

ARTÍCULOS ORIGINALES

Nomograma de la excursión sistólica anular atrioventricular fetal

Nomogram of atrioventricular annular plane systolic

Dra. Laysbell Leal¹Dra. Osmar Alcálá¹Dr. José Salazar¹Dra. Alexandra Rivero²

Cómo citar este artículo:

Leal L., Alcálá O., Salazar J., Rivero A.: Nomograma de la excursión sistólica anular atrioventricular fetal. *Rev. Latin. Perinat.* (2021) 24:25.

Fecha de recepción: 12 de octubre 2020

Fecha de aceptación: 03 de diciembre 2020

RESUMEN

Se registra la elaboración de un nomograma por percentiles de la excursión sistólica anular atrioventricular fetal, en gestantes entre 20 y 38 semanas de gestación, que acudieron a la Maternidad Concepción Palacios, Caracas, Venezuela, entre septiembre y diciembre de 2019. Se realizó un estudio prospectivo, descriptivo y transversal. Se incluyeron 270 pacientes, en las cuales se midió la excursión sistólica anular atrioventricular fetal, para luego relacionar este indicador con la edad gestacional y área cardíaca fetal. La medición de la excursión sistólica del anillo tricuspídeo (TAPSE) del 55,2 % del grupo de estudio se ubica entre los 5,6 y 8 mm; mientras que para la excursión sistólica del anillo mitral (MAPSE) el 51 % de la serie presenta valores que van desde 3,1 a 5 mm. Se observa una tendencia al incremento en ambos, a medida que transcurren las semanas de embarazo y el área cardíaca fetal obteniendo que el TAPSE aumenta, en 0,29 mm ($r=0,869$; $p=0,000$) y MAPSE aumenta, en 0,212 mm ($r=0,856$; $p=0,000$) en promedio, por cada semana de gestación. La excursión sistólica anular atrioventricular fetal aumenta bajo tendencia lineal en relación a la edad gestacional y al área cardíaca fetal. PALABRAS CLAVE: Anillo tricuspídeo, Excursión sistólica, Ecocardiografía fetal Doppler.

ABSTRACT

A nomogram of the fetal atrioventricular annular plane systolic excursion is reported. Patients with a 20 and 38 weeks were included. They were attended at Fetal Maternal Service at Concepción Palacios Maternity Hospital, Caracas, Venezuela. During September and December 2019. 270 patients were included.

A Doppler fetal tricuspid and mitral annular plane systolic excursion were registered. Measurement of the tricuspid annular plane systolic excursion (TAPSE) of 55.2% children in this trial is between 5.6 and 8 mm; while mitral annular plane systolic excursion (MAPSE) in 51% of babies have values ranging from 3.1 to 5 mm. An increasing tendency is clearly registered in both parameters as pregnancy increases and the fetal heart area grows. Findings reveal TAPSE an average increasing of 0.29 mm ($r = 0.869$; $p = 0.000$) and MAPSE in 0.212 mm ($r = 0.856$; $p = 0.000$) during each week of the second half of gestation. Fetal atrioventricular annular systolic excursion increases under a linear tendency in relation to gestational age and fetal heart area. Nomograms can be useful both for the screening of fetal cardiac dysfunction in normal patients in comparison with probable fetal or maternal pathologies.

KEYWORDS: Tricuspid annular plane, Fetal Doppler cardiac sonography.

INTRODUCCIÓN

El corazón es el órgano de la circulación fetal que se encarga de garantizar la perfusión de todos los órganos. La formación y función de las cámaras se evidencia desde etapas precoces, lo que garantiza un gasto cardíaco continuo que es el responsable del desarrollo armónico fetal. (1)

Embriológicamente, la estructura cardíaca se inicia como un órgano tubular con función contráctil desde los 22 días de fertilización. (2) Concluye en una estructura conformada por 4 cámaras, con conexiones atrioventriculares, ventriculoarteriales y venoatriales, que permiten el flujo hacia los diferentes territorios

intra y extracardiacos. (3 - 5)

Para evaluar el funcionamiento cardiaco es necesario tener conocimiento de los procesos que se realizan en este órgano en condiciones normales. Los componentes principales son un periodo de llenado cardiaco o diástole donde ocurre el vaciamiento de sangre de las cámaras atriales a las ventriculares y el periodo sistólico donde se desplaza la sangre de los ventrículos hacia la arteria aorta y pulmonar. (6) A su vez, los cambios en su estructura y funcionamiento están determinados por la contractilidad y orientación de las fibras miocárdicas, condición de presión/volumen y los cambios secundarios a la maduración que se suscitan durante la gestación. (7 - 9)

En vista del estudio detallado y mayor conocimiento de la función cardiaca fetal, se han desarrollado métodos reproducibles para su cuantificación, la mayoría de ellos extrapolados de estudios en adultos y niños; entre los cuales están: el cálculo de la fracción de eyección, gasto cardiaco, índice de rendimiento miocárdico, fracción de acortamiento miocárdico, relación onda E/A. (7, 10)

Durante el ciclo cardiaco, el anillo atrioventricular se desplaza hacia el ápex cardiaco durante la sístole y regresa hacia la base en diástole, mientras que los demás contornos ventriculares permanecen relativamente sin cambios. Estos movimientos recíprocos del anillo atrioventricular conllevan a un desplazamiento longitudinal rítmico, que se registra por ultrasonografía, constituyendo un parámetro de función cardiaca global independientemente de la función ventricular izquierda. (11) En el feto, la evaluación de la excursión sistólica y diastólica de los anillos tricuspídeo y mitral tiene la ventaja de utilizar tecnología Modo M que se encuentra a disposición con equipos de ultrasonografía modernos, brindando información de la función cardiaca, al igual que en el adulto. (12) La evaluación de la morfología cardiaca, así como de su actividad, es una parte importante de la evaluación ultrasonográfica ya que, según sus resultados, condiciona el pronóstico y el manejo; por lo cual es importante establecer si su función es adecuada. (13 - 15)

Se ha descrito el TAPSE y MAPSE como métodos simples, reproducibles e independiente de la geometría ventricular, sin diferencias significativas entre la excursión sistólica de los anillos valvulares tricuspídeo y mitral. (16, 17) También, el TAPSE

se ha relacionado con el crecimiento fetal y el peso al nacer, para establecer valores de referencia percentilados en neonatos a término y pretérmino. (17) Se ha evaluado el uso de modo M fuera de línea, para evaluar el desplazamiento de los anillos valvulares fetales, comparado con la valoración mediante modo M convencional en tiempo real, sin evidenciar diferencias significativas con los valores de referencia, con buena correlación del modo M de imagen espaciotemporal (STIC). (18, 19) La disminución de los parámetros anulares estaban significativamente disminuidos en los fetos con crecimiento fetal restringido y síndrome de transfusión intergemelar comparados con fetos control. (20, 21) También, la medición prospectiva de TAPSE y MAPSE, en conjunto excursión sistólica del plano anular septal (SAPSE) a través de modo M convencional, modo M angular y Doppler tisular, para proporcionar valores normales por cada edad gestacional, así mismo la correlación de estos valores con el área cardiaca mostraron un aumento progresivo con el avance de la gestación y el aumento del área cardiaca en Z-score. (22-24)

El miocardio fetal difiere del miocardio adulto en varios aspectos. El miocardio fetal está compuesto por una mayor proporción de elementos no contráctiles que en el adulto. Hasta el 60 % del miocardio fetal está compuesto de elementos no contráctiles frente al 30 % en el miocardio adulto. La replicación celular miocárdica es diferente en el feto en comparación al adulto, mientras que los cardiomiocitos fetales tempranos pueden dividirse y aumentar en número (hiperplasia), los cardiomiocitos adultos maduros solo pueden crecer en tamaño (hipertrofia). Las propiedades de relajación del miocardio fetal difieren de las del adulto, así mismo, existen diferencias en el combustible utilizado para el metabolismo celular del miocardio, los ácidos grasos de cadena larga son los preferidos en adultos, mientras que el lactato es el principal agente metabolizado en el miocardio fetal. (25)

La alteración de la resistencia placentaria puede tener efectos profundos en los sistemas circulatorios en desarrollo dentro del feto. (25) Los flujos provenientes de cada ventrículo se encuentran en el istmo aórtico (IAo), un pequeño segmento (trayecto) vascular entre la subclavia izquierda y el ductus arterioso (DA), en donde se demuestra que ventrículos con distintas velocidades de flujo se arreglan en paralelo y uno

puede suplir el trabajo del otro, algo que solo ocurre en vida intrauterina. El feto posee entonces un único cortocircuito verdadero, que es el istmo aórtico (IAo), tiene dos derivaciones vasculares, ductus venoso (DV) y DA, y posee una ventana vascular, el foramen oval (FO), que favorece el flujo de derecha (placenta) a izquierda (cerebro). (1)

La función principal del corazón es expulsar sangre y proporcionar una perfusión adecuada de los órganos. Los componentes principales involucran inicialmente la etapa de llenado diastólico o ventricular con el movimiento de sangre desde las aurículas hasta los ventrículos; El periodo sistólico implica el movimiento sanguíneo desde los ventrículos hasta la aorta y las arterias pulmonares. El ciclo cardiaco puede subdividirse en cinco periodos:(6, 26)

- Periodo de relajación isovolumétrica: tiempo después del cierre de la válvula aórtica/pulmonar y la apertura de la válvula mitral/tricúspide. Es la primera fase de la diástole, mientras que el miocardio comienza a relajarse, pero las válvulas auriculoventriculares aún no están abiertas y, por lo tanto, la sangre aún no ingresa a los ventrículos.
- Diástole temprana: después de la apertura de la válvula mitral/tricúspide, la sangre de las aurículas llena los ventrículos de forma pasiva debido a las diferencias de presión.
- Periodo de contracción auricular (diástole tardía): las aurículas se contraen y completan el llenado de los ventrículos.
- Periodo de contracción isovolumétrica: tiempo después del cierre de las válvulas mitral/tricúspide y antes de la apertura de las válvulas aórtica/pulmonar. Es el comienzo de la sístole, con el miocardio comenzando a contraerse, pero la presión dentro del ventrículo no es lo suficientemente alta como para abrir las válvulas aórtica/pulmonar.
- Periodo de eyección: la presión ventricular aumenta lo suficiente como para abrir las válvulas aórtica/pulmonar y la sangre es expulsada del ventrículo.

Existen diferencias distintivas entre los ventrículos derecho e izquierdo en el corazón fetal. Debido a la configuración del circuito paralelo y a las vías sanguíneas específicas de la circulación fetal, el volumen del ictus ventricular derecho excede el volumen del ictus ventricular izquierdo, y el ventrículo derecho suministra aproximadamente el 70 % del gasto cardiaco total a la circulación. La salida

del ventrículo derecho se dirige a través de la arteria pulmonar principal y el conducto arterioso permeable, con una pequeña porción que va al lecho vascular pulmonar vasoconstrictor. El gasto ventricular derecho, a través del ductus arterioso, perfunde la aorta descendente, la parte inferior del cuerpo y la circulación placentaria. El gasto ventricular izquierdo se dirige hacia las circulaciones coronaria y cerebral, con una pequeña porción que cruza el istmo aórtico para perfundir la parte inferior del cuerpo. (25)

Ambos ventrículos están compuestos por múltiples hojas que forman una red tridimensional de fibras. La pared del ventrículo derecho (VD) está compuesta por capas superficiales y profundas. Las superficiales se disponen en forma circunferencial y paralela al surco auriculoventricular, se dirigen oblicuamente hacia el ápex y se continúan con las fibras superficiales del ventrículo izquierdo (VI). Las fibras profundas se disponen longitudinalmente de la base al ápex. El VI, por el contrario, las dispone en forma oblicua en la superficie, longitudinal en el subendocardio y circular entre ellas. Esta distribución contribuye a la complejidad de sus movimientos (torsión, traslación, rotación y engrosamiento). (28)

El volumen expulsado del VD fetal es mayor que el del VI, según mediciones de ecocardiografía durante la gestación. El VD suministra a las arterias pulmonares y a la aorta descendente y la placenta a través del conducto arterioso. La alta resistencia de las arterias pulmonares está en paralelo con la menor resistencia de la parte inferior del cuerpo. La carga de trabajo del VD está determinada por el volumen de sangre bombeada y la poscarga. En general, el trabajo del VD puede describirse como el producto de la poscarga (presión sanguínea) multiplicado por el volumen sistólico de eyección. La poscarga del VD es única porque hay reflejos de presión de la resistencia sistémica. Estas reflexiones de las arteriolas proximales y lo que es más importante, del ductus arterioso proximal, dan como resultado un mayor gasto de energía para un gasto cardiaco determinado. Esto se ilustra por el tiempo de aceleración acortado en la válvula pulmonar en comparación con la válvula aórtica. En otras palabras, el VD debe realizar el trabajo de superar la inercia, mover la masa de sangre hacia adelante y el trabajo oscilatorio, resultante de los reflejos de presión que regresan a la válvula pulmonar poco después del inicio de la eyección. (29)

Solo se necesita una mirada superficial a un corazón fetal que late, para darse cuenta de que se contrae con un movimiento de torsión, que tira de la válvula mitral y tricúspide hacia el ápice en la sístole, e involucra la acción coordinada de las fibras orientadas longitudinal, circunferencial y radialmente. Después del cierre de la válvula aórtica, cuando los miocitos comienzan a relajarse, el desenrollamiento comienza a usar la energía almacenada durante la sístole dentro de los miocitos ventriculares y auriculares y el intersticio. Esta energía crea el gradiente de presión negativa que produce succión ventricular, que es un proceso vital en el corazón normal, ya que permite un llenado rápido a bajas presiones. Después de que la presión del VI ha caído, el plano auriculoventricular (AV) vuelve a su posición de equilibrio, se mueve alrededor de la columna de sangre que pasa a través de la válvula mitral, ayudando así al llenado del ventrículo. Por lo tanto, el movimiento longitudinal de los anillos mitral y tricúspide, similar a una acción de bombeo, es un componente importante de la función normal en los ventrículos izquierdo y derecho. (30)

El movimiento longitudinal cardíaco está determinado principalmente por las fibras longitudinales endocárdicas y por la sobrecarga de presión/volumen, considerándose un marcador muy sensible de disfunción cardíaca. (25, 26) El movimiento longitudinal fetal puede evaluarse mediante varias técnicas. Un método simple, sensible y reproducible, es el modo M, que permite medir la amplitud del desplazamiento máximo de los anillos auriculoventriculares (MAPSE y TAPSE (26, 30)

La medición de MAPSE es un método independiente de la carga para evaluar la función del VI incluso cuando la fracción de eyección del VI (FEVI) sigue siendo normal. En grupos específicos de pacientes, como los que tienen defectos cardíacos congénitos, sepsis o asfixia, es necesario un método adecuado para evaluar la función longitudinal del VI/VD. Para estos pacientes, MAPSE y TAPSE pueden ser útiles. Por tanto, se necesitan valores normales de MAPSE y TAPSE de referencia, poblacionales, practicables, utilizables y disponibles. (23)

El presente estudio se realizó con la finalidad de elaborar el nomograma por percentiles de la excursión sistólica anular atrioventricular fetal con gestantes entre 20 y 38 semanas

MATERIAL Y MÉTODOS

Se realizó un estudio prospectivo, descriptivo y transversal. La población estuvo conformada por todas las gestantes que acuden a la Maternidad Concepción Palacios, Caracas, Venezuela, en el lapso entre septiembre y diciembre de 2019. Para determinar un valor de excursión sistólica del anillo tricuspídeo y excursión sistólica del anillo mitral fetal 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, (31) de $q=0,050$ considerado como valor óptimo de centro entre las dos variables analizadas, así para un poder de 0,80 y un nivel de significación de 0,05, se requieren como mínimo 235 pacientes a ser incluidos en el estudio. De esta forma la muestra estuvo conformada por 270 pacientes, estratificada por edad gestacional, entre 20 y 38 semanas. El criterio de inclusión fue pacientes con embarazo simple entre 20 y 38 semanas, sin patologías asociadas. Los criterios de exclusión fueron: a) fetos con alteraciones morfológicas o del crecimiento (peso fetal estimado < percentil 10 o > percentil 90), b) fetos con cardiopatía estructural y/o funcional, c) fetos con hidrops, d) oligohidramnios o fetos con estática que dificulte realizar la medición, e) embarazos múltiples, f) óbito fetal.

Se procedió a realizar estudio ultrasonográfico con equipo de ecografía con transductor convex de 3,5 a 7 MHz, función modo B y modo M, con el fin de medir la excursión sistólica de los anillos tricuspídeo y mitral fetales, a través de un corte axial del tórax fetal a nivel de las 4 cámaras cardíacas en proyección apical, colocando el cursor en modo M desde el vértice del corazón hasta la base. Se registra en los anillos de la válvula mitral y tricúspide en los segmentos izquierdo y derecho, respectivamente. La amplitud máxima de movimiento del eje largo se tomó como la extensión del desplazamiento entre la sístole final y la diástole final, dicha medida se expresó en milímetros, así mismo en modo B, se midió el área cardíaca en diástole, utilizando la herramienta de elipse o trazado manual, la medida obtenida se expresó en centímetros cúbicos. Luego se procedió a llenar la ficha de recolección de datos diseñada con propósitos del estudio, que incluye datos de identificación, edad gestacional calculada por fecha de última regla o ecografía del primer trimestre y los datos obtenidos en la evaluación ecosonográfica antes descritos. La medida obtenida de la excursión sistólica de los anillos tricuspídeo y mitral se relacionó con la edad

gestacional y con el área cardíaca, con la finalidad de elaborar las tablas por percentiles.

Para 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 (TAPSE, MAPSE y área cardíaca). Para variables cualitativas se analizó su frecuencia y porcentaje. Se calcularon los valores percentilares de TAPSE y MAPSE acorde a la edad gestacional y el área cardíaca. 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 pudieron obtener ecuaciones para predicción de los valores de TAPSE o MAPSE a partir de la edad gestacional. Se consideró un valor de $p < 0,05$ para determinar si las pruebas de contraste de hipótesis eran estadísticamente significativas. Los análisis estadísticos se realizaron haciendo uso de los programas informáticos Excel® 2010 y SPSS® en su versión 23.

RESULTADOS

Se evaluaron a 270 pacientes gestantes con edades gestacionales comprendidas entre 20 y 38 semanas que cumplieron con los criterios de inclusión de este estudio, obteniendo los siguientes resultados:

Se realizaron distribuciones porcentuales de los pacientes de acuerdo al rango de valores de TAPSE y MAPSE, respectivamente. Se observa para los valores de TAPSE que la mayoría de la población (55,2 %) se ubica entre los 5,6 y 8 mm, con un promedio general de $6,95 \pm 1,86$ mm; mientras que para el MAPSE el promedio general fue de $4,92 \pm 1,47$ mm y el 51 % de los pacientes presentó valores que van desde 3,1 a 5 mm.

Se obtuvieron los valores promedio y desviación estándar del TAPSE y MAPSE acorde a la edad gestacional de las pacientes (Tabla 1). Se denota claramente una tendencia al incremento en ambos, a medida que transcurren las semanas de embarazo. En relación al TAPSE a las 20 semanas, el promedio fue de $4,26 \pm 0,67$ mm y a las 38 semanas fue de $9,88 \pm 1,04$ mm. Para el MAPSE el promedio fue de $2,93 \pm 0,52$ mm a las 20 semanas y de $6,88 \pm 1,01$ mm

a las 38 semanas. El mayor número de pacientes se ubicó en la semana 25 ($n=22$) con un promedio de $6,21 \pm 0,63$ mm para TAPSE y $4,57 \pm 0,76$ mm para MAPSE.

Se realizó comparación de los valores de MAPSE y TAPSE acorde al área cardíaca del feto se muestra (Tabla 2). Se observa cómo el 57,4 % del grupo estudiado presenta un área cardíaca entre 3,5 y 10,4 cm². De forma similar a lo ocurrido con la edad gestacional, se manifiesta una tendencia al aumento de los valores estudiados a medida que se incrementa el área cardíaca, con un promedio de TAPSE de $4,30 \pm 0,57$ mm y de MAPSE de $2,90 \pm 0,14$ mm en aquellos fetos con área cardíaca $< 2,5$ cm², mientras que con área cardíaca $> 19,4$ cm² el promedio de TAPSE fue $10,50 \pm 1,84$ mm y de MAPSE fue de $6,70 \pm 1,84$ mm.

Posteriormente, se realizó una correlación entre las variables en estudio, se encontraron correlaciones positivas y estadísticamente significativas entre el TAPSE y el MAPSE con las variables de edad gestacional y área cardíaca (Gráfico 1), ($r=0,856$; $p=0,000$) y MAPSE con edad gestacional ($r=0,787$; $p=0,000$) y área cardíaca ($r=0,771$; $p=0,000$).

Debido a lo anteriormente observado, se realizó un análisis predictivo de los valores de TAPSE y MAPSE a partir de los valores de edad gestacional, obteniendo que TAPSE aumenta 0,29 mm y MAPSE aumenta 0,212 mm, por cada semana de gestación y que TAPSE aumenta 0,368 mm y MAPSE aumenta 0,268 mm, por cm² de área cardíaca fetal. De este análisis inferencial, se desprenden fórmulas predictivas que podrían resultar de utilidad en la determinación de estos valores:

$$\text{TAPSE (mm)} = (\text{N}^\circ \text{ Semanas de gestación} \times 0,29) - 1,477.$$

$$\text{MAPSE (mm)} = (\text{N}^\circ \text{ Semanas de gestación} \times 0,212) - 1,258.$$

$$\text{TAPSE (mm)} = (\text{Área cardíaca en cm}^2 \times 0,368) + 3,526.$$

$$\text{MAPSE (mm)} = (\text{Área cardíaca en cm}^2 \times 0,268) + 2,418.$$

Se realizó la distribución percentilar del TAPSE acorde a la edad gestacional por semana. Se muestran los valores correspondientes para los percentiles 5, 10, 25, 50, 75, 90 y 95, obteniendo que el P50 a la

Edad Gestacional (semanas)	n	TAPSE (mm)		MAPSE (mm)	
		Media		Media	DE
20	16	4,26	0,67	2,93	0,52
21	14	4,58	0,93	3,13	0,76
22	10	4,77	0,54	3,31	0,56
23	9	5,30	0,94	3,96	0,52
24	12	5,10	0,54	3,46	0,58
25	22	6,21	0,63	4,57	0,76
26	11	5,92	0,59	4,26	0,92
27	17	6,40	0,99	4,58	0,87
28	18	6,94	1,00	4,79	1,02
29	19	6,95	0,74	4,89	0,83
30	9	6,98	0,46	4,98	0,90
31	15	7,37	0,75	4,77	0,58
32	14	7,76	0,63	5,01	0,86
33	16	7,91	1,19	5,49	1,26
34	13	7,84	0,47	5,73	0,74
35	16	8,68	1,07	6,66	0,86
36	13	9,05	1,41	6,51	0,98
37	14	9,36	1,17	6,85	1,27
38	12	9,88	1,04	6,88	1,01

Tabla 1. Valores promedio de TAPSE y MAPSE según edad gestacional.

semana 20 fue de 4,52 mm y a la semana 38 fue 9,92 mm. En relación al área cardiaca el P50 fue de 4,48 mm en fetos con área <2,5 cm² y de 12,02 mm para aquellos con área cardiaca > 19,40 cm²

Se realizó la distribución percentilar (P5, 10, 25, 50, 75, 90 y 95) del MAPSE acorde a la edad gestacional por semana. Evidenciando que el P50 a la semana 20 fue de 3,12 mm y a la semana 38 fue 7,04 mm. En relación al área cardiaca el P50 fue de 3,10 mm en fetos con área <2,5 cm² y de 8,54 mm para aquellos con área cardiaca > 19,40 cm².

DISCUSIÓN

Durante el ciclo cardiaco, el anillo atrioventricular se desplaza hacia el ápex cardiaco durante la sístole y regresa hacia la base en diástole, estos movimientos recíprocos conllevan a un desplazamiento longitudinal rítmico, que se registra por ultrasonografía, constituyendo un parámetro de función cardiaca global independiente de la función ventricular izquierda. (11) En el feto, la evaluación de la excursión sistólica y diastólica de los anillos

tricuspídeo y mitral tiene la ventaja de utilizar tecnología Modo M que se encuentra a disposición con equipos de ultrasonografía modernos, brindando información de funcionalismo cardiaco. (12)

De manera general, los resultados del presente estudio permitieron evidenciar que hay un aumento de la excursión sistólica anular atrioventricular fetal a medida que avanza la edad gestacional. El análisis estadístico reveló que existe un coeficiente de correlación entre TAPSE y edad gestacional de 0,869 y una $p=0,000$ lo que demuestra que el modelo resulta significativo, ratificando que existe asociación entre las variables. La información recogida permitió obtener un modelo para predecir el TAPSE, partiendo de la constante - 1,477, que, al aplicarla, se demuestra que esta variable aumenta 0,29 mm por semana de gestación. De igual manera, se obtuvo que entre MAPSE y la edad gestacional existe un coeficiente de correlación de 0,787 y una asociación significativa ($p=0,000$); en este caso el modelo estadístico que permite predecir esta variable mostró la constante - 1,258 y que esta aumenta 0,212 mm por cada semana

Área Cardíaca (cm ²)	n	TAPSE (mm)		MAPSE (mm)	
		Media	DE	Media	DE
< 2,5	2	4,30	0,57	2,90	0,14
2,5-3,4	14	4,29	0,68	2,96	0,60
3,5-4,4	25	4,58	0,80	3,16	0,61
4,5-5,4	16	5,29	0,69	3,68	0,62
5,5-6,4	20	6,02	0,89	4,44	0,90
6,5-7,4	22	6,18	0,57	4,33	0,58
7,5-8,4	28	6,57	0,90	4,84	1,01
8,5-9,4	17	7,09	0,79	4,79	0,56
9,5-10,4	27	7,32	1,16	5,09	1,09
10,5-11,4	18	7,94	0,74	5,43	0,99
11,5-12,4	17	7,72	0,77	5,52	1,23
12,5-13,4	11	8,11	0,71	5,64	0,83
13,5-14,4	13	8,66	0,94	5,85	1,11
14,5-15,4	18	8,64	1,30	6,19	0,93
15,5-16,4	10	9,68	1,41	7,22	1,36
16,5-17,4	6	9,77	1,31	7,65	1,07
17,5-18,4	2	10,00	0,00	7,00	0,00
18,5-19,4	2	9,45	0,78	6,75	0,35
> 19,4	2	10,50	1,84	6,70	1,84

Tabla 2. Valores promedio de TAPSE y MAPSE según área cardíaca

gestacional.

En relación al área cardíaca se obtuvo un coeficiente de correlación de 0,856 con el TAPSE y de 0,771 en el MAPSE, en ambos casos el modelo estadístico fue significativo ($p=0,000$) y mostró un modelo para la predicción del TAPSE y MAPSE a partir del área cardíaca. Estas determinaciones resultan de gran utilidad, dado que, sirven para determinar de forma práctica un valor aproximado de TAPSE o MAPSE con tan solo el dato de la edad gestacional o el área cardíaca.

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 Germanakis, (18) Mao, (22) y Zanardini, (24) quienes evaluaron embarazos con fetos sanos. Otros autores como Cruz-Lemini, (20) midieron la función del eje longitudinal cardíaco fetal (mitral, tricuspídeo y septal) en fetos normales y lo compararon con estos parámetros en fetos con crecimiento fetal restringido

precoz, a su vez Ortiz et al., (21) evaluaron 24 pares fetales con síndrome de transfusión intergemelar utilizando TAPSE y MAPSE y lo compararon con 13 pares normales, en ambos estudios encontraron que los fetos con patología tenían disminución significativa en las variables estudiadas. En estudios como el realizado por Koestenberger et al., (17) y Ghandi et al., (23) evaluaron estos parámetros de función cardíaca en neonatos a término y pretérmino elaborando de igual forma tablas de normalidad.

La muestra quedó constituida por 270 pacientes la cual se aproxima a la utilizada por Mao et al. (22) quienes además de utilizar el modo M convencional emplearon modo M angular, y a la estudiada por Koestenberger et al., (17) sin embargo esta muestra estuvo constituida por neonatos en los cuales solo evaluaron los cambios en el TAPSE. Otros estudios, como el de Carvalho et al., (12) evaluaron una menor muestra siendo este uno de los primeros en aplicar la función longitudinal en la evaluación cardíaca fetal; por su parte, en el estudio de Zanardini et al., (24) solo se evaluaron 50 pacientes donde utilizaron modo

M y Doppler tisular para la medición de TAPSE, MAPSE y SAPSE. Una muestra más amplia fue la estudiada por Messing et al., (19) quienes abarcaron 341 fetos en los cuales para la medición de TAPSE además de modo M convencional fue utilizado modo M a partir de STIC.

En este trabajo para la obtención de TAPSE y MAPSE se empleó modo M convencional, ya que es una herramienta fácil de utilizar que se encuentra en los equipos de ultrasonografía básicos, lo que hace que sea un método reproducible para la obtención de las medidas del desplazamiento longitudinal anular. En los estudios antes mencionados al compararlo con otros métodos como modo M angular, STIC y Doppler tisular se encontró un aumento de las variables con relación a la edad gestacional, sin diferencias significativas entre los métodos de evaluación. (19, 22, 24)

El rango de edad gestacional a partir del cual se elaboraron los nomogramas entre las 20 y 38 semanas, con una media de 29 semanas, muy similar a los estudios ejecutados por Mao et al. (22) y Zanardini et al. (24) 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 disfunción cardíaca fetal. Así mismo existen investigaciones en la que se evaluaron TAPSE y MAPSE a edades gestacionales más tempranas como la realizada por Germanakis et al., (18) sin embargo estos investigadores utilizaron modo M angular fuera de línea, permitiendo así la evaluación a edades gestacionales tan tempranas como las 12 semanas ya que no dependían de la posición fetal; a pesar de esto, reportan que con ángulos de insonación > 30 grados no pudieron hacer comparaciones que sustenten la confiabilidad del método ya que para las edades gestacionales inferiores a 20 semanas solo contaban con una muestra de 8 pacientes.

Las medidas obtenidas para cada variable se correlacionaron con la edad gestacional para la construcción de tablas percentiladas obteniendo que el P50 para la medición de TAPSE a la semana 22 fue de 4,93 mm y a la semana 38 fue 9,92 mm, Mao et al., (22) obtuvieron a las 22 semanas un P50 de 4,5 mm y de 8 mm a las 38 semanas, mientras Messing et al., (19) establecieron un P50 de 4,3 mm a las 22 semanas y a la semana 38 de 8 mm. Al comparar estas mediciones

se evidencia que existe similitud en los resultados a la semana 22 y valores superiores a la semana 38. De igual manera, al comparar los resultados de MAPSE obtenidos por Mao et al., (22) donde P50 a la semana 22 fue de 3,7 mm y a la semana 38 fue de 5,8 mm con los de este estudio donde P50 a la semana 22 fue de 3,41 mm y a la semana 38 fue de 7,04 mm, se demuestra un comportamiento similar a lo expuesto anteriormente para el TAPSE con valores mayores al final de la gestación, lo cual pudiera estar explicado por características morfométricas propias de las diferentes poblaciones estudiadas.

En relación a los percentiles de TAPSE y MAPSE según área cardíaca, solo ha sido reportada su elaboración en el trabajo de Mao et al., (22) quienes obtuvieron para un área de 3,80 cm² un P50 para TAPSE de 4,3 mm y para MAPSE de 3,5 mm y con un área cardíaca de 17,4 cm² un P50 de 9,1 mm para TAPSE y 6,4 mm para MAPSE, al compararlos con los reportados en esta investigación donde se agrupó por rango el área cardíaca, se encontró en el rango de 3,5-4,4 cm² valores de P50 de 5 mm y 3,47 mm y en el rango de 16,5-17,4 cm² valores 10,2 mm y 7,22 mm para TAPSE y MAPSE, respectivamente. En el presente trabajo se obtuvieron valores superiores, sin embargo, las variables aumentaron de forma lineal y con una correlación significativa en ambos estudios, por lo cual se puede proponer la utilización de este parámetro para establecer la normalidad de las variables en pacientes con edad gestacional incierta.

De la misma forma que las variables fueron relacionadas tanto con edad gestacional como con área cardíaca fetal Koestenberger et al. (17) y Ghandi et al., (23) correlacionaron los valores obtenidos de estos parámetros con el peso al nacer y obtuvieron correlación positiva; establecieron promedios y desviaciones estándar, sin embargo, estos estudios fueron realizados en recién nacidos, solo Messing et al., (19) correlacionó esta variable a nivel fetal a través de peso estimado por ecografía con TAPSE, obteniendo que este último aumentó linealmente con el peso fetal constituyendo otro patrón de referencia para determinar normalidad de la función longitudinal cardíaca fetal.

CONCLUSIONES

Se concluye que el TAPSE y el MAPSE pueden ser medidos con éxito durante el periodo prenatal entre 20 y 38 semanas de gestación. Se evidencia aumento

con tendencia lineal de MAPSE y TAPSE en relación a la edad gestacional y el área cardíaca, existiendo correlación estadísticamente significativa entre las variables. Los datos obtenidos en esta investigación permitieron la elaboración de los nomogramas los cuales pueden ser de utilidad tanto para el cribado de disfunción cardíaca fetal en pacientes sin comorbilidades como en la evaluación de gestantes con patologías maternas o fetales que condicionen disfunción cardíaca sistólica fetal. Por ello, se recomienda:

1. Validar los nomogramas obtenidos en esta investigación con el fin de que puedan ser utilizados en la evaluación de gestantes que acuden a las diferentes consultas del centro asistencial para identificar los fetos con riesgo de disfunción cardíaca fetal.
2. Realizar proyectos multicéntricos donde se involucre población de las diferentes regiones del país, para obtener una muestra representativa con el fin de realizar nomogramas que puedan ser utilizados como referencia a nivel nacional.
3. Llevar a cabo estudios donde se involucren fetos con riesgo de disfunción cardíaca o con patología cardíaca establecida y relacionarlos con resultados perinatales para establecer los percentiles que delimitan la normalidad.
4. Correlacionar las variables estudiadas con otros parámetros de disfunción cardíaca fetal.

BIBLIOGRAFÍA

1. Zurita Peralta Sosa Olavarría j., A, Zielinsky P. Evaluación ecográfica de la función cardíaca fetal. *Rev. Latin. Perinat.* 2017 20 (2): 115-126.
2. Sadler T. Langman's Medical Embryology. Williams & Wilkins: Baltimore, USA, 1985.
3. Sedmera D. Form follows function: developmental and physiological view on ventricular myocardial architecture. *Eur J Cardiothorac Surg* 2005; 28: 526–528.
4. Uemura H, Ho SY, Devine WA, Kilpatrick LL, Anderson RH. Atrial appendages and venoatrial connections in hearts from patients with visceral heterotaxy. *Ann Thorac Surg* 1995; 60: 561–569
5. Cook AC, Yates RW, Anderson RH. Normal and abnormal fetal cardiac anatomy. *Prenat Diagn* 2004; 24: 1032–1048.
6. Guyton AC. HJ. Textbook of Medical Physiology. 12 ed. Philadelphia: Elsevier Saunders 2011.
7. Bijnens B, Cikes M, Butakoff C, Sitges M, Crispi F. Myocardial motion and deformation: What does it tell us and how does it relate to function? *Fetal Diagn Ther* 2012; 32 (1–2): 5–16.
8. AIUM practice guideline for the performance of fetal echocardiography. *J Ultrasound Med* 2011; 30 (1): 127–36.
9. Tobita K, Garrison JB, Liu LJ, Tinney JP, Keller BB. Threedimensional myofiber architecture of the embryonic left ventricle during normal development and altered mechanical loads. *Anat Rec A Discov Mol Cell Evol Biol* 2005; 283 (1): 193–201.
10. Lundbäck S. Cardiac pumping and function of the ventricular septum. *Acta Physiol Scand Suppl* 1986; 550: 1–101.
11. Hoglund C, Alam M, Thornstrand C. Atrioventricular valve plane displacement in healthy persons: an echocardiographic study. *Acta Med Scand* 1988;224:557-62
12. Carvalho JS, O'Sullivan C, Shinebourne EA, Henein MY. Right and left ventricular long-axis function in the fetus using angular M-mode. *Ultrasound Obstet Gynecol* 2001; 18: 619–622.
13. Crispi F, Hernandez-Andrade E, Pelsers MM, Plasencia W, Benavides Serralde JA, Eixarch E, et al. Cardiac dysfunction and cell damage across clinical stages of severity in growth-restricted fetuses. *Am J Obstet Gynecol* 2008; 199 (3): 254. e1–8.
14. Rychik J, Tian Z, Bebbington M, Xu F, McCann M, Mann S, et al. The twin-twin transfusion syndrome: spectrum of cardiovascular abnormality and development of a cardiovascular score to assess severity of disease. *Am J Obstet Gynecol* 2007; 197 (4): 392. e1–8.
15. Huhta JC. Guidelines for the evaluation of heart failure in the fetus with or without hydrops. *Pediatr Cardiol* 2004; 25 (3): 274–86.
16. Kaul S, Tei Ch, Hopkins JM, Shah PM. Assessment of right ventricular function using two-dimensional echocardiography. *Am Heart J* 1984; 107: 526–31.
17. Koestenberger M, Nagel B, Ravekes W, Urlsberger B, Raith W, Avian A, Halb V, Cvirm G, Fritsch P, Gamillscheg A: Systolic right ventricular function in preterm and term neonates: reference values of the tricuspid annular plane systolic excursion (TAPSE) in 258 patients and calculation of z-score values. *Neonatology* 2011; 100: 8 5–92.
18. Germanakis I, Pepes S, Sifakis S, Gardiner H: Fetal longitudinal myocardial function assessment by

- anatomic M-mode. *Fetal Diagn Ther* 2012;32:65–71.
19. Messing B, Gilboa Y, Lipschuetz M, Valsky D, Cohen S, Yagel S. Fetal tricuspid annular plane systolic excursion (f-TAPSE): evaluation of fetal right heart systolic function with conventional M-mode ultrasound and spatiotemporal image correlation (STIC) M-mode. *Ultrasound Obstet Gynecol* 2013; 42: 182–188.
20. Cruz-Lemini M, Crispi F, Valenzuela-Alcaraz B, Figueras F, Sitges M, Gómez O, Bijmens B, Gratacos E. Value of annular M-mode displacement vs tissue Doppler velocities to assess cardiac function in intrauterine growth restriction. *Ultrasound Obstet Gynecol* 2013; 42: 175–181.
21. Ortiz J, Crispi F, Yamamoto R, Masoller N, Cruz-Lemini M, Gómez O, Bennasar M, Lobmaier S, Eixarch E, Martínez J, Gratacós E. Longitudinal annular displacement by M-mode (MAPSE and TAPSE) in twin-to-twin transfusion syndrome before and after laser surgery. *Prenatal Diagnosis* 2015, 35, 1197–1201
22. Mao Y, Zhao B, Wang B. Z-Score reference ranges for angular M-Mode displacement at 22–40 weeks' gestation. *Fetal Diagn Ther.* 2017; 41: 115–126.
23. Ghandi Y, Habibi D, Farahani E. Reference values of longitudinal systolic right and left ventricular function measured by M-mode echocardiography in healthy preterm and term neonates. *J Cardiovasc Echography* 2018;28:177-81.
24. Zanardini C, D'Antonio F, Hvingel B, Vårtun A, Prefumo F, Flacco M, Manzoli L, Acharya G. Agreement between anatomical M-mode and tissue Doppler imaging in the assessment of fetal atrioventricular annular plane displacement in uncomplicated pregnancies: A prospective longitudinal study. *J. Obstet. Gynaecol. Res.* 2019.
25. Rychik, J. Fetal Cardiovascular Physiology. *Pediatr Cardiol.* 2004; 25: 201–209.
26. Crispi F, Valenzuela-Alcaraz B, Cruz-Lemini M, Gratacós E. Ultrasound assessment of fetal cardiac function. *AJUM.* November 2013; 16 (4): 158-167
27. Anderson RH, Smerup M, Sanchez-Quintana D, Loukas M, Lunkenheimer PP. The three-dimensional arrangement of the myocytes in the ventricular walls. *Clin Anat* 2009; 22 (1): 64–76.
28. Caviedes I, Uriarte P. Fisiopatología del ventrículo derecho. *Rev Chil Enf Respir* 2009; 25: 170-181
29. Huhta J. Right ventricular function in the human fetus. *J. Perinat. Med.* 2001; 29: 381-389
30. Sanderson J. Left and right ventricular longaxis function and prognosis. *Heart.* 2008; 94: 262–263.

DIRECCIÓN DE LOS AUTORES

Dra. Laysbel Leal
 laysbell.m@gmail.com
 Caracas, Venezuela