm Hg.

A medida que la edad gestacional, tanto materna como evaluada por el método de Ballard, aumenta, la presión de la arteria pulmonar fetal tiende a disminuir. Esta disminución es de aproximadamente 2,24 mm Hg por cada semana adicional de gestación.

Existe una asociación significativa inversa entre la presión de la arteria pulmonar fetal y la madurez pulmonar fetal. Un punto de corte de la presión de la arteria pulmonar fetal ubicado en 55,9 mm Hg determinó la sensibilidad y especificidad más alta para el diagnóstico de madurez pulmonar fetal.

Se recomienda establecer la estimación mediante ecografía *doppler* de la PAP como indicador de madurez fetal puesto que se demostró que es una prueba rápida, sencilla y de fácil reproducibilidad, con un alto valor de sensibilidad y especificidad para la evaluación de la madurez fetal, aplicable durante la evaluación ecográfica de rutina.

De igual manera, se recomienda establecer la estandarización de la estimación de la PAP como método de valoración de madurez fetal antes de la interrupción de la gestación de manera electiva, utilizando como punto corte para el diagnóstico de madurez fetal de 55,9 mm Hg.

Por otra parte, se recomienda realizar un estudio donde se estime la PAP en fetos antes y posterior al cumplimiento de inductores de madurez fetal para determinar si existe alguna variación de la misma tras la aplicación de dichos inductores y predecir el resultado neonatal.

De igual manera, se recomienda el entrenamiento de residentes de posgrado y especialistas en obstetricia y ginecología en ecografía *doppler* para lograr una mayor difusión de esta y otras pruebas de madurez fetal determinadas a través de este método, disponible en gran parte de los centros hospitalarios del país.

Sin conflictos de interés.

REFERENCIAS

1. Orellana J, Salazar Z, Cárdenas F, Orellana R, Méndez S, Sánchez G. Ecografía *doppler* de la arteria pulmonar como indicador de madurez pulmonar fetal, Cuenca – Ecuador. Rev Fac Cienc Méd Univ Cuenca. 2020;38(2):29-38. DOI: 10.18537/RFCM.38.02.03.
2. Azpurua H, Norwitz ER, Campbell KH, Funai EF, Pettker CM, Kleine M, *et al.* Acceleration/ejection time ratio in the fetal pulmonary artery predicts fetal lung maturity. Am J Obstet Gynecol. 2010;203(1):40.e1-8. DOI: 10.1016/j.ajog.2010.01.075.
3. Abdelhamid MK, Abdel Ghani HS, Wadood Khalil OA, El-Gelany S, Osman NM. Quantitative Ultrasound Texture Analysis of Fetal Lung Versus Fetal Pulmonary Artery Doppler as a Predictor of Neonatal Respiratory Distress Syndrome (RDS). Int J Med Imag. 2020;8(2):23-34. DOI: 10.11648/j.ijmi.20200802.12.
4. Moety GA, Gaafar HM, El Rifai NM. Can fetal pulmonary artery Doppler indices predict neonatal respiratory distress syndrome? J Perinatol. 2015;35(12):1015-1019. DOI: 10.1038/jp.2015.128.
5. Albinagorta R, Miranda M. Actualización en la evaluación de la madurez pulmonar fetal por ultrasonido. Rev Peru Ginecol Obstet [Internet]. 2015 [consultado 20 de enero de 2023];61(4):433-438. Disponible en: http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2304-51322015000400014&lng=es.
6. Dabestani A, Mahan G, Gardin JM, Takenaka K, Burn C, Allfie A, *et al.* Evaluation of pulmonary artery pressure and resistance by pulsed Doppler echocardiography. Am J Cardiol. 1987;59(6):662-668. DOI: 10.1016/0002-9149(87)91189-1.
7. Sosa-Olavarria A, Zurita-Peralta J, Schenone CV, Schenone MH, Prieto F. Doppler evaluation of the fetal pulmonary artery pressure. J Perinat Med. 2019;47(2):218-221. DOI: 10.1515/jpm-2018-0112.
8. Chaoui R, Taddei F, Rizzo G, Bast C, Lenz F, Bollmann R. Doppler echocardiography of the main stems of the pulmonary arteries in the normal human fetus. Ultrasound Obstet Gynecol 1998;11:173–179. DOI: 10.1046/j.1469-0705.1998.11030173.x.
9. Hu Q, Ren WD, Mao J, Li J, Qiao W, Bi WJ *et al.* Changes in pulmonary artery pressure during early transitional circulation in healthy full-term newborns. Ultrasonics. 2015;56:524-529. DOI: 10.1016/j.ultras.2014.10.005.
10. Zhan HY, Xu FQ, Liu CX, Zhao G. Clinical applicability of monitoring pulmonary artery blood flow acceleration time variations in monitoring fetal pulmonary artery pressure. Adv Clin Exp Med. 2018;27(12):1723-1727. DOI: 10.17219/acem/75686.
11. Cui H, Su J, Liang WW, Wang HL, Wang HF. Diagnostic analysis of abnormal increase of PASP in fetus in middle- and late-stage pregnancy by color Doppler echocardiography. Br J Radiol. 2020;93(1110):20191011. DOI: 10.1259/bjr.20191011.
12. Zielinsky P, Magalhaes GA, Zurita-Peralta J, Sosa-Olavarria A, Marinho G, Van Der Sand L, *et al.* Improvement in fetal pulmonary hypertension and maturity after reversal of ductal constriction: prospective cohort study. Ultrasound Obstet Gynecol. 2021;58(3):420-427. DOI: 10.1002/uog.23599.
13. Rojas MR, García C, García M. Velocidad máxima del flujo de la arteria pulmonar fetal en el tercer trimestre de la gestación. Salus. 2021;25(2):27-32. DOI: 10.54139/salus.v25i2.59.
14. Peñaherrera MT, Villalobos N, López OR, López AP, Rodríguez VE, Peñaherrera MA, *et al.* Tiempo de aceleración y tiempo de eyección de la arteria pulmonar fetal como predictor de madurez pulmonar. Dom Cien. 2019;5(3):42-56. DOI: 10.23857/dc.v5i3.923.
15. Sosa A, Díaz L. Índice relativo de impedancia Doppler entre el ductus arterioso y la arteria pulmonar en el embarazo normal, pretérmino y postérmino. Rev Obstet Ginecol Venez [Internet]. 2000 [consulta 20 de enero de 2023];60(2):97-101. Disponible en: <http://www.saber.ula.ve/bitstream/handle/123456789/21879/articulo1.pdf?sequence=2&isAllowed=y>

Recibido 15 de diciembre de 2023
Aprobado 10 de enero de 2024