ARTÍCULOS ORIGINALES

Determinación de índices de elasticidad arterial materna según edad gestacional

Measurement of maternal arterial elasticity index according to gestational age

Dra. Rhaiza Urbina [1]
Dr. Joseph Mendoza [1]
Dr. Jesús López [2]
Dra. Alexandra Rivero [3]

Cómo citar este artículo:
Urbina R., Mendoza J., López J., Rivero A.: Determinación de índices de elasticidad arterial materna según edad gestacional. Rev. Latin. Perinat. (2021) 24:307

Fecha de recepción: 15 de julio 2021
Fecha de aceptación: 10 de agosto 2021

RESUMEN

Estudio prospectivo, descriptivo, transversal, que incluye a 285 embarazadas normales, realizado en la Maternidad Concepción Palacios, Caracas, Venezuela. Mediante un dispositivo móvil se realizó la medición de la velocidad de onda de pulso (VOP) y el índice de aumento de la presión central de pulso, atribuible al aumento de la presión sistólica realzado por la onda refleja del pulso (AIx). La velocidad de onda de pulso se ubicó entre 4,6 m/s y 6,0 m/s representando un 74.3% de la muestra; con un promedio general de 5,17 m/s ± 0,61 m/s. El IAx se ubicó entre 25,1% y 35% representado por un 71.7% y promedio general de 29,4% ± 5,73%. Se registra tendencia al incremento en ambos indicadores a medida que transcurren las semanas de embarazo y aunque es baja la correlación es estadísticamente significativa: VOP (r=0,165; p=0,005); AIx (r=0,174 y p=0,003). Se concluye que la VOP y el AIx por tonometría de aplanamiento, representan parámetros hemodinámicos que pueden ser estimados a cualquier edad gestacional y a pesar de existir una tendencia lineal de bajo aumento en relación a la edad gestacional, hay correlación estadísticamente significativa entre ambas variables. PALABRAS CLAVE: Velocidad de onda de pulso. Elasticidad arterial materna. Tonometría.

ABSTRACT

Prospective, descriptive, cross-sectional study, which includes 285 normal pregnant women, carried out at the Concepción Palacios Maternity Hospital, Caracas, Venezuela. Pulse wave velocity (VOP) and Central pulse pressure increasing rate were measured using a mobile device. Systolic pressure increasing was attributable by the reflex pulse wave (AIx). Pulse wave velocity was between 4.6 m/s and 6 m/s, representing 74.3% of the sample; with a general average of 5.17 m/s ± 0.61 m/s. IAx was between 25.1% and 35% represented by 71.7% with a general average of 29.4% ± 5.73%. There is an upward trend in both indicators according to weeks of pregnancy progression and although it is short, correlation is statistically significant: OPV (r = 0.165; p = 0.005); AIx (r = 0.174 and p = 0.003). It is concluded that PWV and AIx by flattening tonometry represent hemodynamic parameters that can be estimated at any gestational age and despite there is a gestational age low increasing linear trend, statistically significant correlation between both variables is evident. KEYWORDS: Pulse wave velocity. Maternal arterial elasticity, Tonometry.

INTRODUCCIÓN

El sistema cardiovascular durante el embarazo normal presenta cambios importantes para satisfacer las demandas del feto en crecimiento. Estos cambios están caracterizados por vasodilatación arterial periférica, aumento del volumen plasmático, aumento del gasto cardiaco y disminución de la resistencia vascular periférica. Una mala adaptación del sistema cardiovascular se asocia con trastornos hipertensivos, como preeclampsia y restricción del crecimiento fetal. (1-3).

Una vez establecido el desequilibrio entre las sustancias vasodilatadoras y vasoconstrictoras se presenta un estado de hipertono arteriolar persistente, que condiciona alteración en la elasticidad arterial y conlleva rigidez del vaso. En vista de estos cambios, se plantea a este indicador, como un potencial factor

[1] Programa de Medicina Materno Fetal. Maternidad Concepción Palacios.
Universidad Central de Venezuela.
Especialista en Ginecología, Obstetricia y Medicina Materno Fetal.
[2] Especialista Medicina Interna. Director Progr. Hipert. Arterial. Univ. de los Andes. Núcleo Táchira.
[3] Especialista en Ginecología, Obstetricia y Perinatología
Caracas. Venezuela

predictivo, para ser identificado de forma temprana en condición de alerta de riesgo durante el embarazo. En la actualidad, el método más ampliamente utilizado para evaluar la función endotelial de forma no invasiva es la medición ecográfica de la dilatación de la arteria braquial, sin embargo, aumenta el tiempo de ejecución del estudio y es dependiente del operador, lo que dificulta su uso como un instrumento masivo de detección. (4-6, 7-9)

El interés científico se ha centrado cada vez más en la rigidez arterial en consecuencia de su relevante trascendencia cardiovascular. La velocidad de onda del pulso (VOP) es ampliamente conocida como un marcador directo de la rigidez arterial, así como otros parámetros de hemodinamia central, siendo una herramienta clínica valiosa que proporciona información ventajosa para la evaluación de la hipertensión y la enfermedad vascular. Es reproducible y fácil de realizar, lo que permite su uso como instrumento masivo de detección. (9 - 12)

Se han realizados múltiples estudios sobre rigidez arterial, describiendo la VOP y otros parámetros hemodinámicos en embarazadas de diferentes etapas de la gestación y diversos grupos étnicos. (11, 13, 14, 15). También se ha evidenciado asociación entre la rigidez arterial y la restricción del crecimiento fetal, así como aumento significativo de la onda de pulso en la preeclampsia, la hipertensión gestacional y su papel en la detección precoz y predicción de trastornos hipertensivos en el embarazo. (1, 9,16, 17) Están reportadas diferentes técnicas para su medición como la tonometría de aplanamiento, oscilometría mediante arteriografía y método piezoeléctrico. (10, 14, 18). Se han realizado rangos de normalidad para la VOP y el IAx en diferentes edades gestacionales y se ha determinado que la amplificación de la presión de pulso aumentó constantemente después del segundo trimestre y se redujo drásticamente después del parto en embarazos de bajo riesgo. También se encontró que las pacientes que habían tenido uno o más partos presentaban una VOP menor. (19, 20, 21)

Fisiológicamente, el sistema arterial cumple varias funciones, una de ellas es la de conducción, que permite que la sangre fluya en su interior sin modificar los niveles medios de presión arterial, que son necesarios para vencer las resistencias vasculares periféricas. Otra de sus funciones es la de amortiguar la elevada pulsatilidad en presión y flujo, generada por la actividad ventricular. Ambas funciones dependen de las características geométricas arteriales y de la viscoelasticidad de la pared arterial (22), que está directamente relacionada con la resistencia arterial, lo que permite que estos vasos se distiendan en la eyección ventricular, dejen fluir y a la vez almacenen un volumen sanguíneo. En la diástole ventricular, permite que las arterias retornen gradualmente a su posición, para asegurar un flujo sanguíneo continuo del centro a la periferia y mantener elevada la presión arterial diastólica que asegura la perfusión microcirculatoria. (22)

Cuando la resistencia arterial se eleva, la arteria no cumple eficientemente sus funciones determinando aumento de la postcarga ventricular. Al haber aumento de la resistencia, las arterias se tornan más rígidas y las ondas reflejas de pulso se mueven más rápido y coinciden con la sístole, elevan la presión sistólica y producen aumento en la presión diferencial sístole/diástole, lo que determina la presión de pulso. (22, 23)

Durante el embarazo ocurren adaptaciones metabólicas y hemodinámicas maternas que incluyen incremento de 22% en el gasto cardiaco a las 8 semanas de gestación, alcanzando un máximo de 40% por encima de los niveles previos al embarazo, a fines del segundo trimestre y principios del tercero. Este aumento del gasto cardiaco se debe principalmente a un incremento del 30% en el volumen sistólico y en menor medida relacionado con aumento en la frecuencia cardiaca de 10 a 15 latidos por minuto, asociado con una caída en la resistencia vascular sistémica en un 30 % a las 8 semanas. El volumen sanguíneo aumenta, principalmente debido a un incremento en el volumen plasmático, desde una línea base de 40 ml/kg hasta 70 ml/kg. El volumen de glóbulos rojos aumenta de 25 ml/kg a 30 ml/kg, a un ritmo más lento, lo que explica la anemia relativa del embarazo. Finalmente, la capacidad de carga de O2 aumenta debido al incremento de la presión parcial de O2, el gasto cardiaco, una disminución de la viscosidad y un desplazamiento hacia la derecha de la curva de disociación de oxígeno. (24)

Las adaptaciones fisiológicas cardiovasculares del embarazo representan un estado eficiente de capacidad de transporte de oxígeno diseñado para proporcionar las demandas adecuadas tanto para la madre como para el feto. El aumento en

la distensibilidad arterial durante el embarazo es relevante desde varios aspectos fisiopatológicos, en vista de ser uno de los mecanismos corporales más tempranos de adaptación, para adecuar la gran cantidad de volumen intravascular sin la necesidad de incrementar la presión arterial media. Así mismo el aumento en la distensibilidad arterial balancea el efecto de la reducción de la resistencia vascular y ayuda a mantener la eficiencia en la transmisión de energía del ventrículo izquierdo hacia las arterias. También el aumento de la distensibilidad ayuda a preservar la presión de perfusión sanguínea a las arterias coronarias y a otros órganos vitales. (23, 24) Por otra parte, el embarazo per se ha demostrado tener un efecto positivo en la rigidez arterial. Las pacientes que han tenido uno o más partos presentan una VOP menor, independientemente de la edad y de otros factores de riesgo coronario, lo que parece asociado a que el embarazo cursa con un aumento endógeno y natural, como una especie de terapia de pulsos de estrógeno, que puede retrasar el progreso de la arterioesclerosis en la mujer. (19). La metodología utilizada para la evaluación de la rigidez arterial puede ser categorizada en tres grupos: 1. Análisis del tiempo de tránsito del pulso: velocidad de onda de pulso. 2. Análisis de la forma de la onda del pulso arterial.3. Medición directa de la geometría arterial y presión. (4).

También es posible clasificar el tipo de medición de rigidez como: Local, cuando una pequeña sección de la arteria es estudiada. Regional: cuando un segmento del árbol arterial es evaluado. Sistémica: cuando toda la circulación es estudiada.(14)

La evaluación más precisa de la rigidez arterial es realizada a través de métodos invasivos por medio de un cateterismo, pero existen métodos no invasivos que son más ventajosos y económicos como lo es la tonometría por aplanamiento, el cual, es un método sencillo, reproducible, válido e incruento que permite evaluar desde la morfología de la onda de presión arterial, latido a latido, hasta las mediciones de las presiones arteriales centrales, la presión de pulso central, la VOP, la presión de aumento y el índice de aumento, aplicando un sensor de presión, perpendicular sobre la pared arterial, para conocer las variaciones de presión en cada fase del pulso. Debido a la peculiar anatomía de los vasos sanguíneos, con un corte transversal circunferencial, se necesita "aplanar" ligeramente la pared vascular para asegurar un íntimo contacto entre el sensor de presión (tonómetro) y la pared arterial. (25, 26)

La VOP es considerada actualmente el estándar oro en la evaluación de la rigidez arterial. Es un derivado del tiempo de tránsito de pulso y puede ser categorizado como una medición regional, usualmente la aorta descendente es la región medida. La onda de pulso arterial se graba de forma transcutánea en una arteria proximal, casi siempre en la carótida común y más distalmente en la arteria femoral. La velocidad de onda de pulso se calcula como $D/\Delta T$, siendo D la distancia entre los puntos carótida/femoral y ΔT el retardo del tiempo de arribo del pulso. (22, 23)

Otro de los índices estudiados es el índice de aumento (AIx) calculado a partir de la forma de la onda del pulso arterial, es ampliamente utilizado para evaluar la rigidez arterial. El AIx es el porcentaje de la presión central de pulso atribuible al aumento de la presión sistólica realzado por la onda refleja del pulso. Este se determina por medio de las ondas de pulso de las arterias carótida, braquial o radial. El AIx es dependiente de los cambios de la frecuencia cardiaca, así como de otras alteraciones en la función cardiaca y vascular. (23)

El presente estudio se realizó con la finalidad de elaborar un nomograma por percentiles de la elasticidad arterial materna con gestantes sanas entre 12 y 39 semanas.

MATERIALES Y MÉTODOS

Se realizó un estudio de tipo prospectivo, descriptivo y de corte transversal. La población estuvo conformada por todas aquellas pacientes con embarazos entre 12 a 39 semanas sin patología, que acudieron a la consulta de control prenatal de la Maternidad Concepción Palacios, Caracas, Venezuela, en el periodo comprendido entre marzo y agosto de 2020. Para determinar un valor de VOP y de AIx materno en un rango de normalidad, que oscile entre percentiles 10 y 90, se tomó en cuenta la mejor aproximación a dichos valores según el criterio Jennen-Steinmetz-Wellek, (27) de q=0,025 considerado como valor óptimo de centro entre las dos variables analizadas. Así, para un poder de 0,80 y un nivel de significancia de 0,05, se requieren como mínimo 272 pacientes a ser incluidos en el estudio. De esta forma la muestra estuvo conformada por 285 pacientes, estratificado por edad gestacional, entre 12

y 39 semanas. El criterio de inclusión fue paciente con embarazo simple y edad gestacional comprendida entre las 12 y 39 semanas, sin patología y los criterios de exclusión fueron: pacientes con IMC > 30 kg/m2/ sc y antecedente de hábito tabáquico.

Se procedió a realizar el estudio, iniciando con el interrogatorio de ingesta de bebidas como té, café o cualquier otro tipo de sustancia que conduzca a un impacto cardiovascular en el momento del estudio, se les solicitó descansar 10 minutos antes de realizar la prueba, la evaluación se realizó en la misma habitación, con temperatura ambiente; todas las mediciones se realizaron por los mismos observadores quienes tuvieron un periodo de aprendizaje inicial hasta que se logró una reproducibilidad satisfactoria. La paciente estuvo sentada, con la espalda recta y un buen soporte, el brazo izquierdo descubierto apoyado a la altura del corazón, piernas sin cruzar y pies apoyados sobre el suelo, se indicó a la paciente no moverse, ni hablar durante la toma de la medición, luego se colocó el manguito en el brazo izquierdo tomando en cuenta que la longitud de la funda debe cubrir por lo menos 80 % de la circunferencia del brazo, el ancho debe cubrir el 40 % de la longitud del brazo y la guía debe seguir el recorrido de la arteria humeral.

Se procedió a la toma a través del dispositivo Mobil-o-Graph®, que utiliza el Hypertension Management Software (HMS) donde se descargaron, validaron y archivaron los resultados de cada paciente, una vez obtenidos los parámetros hemodinámicos dados por: presión arterial sistólica (PAS), presión arterial diastólica (PAD), tensión arterial media (TAM), frecuencia cardiaca, resistencia vascular periférica, gasto cardiaco (GC), coeficiente de reflexión, AIx y VOP, se registraron en la ficha de recolección de datos diseñada con propósitos del estudio, que también incluía datos personales, edad gestacional calculada por fecha de ultima menstruación o ecografía del primer trimestre y medidas antropométricas.

El tratamiento estadístico adecuado, las variables cuantitativas se valoraron a través de medidas de tendencia central como la media y desviación estándar. Luego se clasificaron acorde a puntos de corte equidistantes (edad gestacional, VOP y AIx). Se calcularon los valores percentilares de VOP y AIx acorde a la edad gestacional. Los nomogramas se realizaron a través de una regresión logística, considerando los percentiles (P) 5, 10, 25, 50, 75, 90 y 95. Se utilizó la prueba de correlación de Pearson (r) para determinar el grado de asociación entre las variables cuantitativas. Finalmente, en el modelo de regresión logística se obtuvieron ecuaciones para predicción de los valores de VOP y AIx a partir de la edad gestacional. Se consideró un valor de $p<0,05$ para determinar si las pruebas de contraste de hipótesis son estadísticamente significativas. Los análisis estadísticos se realizaron haciendo uso de los programas informáticos Excel® 2010.

RESULTADOS

Se evaluaron en total a 285 pacientes sanas, con edades gestacionales comprendidas entre 12 y 39 semanas quienes cumplieron con los criterios de inclusión. Sin embargo, se excluyeron 2 pacientes por tener un IMC superior a 30Kg/m2, lo cual fue considerado como criterio de exclusión en esta investigación. Por lo tanto, la muestra final fue de 283 gestantes, obteniendo los siguientes resultados:

Las características generales de las gestantes incluidas, tenían una edad promedio de 28,8 ± 7,4 años con un rango desde 15 años hasta 46 años, y como era de esperar, los valores de IMC, así como la presión arterial diastólica y sistólica se encuentran dentro límites normales, ya que solo se incluyeron gestantes sanas. Asimismo, se puede observar que en la mayoría de los casos, los grupos muestrales por cada semana gestacional estuvieron entre 9 y 11 pacientes.

Se realizaron distribuciones porcentuales de las gestantes de acuerdo al rango de valores de VOP y AIx, respectivamente. Observando para los valores de VOP que la gran mayoría de la muestra (74,3 %) se ubica entre 4,6 m/s y 6,0 m/s; con un promedio general de 5,17 m/s ± 0,61 m/s. Por otra parte el AIx, el promedio general fue de 29,4 % ± 5,73 % y el 71,7 % de las pacientes presento valores que se ubicaron entre 25,1 % y 35,0 %.

Se obtuvieron valores promedio y desviación estándar del VOP e IAx acorde a la edad gestacional de las pacientes (Tabla 1). Aunque pareciera que los valores de VOP son mayores a medida que se incrementa el número de semanas, esta tendencia no queda del todo clara en los valores presentados. La media más baja se presentó a las 12 semanas de gestación 4,5 m/s ± 0,4 m/s, mientras que la más elevada se encontró a

Edad Gestacional (semanas)	N	VOP (m/s)		AIx(%)	
		Media	DE	Media	DE
12	11	4,5	0,4	26,55	3,64
13	10	4,8	0,4	25,20	6,34
14	10	5,1	0,7	27,20	3,36
15	10	4,6	0,5	28,20	5,22
16	11	4,8	0,6	27,55	3,05
17	11	4,7	0,4	27,27	2,37
18	11	5,4	0,4	28,18	5,19
19	9	5,4	0,7	33,56	5,41
20	10	5,4	0,6	30,00	4,19
21	10	5,7	0,3	31,40	2,59
22	10	5,9	0,4	32,80	2,30
23	10	5,3	0,5	31,30	2,26
24	10	5,6	0,6	29,00	3,92
25	10	4,9	0,5	26,50	3,98
26	12	4,9	0,5	26,33	7,19
27	10	5,1	0,3	26,10	6,87
28	10	5,4	0,6	27,60	8,38
29	10	5,4	0,8	31,60	6,90
30	10	5,3	0,7	33,90	7,77
31	10	5,1	0,5	30,80	6,41
32	9	5,1	0,5	32,44	6,23
33	9	5,3	0,5	28,78	5,29
34	10	5,2	0,7	33,10	4,15
35	10	5,0	0,6	29,30	4,99
36	10	5,5	0,3	31,30	2,45
37	10	5,3	0,7	32,80	7,79
38	10	5,0	0,5	27,10	8,88
39	10	5,2	0,5	29,30	4,22
Total	**283**	**5,2**	**0,6**	**29,40**	**5,73**

Tabla 1. Valores promedio de VOP y AIx según edad gestacional.

las 22 semanas con 5,9 m/s ± 0,4 m/s; por otra parte, en la semana 39, que fue la última evaluada, el valor desciende a 5,2 m/s ± 0,5 m/s. Una situación similar se presenta con el AIx, evidenciándose que el menor promedio se encuentra en la semana 13 con 25,2 % ± 6,34 %; el promedio más elevado en la semana 30 con 33,9 % ± 6,34 %, para luego descender a 29,3 % ± 4,22 % en la semana 39.

Seguidamente, se aplicó la prueba de correlación entre las variables en estudio, en ambos casos se encontró una correlación significativa, aunque muy baja con la edad gestacional. La correlación entre el VOP y las semanas de gestación (r=0,165; p=0,005); del mismo modo el AIx con edad gestacional (r=0,174 y p=0,00). Posteriormente, se realizó un análisis predictivo de los valores de VOP y AIx a partir de los valores de edad

Edad Gestacional (semanas)	n	Percentiles de VOP (m/s)						
		P5	P10	P25	P50	P75	P90	P95
12	11	2,55	2,71	3,20	4,01	4,81	5,30	5,46
13	10	2,68	2,84	3,33	4,13	4,94	5,43	5,59
14	10	2,80	2,96	3,45	4,25	5,06	5,55	5,71
15	10	2,91	3,07	3,56	4,37	5,17	5,66	5,82
16	11	3,02	3,18	3,66	4,47	5,28	5,76	5,92
17	11	3,11	3,27	3,76	4,57	5,38	5,86	6,02
18	11	3,20	3,37	3,85	4,66	5,47	5,95	6,11
19	9	3,29	3,45	3,94	4,75	5,55	6,04	6,20
20	10	3,37	3,54	4,02	4,83	5,64	6,12	6,28
21	10	3,45	3,61	4,10	4,91	5,72	6,20	6,36
22	10	3,53	3,69	4,17	4,98	5,79	6,28	6,44
23	10	3,60	3,76	4,25	5,05	5,86	6,35	6,51
24	10	3,67	3,83	4,31	5,12	5,93	6,42	6,58
25	10	3,73	3,90	4,38	5,19	6,00	6,48	6,64
26	12	3,80	3,96	4,44	5,25	6,06	6,55	6,71
27	10	3,86	4,02	4,50	5,31	6,12	6,61	6,77
28	10	3,92	4,08	4,56	5,37	6,18	6,67	6,83
29	10	3,97	4,13	4,62	5,43	6,24	6,72	6,88
30	10	4,03	4,19	4,67	5,48	6,29	6,78	6,94
31	10	4,08	4,24	4,73	5,54	6,34	6,83	6,99
32	9	4,13	4,29	4,78	5,59	6,40	6,88	7,04
33	9	4,18	4,34	4,83	5,64	6,45	6,93	7,09
34	10	4,23	4,39	4,88	5,68	6,49	6,98	7,14
35	10	4,28	4,44	4,92	5,73	6,54	7,03	7,19
36	10	4,32	4,48	4,97	5,78	6,59	7,07	7,23
37	10	4,37	4,53	5,01	5,82	6,63	7,11	7,28
38	10	4,41	4,57	5,06	5,86	6,67	7,16	7,32
39	10	4,45	4,61	5,10	5,91	6,71	7,20	7,36

Tabla 2. Distribución percentilar de VOP estimada según edad gestacional.

gestacional, obteniendo que la VOP aumenta 0,012 m/s y el AIx aumenta 0,123 %, por cada semana de gestación. De este análisis inferencial, se desprenden fórmulas predictivas que podrían resultar de utilidad en la determinación de estos valores: VOP (m/s) = (Nº Semanas de gestación x 0,012) + 4,851; AIx (%) = (Nº Semanas de gestación x 0,123) + 26,273.

Se realizó la distribución por percentiles para el VOP acorde a la semana de gestación (Tabla 2). Se muestran los valores correspondientes para los percentiles 5, 10, 25, 50, 75, 90 y 95, obteniendo que el P50 a la semana 12 fue de 4,01 m/s y a la semana 39 fue 5,91 m/s.

La distribución de los percentiles: P5, 10, 25, 50, 75,

Edad Gestacional (semanas)	n	Percentiles de VOP (m/s)						
		P5	P10	P25	P50	P75	P90	P95
12	11	11,00	12,31	16,25	22,82	29,39	33,33	34,65
13	10	11,73	13,04	16,99	23,56	30,13	34,07	35,38
14	10	12,41	13,72	17,67	24,24	30,81	34,75	36,06
15	10	13,04	14,36	18,30	24,87	31,44	35,38	36,70
16	11	13,64	14,95	18,89	25,46	32,03	35,98	37,29
17	11	14,19	15,51	19,45	26,02	32,59	36,53	37,85
18	11	14,72	16,03	19,97	26,55	33,12	37,06	38,37
19	9	15,21	16,53	20,47	27,04	33,61	37,56	38,87
20	10	15,68	17,00	20,94	27,51	34,09	38,03	39,34
21	10	16,13	17,44	21,39	27,96	34,53	38,48	39,79
22	10	16,56	17,87	21,81	28,39	34,96	38,91	40,22
23	10	16,96	18,28	22,22	28,80	35,37	39,31	40,63
24	10	17,35	18,67	22,61	29,19	35,76	39,71	41,02
25	10	17,73	19,04	22,99	29,56	36,14	40,08	41,40
26	12	18,09	19,40	23,35	29,92	36,50	40,44	41,76
27	10	18,43	19,75	23,69	30,27	36,84	40,79	42,10
28	10	18,77	20,08	24,03	30,60	37,18	41,12	42,44
29	10	19,09	20,40	24,35	30,93	37,50	41,45	42,76
30	10	19,40	20,72	24,66	31,24	37,81	41,76	43,07
31	10	19,70	21,02	24,96	31,54	38,11	42,06	43,37
32	9	19,99	21,31	25,25	31,83	38,41	42,35	43,67
33	9	20,27	21,59	25,54	32,11	38,69	42,63	43,95
34	10	20,55	21,86	25,81	32,39	38,96	42,91	44,22
35	10	20,81	22,13	26,08	32,65	39,23	43,18	44,49
36	10	21,07	22,39	26,33	32,91	39,49	43,43	44,75
37	10	21,32	22,64	26,59	33,16	39,74	43,69	45,00
38	10	21,57	22,88	26,83	33,41	39,99	43,93	45,25
39	10	21,81	23,12	27,07	33,65	40,22	44,17	45,49

Tabla 3. Distribución percentilar de AIx estimada según edad gestacional.

90 y 95 del AIx según la semana de gestación, (Tabla 3). Evidenciando que el P50 a la semana 12 fue de 22,82 % y a la semana 39 fue 33,65 %.

DISCUSIÓN

El sistema arterial cumple dos funciones importantes, conducción y amortiguamiento, ambas funciones dependen de características geométricas arteriales y de la viscoelasticidad de la pared arterial. La viscoelasticidad está directamente relacionada con la resistencia arterial. Al haber un aumento de la resistencia, las arterias se tornan más rígidas y producen un aumento en la presión diferencial sístole/diástole, lo que determina la presión de pulso.

La VOP es considerada actualmente el estándar de oro en la evaluación de la rigidez arterial siendo este un derivado del tiempo de tránsito de pulso. Otro de los índices estudiados es el índice de aumento (AIx) calculado a partir de la forma de la onda del pulso arterial. (22, 23)

El embarazo per se ha demostrado tener un efecto positivo en la rigidez arterial. Las pacientes que han tenido uno o más partos presentan una VOP menor, independientemente de la edad y de otros factores de riesgo coronario, contrariamente sucede en aquellas pacientes que presentan trastornos hipertensivos como la preeclampsia cuya fisiopatología aún no está clara, sin embargo está descrita su asociación a daño del endotelio vascular por múltiples factores que desencadenan disfunción placentaria a posterioridad, condicionando a una alteración en la elasticidad arterial que se expresa en rigidez del vaso, en vista de estos cambios, se plantea a la rigidez arterial como un potencial factor de predicción para ser utilizado de forma temprana en las gestaciones que desencadenaran patología asociada a insuficiencia uteroplacentaria. (8-9-19)

A groso modo los resultados de este estudio permiten evidenciar que los valores de VOP y AIx son mayores a medida que se incrementa el número de semanas, sin embargo, esta tendencia no queda del todo clara en los valores presentados. El análisis estadístico arrojo que existe un coeficiente de correlación entre la VOP con la edad gestacional de 0,165 con una (p=0,005) lo que demuestra que existe correlación significativa, aunque muy baja. La información recogida permitió obtener un modelo para predecir la VOP, partiendo de la constante + 4,851, que, al aplicarla, se demuestra que esta variable aumenta 0,012 m/s por semana de gestación. De igual forma, se obtuvo que entre el AIx y la edad gestacional existe un coeficiente de correlación de 0,174 y una asociación significativa (p=0,003); en este caso el modelo estadístico que permite predecir esta variable arrojó la constante + 26,273 y que esta aumenta 0,123 % por cada semana gestacional.

El presente estudio se realizó en pacientes sanas con embarazos simples y fetos sin patología demostrada en el estudio ecográfico, criterios similares fueron utilizados en la mayoría de los estudios citados como el de Khalil et al.,(11) O' Callaghan et al.,(12) y Smith et al.,(13) quienes evaluaron embarazos con fetos sanos, encontrando resultados comparables con los obtenidos en esta investigación, al igual Macedo et al.,(14) y Wykretowicz et al.,(15) sin embargo, estos últimos realizaron comparación con pacientes no embarazadas. Otros autores como Taspinar et al.(1) evaluaron la asociación entre la rigidez arterial y el crecimiento fetal en embarazos normotensos, concluyendo que hubo una significativa relación entre la velocidad de onda de pulso y los percentiles de peso al nacer, sugiriendo así que la rigidez arterial refleja la adaptación vascular, a su vez Avni et al.,(9), Lim et al.,(16) y Khalil et al.,(18) evaluaron los trastornos hipertensivos del embarazo y la rigidez arterial concluyendo que la velocidad de onda de pulso y el índice de aumento está significativamente aumentada en preeclampsia e hipertensión gestacional.

La muestra quedo constituida por 283 pacientes, la cual, se aproxima a la de Macedo et al., (14) quien aplicó la misma técnica de tonometría de aplanamiento. Wykretowics et al., (15) y Gómez et al., (21) utilizaron la misma técnica, sin embargo, con muestras mucho menores, otros trabajos como los de O´Callaghan et al., (12) con muestras de 60 pacientes utilizaron técnicas oscilometricas, a diferencia de Smith et al., (13) que realizaron la evaluación con dos equipos, un tonómetro de aplanamiento y un dispositivo que examina la circulación arterial periférica. Muestras mucho más amplias como la de Khalil et al., (11) con 541 pacientes y Khalil et al., (20) con 6259 pacientes, pero con la particularidad que solo se tomaron embarazos normales que se encontraban en primer trimestre.

El rango de edad gestacional a partir del cual se elaboraron los nomogramas estuvo comprendido entre las 12 y 39 semanas, muy similar a los estudios ejecutados por Macedo et al., (14), demostrando que en dicho rango la obtención de las variables es fácilmente reproducible por los exploradores y al evaluar estos parámetros se puede realizar un diagnóstico oportuno de rigidez arterial. Así mismo existen investigaciones en la que se evaluaron VOP y AIx en edades gestacionales más tempranas como la realizada por Khalil et al., (20) con rango de edad gestacional comprendido entre la 11 a las 13 semanas, otros se enfocaron por trimestres del embarazo como Smith et al., (13) Iacobaeus et al., (28) y O´Callaghan et al., (12) y Wykretowics et al., (15) y Pandey et al., (29) se enfocaron solo en el tercer trimestre.

Para la recolección de las muestras con el dispositivo Mobil-o-Graph® a través de tonometría de aplanamiento, se procedió a la colocación del manguito en el brazo izquierdo materno para la obtención de VOP y AIx, siendo esta técnica reproducible y fácil de realizar, ampliamente utilizado en los estudios ya antes mencionados. Por otra parte, Baulmann et al., (10) comparó la medición de VOP y AIx entre el método oscilométrico, tonométrico y piezoeléctrico, obteniendo resultados estrechamente correlacionados.

La distribución porcentual de las gestantes de acuerdo al rango de valores de VOP se encontró entre 4,6 m/s y 6,0 m/s representado (74,3 %); con un promedio general de 5,17 m/s ± 0,61 m/s, por otra parte, la distribución de las gestantes en relación a los rangos de IAx ubicaron el 71,7 % de la muestra entre 25,1 % y 35,0 %, mientras que el promedio general fue de 29,4 % ± 5,73 %, en comparación con el estudio de Macedo et al., (14), cuyos resultados de VOP fueron 7.5 m/s ± 1.2 m/s y de AIx 4 % ± 12 % presentando una diferencia con los reportados en este trabajo y pudiendo atribuirse al equipo utilizado y al tipo de población, sin embargo en el estudio de Iacobaeus et al., (28) los valores de VOP se encontraban entre 5.55 m/s ± 0.67 m/s a 5.62 m/s ± 0.74 m/s, muy similares a los evidenciados en esta investigación

Posteriormente las medidas obtenidas se correlacionaron con la edad gestacional para la construcción de tablas percentiladas, obteniendo que el P50 para la medición de VOP a la semana 12 fue de 4,01 m/s y a la semana 39 fue 5,91 m/s. Para AIx P50 a la semana 12 fue de 22.82 % y a la semana 39 de 33,65 %. En comparación con el estudio de Gómez et al., (21) en donde no se realizaron nomogramas sino promedios por edad gestacional los valores descritos para VOP entre la semana 7 a 13 fueron de 8 m/s ± 0,2 m/s y para la semana 34 a 40 de 8 m/s ± 0,2 m/s, así mismo para el AIx la semana 7 a 13 fueron de 4.9 % ± 2.0 % y para la semana 34 a 40 de 3.5 % ± 1.9 %, determinando así la diferencia en los resultados tanto en VOP como en AIx, ya que no presenta un aumento con respecto a la edad gestacional.

Un aspecto importante que debe ser resaltado es el hecho de que los nomogramas obtenidos en esta investigación pueden ser de utilidad a la hora de evaluar la rigidez arterial. Si bien no existen otros para comparar con este estudio, los aquí expuestos tienen la ventaja de haber sido elaborados a partir de los datos de pacientes que presentan características morfométricas propias de la región, que permite que las medidas obtenidas correspondan más a la realidad de la población.

CONCLUSIONES

La VOP y el AIx por tonometría de aplanamiento representan parámetros hemodinámicos de evaluación precisos de fácil realización y reproducibles, que pueden ser estimados a cualquier edad gestacional, tomando en cuenta que a pesar de existir una tendencia lineal de bajo aumento de ambos parámetros en relación a la edad gestacional, existe una correlación estadísticamente significativa entre las variables estudiadas. Se creó este valor de referencia a través de los nomogramas que pueden ser de cribado predecir a futuro la asociación de patología materna y fetal asociada a daño endotelial y disfunción uteroplacentaria, de allí su implicación y valor clínico en estudios posteriores.

BIBLIOGRAFÍA

1. Elvan-Taspinar A, Franx A, Bots M, Koomans H, Bruinse H. Arterial stiffness and fetal growth in normotensive pregnancy. Am J Hypertens [Internet]. 2005 [consultado 15 septiembre de 2019]; 18(3):337–341. Disponible en: https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/15797650/

2. ACOG Practice Bulletin No. 202: Gestational hypertension and preeclampsia. American College of Obstetricians and Gynecologists. Obstet Gynecol [Internet]. 2019 [consultado 15 septiembre de 2019]; 133(1):e1–25. Disponible en: https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/30575675/

3. Verdugo-Muñoz L, Alvarado-Llano J, Bastidas-Sánchez B, Ortiz-Martínez R. Prevalencia de restricción del crecimiento intrauterino en el Hospital Universitario San José, Popayán (Colombia), 2013. Rev Colomb Obstet Ginecol [Internet]. 2015 [consultado 15 septiembre de 2019]; 66(1):46-52. Disponible en: http://www.scielo.org.co/pdf/rcog/v66n1/v66n1a06.pdf

4. Valenti E, Ávila N, Amenabar S, Zanuttini E, Crespo H. Actualización de Consenso de Obstetricia Fasgo 2017. RCIU (Restricción del Crecimiento Intrauterino) [Internet]. Buenos Aires: Federación Argentina de Sociedades de Ginecología y Obstetricia; 2017 [consultado 15 de septiembre de 2019]. Disponible en: http://www.fasgo.org.ar/archivos/consensos/Actualizacion_consenso_RCIU_

FASGO_2017.pdf
5. Sepulveda E, Crispi F, Pons A, Gratacos E. Restricción de crecimiento intrauterino. Rev Med Clin Condes [Internet]. 2014 [consultado 15 de septiembre de 2019]; 25(6): 958-963. Disponible en: https://www.clc.cl/Dev_CLC/media/Imagenes/PDF%20revista%20m%C3%A9dica/2014/6%20Nov/16-sepulveda.pdf
6. ACOG Practice bulletin Number 134. Fetal growt restriction. American College of Obstetricians and Gynecologists. Obstet Gynecol [Internet]. 2013 [consultado 15 de septiembre de 2019]; 121(5):1122-1133. Disponible en: https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/23635765/
7. Savvidou M, Hingorani A, Tsikas D, Frölich J, Vallance P, Nicolaides K. Endothelial dysfunction and raised plasma concentrations of asymmetric dimethylarginine in pregnant women who subsequently develop pre-eclampsia. Lancet [Internet]. 2003 [consultado 18 de enero 2020]; 361(9368): 1511–1517. Disponible en: https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/12737861/
8. Majul C, Páez O, De María M, Manzur P, Prieto N. Estudio de la distensibilidad arterial en embarazadas con riesgo o no de preeclampsia. Rev Argent Cardiol [Internet]. 2004 [consultado 15 de septiembre de 2019]; 72(1):21-24. Disponible en: https://www.sac.org.ar/wp-content/uploads/2014/04/669.pdf
9. Avni B, Frenkel G, Shahar L, Golik A, Sherman D, Dishy V. Aortic stiffness in normal and hypertensive pregnancy. Blood Press [Internet]. 2010 [consultado 15 de septiembre de 2019]; 19(1):11–15. Disponible en: https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/20001391/
10. Baulmann J, Schillings U, Rickert S, Uen S, Düsing R, Illyes M, et al. A new oscillometric method for assessment of arterial stiffness: comparison with tonometric and piezo-electronic methods. J Hypertens [Internet]. 2008 [consultado 18 de enero 2020]; 26(3):523–528. Disponible en: https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/20001391/
11. Khalil A, Jauniaux E, Cooper D, Harrington K. Pulse wave analysis in normal pregnancy: A prospective longitudinal study. PLoS One [Internet]. 2009 [consultado 18 de enero 2020]; 4(7):e6134. Disponible en: https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC2700961/pdf/pone.0006134.pdf
12. O' Callaghan K, Hennessy A, Malvisi L, Kiely M. Central haemodynamics in normal pregnancy: a prospective longitudinal study. J Hypertens [Internet]. 2018 [consultado 24 enero 2020]; 36(10):2102–2108. Disponible en: https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/30044310/
13. Smith S, Morris J, Gallery E. Methods of assessment of the arterial pulse wave in normal human pregnancy. Am J Obstet Gynecol [Internet]. 2004 [consultado 24 enero 2020]; 190(2):472-476. Disponible en: https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/14981392/
14. Macedo M, Luminoso D, Savvidou M, McEniery C, Nicolaides K. Maternal wave reflections and arterial stiffness in normal pregnancy as assessed by applanation tonometry. Hypertension [Internet]. 2008 [consultado 24 enero 2020]; 51(4):1047-1051. Disponible en: https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/18259025/
15. Wykretowicz M, Krauze T, Guzik P, Piskorski J, Markwitz W, Wykretowicz A, et al. Arterial stiffness, central hemodynamics and wave reflection in normal pregnancy and control nonpregnant women. Eur J Obstet Gynecol Reprod Biol [Internet]. 2011 [consultado 24 enero 2020]; 159(1): 49–52. Disponible en: https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/21737197/
16. Lim WY, Saw S, Tan K, Yeo G, Kwek K. A cohort evaluation on arterial stiffness and hypertensive disorders in pregnancy. BMC Pregnancy Childbirth [Internet]. 2012 [consultado 24 enero 2020]; 12:160. Disponible en: https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/23268774/
17. Perry H, Lehmann H, Mantovani E, Thilaganathan B, Khalil A. Correlation between central and uterine haemodynamics in hypertensive disorders of pregnancy. Ultrasound Obstet Gynecol [Internet]. 2019 [consultado 22 enero 2020]; 54(1):58-63. Disponible en: http://dx.doi.org/10.1002/uog.19197.
18. Khalil A, Maíz N, García-Mandujano R, ElKhouli M, Nicolaides K. Longitudinal changes in maternal soluble endoglin and angiopoietin-2 in women at risk for pre-eclampsia. Ultrasound Obstet Gynecol [Internet]. 2014 [consultado 18 de enero 2020]; 44(4):402-410. Disponible en: https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/24913462
19. Hashimoto M, Miyamoto Y, Iwai Ch, Matsuda Y, Hiraoka E, Kanazawa K, et al. Delivery may affect arterial elasticity in women. Circ J [Internet]. 2009 [consultado 18 de enero 2020]; 73(4):750 – 754. Disponible en: https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/19225209/
20. Khalil A, Akolekar R, Syngelaki A, Elkhouli M, Nicolaides K. Maternal hemodynamics in normal pregnancies at 11–13 weeks' gestation. Fetal Diagn Ther [Internet]. 2012 [consultado 18 de enero 2020];

32(3):179–185. Disponible en: https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/22854228/
21. Gómez Y, Hudda Z, Mahdi N, Hausvater A, Opatrny L, El-Messidi A, et al. Pulse pressure amplification and arterial stiffness in low-risk, uncomplicated pregnancies. Angiology [Internet]. 2016 [consultado 24 enero 2020]; 67(4):375-383. Disponible en: https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/26251051
22. Bia D, Zócalo Y. Rigidez arterial: evaluación no invasiva en la práctica clínica. Rev Urug Cardiol [Internet]. 2014 [consultado 18 de enero 2020]; 29(1):39-59. Disponible en: http://www.scielo.edu.uy/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1688-04202014000100007
23. Cedeño M. Evaluar la elasticidad arterial en pacientes con embarazos normales y complicados con preeclampsia hospitalizadas en el servicio de obstetricia del hospital central de San Cristóbal. [Trabajo Especial de Grado]. San Cristóbal (Táchira): Universidad de los Andes; 2016.
24. Abbas A, Lester S, Connolly H. Pregnancy and the cardiovascular system. Int J Cardiol [Internet]. 2005 [consultado 24 enero 2020]; 98(2):179–189. Disponible en: https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/15686766/
25. Ameijeiras A, López J, Calvo C. Medida no invasiva de la presión arterial central mediante tonometría por aplanamiento. Análisis de la onda de pulso. Galicia Clin [Internet]. 2012 [consultado 24 enero 2020]; 73(4):161-168. Disponible en: https://galiciaclinica.info/pdf/21/389.pdf
26. Sosa B, Duin A, Virgilio N, Ramones I, Hernández R. La tonometría por aplanamiento en la evaluación de la elasticidad arterial. Bol Médico Postgrado [Internet]. 2017 [consultado 24 enero 2020]; 33(1):66 -75. Disponible en: https://core.ac.uk/download/pdf/146445246.pdf
27. Jennen-Steinmetz C, Wellek S. A new approach to sample size calculation for reference interval studies. Stat Med [Internet]. 2005 [consultado 18 de enero 2020]; 24(20):3199–3212. Disponible en: https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/16189809/
28. Iacobaeus Ch, Andolf E, Thorsell M, Bremme K, Jöneskog G, Östlund E, et al. A longitudinal study of vascular structure and function during normal pregnancy. Ultrasound Obstet Gynecol [Internet]. 2017 [consultado 24 enero 2020]; 49(1):46-53. Disponible en: https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/27731532/
29. Pandey A, Siwach S, Sangwan V, Sharma S, Das A. Assessment of maternal vascular stiffness indices in three trimesters of normal pregnancy. Indian J Physiol Pharmacol [Internet]. 2014 [consultado 24 enero 2020]; 58(3):197-205. Disponible en: https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/25906601/

DIRECCIÓN DE LOS AUTORES
Dra. Rhaiza Urbina
rhaiurbina87@gmail.com
Caracas, Venezuela.