

11237

151

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO



FACULTAD DE MEDICINA
DIVISION DE ESTUDIOS DE POSGRADO
HOSPITAL INFANTIL DE MEXICO "DR. FEDERICO GOMEZ"

ANALISIS MORFOMETRICO DE LA AORTA FETAL.

TESIS CON FALLA DE ORIGEN

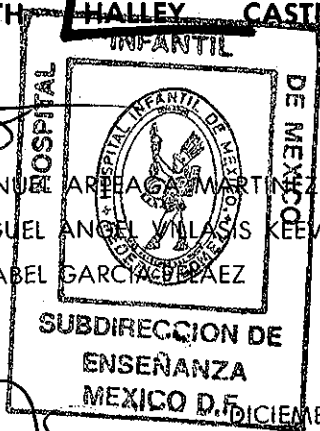
T E S I S

QUE PARA OBTENER EL DIPLOMA EN LA ESPECIALIDAD DE PEDIATRIA MEDICA PRESENTA

MARIA ELIZABETH HALLEY CASTILLO

Handwritten signature of the tutor

TUTOR: DR. MANUEL ARRIAGA MARTINEZ
COTUTOR: DR. MIGUEL ANGEL VILLASIS KEEVER
DRA. ISABEL GARCIA DIAZ



MEXICO, D. F.,

Handwritten signature at the bottom

DICIEMBRE DE 2002



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.



HOSPITAL INFANTIL DE MEXICO FEDERICO GOMEZ

INSTITUTO NACIONAL DE SALUD
DR. MARQUEZ NO. 162C.P. 06720MEXICO, D.F.
INSTITUCIÓN DE SERVICIO MÉDICO, ENSEÑANZA E INVESTIGACIÓN
AFILIADO A LA UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO



☎ 52-28-99-17

Dr. Manuel Arteaga Martínez Investigador Del Hospital Infantil de México
“Federico Gómez”,

Certifica que la **M.C. María Elizabeth Halley Castillo** realizó bajo mi dirección la
Tesis titulada “**Análisis Morfométrico de la Aorta Fetal**” para la obtención del
Grado de la Especialidad en Pediatría Medica en la Facultad de Medicina de la
Universidad Nacional Autónoma de México.

Atentamente
México, D.F. noviembre del 2001

Dr. Manuel Arteaga Martínez
Departamento de
Biología del Desarrollo y Teratogénesis Experimental

INDICE

Resumen	8
Introducción	12
• Anatomía	13
• Morfogénesis	14
Antecedentes	17
• Morfometría	18
• Ecocardiografía Fetal	20
Planteamiento del Problema	22
Objetivos	24
Material y Método	26
• Diseño	27
• Criterios de Selección	28
• Variables	29
• Equipo	32
• Descripción General del Estudio	34
• Análisis Cualitativo	34
• Análisis Cuantitativo	36
• Estandarización de la Técnica	37
• Análisis Estadístico	39
Resultados	40
Discusión	44

Conclusiones	51
Bibliografía.....	53
Figura 1	59
Cuadro 1	61
Cuadro 2	62
Cuadro 3	63
Cuadro 4.....	64
Gráfica 1.....	65
Gráfica 2.....	66
Gráfica 3	67
Gráfica 4	68

DEDICATORIA.

A Dios por darme la capacidad y oportunidad de concluir una etapa más de mi vida. Porque en El somos más que vencedores.

A mis padres Mary y Ray por su amor y ejemplo diario, por enseñarme a disfrutar los triunfos y aprender de las derrotas, por tener confianza en mi, pero sobretodo por permitirme apoyar en sus hombros.

En especial a mis Hijos Oswaldo y Andrea por ser la fuerza que ha impulsado mi vida, por sus sonrisas, por su apoyo y por darme el más puro amor con el que puedo contar.

AGRADECIMIENTOS

A mis tutores: **Dr. Manuel Arteaga, Dra. Isabel García-Peláez y Dr. Miguel Ángel Villacís** con respeto y admiración por permitirme ser parte de su equipo de trabajo, por haber compartido sus conocimientos, su tiempo y experiencia y por su invaluable ayuda para la realización de este trabajo, mil gracias.

Al **Dr. Juan Garduño** por sus enseñanzas y orientación en el desarrollo de mi preparación, por brindarme la oportunidad de aprender de su experiencia mi eterno agradecimiento.

Al **Dr. Jorge Espino Vela** por su sabiduría, sencillez y por permitirme aprender de su ejemplo.

Al **Dr. Alfredo Vizcaino** por sus enseñanzas y por despertar en mí el interés en la cardiología pediátrica.

A mis hermanas **Rosy, Paty, Sol, Carmen y Ángeles** que con su comprensión, amor y apoyo incondicional, le han dado cariño a mi vida para seguir adelante. Gracias por estar junto a mí.

A mis compañeros y amigos **Isayana, Lulú, Claudia, Lolita, Erica, Norma, Carlos, Héctor, Eric, José, Jorge y Andrés**, que con su apoyo, amistad y sugerencias contribuyeron en la elaboración de este proyecto.

A mis **Maestros** que colaboraron positivamente en mi formación como especialista.

A la **Dra. Saavedra, a Tere y Bety** por compartir enseñanzas y experiencias, muchas gracias por su valiosa ayuda.

A todo el personal que labora en el Departamento de Biología del Desarrollo y Teratogénesis Experimental, **Dra. Concepción, QFB Marcela, Téc. Oswaldo, Sr. Mario**, por su paciencia y el gran apoyo que me han brindado.

A **Todos** con todo mi amor y respeto por su apoyo incondicional y su confianza en mi.

Agradezco a quienes me han dado la oportunidad de realizar una especialidad medica.

Universidad Nacional Autónoma de México.

Hospital Infantil de México “ Dr. Federico Gómez”

Centro Medico Nacional Siglo XXI

Hospital General “Dr. Manuel Gea González”

CONACYT

RESUMEN

RESUMEN

INTRODUCCIÓN. Un aspecto fundamental en el diagnóstico y terapéutica en la complejidad de las diversas cardiopatías congénitas es el conocimiento de los principios embriológicos y anatómicos en la morfogénesis cardíaca. Las cardiopatías congénitas son el resultado de una alteración temporal o permanente del desarrollo normal, por un agente intrínseco o extrínseco. En el pasado, su diagnóstico sólo podía ser establecido después del nacimiento. En la actualidad, con el advenimiento de la ecocardiografía fetal es posible identificarlas in útero, lo que facilita el manejo médico-quirúrgico.

La base de la ecocardiografía son los estudios morfológicos; sin embargo, la ecocardiografía fetal se ha venido realizando sin tener suficiente información sobre la morfometría normal de la aorta fetal, lo que hasta ahora ha condicionado errores en el diagnóstico precoz de la patología que involucra al arco aórtico.

OBJETIVOS

1. Establecer, mediante técnicas morfológicas las dimensiones de la aorta ascendente, del arco aórtico, del istmo aórtico, de la aorta descendente y del conducto arterioso del corazón normal de fetos cuyas edades morfológicas se determinen entre las semanas 13 y 20 de gestación.

2. Analizar el crecimiento diferencial de los segmentos aórticos, durante el período prenatal que comprende las semanas 13 a 20 de gestación.

MATERIAL Y METODOS. Estudio transversal de 103 corazones fetales normales de 13 a 20 semanas de gestación obtenidos de abortos espontáneos. Criterios de inclusión: fetos de 13 a 20 semanas, sin malformaciones, con crecimiento armónico y bien conservados.

El corazón fue extraído del tórax fetal siendo evaluado y medido mediante calibrador Vernier y con ocular micrométrico adaptado a un microscopio estereoscópico.

Variables. Se midieron los segmentos aórticos que incluyen aorta ascendente, arco aórtico, istmo aórtico, aorta descendente y conducto arterioso. Cada una de las mediciones se realizó en milímetros. Escala de medición cuantitativa continua.

Análisis estadístico. Se emplearon medidas de tendencia central y dispersión no paramétricas, coeficiente de correlación intraclass, (variabilidad intraobservador e interobservador), correlación de Spearman y regresión lineal .

RESULTADOS. Se estudiaron 103 corazones , 46 femeninos y 57 masculinos. En todos se realizaron las mediciones de los diámetros externos de la aorta fetal. La mediana de la edad gestacional fue 16.5 semanas. En todos los corazones se determinó el diámetro de la aorta ascendente (AA), diámetro del arco aórtico (AO, diámetro del istmo aórtico (IA), el diámetro de la aorta descendente (AD) y el diámetro del conducto arterioso (CA). Se

observó un incremento directamente proporcional a la edad gestacional en cada una de las diferentes variables. Se estimó la correlación del tamaño de cada una de los diámetros de las diferentes estructuras de la aorta con la edad morfológica; los datos obtenidos fueron: AA, $r = 0.89$; AO, $r = 0.89$; IA, $r = 0.87$; AD, $r = 0.89$; CA, $r = 0.80$. La magnitud de crecimiento en las distintos segmentos es diferente, observando que el istmo incrementa 106%, la aorta descendente 91% y la aorta ascendente 100%. El diámetro de la aorta ascendente fue mayor al de la aorta descendente, encontrándose la relación en 1.28, en base a la mediana. La relación entre el istmo y la aorta descendente varía de 0.59 - 1.19; y entre el istmo y la aorta ascendente oscila entre 0.50 - 0.88, lo que nos permite afirmar; que hasta ahora el parámetro arbitrario que establece que proporciones menores a 0.81, involucran patología del arco aórtico, al parecer en la vida prenatal no es aplicable. Las medidas obtenidas por morfometría son generalmente mayores entre 1 a 1.5 mm en relación al arco y el istmo aórtico, en comparación con las registradas por ecocardiografía. El diámetro del conducto corresponde solo al 0.75 del istmo aórtico.

INTRODUCCIÓN

INTRODUCCIÓN

Con el desarrollo de los nuevos métodos para el diagnóstico prenatal de las malformaciones cardíacas congénitas en los últimos años ha crecido el interés en la anatomía cuantitativa del corazón y el complejo vascular; aorta ascendente, arco aórtico, istmo aórtico, aorta descendente, tronco pulmonar con sus ramas y conducto arterial.

Anatomía de la Aorta

La aorta se origina a partir de la base del ventrículo izquierdo, desde donde se dirige oblicuamente hacia arriba adelante y a la izquierda, formando la aorta ascendente. En su extremo distal, la aorta ascendente se sitúa siempre por delante del tronco de la arteria pulmonar; a continuación se flexiona sobre sí misma formando un cayado, el denominado cayado aórtico, que se dirige hacia atrás y a la izquierda, cruzando de derecha a izquierda y pasa por encima de la arteria pulmonar izquierda, desde donde desciende verticalmente recorriendo el tórax, para constituir la aorta descendente o torácica, que se ubica a la izquierda de la columna vertebral, atravesando el diafragma y penetrando en el abdomen ⁽¹⁾.

De la cara convexa o superior del arco aórtico surgen tres ramas que van a llevar la sangre a las extremidades superiores y a la cabeza; el tronco arterial braquiocefálico derecho, la arteria carótida común izquierda y la arteria subclavia izquierda. El tronco arterial braquiocefálico derecho, después de un

corto trayecto, se divide en arteria subclavia derecha y arteria carótida común derecha. En la porción distal del cayado aórtico se encuentra un estrechamiento, que se conoce como el istmo aórtico; el cual se encuentra ubicado aproximadamente entre la arteria subclavia izquierda y la emergencia del conducto arterioso.

De la cara cóncava o inferior del arco aórtico, al nivel de la arteria subclavia izquierda, surge el conducto arterioso, que se va a unir a la arteria pulmonar en la zona de transición entre el tronco principal y la rama izquierda. Este conducto permite el paso de la sangre a través de la arteria pulmonar y la aorta cuya función en la vida prenatal es imprescindible; el conducto arterioso normalmente se oblitera en los primeros meses de la vida extrauterina, llegando a desaparecer totalmente o permanecer como un cordón fibroso^(1,2).

Morfogénesis de la Aorta

El segmento arterial se origina a partir del saco aórtico-pulmonar y los arcos aórticos. Durante la cuarta y quinta semanas de gestación se desarrollan los arcos aórticos que surgen del saco aórtico y desembocan en el par de aortas dorsales en donde la sangre entra a la circulación sistémica. En un inicio, las dos aortas dorsales corren a lo largo del embrión, pero pronto se fusionan para formar una aorta dorsal, justo caudal a los arcos faríngeos. En los embriones humanos, no todos los arcos aórticos están presentes al mismo tiempo. Su formación y remodelación se produce según un gradiente craneocaudal muy marcado. El continuo desarrollo de las regiones craneal y cervical hace que los componentes de los tres primeros arcos y las raíces aórticas asociadas se remodelen y formen, al final de la cuarta semana, las

arterias carótidas comunes y la porción proximal de las arterias carótidas internas; la porción restante de estas últimas se desarrolla a partir de la prolongación cefálica de las aortas dorsales primitivas.

Con la remodelación del tubo cardiaco y la división interna del tracto de salida en los componentes aórticos y pulmonar, los cuartos arcos experimentan una adaptación asimétrica. Del 4º arco izquierdo se forma el segmento del cayado aórtico comprendido entre la carótida primitiva izquierda y la séptima arteria intersegmentaria izquierda (futura subclavia izquierda). El 4º arco derecho también forma el tronco arterial braquiocéfalico (arteria innominada) y el segmento más proximal de la arteria subclavia derecha. Mientras que la porción distal de la arteria subclavia derecha se constituye de una porción de la aorta dorsal derecha y por la séptima arteria intersegmentaria derecha. El 6º par de arcos aórticos aparecen el día 26, casi simultáneamente y emiten rápidamente ramas que van a los esbozos pulmonares. El 6º arco derecho, en su porción proximal da origen la arteria pulmonar derecha, mientras que desaparece su porción distal. El 6º arco izquierdo, en su porción proximal forma la arteria pulmonar izquierda y, su porción distal, al conducto arterioso.

El saco aórtico-pulmonar es una cavidad endotelial incluida en el mesénquima de los arcos branquiales, que recibe a los arcos aórticos y que une a éstos con el truncus arteriosus. Aproximadamente a los 31 ± 1 día, entre los cuartos y sextos arcos aórticos se desarrolla una cresta que se acentúa progresivamente; esta cresta se denomina septum aórtico-pulmonar, y crece en dirección al truncus hasta fusionarse totalmente con las crestas truncales que, partir de este punto, inician su fusión en dirección proximal. La disposición del

septum aórtico-pulmonar determina que los cuarto arcos aórticos (porción horizontal del cayado de la aorta) queden conectados con la porción derecha del truncus y ésta a su vez, con el cono posteromedial; los sextos arcos aórticos (rama de la arteria pulmonar), quedan conectados con la porción izquierda del truncus y éste a su vez con el cono antero lateral. El complejo septal, formado por los septa aórticos pulmonar, truncal y conal, en su conjunto, giran aproximadamente 180°. El continuo crecimiento del saco aórtico-pulmonar y de su correspondiente septum dará origen a la porción ascendente de la aorta y al tronco de la arteria pulmonar ⁽³⁻⁶⁾. Las grandes arterias concluyen su morfogénesis a los 39±1 día.

ANTECEDENTES

El conocimiento morfológico de las cardiopatías congénitas es uno de los pilares fundamentales de la cardiología pediátrica. El desarrollo y perfeccionamiento de las técnicas de diagnóstico y tratamiento de estas malformaciones obliga a aumentar el acervo de conocimientos morfológicos para realizar un diagnóstico clínico más preciso y un adecuado manejo quirúrgico.

Morfometría de la aorta fetal

El estudio de la morfometría (morfos = forma, metron = medida) del corazón se inició desde el siglo pasado; de acuerdo con lo reportado en la literatura, el primer estudio morfométrico del corazón postnatal lo realizó Bizot en 1837⁷. Ya en el siglo XX, fueron varios los estudios publicados que describen las características cualitativas del corazón, sin embargo, dichos estudios se realizaron en corazones de sujetos de autopsias desde recién nacidos hasta la edad adulta. En sus descripciones se incluyeron las dimensiones internas y externas de algunos de los componentes del corazón y la relación que existe entre peso, talla y tamaño del corazón de sujetos en edad adulta⁷⁻¹³.

Las primeras descripciones acerca de la evaluación cuantitativa de los segmentos del corazón las realizó la doctora De la Cruz en 1961. En este estudio se incluyeron 100 corazones de sujetos cuyas edades variaron desde los seis meses de vida intrauterina hasta los 12 años de edad¹⁴. Posteriormente, Rowlatt, en 1963, realizó el estudio morfométrico en 83

corazones normales de niños desde recién nacidos hasta los 15 años¹⁵. En 1978 se publicó el trabajo de Amoedo y Boleri quienes estudiaron 120 corazones normales de sujetos de 12 a 45 años de edad¹⁶. En estos tres estudios se realizaron las mediciones de las diferentes partes del corazón, incluyendo el segmento atrial, el segmento ventricular, la unión atrioventricular y el segmento arterial. Sin embargo, del segmento arterial únicamente se midieron la raíz pulmonar y aórtica, y no existen mediciones de la aorta ascendente, arco aórtico, istmo y aorta descendente. Aunque carentes de estas mediciones estos hallazgos han sido la base para la evaluación ecocardiográfica de las cardiopatías congénitas en la vida postnatal, encontrándose en la literatura varias publicaciones que reportan correlaciones del 85 al 93% entre estas dos técnicas¹⁷⁻²¹.

Estudios sobre el análisis de órganos de fetos humanos existen desde 1909; inicialmente, las observaciones realizadas sólo servían para propósitos descriptivos de la morfología sin precisar en las mediciones de los diferentes órganos²². Desde hace 40 años se inició el estudio directamente en corazones fetales pero, en general, a pesar de ser cuantitativos, sólo incluyen un número limitado de corazones fetales, como el caso del estudio de la doctora De la Cruz y col¹⁴, en el que sólo seis de los cien corazones eran de seis meses de vida intrauterina, y no se incluyó la medición del arco aórtico.

Los primeros datos morfométricos del tamaño del istmo de la aorta y del conducto arterioso en fetos humanos se obtuvieron de autopsias, los cuales fueron de fetos de seis meses en adelante; sin embargo, no se indica el número de corazones evaluados ni semanas de gestación de los fetos^{23,24}. En otros estudios, como el de Van Meurs-Van Woezik y cols., se realizaron las medidas

de los calibres internos de los grandes vasos y del istmo aórtico en 46 especímenes. Las edades variaron de 25 semanas de gestación hasta nueve años de vida extrauterina; entre los 30 corazones de productos menores de 40 semanas de gestación se incluyeron productos con peso bajo o alto para su edad gestacional, pero los autores describen sus hallazgos globalmente, sin tomar en cuenta estas variables ²⁵.

Álvarez y col. desde 1987 han realizado diferentes estudios de anatomía cuantitativa con 496 fetos de 26 a 40 semanas de gestación. Con el propósito de determinar los volúmenes intracardiacos durante el período fetal, estos autores han evaluado las dimensiones de los ventrículos, los grandes vasos y el conducto arterioso. Con respecto a las dimensiones de las estructuras estudiadas sólo se describen las del conducto arterioso ²⁶⁻²⁸, sin embargo, se basan en el peso y no en la edad gestacional. Este hecho se ha considerado como un error cuando se analiza el crecimiento fetal normal ²⁹.

En conclusión podríamos decir; que en la mayoría de los estudios previos se ha incluido información concerniente a la morfometría de algunos segmentos aórticos a partir de la semana 21, unos se limitan al diámetro de la raíz aórtica, algunos otros se han orientado a determinar flujos sanguíneos, en general, con un tamaño de muestra pequeño, carentes de parámetros de selección apropiados para afirmar normalidad en el grupo de fetos incluidos. Por lo que, en conjunto, es difícil tener conclusiones sobre la normalidad fenotípica del grupo de fetos estudiados ^{24-28,30}.

Ecocardiografía fetal

En el pasado, la evaluación clínica del corazón fetal estaba limitada a la frecuencia y ritmo cardíaco, lo que podía ser evaluado en la mitad de la gestación por electrocardiografía fetal. La ecocardiografía fetal ha permitido la observación de la anatomía cardíaca y la detección temprana de alteraciones en la morfología y función cardíacas. Con el desarrollo de los nuevos métodos para el diagnóstico prenatal de las malformaciones cardíacas congénitas ha ido creciendo el interés en la anatomía cuantitativa del corazón y en especial del complejo vascular, incluyendo la aorta ascendente, arco aórtico, istmo aórtico, aorta descendente, tronco pulmonar con sus ramas y conducto arterial ³. Sin embargo, la información existente de la morfometría de la aorta es incompleta para cada una de las semanas de gestación. De la información disponible, por el limitado número de corazones incluidos en ciertas semanas hace difícil establecer la normalidad de las dimensiones de la aorta.

Los primeros intentos para registrar mediante ultrasonido el corazón fetal fueron hechos en 1954 por Edler y cols ³¹. Poco después, la incorporación del Doppler continuo a la obstetricia abrió un nuevo campo de estudio del feto. En la actualidad, todas las técnicas disponibles han sido aplicadas a la exploración fetal incluyendo el Doppler color. La nueva tecnología ha mejorado los resultados permitiendo que la anatomía del corazón fetal pueda ser demostrada con suficiente nitidez ^{17,18,32-36}. La ecocardiografía fetal ha permitido estudiar los flujos a través de los diferentes segmentos del corazón, y conocer las dimensiones de la arterias aorta y pulmonar a nivel del anillo valvular en algunas semanas de gestación. Angelini y cols, en 1988 realizaron, mediante

ecocardiografía fetal la morfometría de 30 corazones normales de 10 a 33 semanas de gestación con el propósito de conocer el crecimiento de la aorta y la arteria pulmonar, en sólo tres casos hubo correlación anatómica con la ecocardiografía³⁰. En este estudio los autores concluyen que el istmo no es más pequeño que el conducto arterioso, como se había determinado a partir de modelos animales, generalmente corderos. Por lo tanto, si el istmo en los fetos humanos es más grande que lo previamente asumido, y el conducto más pequeño esto sugiere que la distribución de la circulación y el flujo fetal pueden ser significativamente diferentes en los fetos humanos que en el cordero. Sin embargo, estas afirmaciones no tienen un fundamento morfométrico derivado de fetos humanos.

Estado Actual

Hasta ahora, los estudios morfométricos han incluido la medición del segmento ventricular, de la unión ventriculoarterial, del conducto arterioso, de la raíz pulmonar y la raíz aórtica, pero no de las dimensiones de la aorta ascendente, arco aórtico, istmo y aorta descendente^{14,25-28,30}. La relevancia clínica de estas dimensiones estriba en que un gran número de anomalías cardíacas involucran directa o indirectamente este segmento cardíaco. En la actualidad se considera un reto en el diagnóstico prenatal de las alteraciones morfológicas del arco aórtico, ya que aún en exploraciones realizados por expertos, pueden no reconocerse las alteraciones cualitativas en el arco aórtico³⁷. Generalmente, estas malformaciones se diagnostican cuando ya son

muy evidentes y, en muchas ocasiones son identificadas hasta la vida postnatal.

Algunos autores reconocen la necesidad de tener un conocimiento más sólido de la anatomía cardíaca fetal, basada en estudios morfológicos, donde se midan en su totalidad los diferentes segmentos y en etapas tempranas del desarrollo. Esto permitirá la obtención de datos objetivos para la realización de la exploración ecocardiográfica y, por ende realizar diagnósticos prenatales certeros ^{30,32,33,35,36}. La falta de parámetros cuantitativos, como las dimensiones de las aurículas, y del arco aórtico, han resultado en diagnósticos falsos positivos de cardiopatías congénitas ³⁷⁻³⁹. Además, debido a que la cirugía prenatal cardiovascular está basada en la ecocardiografía, la obtención de buenos resultados depende en gran medida de diagnósticos más precisos ^{40,41}.

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

En los últimos 20 años se han ampliado las tareas del cardiólogo pediatra para incluir la atención del feto con cardiopatías congénitas y ello ha sido consecuencia de la creación y empleo amplio de los sistemas ecocardiográficos y de ultrasonido Doppler de alta resolución. Sin embargo, a pesar de los esfuerzos realizados y del uso de aparatos de alta definición aún existen retos para la detección de las anomalías congénitas a nivel del trayecto aórtico. La base de la ecocardiografía ha sido los datos morfométricos y, no obstante que se han realizado numerosos estudios en adultos y niños en la vida postnatal, son pocos los estudios morfométricos del corazón fetal. Estos estudios se han realizado en etapas tardías del desarrollo, en consecuencia, las bases de

muy evidentes y, en muchas ocasiones son identificadas hasta la vida postnatal.

Algunos autores reconocen la necesidad de tener un conocimiento más sólido de la anatomía cardíaca fetal, basada en estudios morfológicos, donde se midan en su totalidad los diferentes segmentos y en etapas tempranas del desarrollo. Esto permitirá la obtención de datos objetivos para la realización de la exploración ecocardiográfica y, por ende realizar diagnósticos prenatales certeros ^{30,32,33,35,36}. La falta de parámetros cuantitativos, como las dimensiones de las aurículas, y del arco aórtico, han resultado en diagnósticos falsos positivos de cardiopatías congénitas ³⁷⁻³⁹. Además, debido a que la cirugía prenatal cardiovascular está basada en la ecocardiografía, la obtención de buenos resultados depende en gran medida de diagnósticos más precisos ^{40,41}.

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

En los últimos 20 años se han ampliado las tareas del cardiólogo pediatra para incluir la atención del feto con cardiopatías congénitas y ello ha sido consecuencia de la creación y empleo amplio de los sistemas ecocardiográficos y de ultrasonido Doppler de alta resolución. Sin embargo, a pesar de los esfuerzos realizados y del uso de aparatos de alta definición aún existen retos para la detección de las anomalías congénitas a nivel del trayecto aórtico. La base de la ecocardiografía ha sido los datos morfométricos y, no obstante que se han realizado numerosos estudios en adultos y niños en la vida postnatal, son pocos los estudios morfométricos del corazón fetal. Estos estudios se han realizado en etapas tardías del desarrollo, en consecuencia, las bases de

normalidad cardiaca fetal no han sido establecidas durante toda la vida fetal. Esto implica que el desarrollo de la ecocardiografía fetal se ha dado sin tener suficiente sustento morfológico, y que la posibilidad de identificar malformaciones del arco aórtico sea menor.

Con el presente estudio se pretende aportar las dimensiones de los diferentes segmentos aórticos durante el periodo de desarrollo fetal que comprende las semanas 13 a 20 de gestación, con la finalidad de establecer las bases morfométricas para mejorar el diagnóstico de las anomalías que se presentan en este segmento del corazón.

OBJETIVO

OBJETIVO GENERAL

1. Determinar la morfometría de la aorta fetal, en el corazón normal de fetos con edad morfológica comprendida dentro de las semanas 13 a 20 de gestación.

OBJETIVOS ESPECIFICOS

1. Establecer, mediante técnicas morfológicas las dimensiones de la aorta ascendente, del arco aórtico, del istmo aórtico, de la aorta descendente y del conducto arterioso del corazón normal de fetos cuyas edades morfológicas se determinen entre las semanas 13 y 20 de gestación.
2. Analizar el crecimiento diferencial de los segmentos aórticos, durante el período prenatal que comprende las semanas 13 y 20 de gestación.

MATERIAL Y MÉTODO

MATERIAL Y MÉTODOS

Lugar donde se Desarrolló el Estudio

El presente proyecto se realizó en el laboratorio de Biología del Desarrollo y Teratogénesis Experimental del Hospital Infantil de México "Dr. Federico Gómez" en colaboración con la Unidad de Investigación Médica de Epidemiología Clínica del Hospital de Pediatría del Centro Médico Nacional Siglo XXI y la Universidad Panamericana.

Diseño: Transversal Descriptivo.

Universo de Estudio: 768 fetos humanos normales de edad morfológica entre 13 y 20 semanas, provenientes de la Embrio-Fetoteca del Hospital Infantil "Dr. Federico Gómez", seleccionados de abortos espontáneos desde julio de 1989 a marzo de 2001.

Unidades de Estudio: 103 corazones normales de fetos humanos.

Criterios de selección para los fetos

❖ Inclusión

1. Fetos normales con edad morfológica de 13 a 20 semanas.
2. Sin malformaciones congénitas aparentes.
3. Con crecimiento armónico.
4. En excelente estado de conservación.

❖ No Inclusión

1. Fetos con cardiopatía congénita detectada al momento de hacer la disección.

Criterios de selección para los corazones

❖ Inclusión

1. Corazones fetales sin cardiopatía congénita.
2. Corazones en buen estado de conservación.

❖ No Inclusión

1. Corazones en los que la medición completa no fue posible realizarlas.

Variables

Edad fetal

Definición conceptual: Tiempo aproximado que ha transcurrido desde la fecundación hasta la fecha de nacimiento, que es estimada por características cualitativas y cuantitativas.

Definición operacional: Tiempo aproximado que ha transcurrido desde la fecundación hasta el momento de la muerte fetal, para determinar la edad fetal es necesaria la evaluación de los diferentes segmentos del feto que incluyen; peso, longitud coronilla-rabadilla, longitud del fémur, longitud de la mano, longitud del pie, perímetro cefálico, perímetro torácico, perímetro abdominal y diámetro biparietal^{29,42,43}. Se expresa en semanas terminadas y se clasifican por semanas de gestación.

Escala de medición: intervalo.

Indicador: semanas de gestación.

Crecimiento armónico

Definición conceptual: Conjunto de estados sucesivos por los que pasa un organismo, con un grado mayor o menor de aumento en el tamaño o forma con una adecuada proporción entre sus partes y elementos²⁹.

Definición operacional: Será determinado por la exploración de las características cualitativas y cuantitativas externas de los diferentes segmentos fetales, debiendo mantener una relación adecuada en la proporción, forma y tamaño de las estructuras de acuerdo a la edad fetal en la que se encuentre el feto^{29,42,43}.

Escala de medición: nominal, dicotómica.

Indicador: crecimiento armónico, crecimiento disarmónico.

Anomalía morfológica congénita

Definición conceptual: Es una anomalía estructural mayor o menor presente al nacimiento, que puede ser de cuatro tipos: malformación, disrupción, deformación y displasia. Se considera malformación a la presencia de un defecto morfológico en un órgano o en una región del cuerpo, como resultado de un desarrollo anormal intrínseco en el proceso del desarrollo. Displasia es la organización anormal de las células de un tejido resultado de una anomalía en la histogénesis. Disrupción es el defecto morfológico de un órgano, o de una región del cuerpo como resultado de la interferencia de un proceso normal del desarrollo. Deformación es la forma o posición anormal ocasionada por factores mecánicos ⁴⁴.

Definición operacional: a cada uno de los fetos analizados se les buscarán intencionadamente anomalías morfológicas externas, craneofaciales, tronco, abdomen extremidades, óseas, etc, así como anomalías morfológicas internas y externas del corazón.

Escala de medición: nominal, dicotómica.

Indicador: presencia, ausencia de anomalía morfológica.

Morfología del corazón fetal

Definición conceptual: es el estudio de la forma del corazón, que requiere el análisis segmentario del órgano.

Definición operacional: se efectuara el análisis segmentario del corazón, determinando la normalidad en la forma, localización y distribución de cada uno de los segmentos cardiacos.

Morfometría de la aorta fetal

Definición conceptual: estudio de las dimensiones externas e internas de la aorta.

Definición operacional: será determinada por las siguientes mediciones realizadas en milímetros:

- a) Diámetro del conducto arterioso
- b) Diámetro aorta ascendente
- c) Diámetro arco aórtico
- d) Diámetro istmo aórtico
- e) Diámetro aorta descendente

Escala de medición: cuantitativa continua.

Equipo

- ❖ Báscula digital de precisión Chyo JL-180 con escala hasta miligramos
- ❖ Cámara fotográfica digital Coolpix 990
- ❖ Cámara fotográfica Nikon F-3 de 35 mm
- ❖ Computadora PC Lanix
- ❖ Equipo fotográfico Multiphot Nikon para macro-microfotografía
- ❖ Impresora de inyección de tinta Hewlett Packard Deskjet 500
- ❖ Lámpara auxiliar de microscopía de fibra óptica
- ❖ Lupa con luz fluorescente
- ❖ Microscopio estereoscópico binocular SMZ-10 Nikon, con ocular micrométrico
- ❖ Regla graduada en mm.
- ❖ Diskettes para computadora de 3.5" (12 unidades)

Instrumental

- ❖ Calibrador Vernier de plástico con escala de décimas de mm.
- ❖ Pinzas de disección de 4" con punta curva.
- ❖ Pinzas de disección de 4 ½" con punta recta.
- ❖ Pinzas de punta extrafina recta del No. 5(2).
- ❖ Instrumental de micro disección.
- ❖ Tijeras.

Cristalería

- ❖ Cajas de Petri de 6 cm de diámetro.

- ❖ Frascos de cristal de 100ml, 250ml, 500ml, 1000ml.
- ❖ Garrafón de 20 Lt para formol.

Reactivos y otros materiales

- ❖ Formol al 40%
- ❖ Agua destilada.
- ❖ Guantes quirúrgicos 7 ½.
- ❖ Cubrebocas.
- ❖ Fosfatos.

Descripción general del estudio

Los corazones de fetos humanos examinados se obtuvieron de la Embrio-Fetoteca del Hospital Infantil de México "Dr. Federico Gómez" de la SSA, que han sido recopilados de abortos espontáneos desde julio de 1989. Se eligieron los fetos que se encontraron entre la semana 13 y 20 de gestación, normales y en excelente estado de conservación; íntegros, bien hidratados, sin laceraciones, no deformado, sin edemas ni hematomas. No se incluyeron productos con anomalías morfológicas externas o internas (cardiopatía congénita), ni los obtenidos por embarazo ectópico o embarazo múltiple.

Todos los fetos fueron fijados en formol-buffer al 10%. La edad gestacional de los fetos se determinó de acuerdo a tablas mexicanas de somatometría fetal, ya publicadas.^{35,69,70}

Análisis cualitativo. Una vez abierto el tórax se valoró *in situ* el bloque cardiopulmonar, analizando la forma, el tamaño, relaciones y características morfológicas externas del corazón, pulmones y grandes arterias. Se hizo el registro fotográfico de varios especímenes para ejemplificar el crecimiento aórtico. A continuación se extrajo el bloque cardiopulmonar completo, al que se le hizo una valoración cualitativa y cuantitativa, utilizando una lupa simple de magnificación microscopio fotónico estereoscópico y ocular micrométrico de medición, se analizó nuevamente la forma, tamaño, relaciones y características morfológicas externas del bloque, pero considerando además las caras posterior, inferior y laterales. Utilizando pinzas de disección finas y tijeras de iris se separó al corazón de los pulmones, con especial cuidado de no desgarrar

ninguna de las estructuras y de identificar perfectamente las venas cavas superior e inferior y las venas pulmonares antes del corte. Toda esta disección se hizo bajo una lupa de magnificación o con un microscopio estereoscópico. Una vez separado el corazón se valoró el tamaño, forma y relaciones de los segmentos atrial, ventricular y arterial teniendo en cuenta sus tamaños relativos: para esto se identificaron perfectamente los surcos externos del corazón y los vasos coronarios que nos sirven como punto de referencia. En cuanto al segmento arterial, se valoró cuidadosamente el tronco y cada una de las ramas de la arteria pulmonar, así como la aorta ascendente, arco aórtico istmo, y aorta descendente.

Para llevar a cabo la disección se realizó la siguiente técnica:

1. Corte sobre el atrio derecho de la vena cava inferior hasta la punta de la aurícula derecha.
2. De la cara posterior del atrio derecho hasta el ápex del ventrículo derecho, pasando por la válvula tricúspide.
3. Del ápex del ventrículo derecho a la arteria pulmonar (hasta el punto de bifurcación de las ramas), pasando por el infundíbulo y la válvula pulmonar.
4. Corte sobre la cara posterior del atrio izquierdo de la vena pulmonar inferior derecha hasta la vena pulmonar inferior izquierda.
5. De la cara posterolateral del atrio izquierdo hasta el ápex del ventrículo izquierdo, pasando por la válvula mitral.
6. Del ápex del ventrículo hasta al arco aórtico, pasando por la valva aórtica y la aorta ascendente.

Análisis cuantitativo. Valiéndose de un ocular micrométrico de medición adaptado al microscopio estereoscópico se hizo la valoración cuantitativa del corazón, de los siguientes porciones de la aorta: (Figura 1).

1. Diámetro del conducto arterioso: diámetro externo del conducto arterioso en el plano frontal, aproximadamente a mitad de la distancia de su unión con la aorta y las ramas pulmonares.
2. Diámetro de la aorta ascendente: diámetro externo de la aorta ascendente en el plano frontal, al nivel de su tercio medio.
3. Diámetro arco aórtico: diámetro externo del arco aórtico en el plano frontal, en la región comprendida entre el origen del tronco braquiocefálico derecho y la carótida izquierda.
4. Diámetro istmo aórtico: diámetro externo del istmo aórtico en el plano frontal, justo antes de la unión del conducto arterioso a la aorta.
5. Diámetro aorta descendente: diámetro externo de la aorta descendente en su porción torácica.

Estandarización de la Técnica

Todas las mediciones fueron realizadas por un sólo observador capacitado en morfometría cardíaca (EHC), cada estructura se midió en tres ocasiones siendo el promedio de las tres, el que se registró en la base de datos.

Para realizar las mediciones externas, se utilizaron dos instrumentos, el calibrador Vernier y el ocular micrométrico. Las mediciones correspondientes a la longitud mayor del corazón, la longitud auricular y ventricular en su plano sagital y frontal, fueron hechas con el vernier, independientemente de la edad gestacional. De esta forma todos los especímenes fueron evaluados con el mismo instrumento. No fue posible realizar estandarizar la técnica para determinar el perímetro de la válvula aórtica, debido al tamaño de las estructuras; el cual era tan pequeño, que incluso, utilizando los hilos más delgados para adherirlos a la superficie de la válvula y delimitar su contorno generaba un gran margen de error; por tanto decidimos no incluir la medición de esta estructura.

Para la evaluación del peso del corazón se calibró la báscula , en un mismo día, se realizó el registro del peso de todos los corazones, inmediatamente después de su extracción del formol, y colocados en una gasa.

Una vez estandarizada la técnica de medición, se determinó la variabilidad intraobservador, mediante el coeficiente de correlación intraclase. Para esta fase se eligieron 25 corazones, cada segmento de la aorta se midió en tres ocasiones, en tiempos diferentes. Los resultados de la correlación fueron los siguientes:

Medición	r	IC 95%	p
Peso del corazón	0.99	0.98 – 0.99	0.001
Longitud mayor del corazón	0.98	0.97- 0.99	0.001
Diámetro de la Aorta Ascendente	0.97	0.95 – 0.98	0.001
Diámetro del Arco aórtico	0.98	0.96 – 0.99	0.001
Diámetro del Istmo aórtico	0.97	0.96 – 0.99	0.001
Diámetro del Conducto arterioso	0.92	0.86 – 0.96	0.001

r = coeficiente de correlación. IC95%: intervalo de confianza al 95% de r.

Con estos resultados se concluyó que el evaluador era consistente en sus mediciones. Posteriormente, para determinar la confiabilidad de las diferentes mediciones, se compararon con las realizadas por el morfológico experto en Cardiología Pediátrica (MAM). Para este propósito se evaluó la variabilidad interobservador con la medición de 15 corazones y aortas. Se calculó la concordancia interobservador mediante el coeficiente de correlación intraclass y se obtuvieron los siguientes resultados:

Medición	r	IC 95%	p
Peso del corazón	0.99	0.98 – 0.99	0.001
Longitud mayor del corazón	0.99	0.99 – 1.00	0.001
Diámetro de la Aorta Ascendente	0.98	0.89 – 0.99	0.001
Diámetro del Arco aórtico	0.99	0.92 – 0.99	0.001
Diámetro del Istmo aórtico	0.97	0.75 – 0.99	0.001
Diámetro del Conducto arterioso	0.99	0.94 – 0.99	0.001

r = coeficiente de correlación. IC95%: intervalo de confianza al 95% de r.

Con estos resultados se concluyó que las mediciones realizadas por el evaluador eran consistentes y confiables, por lo que se continuó con la medición del resto de los corazones.

Análisis estadístico

Para la estadística descriptiva se utilizó estadística no paramétrica, porque la variable no presentó una distribución normal, por ello utilizamos la mediana como medida de tendencia central , y percentiles como medida de dispersión. Para la correlación de los diversos segmentos en relación a la edad gestacional se aplicó R de Spearman. Para evaluar la concordancia intraobservador e interobservador se empleó el coeficiente de correlación intraclass.

RESULTADOS

RESULTADOS

De los 108 fetos normales seleccionados para el estudio; se excluyeron cinco: dos que durante la disección de los corazones se laceraron algunas estructuras que serían medidas, y en los tres restantes, se encontró que los corazones tenían cardiopatía congénita, específicamente comunicación interauricular. De esta forma sólo se incluyeron 103 fetos con corazones normales, de los que 57 fueron del sexo masculino y 46 del sexo femenino, hubo entre diez y 19 fetos por semanas de gestación, siendo en la semana 19 donde hubo el mayor número. La mediana de la edad gestacional fue 16.5 semanas.

La somatometría correspondiente al peso, talla, perímetro cefálico y longitud del fémur de los 103 fetos incluidos se describen en el Cuadro 1. El peso fue desde 75.25 mg hasta 499.35 mg, la talla varió de 94.50 mm hasta 174.50 mm, el perímetro cefálico de 112.50 mm ha 203.00 mm y la longitud del fémur de 30.20 mm hasta 58.50 mm.

Las características generales de los corazones que describen el peso y la longitud mayor del corazón por semana de gestación se presentan en el Cuadro 2, encontrando que el peso del corazón fluctuó de 0.54 mg hasta 4.69 mg y la longitud mayor del corazón osciló de 13.0 mm ha 26.75 mm.

Evaluación de las dimensiones de la Aorta

En todos los corazones se determinó el diámetro de la aorta ascendente (AA), diámetro del arco aórtico (AO), diámetro del istmo aórtico (IA), el diámetro de la aorta descendente (AD) y el diámetro del conducto arterioso (CA). Los

diámetros correspondientes por cada semana de gestación se expresan en el Cuadro 3. Los percentiles de crecimiento correspondientes a cada estructura se muestran en las graficas 1-4. Se observa que la mayoría de los diámetros incrementan su tamaño en forma lineal con relación a la edad morfológica. Sin embargo, en las mediciones efectuadas en el conducto arterioso se encontró gran variabilidad en los productos de la misma edad, por lo que para algunas semanas de gestación, como en el caso de las semanas 14 y 15 pareciera que el tamaño, en lugar de incrementar, disminuye entre una semana y otra.

Se estimó la correlación del tamaño de cada una de los diámetros de las diferentes estructuras de la aorta con la edad morfológica; los datos obtenidos fueron: AA, $r = 0.89$; AO, $r = 0.89$; IA, $r = 0.87$ y; AD, $r = 0.89$; CA, $r = 0.80$.

Por otro lado, se determinó el crecimiento de los diámetros de cada segmento a partir de la mediana por semana de gestación. Así, entre la semana 13 y 20 de gestación, el diámetro de la AA se incrementa en promedio 0.29 mm por semana y; considerando el valor inicial y final, este segmento creció el doble (100%). Mientras que el AO incrementa 0.26 mm por semana, creciendo 97% de su valor basal. El IA, 0.23 mm por semana; con un crecimiento global del 106%. Y, por último, la AD se incrementa 0.22 mm, correspondiendo en el 91% del valor inicial. Teniendo en mente la variabilidad de las dimensiones del CA ya descritas, su crecimiento en promedio fue de 0.15 mm por semana; con incremento del 104%.

Se calcularon las proporciones de las dimensiones de los diferentes segmentos de la aorta por semana de gestación (Cuadro 4). La proporción para todas las semanas de gestación del arco aórtico y la aorta ascendente fue de 0.97 en el 95% fluctuando de 0.65 a 1.07 llegando a ser igual o mayor en 5

casos, con una mediana de 0.86. La relación del diámetro del istmo con el diámetro de la aorta ascendente tuvo una mediana de 0.70, oscilando de 0.50 hasta 0.88; 92% de los casos tenían valor igual o menor a 0.81. La proporción de la aorta ascendente y la aorta descendente, en el 99% de los casos varió de 1.03 hasta 1.67 a favor de la aorta ascendente, con una mediana de 1.28, solo en dos casos la aorta descendente fue igual o mayor. En cuanto a la proporción de la arco aórtico y la aorta descendente, encontramos que el arco es mayor en el 75%; igual en el 10%, con una mediana de 1.11, oscilando de 0.79 a 1.45. La relación istmo aórtico y aorta descendente en el 81% fue de 0.97 siendo en 19 casos igual o mayor el istmo, fluctuando los valores 0.59 – 1.19, solo en el 21.5% la relación fue menor o igual a 0.81, con una mediana 0.90. Referente a el conducto arterioso y el istmo la proporción varió de 0.43 a 1.19 a favor del istmo, solo en 9 casos el conducto fue igual o mayor, la mediana fue de 0.76.

DISCUSIÓN

DISCUSIÓN

En el presente estudio, las dimensiones de los diferentes segmentos de la aorta normal de fetos humanos se decidió presentar en percentiles por semana gestación, de la semana 13 a la 20. Al utilizar percentiles de crecimiento aórtico pretendemos facilitar el uso de la información, para que sea de mayor aplicación en la clínica y de esta manera al establecer límites de normalidad, se mejore la precisión diagnóstica en la patología aórtica.

Para lograr fundamentar que nuestras medidas pueden ser consideradas como un marco de normalidad, todos los fetos fueron escrupulosamente analizados y medidos para poder ser calificados como normales y así mismo clasificarlos de acuerdo a la edad gestacional que le correspondía en base a tablas de crecimiento fetal normal ^{29,42,43}. En otros estudios no se ha tenido cuidado de incluir solo fetos normales, tampoco se ha dado interés en clasificarlos con parámetros específicos, que avalen la edad gestacional morfológica, sino que esta, ha sido en base a la edad menstrual, la que es habitualmente imprecisa, en otros más, la clasificación se ha hecho en base al peso fetal, lo que sin duda muestra una amplia variación, y ha sido considerado como un error en cuanto al estudio del feto se refiere ^{25-28,30}.

Nuestras medidas de la aorta ascendente, el arco aórtico, istmo aórtico y aorta descendente y el conducto arterioso muestran un crecimiento lineal con relación a la edad gestacional. Esta observación es consistente con estudios previos realizados en autopsias, en periodos de gestación a mayores a 21 semanas ³⁰, y en estudios realizados por ecocardiografía en semanas de

gestación equivalentes ⁴⁵⁻⁴⁶. Consideramos importante mencionar que en la literatura no encontramos datos referentes a las dimensiones de la aorta de fetos con en edad gestacional menor a 20 semanas, siendo nuestro estudio uno de los primeros en reportarlo.

El diámetro de la aorta ascendente fue mayor al de la aorta descendente, encontrándose la relación en 1.28, en base a la mediana, este predominio de la aorta ascendente está de acuerdo con lo observado por Angelini en fetos mayores, refiriendo que la aorta descendente fue un 20% más pequeña que la aorta ascendente ³⁰. También Álvarez reportó este predominio en fetos a término, sin haber informado la diferencia en proporciones ²⁶.

A partir de la información obtenida observamos que en etapas tempranas del desarrollo fetal, la relación entre el istmo y la aorta descendente varía de 0.59 - 1.19; y entre el istmo y la aorta ascendente oscila entre 0.50 - 0.88, dato que es congruente con otros estudios postmortem realizados por Van Meurs-Van Woezik y cols ²⁵, quienes relacionaron los segmentos del arco aórtico y el crecimiento del feto en productos mayores de 21 semanas, observando un estrechamiento significativo en 10 de 21 casos, con una relación del istmo y la aorta descendente que variaba de 0.24 a 0.56. Sin embargo en los restantes la relación excedía al 0.60. Angelini y cols. ³⁰ también demostraron una diferencia significativa en el tamaño del istmo en relación a otros segmentos en las medidas realizadas postmortem; el istmo fue 25% más pequeño que la aorta descendente lo que nos permite afirmar, que hasta ahora el parámetro arbitrario determinado, que establece que proporciones menores a 0.81, involucran patología del arco aórtico, al parecer en la vida prenatal no es aplicable

Al correlacionar nuestros datos con los estudios ecocardiográficos reportados en la literatura encontramos lo siguiente: nuestras mediciones morfométricas indican que; la media de los radios entre el istmo aórtico y la aorta descendente fue de 0.90 y la del istmo y la aorta ascendente de 0.70; lo que difiere con las medidas obtenidas por ecocardiografía por Honberger y cols.⁴⁵ reportando que la media de los radios entre el istmo aórtico y la aorta descendente fue de 0.73, y del istmo y la aorta ascendente fue de 0.90. Sin embargo en esta serie de mediciones se incluyeron el total de las edades estudiadas (16 a 38) presentando solo el promedio global, no se especifico cual fue la relación en las diferentes semanas de gestación. Por otro lado al comparar nuestras mediciones con las realizadas por ecocardiografía y extrapolar los datos a través de la curva de regresión presentada por Achiron y cols.⁴⁶, encontramos que las medidas obtenidas por morfometría son generalmente mayores entre 1 a 1.5mm en relación al arco y el istmo aórtico. Angelini y cols.³⁰ también expresaron que las medidas ecocardiográficas obtenidas de 20 fetos humanos, fueron consistentemente mayores a las morfométricas. De igual forma esta situación ya había sido advertida por Van Meurs-Van Woezik²⁵ en relación al diámetro de la válvula aórtica, en donde observaron que este era constantemente mayor en 2mm en productos mayores de 25 semanas. La medición de esta estructura no fue posible realizarla en el grupo de corazones analizados, por la dificultad técnica que implica su tamaño pequeño y localización, lo que representaba un gran margen de error, motivo por el cual no fue incluida, aunque reconocemos que hubiera sido de gran utilidad.

En nuestra opinión, la discrepancia entre los valores morfométricos y los ecocardiográficos, es consecuencia de una mayor variación en las medidas realizadas por ecocardiografía, debido a la serie de factores que influyen al momento de hacer la medición como son; la dirección del haz del ultrasonido, fase del ciclo cardíaco en el que se realicen las mediciones, movilidad fetal etc. Otros autores sugieren que las divergencias pueden deberse al resultado de la alteración en la estructura de los vasos por la técnica de fijación ⁴⁵, sin embargo se conoce que la técnica de fijación disminuye el volumen de las estructuras y por tanto esperaríamos que las medidas por morfometría fueran menores, siendo hasta el momento a la inversa. Tal vez de mayor trascendencia sería el lograr determinar el factor de corrección entre estas dos técnicas de medición que nos permitan conocer las dimensiones reales.

El conocimiento de la circulación fetal deriva primordialmente de modelos animales realizados en corderos. Por medio de estos se ha considerado que el diámetro del istmo aórtico es solo el 70% del resto de la aorta, incluso se ha dicho que su diámetro es menor al del conducto arterioso y que las arterias pulmonares son más estrechas ². No obstante por ecocardiografía fetal se ha observado que el istmo y las arterias pulmonares son considerablemente mayores, lo que no corresponde al flujo hipotético basado en las medidas de fetos de corderos ^{30, 35, 45, 46}. Con el advenimiento de la ecocardiografía fetal ha sido posible estudiar los flujos a través de los diferentes segmentos del corazón desde etapas muy tempranas de la gestación, se conocen las dimensiones de la arterias aorta y pulmonar a nivel del anillo valvular en algunas semanas de gestación, *sin embargo estas no han sido comparadas con los datos*

morfométricos en virtud de que aun no se ha realizado la medición de las distintas estructuras en las diferentes semanas de gestación.

Nuestros datos demuestran que el diámetro del conducto corresponde solo al 0.75 del istmo aórtico lo que concuerda con los estudios de Angellini y cols³⁰, basados en ecocardiografía que demostraron un diámetro pequeño del conducto arterioso en relación al istmo, lo que podría sugerir que en el feto humano los vasos braquiocefálicos reciben una gran proporción de el gasto del ventrículo izquierdo, resultando en una proporción menor en el diámetro del istmo aórtico en relación con la aorta descendente. Dato que apoya que evidentemente la distribución de la circulación fetal no es semejante a la reportada en modelos animales.

Otro dato que observamos en relación al conducto arterioso fue que, a pesar de mantener un crecimiento lineal, existe una gran variabilidad en las dimensiones del mismo a través de las diferentes semanas de gestación, este dato es coherente con los hallazgos reportados en la el tercer trimestre del periodo prenatal y en la vida postnatal, en donde se mencionan diferencias en la forma, longitud y dimensiones del conducto en sujetos de la misma edad².

Las lesiones cardiocirculatorias en las cardiopatía congénita no son estáticas, sino deben considerarse como procesos dinámicos que cambian o evolucionan desde la vida prenatal. La asistencia apropiada de estos pacientes requiere conocimientos anatómicos y funcionales de la lesión.

Hasta ahora las relaciones existentes entre el diámetro de la aorta ascendente, descendente y el istmo aórtico que permitían realizar el diagnóstico de coartación aórtica, estaban basadas en el promedio de las mediciones realizadas a lo largo del segundo y tercer trimestre de gestación, y

en los datos obtenidos en la vida postnatal. Con el presente estudio nosotros encontramos que estas relaciones no son aplicables al segundo trimestre, ya que la magnitud de crecimiento en las distintos segmentos es diferente. Se observa que al crecer más el istmo (106%), que la aorta descendente (91%) y la aorta ascendente (100%), se produce una variación en la proporción de las relaciones entre estas estructuras. Esta se modifica a través de las diferentes semanas de gestación, lo cual indudablemente afecta los criterios morfométricos para el diagnóstico prenatal de la patología aórtica. Nuestro estudio proporciona las relaciones a través de las semanas 13 a 20, lo que permitirá tener mayor precisión diagnóstica. El análisis cuantitativo de los segmentos de la aorta pueden ser de gran ayuda, en la evaluación de la severidad y progresión de la patología cardíaca en el desarrollo in útero de estos segmentos. Por consiguiente ayudará en el diagnóstico certero de ciertos defectos cardíacos congénitos. Lo que permitirá proporcionar el adecuado manejo perinatal para el nacimiento del neonato, mejorando la morbi-mortalidad en este grupo de pacientes.

CONCLUSIONES

CONCLUSIONES

- 1.- La aorta ascendente, el arco aórtico, istmo aórtico, aorta descendente y el conducto arterioso muestran un crecimiento lineal con relación a la edad gestacional.
- 2.- La magnitud de crecimiento en las distintos segmentos es diferente, observando que el istmo incrementa 106%, la aorta descendente 91% y la aorta ascendente 100%.
- 3.- El diámetro de la aorta ascendente fue mayor al de la aorta descendente, encontrándose la relación en 1.28, en base a la mediana.
- 4.- La relación entre el istmo y la aorta descendente varía de 0.59 - 1.19; y entre el istmo y la aorta ascendente oscila entre 0.50 - 0.88, lo que nos permite afirmar, que hasta ahora el parámetro arbitrario que establece que proporciones menores a 0.81, involucran patología del arco aórtico, al parecer en la vida prenatal no es aplicable.
- 5.- Las medidas obtenidas por morfometría son generalmente mayores entre 1 a 1.5mm en relación al arco y el istmo aórtico, en comparación con las registradas por ecocardiografía.
- 6.- El diámetro del conducto corresponde solo al 0.75 del istmo aórtico .

BIBLIOGRAFÍA

BIBLIOGRAFÍA

1. Arteaga M, Maitre MJ, García-Peláez I, González de Vega C, Quero M. Anatomía y fisiología normal del corazón. En: *Cardiología Pediátrica*. Julio Ardua Fernández (ed). Ediciones CEA, SA. Madrid, 1987. p. 1.
2. Baño A, Quero M, Antúnez ML. Anatomía cardíaca. En: *Cardiología Pediátrica. Clínica y Cirugía*. Tomo I. Pedro A. Sánchez (ed). Salvat Editores SA. Barcelona, 1986. p. 32.
3. Arteaga M, Fernández R. *Cardiopatías Congénitas. Diagnóstico Morfológico*. Ediciones Norma SA. Madrid, 1986.
4. Moore K, Persaud TV, *Embriología Clínica*. 6ª edición. Ed. Mc Graw-Hill. México 1999.
5. Kirklin JW, Barrat-Boyes BG. *Anatomy and Terminology*. En: *Cardiac Surgery. Morphology, Diagnostic Criteria, Natural History, Techniques, Results, and Indications*. John Wiley & Sons, Inc. USA, 1986. p. 3.
6. García-Peláez I. Desarrollo embriológico normal. En: *Cardiopatías Congénitas. Diagnóstico Morfológico*. Arteaga M & Fernández R. Ediciones Norma SA. Madrid, 1986. p. 107.
7. Bizot J: Recherches sur le coeur et le système artériel chez l'homme. *Mém Soc Méd d'observation Paris* 1837; 1: 562.
8. Falk A. *The growth of the child's heart related to age: Dissertation*, St. Petersburg, 1901.
9. Bardeen CR. Determination of the size of the heart by means of the X-rays. *Am J Anat* 1918; 23: 423.
10. Coppoletta JM, Wolbach SB. Body length and organ weights of infants and children; study of body length and normal weights of more important vital organs of body between birth and twelve years of age. *Am J Path* 1933; 9: 55.
11. Bazzocchi A. Ati per lo studio dell'anatomia quantitativa. *Arch Ital Anm e Embriol*. 1935; 34: 265.

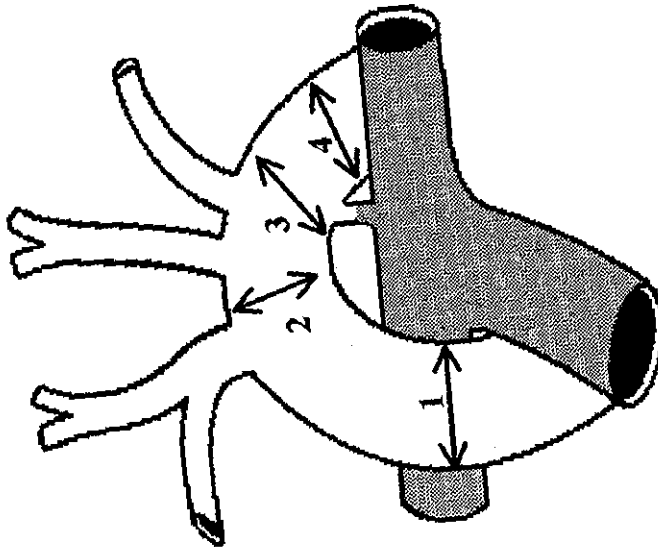
12. Giordano. Zur Kenntnis der Körpermasse und der Organgewichte bei Feten und Neugeborenen, it besonderer Berücksichtigung ihrer Entwicklung in den letzten Monaten des intrauterinen Lebens. Arch Path Anat 1938: 301: 380.
13. Grant RP, Downey FM, MacMahon H. The architecture of the right ventricular outflow tract in the normal human heart and in the presence of ventricular septal defect. Circulation 1961; 24: 223.
14. De la Cruz MV, Anselmi G, Romero A, and Monroy G. A qualitative and quantitative study of the ventricles and great vessels of normal children. Am Heart J 1960; 60: 675.
15. Rowlatt VF, Rimoldi HJA, Lev M. The quantitative anatomy of the normal child's heart. Pediatric Clin N Am 1963; 10: 499.
16. Amoedo M, Boleri A. Estudio anatómico de 115 corazones normales. Arch Inst Cardiol Mex 1978; 48: 67.
17. Ultan LB, Segal BL, Likoff W. Echocardiography in congenital heart disease. Am J Cardiol 1967, 19:74.
18. Gramiak R, Shah PM, Kramer DH. Ultrasound cardiography: Contrast studies in anatomy and function. Radiology 1969;92: 939.
19. Hirata T, Wolfe SB, Popp RL, Helmen CH, Feigenbaum H: Estimation of left atrial size using ultrasound. Am Heart J 1969;78:43.
20. Troy BL, Pombo JF, Rackley CE. Ultrasonic measurements of left ventricular wall thickness and mass. Circulation 1970;42 (suppl III): 38.
21. Solinger R, Minhas K. Echocardiography in the Normal Neonate. Circulation 1973; 47:108.
22. Valtorta F. Ricerche sullo sviluppo dei visceri del feto. La individualità nel neonato. II Nota anatomica. Ann Obstet e Ginec 1909;31:673.
23. Sinha SN, Kardatzke ML, Cole RB, Muster HU, Paul MH. Coarctation of aorta in infancy. Circulation 1969; 50: 385.

24. McNamara DG. Coarctation-course and prognosis in infancy and childhood. En: The Natural History and Progress in Treatment of Congenital Heart Defect. Kidd BSL & Keith JD (ed). 1971: 267.
25. Van Meurs-Van Woezik H, Klein HW, Krediet P. Normal internal calibres of ostia of great arteries and of aortic isthmus in infants and children. *Br Heart J* 1977; 39: 860.
26. Alvarez L, Aránega A, Saucedo R, Contreras JA. The quantitative anatomy of the normal human heart in the fetal and perinatal life. *Inter J Cardiol* 1987; 17: 57.
27. Alvarez L, Saucedo R, Contreras J.A. López F, Aránega A. Morphometric data concerning the great arterial trunks and their branches. *Inter J Cardiol* 1990; 29: 127.
28. Alvarez L, Saucedo R, Contreras JA, López F, Aránega MA. Morphometric data on the arterial duct in the human fetal heart. *Inter J Cardiol* 1991; 337.
29. Elejalde BR, Elejalde MM. Análisis antropométrico del feto humano *in útero*. En: Carrera JM ed. Crecimiento Fetal Normal y Patológico. Editorial Masson SA, Barcelona, 1997. p.189.
30. Angelini A, Allan LD, Anderson RH, Crawford DC, Chita DK, Yen Ho S. Measurements of dimensions of the aortic and pulmonary pathways in the human fetus: a correlative echocardiographic and morphometric study. *Br Heart J* 1988; 60: 221.
31. Edler I, Hertz CH. Use of ultrasonic reflectoscope for the continuous recording of movements of heart walls. *Kungl Fysiogr sällsk Lund forhandl* 1954; 24:5.
32. Sahn DJ, Sahn DJ, Lange LW, Allen HD, Goldberg S.J, Anderson C, Giles H, Haber K. Quantitative Real-time Cross-sectional Echocardiography in the Developing Normal Human fetus and Newborn. *Circulation* 1980; 62:588.
33. Lange LW, Sahn DJ, Allen HD, Goldberg S.J, Anderson C, Giles H, Haber K. Qualitative Real-time Cross-sectional Echocardiographic Imaging of the Human Fetus During the Second Half of Pregnancy. *Circulation* 1980; 62: 799-806.
34. Allan LD, Joseph MC, Boyd EG, Campbell S, Tynan M. M-mode echocardiography in the developing human fetus. *Br Heart J* 1982;47: 573.

35. Maitre MJ, Fernández L, López M. Diagnóstico cardiológico prenatal. *Rev Esp Cardiol* 1993; 46 (suppl 2): 3.
36. Leandro I, Blandón R, Acuña EL. Ecocardiografía fetal en el 2º y 3º trimestre de la gestación. *Rev Med Panamá* 1978; 3: 280.
37. Sharland G, Chan K, Allan L. Coarctation of the aorta: Difficulties in prenatal diagnosis. *Br Heart J* 1994; 71: 70.
38. Papa M, Camesasca Ch, Santoro F, Zoia E, Fregasso G, Giannico S, Chierchia S. Fetal echocardiography in detecting anomalous pulmonary venous connection: Four false positive cases. *Br Heart J* 1995; 73: 355.
39. Oberhoffer R, Cook A, Labg D, Sharland G, Allan L, Fagg N, Anderson R. Correlation between echocardiographic and morphological investigations of lesions of the tricuspid valve diagnosed during fetal life. *Br Heart J* 1992; 68: 580.
40. Tynam MJ. Pre and postnatal implications of fetal cardiology. En: mesa Redonda. *Fetal Cardiology: A new perspective of pediatrics*. 19 Congreso Internacional de Pediatría, París 1989.
41. Jonas R. Low Flow cardiopulmonary bypass versus hypothermic arrest. En: Biennial Meeting of Society of Pediatric Cardiac surgery Aldo Castañeda. Boston 1990.
42. Arteaga M, García-Peláez I, Herrera P, Errasti T, Chavira S, Saavedra D. Antropometría fetal normal de la 9ª a 20ª semanas del desarrollo. *Perinat Reprod Hum*. 1997; 11: 21.
43. Herrera P, García-Peláez I, Chavira S, Saavedra D, Arteaga M. Variables cualitativas del desarrollo humano normal de la 9ª a 20ª semanas de gestación. *Perinat Reprod Hum* 1997; 11: 152.
44. Spranger J, Bernirschke K, Hall JG, Lenz W, Lowry RB, Opitz JM, et al. Errors of morphogenesis: Concepts and terms. Recommendations of an International Working Group. *Pediatrics* 1982; 100: 160.
45. Hornberger LK, Weintraub RG, Pesonen E, Murillo-Olivas A, Simson IA, Sahn C, Hagen-Ansert S, Sahn DJ. Echocardiographic study of the morphology and growth of the aortic arch in the human fetus. *Circulation* 1992; 86:741.

46. Achiron R, Zimand S, Hegesh J, Lipitz S, Rotstein Z. Fetal aortic arch measurements between 14 a 38 weeks' gestation: *in- utero* ultrasonographic study. *Ultrasound Obstet Gynecol* 2000; 15: 226.

MORFOMETRÍA DE LA AORTA FETAL



1. Aorta Ascendente
2. Arco Aórtico
3. Istmo Aórtico
4. Aorta Descendente

ESTA TESIS NO SALE
DE LA BIBLIOTECA

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

CUADROS Y GRÁFICAS

Cuadro 1. Características de los fetos incluidos

Variable	Edad morfológica	N	Percentiles				
			10	25	50	75	90
Peso (gramos)	13	12	61.51	66.12	75.25	93.37	104.65
	14	12	89.45	105.55	111.50	125.02	171.25
	15	10	144.75	152.62	166.00	176.85	182.70
	16	11	191.60	195.00	211.00	225.50	248.80
	17	11	242.00	254.00	264.00	283.00	305.00
	18	14	276.25	310.75	318.00	352.50	412.10
	19	19	356.00	382.00	406.00	437.00	449.00
	20	14	417.50	460.37	499.35	533.50	578.50
Talla (mm)	13	12	87.61	93.25	94.50	105.25	109.70
	14	12	93.40	106.25	111.00	120.75	125.20
	15	10	113.00	115.25	122.50	134.50	149.80
	16	11	119.60	130.00	131.00	141.00	144.00
	17	11	142.20	143.00	147.00	156.00	157.00
	18	14	142.00	149.50	155.00	157.25	172.50
	19	19	158.00	162.00	166.00	172.00	181.00
	20	14	165.50	168.75	174.50	181.25	189.00
Perímetro cefálico (mm)	13	12	106.00	108.25	112.50	122.75	129.50
	14	12	117.40	124.25	131.50	134.50	150.00
	15	10	129.30	141.75	150.00	155.00	155.90
	16	11	149.40	153.00	157.00	164.00	174.40
	17	11	155.80	165.00	173.00	175.00	175.00
	18	14	163.50	175.00	179.50	182.75	199.00
	19	19	185.00	189.00	195.00	200.00	207.00
	20	14	194.50	201.00	203.00	209.25	220.50
Longitud del fémur (mm)	13	12	25.38	27.47	30.20	32.60	34.71
	14	12	30.23	32.70	34.20	36.07	41.78
	15	10	31.56	34.27	38.30	41.45	44.12
	16	11	37.80	39.90	42.60	45.50	47.20
	17	11	39.60	42.70	44.20	45.80	49.22
	18	14	45.00	46.60	47.40	50.95	55.50
	19	19	45.10	49.10	52.50	56.50	60.80
	20	14	51.90	53.27	58.50	60.60	64.90

**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**

Cuadro 2. Características de los 103 corazones estudiados por edad morfológica (semana de gestación)

Característica	Edad morfológica	Percentiles					
		10	25	50	75	90	
Peso del corazón (mg)	13	0.28	0.35	0.54	0.78	1.06	
	14	0.55	0.67	0.72	0.79	0.86	
	15	0.97	1.12	1.23	1.37	1.62	
	16	1.06	1.28	1.60	1.93	2.15	
	17	1.96	2.20	2.29	2.49	2.64	
	18	2.12	2.30	2.74	3.15	3.56	
	19	2.18	2.65	4.07	4.62	4.74	
	20	3.65	3.87	4.69	5.08	5.96	
	Longitud mayor del corazón (mm)	13	10.30	11.85	13.00	14.02	15.35
		14	12.66	13.10	14.00	14.82	16.14
15		14.83	15.70	16.15	17.50	18.46	
16		16.26	17.90	18.50	19.90	20.46	
17		19.22	19.60	20.50	21.00	21.98	
18		20.33	21.00	22.60	24.77	25.55	
19		21.80	23.20	25.10	26.03	26.80	
20		23.50	24.85	26.75	28.22	29.55	

**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**

**Cuadro 3. Características de las 103 segmentos aórticos estudiados.
Edad morfológica (semana de gestación).**

Diámetros	Edad morfológica	Percentiles				
		10	25	50	75	90
Conducto arterioso	13	0.93	1.00	1.20	1.30	1.40
	14	1.10	1.12	1.35	1.40	1.40
	15	1.20	1.27	1.30	1.42	1.50
	16	1.50	1.50	1.50	1.80	1.80
	17	1.02	1.40	1.50	1.80	2.08
	18	1.35	1.60	1.78	2.00	2.10
	19	1.80	1.90	2.00	2.30	2.50
	20	1.70	2.00	2.45	2.92	3.05
Aorta ascendente	13	1.66	1.82	2.10	2.55	2.91
	14	2.23	2.40	2.53	2.70	2.94
	15	2.31	2.40	2.65	2.85	3.27
	16	2.50	3.00	3.00	3.50	3.50
	17	3.00	3.10	3.40	3.60	3.78
	18	3.05	3.30	3.50	3.72	3.90
	19	3.50	3.80	4.00	4.20	4.50
	20	3.70	4.00	4.20	4.50	4.90
Arco aórtico	13	1.50	1.55	1.92	2.07	2.37
	14	1.73	1.92	2.10	2.30	2.65
	15	1.81	1.97	2.30	2.52	2.69
	16	2.06	2.30	2.50	3.00	3.00
	17	2.80	2.70	2.90	3.00	3.30
	18	2.75	3.00	3.15	3.32	3.50
	19	3.00	3.00	3.30	3.80	3.80
	20	3.40	3.50	3.80	4.00	4.50
Istmo aórtico	13	1.03	1.27	1.45	1.67	1.97
	14	1.30	1.45	1.70	1.80	1.94
	15	1.61	1.70	1.90	2.15	2.30
	16	1.64	1.80	2.10	2.30	2.50
	17	2.00	2.00	2.40	2.50	2.76
	18	2.00	2.27	2.55	2.80	3.00
	19	2.10	2.50	2.80	3.00	3.10
	20	2.80	2.90	3.00	3.35	3.50
Aorta descendente	13	1.30	1.55	1.75	1.90	2.04
	14	1.60	1.70	1.90	2.00	2.14
	15	1.71	1.95	2.00	2.22	2.48
	18	2.02	2.10	2.40	2.50	2.50
	17	2.24	2.50	2.60	2.80	3.08
	18	2.50	2.57	2.85	3.10	3.45
	19	2.50	2.70	3.10	3.30	3.50
	20	3.00	3.10	3.35	3.50	3.80

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

**Cuadro 4. Proporciones de los segmentos aórticos.
Edad morfológica (semana de gestación)**

Edad Morfológica	N	CA / IA	IA / AA	AO / AA	IA / AD	AO / AD	AA / AD
13	12	0.81	0.67	0.86	0.85	1.09	1.27
		0.76	0.68	0.86	0.87	1.11	1.26
14	12	0.78	0.65	0.83	0.89	1.14	1.38
		0.77	0.66	0.85	0.89	1.12	1.35
15	10	0.70	0.72	0.83	0.94	1.10	1.31
		0.67	0.71	0.82	0.91	1.06	1.28
16	11	0.78	0.67	0.83	0.90	1.12	1.34
		0.81	0.66	0.85	0.84	1.15	1.40
17	11	0.67	0.69	0.86	0.88	1.10	1.28
		0.66	0.68	0.85	0.85	1.11	1.21
18	14	0.71	0.72	0.90	0.88	1.10	1.22
		0.69	0.74	0.91	0.92	1.05	1.22
19	19	0.77	0.70	0.84	0.90	1.09	1.29
		0.73	0.73	0.84	0.92	1.07	1.29
20	14	0.78	0.73	0.89	0.93	1.13	1.27
		0.76	0.74	0.88	0.93	1.14	1.25
Total	103	0.75	0.70	0.86	0.90	1.11	1.29
		0.75	0.70	0.85	0.90	1.10	1.27

CA. Conducto arterioso. AA. Aorta ascendente. AO. Arco aórtico.
IA. Istmo Aórtico. AD. Aorta descendente

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

DIÁMETRO AORTA ASCENDENTE

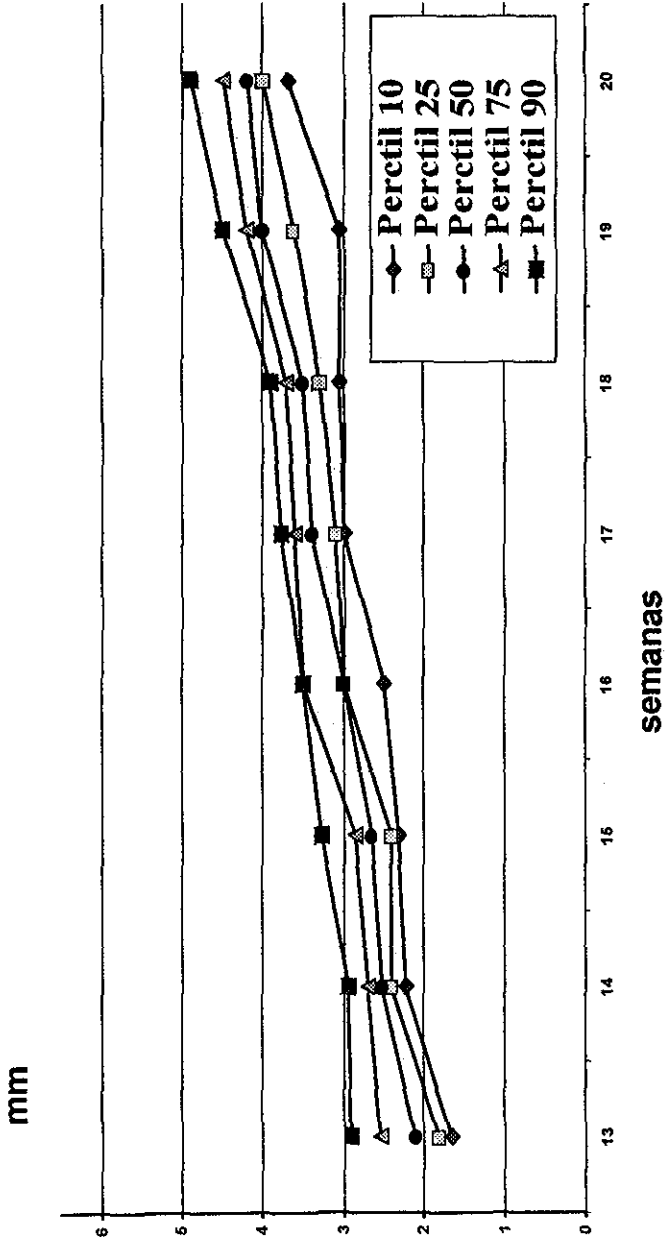


Gráfico 1: Diámetro de la aorta ascendente por semana de gestación, distribuida del percentil 10 al 90

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

DIÁMETRO ARCO AÓRTICO

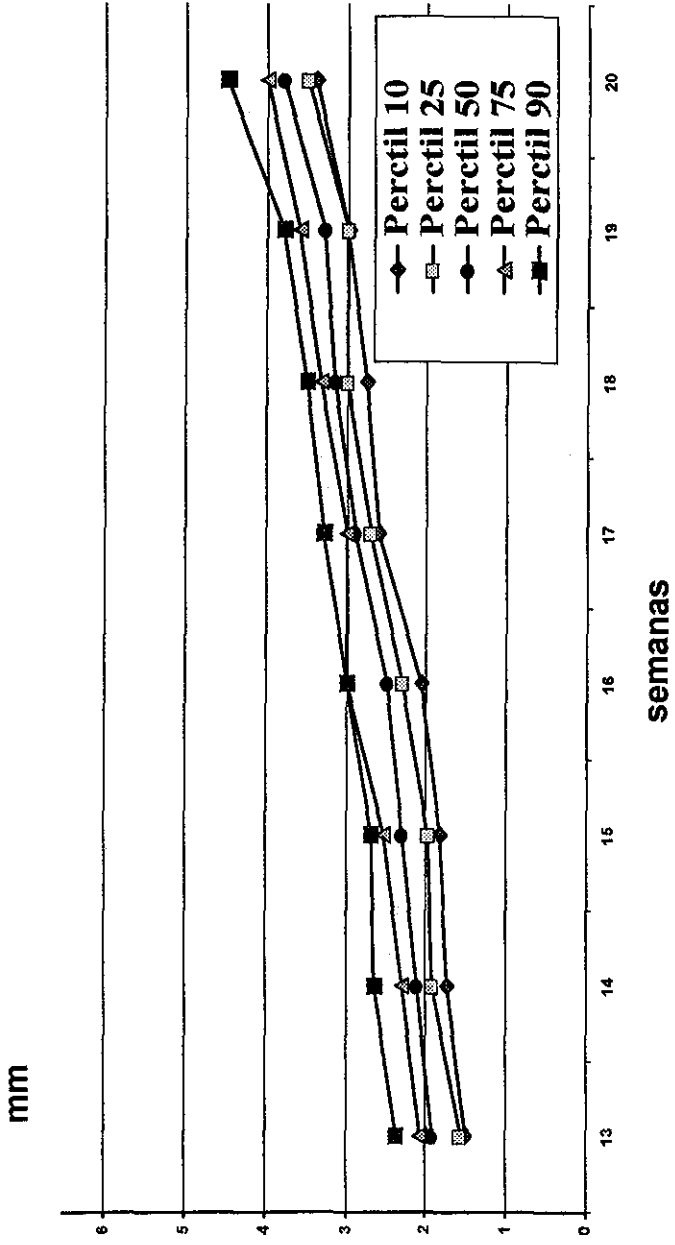
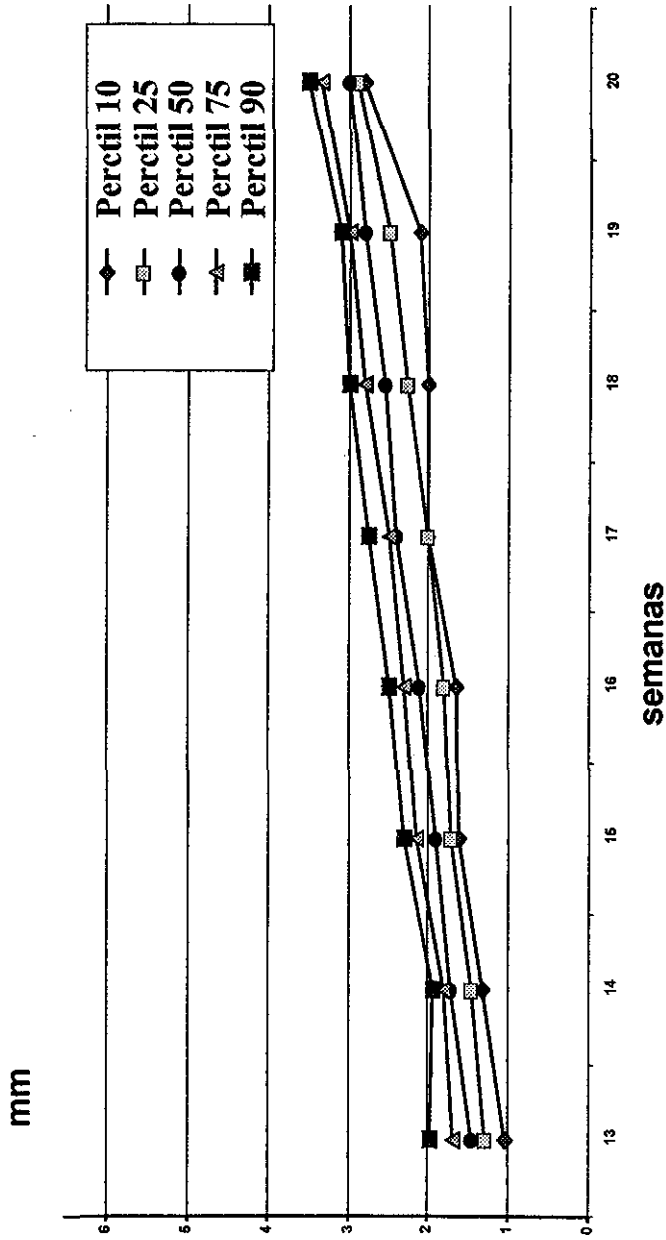


Gráfico2: Diámetro del Arco Aórtico por semana de gestación, distribuida del percentil 10 al 90

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

DIÁMETRO ISTMO AÓRTICO



TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Gráfico 3: Diámetro del Istmo Aórtico por semana de gestación, distribuida del percentil 10 al 90

DIÁMETRO AORTA DESCENDENTE

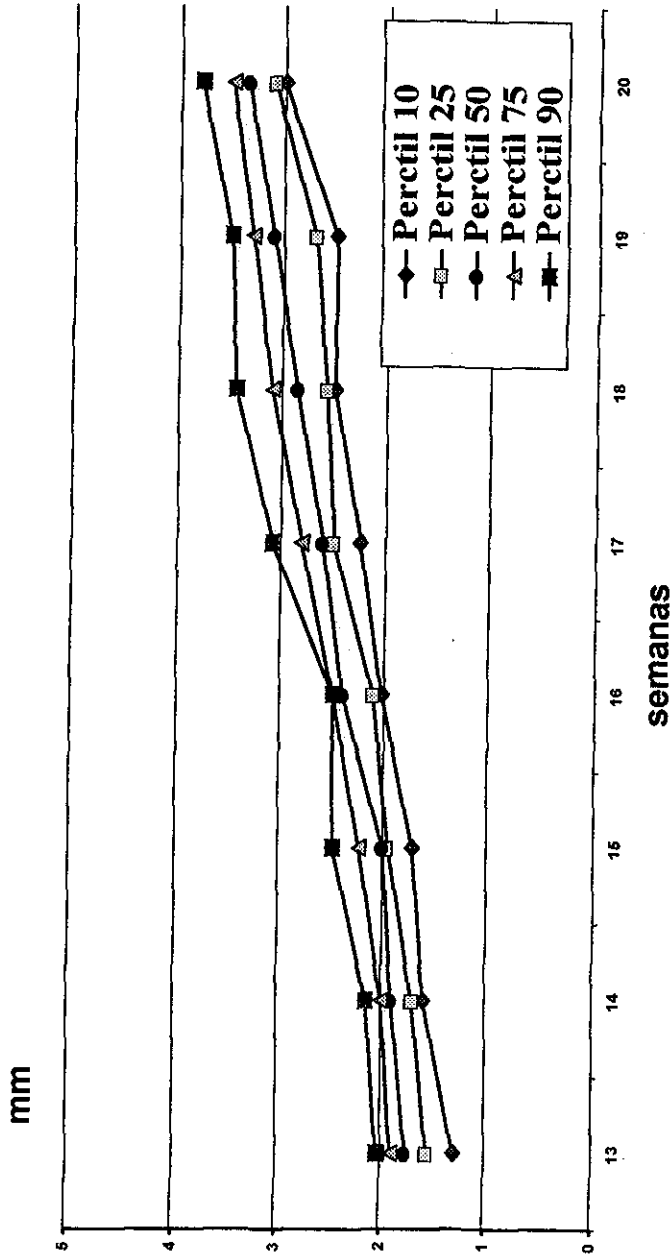


Gráfico 4: Diámetro de la aorta descendente por semana de gestación, distribuida del percentil 10 al 90

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN