

Crecimiento cardíaco en el feto humano normal. Estudio mediante ecocardiografía bidimensional

L. Fernández Pineda, A. Tamariz-Martel Moreno*, M.J. Maitre Azcárate, M. López Zea, M. Cazzaniga Bullón, F. Rico Gómez, M. Quero Jiménez

Resumen. Se ha estudiado el crecimiento cardíaco fetal por medio de ecocardiografía bidimensional, comparando los tamaños de diversas estructuras con la edad gestacional. Además de intentar encontrar valores normales de cada medida, se ha prestado especial atención a las diferencias entre cavidades derechas e izquierdas. Se estudiaron 90 fetos con edad gestacional entre 17 y 39 semanas. No hubo defecto anatómico cardíaco ni en el examen prenatal ni en el postnatal. Mediante las habituales proyecciones ecocardiográficas, se midieron los diámetros de los anillos valvulares aórtico, pulmonar, mitral y tricúspide, así como los diámetros diastólicos de ambos ventrículos. Se compararon estas medidas entre sí, y con la EG, efectuándose un estudio de correlación lineal, incluyéndose límites de confianza del 95%. Se encontró una excelente correlación ($r > 0,7$) entre las diferentes medidas y la edad gestacional. En valores absolutos, los diámetros de los anillos valvulares tricúspide y pulmonar fueron mayores ($p < 0,01$) que los de las válvulas mitral y aórtica, respectivamente, y, por el contrario, el diámetro diastólico del ventrículo izquierdo (VI) fue levemente mayor que el correspondiente del ventrículo derecho (VD). Al separar los datos del 2º trimestre de gestación de los del tercero, se observó que el leve e inicial predominio del VI (relación VD/VI=0,93), tiende a desaparecer, y al final de la gestación el VD es ligeramente dominante (VD/VI=1,03). Sin embargo, esta evolución no se cumple si la relación se efectúa entre tricúspide y mitral, o entre pulmonar y aorta. Por lo tanto, existe una adecuada correlación entre la edad gestacional y las medidas efectuadas. Los datos obtenidos deben ser de gran utilidad en el diagnóstico y manejo perinatal de ciertas cardiopatías en el límite de la viabilidad como el síndrome del corazón izquierdo hipoplásico. Se confirma, por otra parte, la relativa dominancia del VD in utero, aunque la diferente morfología de ambas cámaras ventriculares, y los posibles cambios en su volumen secundarios a las variaciones en las resistencias placentarias a lo largo del desarrollo intrauterino, pueden justificar que la relación VD/VI se invierta a lo largo de la gestación.

An Esp Pediatr 1996;44:475-481.

Palabras clave: Corazón fetal; Ecocardiografía bidimensional; Crecimiento.

CARDIAC GROWTH IN THE NORMAL HUMAN FETUS. A TWO DIMENSIONAL ECHOCARDIOGRAPHIC STUDY

Abstract. Introduction: Fetal cardiac growth was studied by two-dimensional echocardiography. The size of various cardiac structures

were compared with gestational age. Normal values for each measurement were determined, with special attention being paid to the differences between the right and left chambers. *Patients and methods:* Ninety human fetuses with a gestational ages between 17 and 39 weeks were studied. Any structural abnormality was excluded at prenatal and postnatal examination. Aortic, pulmonary artery, tricuspid and mitral valve annulus diameters were measured with classical echocardiographic views. These variables were compared between them and plotted against gestational age. The correlations were determined by Student's T-test and regression analysis using 95% confidence limits. *Results:* A good correlation ($r > 0,7$) between all the measurements and gestational age was obtained. In absolute values, tricuspid and pulmonary artery valve diameters were significantly greater ($p < 0,01$) than mitral and aortic valve diameters, respectively. Nevertheless, the diastolic diameter of the left ventricle (LV) was slightly greater than the diastolic diameter of the right ventricle (RV). Separating the data of the second trimester from of those of the third, the initial dominance of LV (RV/LV ratio = 0,93) tends to disappear and a slight dominance of RV (RV/LV ratio = 1,03) was observed at term. *Conclusion:* This study establishes normal values based on two-dimensional echocardiographic cardiac measurements throughout gestational stages. The data obtained will be very useful for the prenatal diagnosis and perinatal management of certain cardiopathies like the hypoplastic left heart syndrome. The relative dominance of RV in utero was also demonstrated. The different morphology of both ventricular outflow tracts and their volume changes throughout gestation, secondary to placental resistance variation, could justify the changes in the RV/LV ratio during the intrauterine period.

Key words: Fetal heart. Two-dimensional echocardiography. Growth.

Introducción

La ecocardiografía bidimensional ha hecho posible, desde hace años, la visualización correcta y fiable del corazón fetal desde edades muy tempranas del desarrollo intrauterino⁽¹⁻⁴⁾. Aunque a las 14 semanas de gestación la morfogénesis cardíaca ha concluido, las características de los sistemas de ultrasonido actuales no permiten un adecuado estudio cardíaco fetal. Sólo a partir de las 16 semanas los datos ecocardiográficos obtenidos son de suficiente fiabilidad. La incorporación del sistema Doppler (pulsado, continuo y codificado color), ha mejorado los resultados, permitiendo que tanto la anatomía como la fisiología cardíaca fetal puedan ser estudiadas en sus menores detalles^(5,6). No hay que olvidar que la hemodinámica fetal es muy peculiar. La presencia de la placenta como principal responsable de la hematoxis fetal impone unas características circulatorias especia-

Servicio de Cardiología Pediátrica, Hospital Ramón y Cajal, Madrid, y *Servicio de Cardiología Pediátrica, Hospital del Niño Jesús, Madrid.

Correspondencia: Dr. Luis Fernández Pineda. Servicio de Cardiología Pediátrica. Hospital Ramón y Cajal. Carretera de Colmenar km. 9,100. 28034 Madrid.

Recibido: Septiembre 1995

Aceptado: Febrero 1996

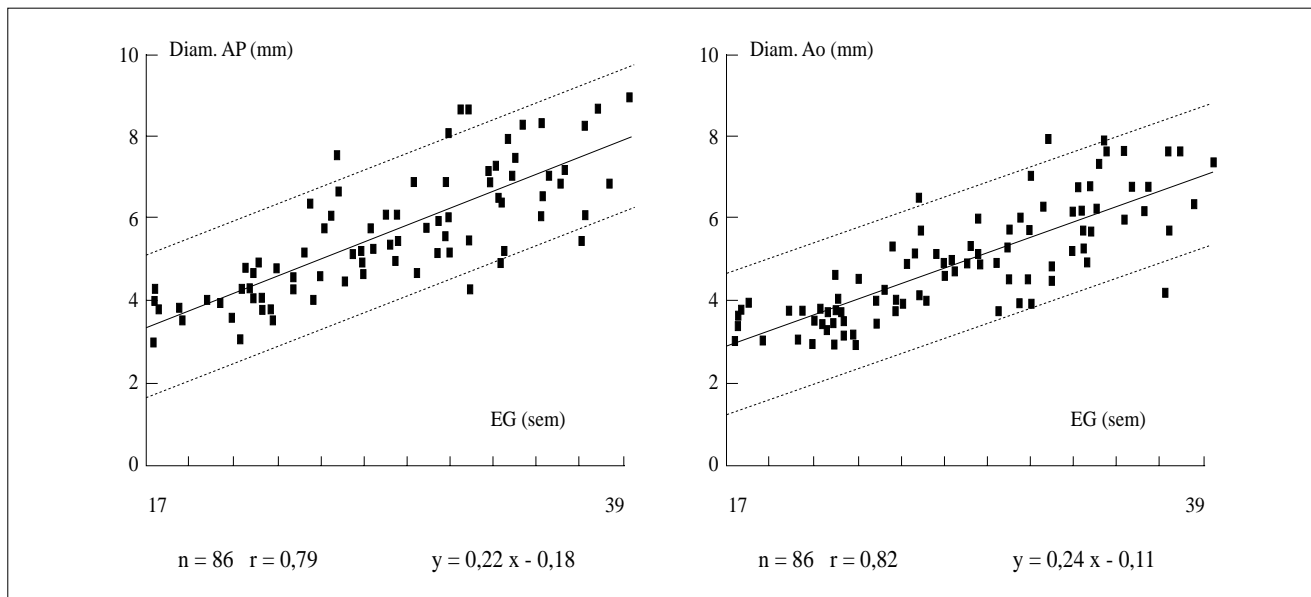


Figura 1. Comparación de los diámetros (Diam.) de válvula pulmonar (AP) y aórtica (AO) en milímetros (mm), con la edad gestacional (EG) en semanas (sem). Rectas y ecuaciones de regresión lineal ($y=mx+b$) con límites de confianza del 95% (líneas discontinuas). r = coeficiente de correlación; n = número de casos.

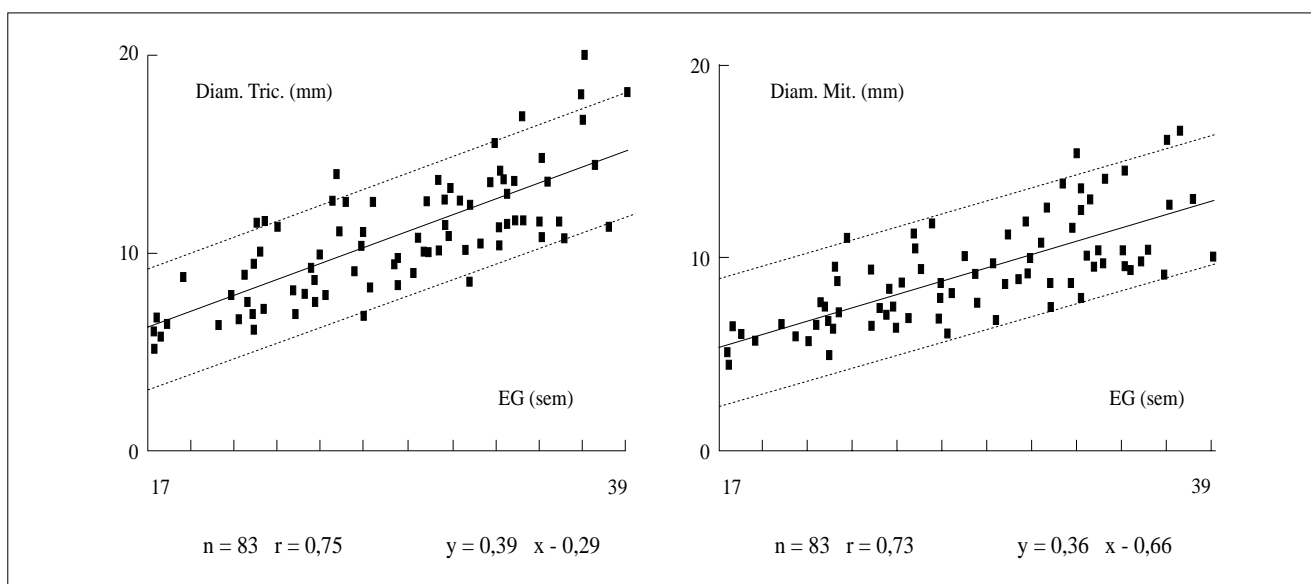


Figura 2. Comparación de los diámetros (Diam.) de válvula tricúspide (Tric.) y mitral (Mit.) en milímetros (mm) con la edad gestacional (EG) en semanas (sem). Rectas y ecuaciones de regresión lineal ($y=mx+b$) con límites de confianza del 95% (líneas discontinuas). r = coeficiente de correlación; n = número de casos.

les (circulación umbilicoplacentaria, y comunicaciones vasculares e intracardiácas como el canal de Arancio, el foramen oval y el ductus) que se deben tener en cuenta en el momento de la valoración ecocardiográfica⁽⁷⁻⁹⁾.

Por tanto, la ecocardiografía fetal, aplicada a la evaluación completa del sistema cardiovascular fetal, incluye en su estudio varios apartados:

1. Identificación de la anatomía intracardiáca y de grandes vasos con objeto de diagnosticar posibles defectos estructurales. Reconocimiento y eventual tratamiento de arritmias graves.
2. Cuantificación de las dimensiones de las cámaras cardíacas y de los grandes vasos.
3. Estudio de la función cardíaca mediante ecocardiografía

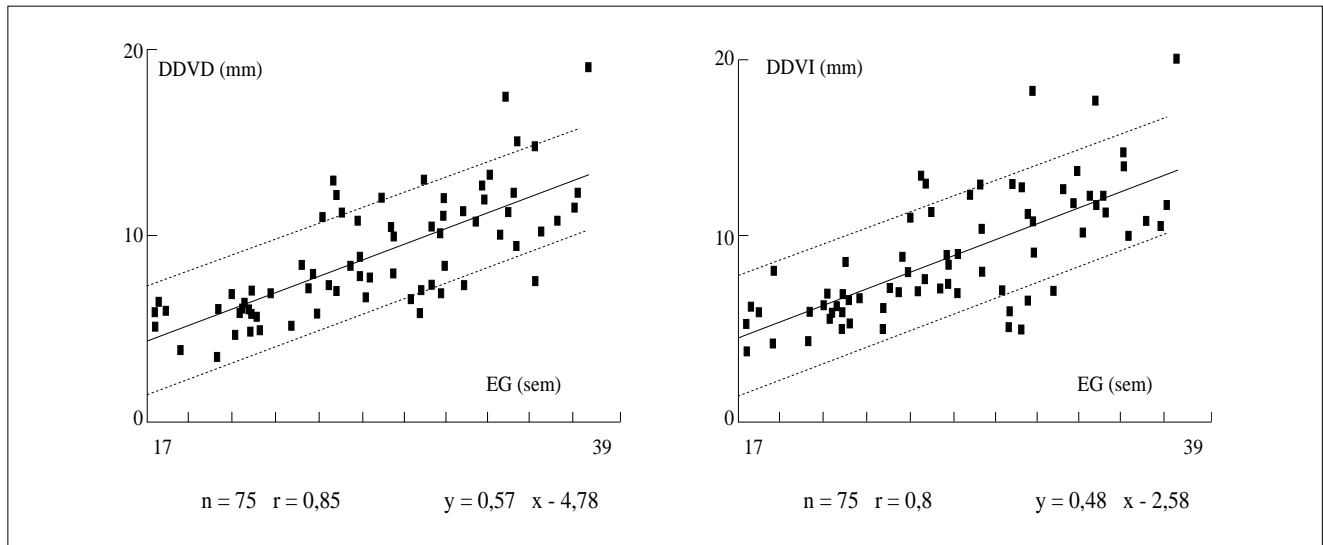


Figura 3. Comparación de los diámetros diastólicos de ventrículo derecho (DDVD) y de ventrículo izquierdo (DDVI) en milímetros (mm) con la edad gestacional (EG) en semanas (sem). Rectas y ecuaciones de regresión lineal ($y=mx+b$) con límites de confianza del 95% (líneas discontinuas). r = coeficiente de correlación; n = número de casos.

- Doppler. Valoración de flujos intra y extracardíacos (vasos umbilicales, cerebrales, etc)

4. Correlación de los resultados con parámetros extracardíacos de crecimiento somático.

Existen varios autores, la mayoría usando Modo-M, que ya han aportado tablas de crecimiento cardíaco intrauterino comparando las medidas con la edad gestacional o el diámetro biparietal. El objetivo de este trabajo es establecer, mediante ecocardiografía bidimensional, unos parámetros propios partiendo de datos obtenidos en corazones normales, comprobando la correcta correlación entre las dimensiones de diversas estructuras cardíacas y la edad gestacional, con especial atención a las diferencias entre cavidades izquierdas y derechas, aspecto este último de gran interés en los casos en que es necesario, en un momento determinado del embarazo, valorar un aparente y excesivo predominio de una cavidad ventricular sobre otra.

Material y métodos

El estudio se efectuó en 90 fetos con edad gestacional comprendida entre 17 y 39 semanas. Las indicaciones para la realización de la ecocardiografía fetal fueron:

1. Antecedentes familiares o maternos de cardiopatía congénita o de anomalías cromosómicas.
2. Sospecha de cardiopatía congénita por ecografía obstétrica convencional, incluyendo alteraciones del ritmo.
3. Patología materna: diabetes, hipertensión arterial, colagenosis.
4. Patología fetal extracardíaca: malformaciones (neurológicas, digestivas, nefrourológicas), oligo y polihidramnios.
5. Edad materna superior a 35 o inferior a 18 años.

Se desecharon los casos de embarazo gemelar y de retraso

en el crecimiento intrauterino. El peso al nacimiento estuvo dentro de límites normales en todos los casos.

Para la realización del estudio ecocardiográfico se utilizaron las proyecciones de 4 cámaras, eje largo, y eje corto de grandes vasos. Se efectuaron medidas de los diámetros de los anillos valvulares de arteria pulmonar y aorta, a nivel de las válvulas sigmoideas; de los diámetros de los anillos tricúspide y mitral, también a nivel valvular; y de la máxima dimensión de ambos ventrículos (asumida como diámetro diastólico), valiéndose de la posibilidad de visualizar de nuevo y a velocidad lenta las imágenes, seleccionando el momento del ciclo cardíaco adecuado para la medición.

Desde el punto de vista anatomofuncional, el examen ecocardiográfico prenatal fue normal, sin observarse defecto estructural, comprobándose una función contráctil normal, y no constatándose arritmia significativa. En ningún caso, ya en el periodo neonatal inmediato, hubo motivo de sospecha de cardiopatía, y en los que se indicó la necesidad de efectuar un ecocardiograma, éste fue normal. Tampoco se apreciaron trastornos del ritmo en este periodo.

Los cambios de las medidas obtenidas, objetivados durante la gestación, se constataron mediante regresión lineal simple (tipo: $y = mx+b$, donde y es la medida efectuada y x la edad gestacional), usándose los intervalos de confianza del 95% para definir los límites normales de los datos. La evaluación estadística de la comparación entre las medidas correspondientes al corazón izquierdo y las correspondientes al derecho, se efectuó mediante T de Student.

Sólo se efectuó un eco en cada feto, y todos los casos fueron grabados en vídeo para su ulterior estudio por otros observadores.

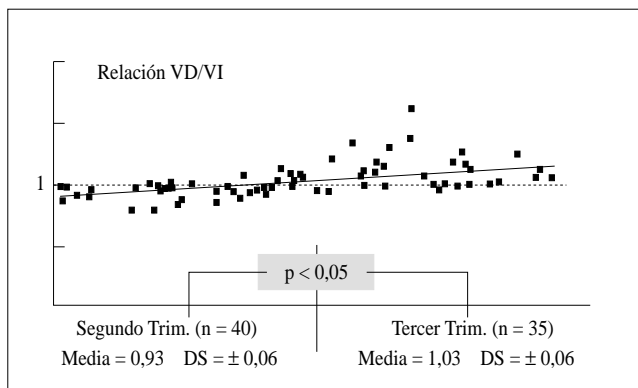


Figura 4. Relación entre el diámetro diastólico de ventrículo derecho (VD) e izquierdo (VI) durante el segundo y tercer trimestre (trim.) de la gestación. La línea de puntos significa $VD / VI = 1$. n= número de casos; DS= desviación estándar.

Resultados

En la gran mayoría de los casos, se obtuvieron imágenes de suficiente calidad para la medición de las diferentes estructuras, tanto como valor individual, como a la hora de la comparación entre cavidades o diámetros izquierdos y derechos. Así, los diámetros de las válvulas pulmonar y aórtica se midieron en 86 casos (95,5%), los de las válvulas auriculoventriculares en 83 casos (92,2%) y los diámetros diastólicos de ambos ventrículos en 75 fetos (83,3%).

Se encontró una excelente correlación ($r > 0,7$), entre las distintas medidas y la edad gestacional. Las figuras 1, 2 y 3 muestran las respectivas rectas y ecuaciones de regresión lineal, agrupando los datos correspondientes a arteria pulmonar y aorta por un lado (Fig. 1), tricúspide y mitral por otro (Fig. 2), y, finalmente, ambos ventrículos (Fig. 3). En todos los casos se muestran asimismo los intervalos de confianza del 95% para cada valor.

En la Tabla 1 se muestran los valores medios y desviación estándar de todas las medidas efectuadas en cada estructura. Se han agrupado con objeto de comparar los valores correspondientes al corazón derecho e izquierdo. Según los datos obtenidos, los diámetros de los anillos valvulares pulmonar y tricúspideo fueron mayores ($p < 0,01$) que los de las válvulas aórtica y mitral respectivamente. Es llamativo que el diámetro diastólico del ventrículo izquierdo (VI) fue levemente mayor (sin significación estadística) que el correspondiente al ventrículo derecho (VD). Este último dato, en apariencia contradictorio con los anteriores, condujo a la idea de separar los datos de los diámetros ventriculares en dos grupos, uno con edad gestacional entre 17 y 28 semanas, y un segundo grupo con edad gestacional entre 19 y 39 semanas (Fig. 4). La relación VD/VI inicialmente de 0,93, significando un ligero predominio de VI, tiende a desaparecer, y, al final de la gestación, se constata que el VD es ligeramente dominante (relación VD/VI = 1,03). Sin embargo, esta cambiante relación entre VD y VI a lo largo del em-

Tabla 1 Comparación cavidades derechas e izquierdas. Medidas en mm

	AP	AO	TRIC	MIT	VD	VI
Media	5,67	5,08	10,67	9,33	10,13	10,15
DS (±)	1,57	1,40	3,06	2,68	3,89	3,48
	n=86		n=83		n=75	
	p < 0,01		p < 0,01		(n.s.)	

Abreviaturas: AP=Arteria pulmonar. Ao=Aorta. Tric=Tricúspide. Mit=Mitral. VD=Ventrículo derecho. IV=Ventrículo izquierdo. n=número de casos. DS=Desviación estándar.

barazo, no se cumple si se comparan otras estructuras, Así, las relaciones tricúspide/mitral y pulmonar/aorta (Fig. 5) son siempre mayores de 1 a lo largo de la gestación.

Discusión

La exploración del corazón fetal por medio de ultrasonidos, es vital, tanto para el diagnóstico prenatal de anomalías estructurales, como para el manejo perinatal de las mismas^(5,6,10,11). Dentro de la rutina de este examen, la determinación de las dimensiones cardíacas constituye un punto de referencia importante en el estudio cardíaco fetal. Ya que el corazón fetal es un órgano en crecimiento, las medidas obtenidas deben compararse con algún parámetro de crecimiento somático fetal extracardíaco. En este trabajo, se ha utilizado la ecocardiografía bidimensional como técnica para la obtención de datos, y la edad gestacional como parámetro de comparación de los mismos.

Varios autores han aportado ya tablas de datos sobre el crecimiento cardíaco intrauterino, tanto en fetos humanos como en animales de experimentación. La gran mayoría de los trabajos han obtenido sus datos mediante Modo-M, con el cursor colocado sobre una imagen detenida de ecocardiografía bidimensional⁽¹²⁻¹⁶⁾. Las ventajas que para tomar medidas de estructuras cardíacas aporta la ecocardiografía bidimensional son obvias en el caso del corazón fetal. La más importante puede ser la posibilidad de volver a visualizar las imágenes grabadas previamente, para escoger el momento del ciclo cardíaco más conveniente para tomar las mediciones deseadas. La posibilidad de calcular volúmenes, y la facilidad para visualizar y medir estructuras extracardíacas importantes (ductus, arco aórtico, ramas pulmonares, etc.) también apoyan esta elección⁽¹⁷⁾. Por otro lado, se han correlacionado con éxito medidas efectuadas con ecocardiografía bidimensional y las tomadas directamente en autopsia, tanto en animales, como en fetos humanos^(12,16,18,19). Por último, es preciso recordar que la ecocardiografía se encuentra, en el feto, con algunas dificultades insalvables (tamaño cardíaco pequeño, movilidad fetal, proyecciones no habituales, etc), por lo que la técnica con tiempo real es de absoluta necesidad, además para lo comentado anteriormente, para el propio diagnóstico anatomofuncional.

Distintamente a otros autores^(13,14,20), se ha preferido usar la

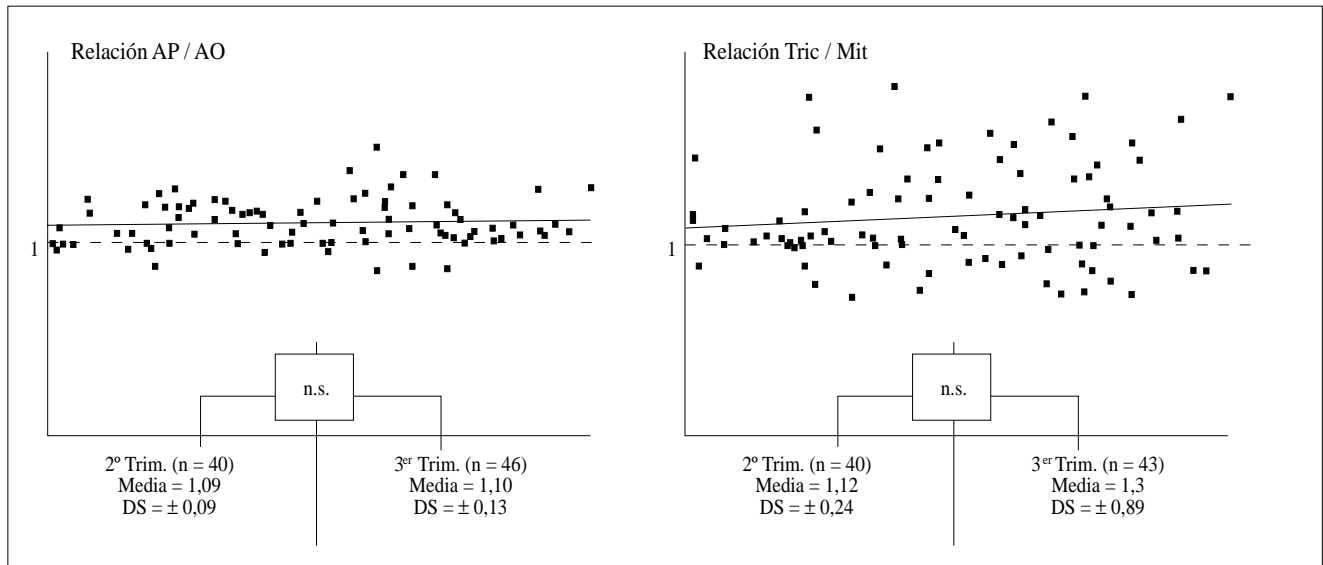


Figura 5. Relación entre el diámetro valvular de arteria pulmonar (AP) y de aorta (Ao) (izquierda) y relación entre el diámetro valvular tricúspide (Tric) y mitral (Mit), durante el segundo y tercer trimestre (trim) de la gestación. Las líneas de puntos significan AP / Ao=1, y Tric / Mit = 1 respectivamente. n= número de casos; DS= desviación estándar.

edad gestacional como parámetro a correlacionar con las medidas obtenidas de las diferentes estructuras. Esta decisión fue tomada en base a que la gran mayoría de las madres que acudieron para efectuar el ecocardiograma fetal traían ya de su obstetra una estimación de la edad gestacional en que se encontraba su embarazo, prefiriendo no cambiar la nomenclatura conocida ya por ellas mismas. En efecto, la mayor parte de los programas de ultrasonidos que maneja el obstetra convierten la medida de la longitud del fémur o del diámetro biparietal en un valor de edad gestacional estimada. A pesar del pequeño error inherente a esta conversión, obtenida por análisis de regresión, en la presente serie se han medido en todos los casos el diámetro biparietal, usando el valor resultante de edad gestacional como el parámetro a comparar con las mediciones realizadas.

Se ha encontrado una excelente correlación entre la edad gestacional y las diferentes medidas efectuadas. Tanto el diámetro de ambas válvulas sigmoideas, como el de ambas válvulas auriculoventriculares, como el diámetro diastólico de los dos ventrículos, crecen durante el embarazo de manera que sus dimensiones tienen una correlación estadísticamente significativa con la edad gestacional.

La inclusión de los límites de confianza del 95% nos ha permitido completar un objetivo del trabajo: elaborar unos gráficos con los valores normales de las dimensiones de las estructuras cardíacas más importantes, durante el desarrollo intrauterino. Estos límites deben aportar una mayor seguridad en los casos en que el examen ecocardiográfico muestre una llamativa asimetría entre una cavidad respecto a la contralateral. La desproporción entre los tamaños de los ventrículos es a menudo un signo precoz y de fácil detección, de la existencia de una cardiopatía^(6,8). Este hecho es del mayor interés en casos como el sín-

drome de corazón izquierdo hipoplásico, cardiopatía letal si no se trata y responsable del mayor número de muertes de causa cardíaca en la primera semana de la vida. Ante una lesión de este tipo, es obligatorio descartar otras anomalías cardíacas asociadas (atresia mitral, atresia aórtica, coartación), y proporcionar toda la información posible a los padres, aconsejando que el nacimiento se produzca en un centro sanitario con posibilidad de una atención cardiológica inmediata⁽²¹⁻²³⁾. No obstante, hay que tener presente que las malformaciones cardíacas pueden evolucionar a lo largo del desarrollo fetal. Por ello, se ha de tener una gran prudencia antes de realizar el diagnóstico definitivo y valorar la viabilidad o posibilidades quirúrgicas, siendo imprescindible la práctica de ecos seriados y la colaboración de varios observadores.

Para completar el estudio, y haciendo especial hincapié a nivel ventricular, se ha efectuado una comparación entre las medidas correspondientes al corazón derecho y las del corazón izquierdo. Esta relación derecha/izquierda es también de gran utilidad en los casos de tamaños ventriculares límite, y como dato de referencia en las sucesivas exploraciones a lo largo de la gestación.

Los datos hallados se encuentran en concordancia con los de otras series en las que se demuestra un mayor tamaño de los diámetros valvulares tricúspide y pulmonar respecto a los diámetros valvulares mitral y aórtico, respectivamente. Estos hallazgos se encuentran enmarcados en el conocido hecho de un relativo predominio del corazón derecho respecto al izquierdo durante la gestación, aspecto demostrado tanto en animales de experimentación como en fetos humanos^(12,16,18). Respecto a los ventrículos, existen ciertas particularidades. Varios autores han postulado que el volumen de eyección ventricular derecho, en

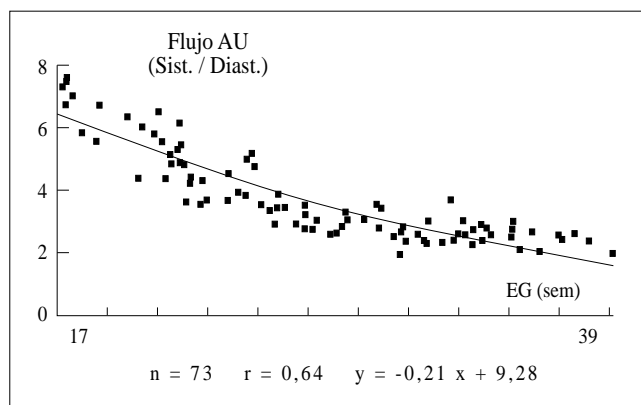


Figura 6. Comparación del cociente sistole / diástole (sist./diast.) del flujo de arteria umbilical (AU) con la edad gestacional (EG) en semanas (sem). Recta y ecuación de regresión lineal ($y=mx+b$). r = coeficiente de correlación; n = número de casos.

valor absoluto, es levemente mayor que el del ventrículo izquierdo durante el desarrollo intrauterino. Pero esta relación se invierte en los casos en que las resistencias placentarias permanecen elevadas por alguna razón, como por ejemplo la hipoxia crónica en el retraso de crecimiento intrauterino asimétrico. En estos casos se ha observado un llamativo aumento del flujo sanguíneo a través de las válvulas mitral y aórtica, como expresión de una redistribución del gasto cardíaco caracterizada por un incremento en la perfusión cerebral y miocárdica, y un aumento de las resistencias vasculares a nivel de aorta descendente y del lecho placentario (efecto de protección cerebral)⁽²⁴⁻²⁶⁾.

En la serie que se presenta, observando los datos correspondientes a los diámetros ventriculares, en valores absolutos (Tabla I), llamó la atención el leve predominio del ventrículo izquierdo respecto del derecho, aunque sin significación estadística. Esta aparente discordancia con los datos comentados anteriormente, llevó a individualizar los correspondientes a estas dos cavidades en dos grupos (un grupo de 17-28 semanas de gestación y otro de 29-39 semanas), efectuándose un cociente entre los diámetros diastólicos de VD y VI con objeto de observar su relación a lo largo del desarrollo intrauterino. El resultado fue que en el primer grupo de fetos más pequeños, existe un leve predominio del VI sobre el VD ($VD/VI=0,93$) relación que se invierte en el segundo grupo, donde se demuestra una dominancia, también ligera, del VD sobre el VI ($VD/VI=1,03$). Se investigó a continuación si esta cambiante relación derecha / izquierda se mantenía si la comparación se hacía a otros niveles anatómicos (válvulas sigmoideas o atrioventriculares). En estos casos, las relaciones pulmonar/aorta y tricúspide/ mitral confirmaron los datos de valores absolutos, demostrándose un leve predominio de las cavidades derechas sobre las izquierdas a lo largo de toda la gestación. Entonces, ¿porqué esa cambiante relación derecha / izquierda, a nivel ventricular, durante el desarrollo intrauterino?

La explicación más creíble ha de estar en relación con cam-

bios en los volúmenes ventriculares. Convendría en este momento llamar la atención sobre un factor importante: la diferente morfoanatomía de las cavidades de los ventrículos. No hay que olvidar que mientras las cámaras de entrada son prácticamente de igual dimensión, morfología y volumen, los tractos de salida difieren sustancialmente, siendo el correspondiente al VI más corto que el del VD. Este hecho tiene asimismo una expresión ecocardiográfica patente, pudiendo provocar dificultades en la medición de los diámetros ventriculares cuando no se obtienen proyecciones ecocardiográficas perfectas, lo que, en algunos casos, es difícil de evitar en la ecocardiografía fetal. De todos modos, y a pesar de su mayor complejidad, el cálculo de volúmenes ventriculares debe confirmar el cambio en la relación VD/VI durante la gestación, observado en este estudio.

Los cambios en las resistencias vasculares placentarias a lo largo de la gestación tienen una indudable repercusión en la hemodinámica cardíaca fetal. Varios autores han descrito el progresivo descenso de las resistencias placentarias con el avance del desarrollo intrauterino⁽²⁷⁻³⁰⁾. La expresión por ecocardiografía - Doppler es de un progresivo aumento de la onda diastólica en el flujo de la arteria umbilical. Por tanto, uno de los múltiples índices de valoración del flujo umbilical, el cociente sistole/diástole de la arteria umbilical, va disminuyendo progresivamente. En el presente trabajo, se ha efectuado este cociente en 73 casos (81,1%), confirmándose la progresiva disminución de este cociente, como expresión del descenso de las resistencias placentarias a lo largo de la gestación (Fig. 6). El uso de éste u otros cocientes como parámetros de estudio del flujo umbilical se ha demostrado útil en los casos en que las resistencias placentarias han permanecido elevadas, asociándose en la mayoría de los casos a periodos agudos o crónicos de hipoxia, durante los cuales, como se ha comentado previamente, la hemodinámica fetal cambia, produciéndose una redistribución de flujo sanguíneo (efecto de protección cerebral), por el cual el VI recibe más cantidad de sangre, siendo su volumen minuto y gasto mayor que los del VD^(28,29). Por tanto, en las edades más tempranas del desarrollo, cuando se detectan las resistencias placentarias más altas en un embarazo normal, se podría asistir a una fisiología en cierto modo parecida a la descrita, con un VI que estaría conectado a un circuito de baja presión (arterias de la cabeza, cuello y coronarias), mientras que el VD, a través del ductus, lo estaría a uno, en ese momento de alta presión, representado por la placenta. El VI tendría, en ese periodo, mayor volumen de llenado que el VD, justificándose así una mayor dimensión en su diámetro diastólico. El progresivo descenso de las resistencias placentarias haría cambiar paulatinamente esta peculiar hemodinámica hasta el final de la gestación.

En resumen

1. La ecocardiografía bidimensional ha permitido constatar una excelente correlación entre las dimensiones de estructuras cardíacas y la edad gestacional, haciendo posible la asunción de unos valores normales con unos límites de confianza suficientes. Los datos obtenidos pueden ser de gran utilidad para el diag-

nóstico y manejo perinatal de cardiopatías como el síndrome del corazón izquierdo hipoplásico.

2. Se comprueba la relativa dominancia del corazón derecho in utero.

3. La relación VD/VI, cambiante a lo largo de la gestación, puede ser consecuencia de los cambios que se producen en las resistencias vasculares placentarias a lo largo del desarrollo intrauterino.

Bibliografía

- 1 Sahn DJ, Lange LW, Allen HD, Goldberg SI, Anderson C, Giles H, Haber K. Quantitative real-time cross-sectional echocardiography in the developing normal human fetus and newborn. *Circulation*, 1980;**62**:588-596.
- 2 Wladimiroff JW, Stewart PA, Vosters RPL. Fetal cardiac structure and function as studied by ultrasound. *Clin Cardiol* 1984;**7**:239-253.
- 3 Reed KL, Sahn DJ. A proposal for referral patterns for fetal cardiac studies. *Semin Ultrasound CT MR*, 1984;**5**:249-252.
- 4 Allan LD. Normal fetal cardiac anatomy-Doppler echocardiography. En: Manual of fetal echocardiography, Lancaster, Londres: MTP Press, 1986:56-73.
- 5 Weil SR, Huhta JC. Sonographic differential diagnosis of fetal cardiac abnormalities. *Semin Ultrasound CT MR*, 1993;**14**:298-317.
- 6 Rice MJ, McDonald RW, Sahn DJ. Contribution of Color Doppler to the evaluation of cardiovascular abnormalities in the fetus. *Semin Ultrasound CT MR*, 1993;**14**:277-285.
- 7 Fouron JC. Physiologie cardio-vasculaire foetale. En: Dynamique cardio-vasculaire foetale et neonatale. Echocardiographie-Doppler. Paris, Masson Eds., 1991:67-72.
- 8 Maître Azéarate MJ, Fernández Pineda L, López Zea M. Diagnóstico cardiológico prenatal. *Rev Esp Cardiol*, 1993;**46** Suppl 2:13-22.
- 9 Kochenour NK. Doppler velocimetry in pregnancy. *Semin Ultrasound CT MR*, 1993;**14**:249-266.
- 10 Reed KL. Fetal echocardiography. *Semin Ultrasound CT MR*, 1991;**12**:2-10.
- 11 Allan LD, Sharland GK, Milburn A, Lockhart SH, Groves AM, Anderson RH, Cook AC, Fagg NLK. Prospective diagnosis of 1006 consecutive cases of congenital heart disease in the fetus. *J Am Coll Cardiol*, 1994;**23**:1452-1458.
- 12 Allan LD, Tynan MJ, Campbell S, Wilkinson JL, Anderson RH. Echocardiography and anatomical correlates in the fetus. *Br Heart J*, 1980;**44**:444-451.
- 13 St. John Sutton MG, Gewitz MH, Shah B. Quantitative assessment of growth and function of the cardiac chambers in the normal human fetus: a prospective longitudinal echocardiographic study. *Circulation*, 1984;**69**:645-654.
- 14 De Vore GR, Siassi B, Platt LD. Fetal echocardiography. IV. M-mode assessment of ventricular size and contractility during the second and third trimesters of pregnancy in the normal fetus. *Am J Obstet Gynecol*, 1984;**150**:981-988.
- 15 Tan J, Silverman NH, Hoffman JIE, Villegas M, Schmidt KG. Cardiac dimensions determined by cross-sectional echocardiography in the normal human fetus from 18 weeks to term. *Am J Cardiol*, 1992;**70**:1459-1467.
- 16 Veille JC, Sivakoff M, Nemeth M. Accuracy of echocardiography measurements in the fetal lamb. *Am J Obstet Gynecol*, 1988;**158**:1225-1232.
- 17 Schmidt KG, Silverman NH, Van Hare GF, Hawkins JA, Cloez JL, Rudolph AM. Two-dimensional echocardiography determination of ventricular volumes in the fetal heart. Validation studies in the fetal lamb. *Circulation*, 1990;**81**:325-333.
- 18 Alvarez L, Aranega A, Sancedo R, Contreras JA. The quantitative anatomy of the normal human heart in fetal and perinatal life. *Int J Cardiol*, 1987;**17**:57-72.
- 19 Klinkenbijn J, Wenink ACG. Morphology of sections through the fetal heart. *Int J Cardiol*, 1988;**20**:87-98.
- 20 De Vore GR, Siassi B, Platt LD. Use of femur length as a means of assessing M-Mode ventricular dimensions during second and third trimesters of pregnancy in normal fetus. *J Clin Ultrasound*, 1985;**13**:619-625.
- 21 Allan LD, Sharland G, Tynan MJ. The natural history of the hypoplastic left heart syndrome. *Int J Cardiol*, 1989;**25**:341-343.
- 22 Blake DM, Copel JA, Kleinman ChS. Hypoplastic left heart syndrome: Prenatal diagnosis, clinical profile, and management. *Am J Obstet Gynecol*, 1991;**165**:529-534.
- 23 Veille JC, Mahowald MB, Sivakoff M. Ethical dilemmas in fetal echocardiography. *Obstet Gynecol*, 1989;**73**:710-714.
- 24 Kenny JF, Plappert T, Doubilet P, Saltzman DH, Cartier M, Zollars L, Leatherman GF, St. John Sutton MG. Changes in intracardiac blood flow velocities and right and left ventricular stroke volume with gestational age in the normal human fetus: a prospective Doppler echocardiographic study. *Circulation*, 1986;**74**:1208-1216.
- 25 De Smedt MCH, Visser GHA, Meijboom EJ. Fetal cardiac output estimated by Doppler echocardiography during mid-and-late gestation. *Am J Cardiol*, 1987;**60**:338-342.
- 26 Rizo G, Arduini D, Romanini C, Mancuso S. Doppler echocardiographic assessment of atrioventricular velocity waveforms in normal and small-for-gestational-age fetuses. *Br Obstet Gynaecol*, 1988;**95**:65-69.
- 27 Trudinger BJ, Giles WB, Cook CM, Bombardieri J, Collins L. Fetal umbilical artery flow velocity waveforms and placental resistance: clinical significance. *Br J Obstet Gynaecol*, 1985;**92**:23-30.
- 28 Al-Gazali W, Chapman MG, Chita SK, Crawford DC, Allan LD. *Br J Obstet Gynaecol*, 1987;**94**:742-745.
- 29 Rochelson BL, Schulman H, Fleischer A, Farmakides G, Bracero L, Ducey J, Winter D, Penny B. The clinical significance of Doppler umbilical artery velocimetry in the small for gestational age fetus. *Am J Obstet Gynecol*, 1987;**156**:1223-1226.
- 30 Cook CM, Connelly AJ, Trudinger BJ. Doppler assessment of the umbilical circulation. *Semin Ultrasound CT MR*, 1989;**10**:417-427.