

**DESCRIPCIÓN CUALITATIVA Y MORFOMÉTRICA DE LOS DERIVADOS DEL
TRONCO ARTERIOSO Y ARCOS AÓRTICOS III, IV Y VI EN FETOS HUMANOS.**

JOSÉ DARÍO ROJAS OVIEDO

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE SALUD
DEPARTAMENTO DE CIENCIAS BASICAS
MAESTRIA EN CIENCIAS BASICAS BIOMEDICAS
BUCARAMANGA
2009**

**DESCRIPCIÓN CUALITATIVA Y MORFOMÉTRICA DE LOS DERIVADOS DEL
TRONCO ARTERIOSO Y ARCOS AÓRTICOS III, IV Y VI EN FETOS HUMANOS.**

JOSE DARIO ROJAS OVIEDO

**Trabajo de Grado como requisito para optar por el título de Magíster en
Ciencias Básicas Biomédicas**

Director: LUIS ERNESTO BALLESTEROS ACUÑA MD. MSc.

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE SALUD
DEPARTAMENTO DE CIENCIAS BASICAS
MAESTRIA EN CIENCIAS BASICAS BIOMEDICAS
BUCARAMANGA**

2009

***Dedico este importante y significativo logro
de mi vida:***

A la sagrada memoria de mi abuela, modelo a imitar

*A mis padres, hermanos y sobrinos, incondicionales animadores y soporte en
todos mis tropiezos*

A mi amado hijo, motivación permanente para no desfallecer

AGRADECIMIENTOS

A Dios por haberme permitido hacer realidad este sueño.

Al Doctor Luis Ernesto Ballesteros, director del trabajo, por su acertada orientación y permanente apoyo y dedicación.

A los doctores Luis Carlos Orozco, Flor de María Cáceres y Gerardo Muñoz, por su generoso y desinteresado aporte y dirección en el análisis e interpretación de los resultados obtenidos

A los doctores, Katherine, Laura, Silvia, Mario y Julio, residentes de Patología y a María, secretaria de ese Departamento por su invaluable colaboración y disposición para obtener las muestras.

Al doctor Julio César Mantilla, Patólogo, por su respaldo permanente para la obtención de las muestras.

A la señora Esperanza Mantilla, secretaria del Departamento de Ciencias Básicas, por su paciencia y apoyo permanente.

A mis docentes y compañeros de Maestría, hay algo de cada uno de ellos en este triunfo.

A Ximena, amor y compañía constante que alienta y soporta.

TABLA DE CONTENIDO

	pág.
INTRODUCCIÓN	1
1. OBJETIVOS	4
1.1 OBJETIVO GENERAL	4
1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	4
2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	5
3. PREGUNTA DE INVESTIGACIÓN	7
4. MARCO TEÓRICO	8
4.1 MORFOLOGÍA MACROSCÓPICA	8
4.2 MORFOLOGÍA DEL DESARROLLO	11
4.3 MORFOMETRIA VASCULAR DURANTE EL PERIODO FETAL	16
4.4 VARIACIONES ANATÓMICAS	17
4.5 DISMORFOLOGÍA	21
5. MARCO METODOLÓGICO	24
5.1 TIPO Y DISEÑO DE INVESTIGACIÓN	24
5.2 POBLACIÓN Y MUESTRA	24
5.3 OBTENCIÓN DE LAS MUESTRAS	25
5.4 PROCESAMIENTO	25
5.4.1 Adecuación de la muestra.	25
5.4.2 Preparación de la resina.	26
5.4.3 Repleción.	26

5.4.4	Disección.	27
5.5	DESCRIPCION Y REGISTRO	27
5.5.1	Descripción cualitativa.	27
5.5.2	Morfometría.	28
5.6	ANÁLISIS DE DATOS	29
6.	RESULTADOS	31
6.1	GENERALIDADES	31
6.2	NÚMERO DE RAMAS DEL ARCO AÓRTICO	32
6.3	RAMAS ACCESORIAS	36
6.4	MORFOMETRIA	38
6.4.1	Diámetros de los segmentos aórticos.	39
6.4.2	Diámetros de los vasos pulmonares.	40
6.4.3.	Diametro del conducto arterioso.	42
6.4.4	Distancia entre ramas del cayado aórtico	42
6.5	RELACION DE MEDIDAS DE SEGMENTOS ARTERIALES	43
6.5.1	Tronco pulmonar - Aorta ascendente.	43
6.5.2	Istmo aortico – Aorta ascendente.	44
6.5.3	Pulmonar derecha – Pulmonar izquierda.	46
6.5.4	Conducto arterioso – Tronco pulmonar.	47
6.5.5	Conducto arterioso – Aorta ascendente	47
6.5.6	Conducto arterioso – Istmo aórtico.	47
6.5.7	Relación entre número de ramas y su distancia en el arco aórtico.	48
7.	DISCUSIÓN	49
8.	CONCLUSIONES	62
9.	RECOMENDACIONES	64

LISTAS DE TABLAS

	pág.
Tabla 1. Género y edad gestacional de los fetos examinados	31
Tabla 2. Número de ramas del arco aórtico por edad gestacional.	34
Tabla 3. Promedios y Desviaciones Estándar de los diámetros evaluados	38

LISTAS DE FIGURAS

	pág.
Figura 1. Forma más común de distribución de las ramas del arco aórtico	10
Figura 2. Desarrollo de los arcos aórticos y sus derivados permanentes.	14
Figura 3. Diversas formas de expresión de las ramas del arco aórtico.	20
Figura 4. Sitios de toma de las medidas de los segmentos evaluados	28
Figura 5. Registro morfométrico con calibrador electrónico	29
Figura 6. Variación en el número de ramas del arco aórtico	33
Figura 7. Tronco Braquiobicarotídeo.	34
Figura 8. Origen común del tronco braquiocefálico y A. carótida común izquierda.	35
Figura 9. Número de ramas del arco aórtico por edad gestacional.	35
Figura 10. Localización de vasos sanguíneos accesorios	37
Figura 11. Diámetros externos de los segmentos aórticos evaluados	39
Figura 12. Diámetros externos de las arterias pulmonares	41
Figura 13. Diámetro externo del conducto arterioso	42
Figura 14. Distancia entre ramas del arco aórtico	43
Figura 15. Tendencia de crecimiento de Aorta Ascendente y Tronco Pulmonar	44
Figura 16. Razón entre los diámetros del Tronco pulmonar y la Aorta Ascendente	45
Figura 17. Relación entre los diámetros externos del Istmo aórtico y la Aorta ascendente.	45
Figura 18. Relación entre los diámetros de las Arterias Pumonares.	46
Figura 19. Relación entre los diámetros del Conducto Arterioso y el Tronco Pulmonar	47

Figura 20. Distancia entre la primera y última rama del arco aórtico según el número de ramas del mismo.

RESUMEN

TÍTULO: DESCRIPCIÓN CUALITATIVA Y MORFOMÉTRICA DE LOS DERIVADOS DEL TRONCO ARTERIOSO Y ARCOS AÓRTICOS III, IV Y VI EN FETOS HUMANOS.*

AUTORES: ROJAS OVIEDO José Darío, BALLESTEROS ACUÑA Luis Ernesto.**

PALABRAS CLAVE: Arco aórtico, Arterias pulmonares, conducto arterioso, fetos humanos, variación anatómica, morfometría, Colombia.

INTRODUCCION: Los resultados de estudios morfométricos directos e imagenológicos contribuyen al diagnóstico prenatal de las anomalías cardiovasculares e inciden significativamente en su pronóstico. En nuestro medio se desconoce la expresión morfológica de los grandes vasos arteriales en fetos, razón que motiva el desarrollo del presente trabajo.

MATERIALES Y METODOS: Se analizaron 51 bloques cardiopulmonares de fetos mortinatos entre 17 y 40 semanas de gestación, los cuales fueron repletados con resina poliéster. Se valoró el número de ramas emergentes del arco aórtico y la distancia entre ellas, se midieron los diámetros externos de aorta ascendente, arco, istmo y descendente y del tronco y arterias pulmonares derecha e izquierda, además del conducto arterioso.

RESULTADOS: La presencia de 3 ramas en el arco aórtico se encontró en 56.9% de los casos, en 27.5% se observaron 2 y en 15,7 % 4 ramas. Se encontraron pequeños vasos derivados de dichas ramas en 25% de muestras. Todos los segmentos evaluados mostraron crecimiento lineal acorde a la edad gestacional, siendo la porción ascendente y el istmo los segmentos aórticos de mayor y menor diámetro respectivamente. La arteria pulmonar derecha presentó mayor diámetro que la izquierda en todos los grupos gestacionales y la razón entre conducto arterioso y tronco pulmonar fué constante.

CONCLUSIONES: Nuestra frecuencia de variaciones en el número de ramas del arco aórtico es superior a la reportada en la literatura (35%), particularmente en los arcos con 4 ramas y estos hallazgos corresponden a patrones morfológicos definidos desde el período embrionario. Nuestra morfometría es similar a la encontrada en población fetal Mexicana. No se encontró diferencia significativa ($p=0,9$) entre los diámetros de la aorta ascendente y el tronco pulmonar y su razón fue en promedio de 0,7. Hay tendencia decreciente en la relación de los diámetros pulmonar derecho e izquierdo según edad gestacional.

* Trabajo de grado

** Facultad de Salud. Escuela de Medicina. MSc. Director tesis.

SUMMARY

TITLE: QUALITATIVE AND MORPHOMETRIC DESCRIPTION OF THE BRANCHES BORN FROM ARTERIOUS TRUNK AND AORTIC ARCH III, IV AND VI IN HUMAN FETUS.*

AUTHORS: ROJAS OVIEDO José Darío, BALLESTEROS ACUÑA Luis Ernesto **

KEY WORDS: Aortic arch, Pulmonary arteries, ductus arteriosus, human fetus, anatomic variation, morphometry, Colombia.

INTRODUCTION: The results of direct morphometric and imagenologic studies support the prenatal diagnosis of cardiovascular anomalies and they impact in its prognosis. The morphological expression of the great vessels in human fetuses is unknown in Colombia that is why this study has been developed.

MATERIALS AND METHODS: 51 cardiopulmonary blocks obtained from stillborn fetus from 17th to 40th gestation weeks, were analyzed and filled with polyester resin. Then the number of branches arises from the aortic arch and the distance between them was also analyzed. Besides the external diameters of ascendent, arch, istm and descending aortic segments, pulmonary arteries and ductus arteriosus were measured.

RESULTS: In 56.9% of the cases, 3 branches are arisen from the aortic arch, 2 branches in 27.5% and 4 branches in 15.7%. Small vessels born from these branches were observed in 25% of the pieces. All measured segments showed linear growth during the analyzed weeks of gestation. The ascendent portion and the istm had the biggest and the smallest diameter aortic respectively. Right pulmonary artery had major diameter than the left one in all gestational groups assessed and the ratio between ductus arteriosus and pulmonary trunk was constant.

CONCLUSIONS: The variations found in the number of branches from the aortic arch are further than what literature reports (35%), especially in cases with 4 branches. These findings belong to morphologic patterns defined since the embryonic stage. Our measurements are similar to Mexican fetal population. No significant difference ($p=0.9$) was found between the ascendent aortic and pulmonary artery diameters and their ratio was 0.7 in average. Decreassing trend between right and left pulmonary diameters was found during the analyzed weeks of gestation.

KEY WORDS: Aortic arch, Pulmonary arteries, ductus arteriosus, human fetus, anatomic variation, morphometry, Colombia.

* Master Thesis

** Faculty of Health. School of Medicine. MSc. Thesis Principal.

GLOSARIO

AORTA DORSAL: Cada uno de los dos vasos primitivos longitudinales laterales a la línea media que se fusionarán para dar origen a la arteria aorta descendente.

ARCO AÓRTICO (Morfología Macroscópica): Porción arqueada de la arteria aorta ubicada entre la porción ascendente y la descendente. Antes denominado cayado aórtico.

ARCOS AÓRTICOS (Morfología del desarrollo): Cada uno de los vasos arteriales que ingresa en el respectivo arco faríngeo o branquial.

ARCOS FARINGEOS: Cada uno de los elementos de tejido mesenquimatoso que participa en la formación de la cara y el cuello

ARTERIAS INTERSEGMENTARIAS: Cada una de las ramas derivadas de la aorta dorsal primitiva.

BULBO ARTERIOSO: Estructura primitiva que constituye el tracto de salida del ventrículo primitivo.

CONDUCTO ARTERIOSO: Segmento vascular que durante la vida prenatal conecta la circulación aórtica y la pulmonar y que en condiciones normales involuciona después del nacimiento, dando origen al ligamento arterioso. Antes denominado ductus arterioso.

CONO ARTERIOSO: Porción proximal del bulbo aórtico.

CRESTA NEURAL: Derivado del ectodermo embrionario del cual derivan principalmente elementos del sistema nervioso periférico.

ISTMO AORTICO: Segmento estrecho de la arteria aorta al final del arco, justo antes de la desembocadura del conducto arterioso

SACO AORTICO: Porción mas distal del tronco arterioso

TRONCO ARTERIOSO: Porción distal del bulbo aórtico.

INTRODUCCIÓN

El concepto errado de considerar a la anatomía una disciplina totalmente conocida e invariable permitió que, salvo reportes de hallazgos incidentales, durante mucho tiempo se renunciara a realizar nuevos estudios que sustentaran o refutaran las ancestrales descripciones en las que se basan los textos con los cuales se han venido orientando los cursos de morfología en las escuelas de formación del recurso humano calificado en ciencias de la salud (García-Porrero & Hurlé, 2005; Moore & Dalley, 2007; Latarjet & Ruiz, 2005).

El descubrimiento de diferencias importantes con las descripciones tradicionales ha dado pie a una tendencia que busca esclarecer los patrones de normalidad, tanto en aspectos de tipo cualitativo, como morfométricos buscando verificar si se ajustan a las reportadas clásicamente en la literatura. Estos parámetros se definen con base en estudios poblacionales y se comparan con algunas variaciones anatómicas que no tienen repercusión clínica, hasta llegar a la descripción de francas anomalías que conllevan variables impactos en indicadores vitales.

El conocimiento del sistema cardiovascular constituye un elemento importante, para todo el personal del área de las ciencias de la salud, dentro del estudio de la morfología humana concebida desde la perspectiva del desarrollo, por ser el primero en iniciar su proceso de formación y porque de él depende sustancialmente en términos de irrigación y aporte nutricional el avance subsiguiente de los demás sistemas corporales (Hib, 1999).

Tan relevante como la condición normal, es el diagnóstico de sus anomalías, teniendo en cuenta el enorme impacto no sólo en indicadores vitales como la

morbimortalidad - los cuales pueden oscilar dependiendo de la patología y/o intervención realizada entre un 6,5 y un 67% (Brito et al, 2003; Gil-Fournier et al, 2002) - sino en los incalculables costos sociales y familiares que traen implícitas.

Son tan diversas las formas de expresión morfológica de estas estructuras vasculares que se han descrito diferencias en la longitud, calibre y número de ramas derivadas del arco aórtico con frecuencias que oscilan entre el 2 y el 36% (Latarjet & Ruiz, 2005; Carvalho et al, 2005; Wright, 1969). Esta variedad de patrones vasculares hace complejo su diagnóstico a pesar del empleo de múltiples técnicas como estudios imaginológicos prenatales (Collinet et al, 2002; Perich et al, 2003; Patel et al, 2006; Gielecki et al, 2006), o morfométricos directos postnatales (Angelini et al, 1988; Alvarez et al, 1990).

Para lograr depurar y optimizar este tipo de diagnósticos, haciéndolos cada vez más precoces, se han realizado algunos estudios en fetos humanos, en diversos grupos poblacionales norteamericanos, europeos, asiáticos y latinoamericanos, sin incluir nuestro país. Estos trabajos han mostrado resultados discordantes, como los observados al comparar las cifras obtenidas en mortinatos con aquellas producto de evaluaciones prenatales, donde la frecuencia de malformaciones cardiovasculares varió hasta en un 7 % (Sadler, 2004).

En población Colombiana salvo un único trabajo previo donde se describe el número de ramas emergentes del arco aórtico en un estudio directo realizado con una muestra relativamente pequeña de piezas anatómicas adultas (Herrera et al, 2007), es hasta ahora desconocida esta caracterización morfológica de los grandes vasos arteriales y ningún trabajo ha sido desarrollado en fetos humanos.

En la presente investigación se realizó una descripción cualitativa de la expresión macroscópica y se cuantificaron los diámetros externos de los vasos sanguíneos derivados de estructuras embrionarias que dan origen a la porción ascendente y

arco de la aorta y al tronco arterial pulmonar con sus respectivas ramificaciones y divisiones. A pesar de que el desarrollo de las estructuras evaluadas está listo a finales de la 8ª semana de desarrollo, se incluyeron fetos entre 17 y 40 semanas de gestación, teniendo en cuenta que el trabajo con fetos menores se hace complejo por su reducido tamaño y la dificultad de obtenerlos en adecuado estado de preservación.

Con esta investigación se busca comenzar a colmar el vacío existente en nuestro medio en términos descriptivos y morfométricos e igualmente se busca establecer un punto de referencia fundamental para orientar los enfoques diagnóstico imagenológico y terapéutico de las anomalías vasculares de cuya oportuna detección la cual idealmente debe ser prenatal, depende en buena medida el pronóstico y la prevención de las eventuales complicaciones que se presentan en la etapa perinatal.

Igualmente se dá continuidad al trabajo del Grupo de Variaciones Anatómicas Vasculares de la Universidad Industrial de Santander, que busca determinar parámetros poblacionales propios y de esta manera hacer aportes al proceso de formación académica integral en los aspectos clínico y de investigación.

1. OBJETIVOS

1.1 OBJETIVO GENERAL

Determinar cualitativa y cuantitativamente las diferentes formas de expresión morfológica macroscópica de los derivados vasculares del tronco arterioso y de los arcos embrionarios aórticos III, IV y VI en una muestra de fetos humanos.

1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Describir el número de ramas derivadas del arco aórtico y sus diferentes patrones de expresión morfológica.
- Cuantificar los diámetros de los diferentes segmentos vasculares evaluados y describir su tendencia con respecto a la edad gestacional.
- Analizar el comportamiento de las relaciones entre los diámetros de algunos segmentos vasculares de acuerdo a la edad gestacional.

2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Los estudios realizados en el mundo con fetos humanos evaluando estructuras cardiovasculares en diferentes etapas de la gestación (Achiron et al, 1998; Achiron et al, 2000; Smrcek et al, 2006), midiendo diferentes segmentos vasculares (Szpinda, 2007^a; Moon et al, 2007; Szpinda et al, 2008a), en condiciones normales o en presencia de otras cardiopatías (Ursell et al, 1991) e incluso empleando materiales diversos en la repleción de dichos vasos (Silva, 1986; Szpinda et al 2006) nos han enseñado la presencia de una gran variabilidad en ubicación y dimensiones de éstos vasos sanguíneos, dependiendo de la población evaluada.

Teniendo en cuenta que la morfología del desarrollo es el fundamento de la expresión fenotípica y que en relación con las evidencias anteriores no se conoce en Colombia la frecuencia de las diferentes expresiones morfológicas de los vasos sanguíneos responsables de irrigar estructuras vitales como el encéfalo, se propuso el desarrollo de la presente investigación buscando describir estos hallazgos macroscópicos desde tempranas etapas del desarrollo fetal. Además se determinó hacer un seguimiento del comportamiento de las dimensiones de estas estructuras vasculares a lo largo de la gestación, incluyendo segmentos vasculares como el conducto arterioso, imposible de evaluar en la vida postnatal.

El estudio anatómico de los grandes vasos arteriales y sus ramificaciones en las actividades de cardiología infantil, imagenología y neonatología se han orientado específicamente a los pacientes con signos positivos de padecer alteraciones de estos circuitos arteriales y en razón de los altos costos y de los relativos riesgos de los procedimientos invasivos es poco viable que estas tecnologías sean utilizadas en estudios poblacionales que reemplacen a los estudios anatómicos directos en especímenes cadavéricos.

Este estudio pretende por tanto, mediante la evaluación del mayor número de segmentos arteriales posible, durante un período que abarca la mayor parte de la gestación, mejorar el conocimiento sobre los vasos arteriales mencionados en población colombiana y servir de referencia para otros grupos de investigación que deseen realizar investigaciones similares. Estos resultados apoyarán el propósito de lograr un conocimiento global de la expresión de estos vasos y harán un aporte a las Ciencias Básicas en el logro de una mejor fundamentación de las estrategias o estudios que de manera integral orienten la resolución de los problemas derivados de las anomalías cardiovasculares.

3. PREGUNTA DE INVESTIGACIÓN

¿Cuáles son los patrones de expresión morfológica y morfométrica de los derivados vasculares del tronco arterioso y de los arcos embrionarios aórticos III, IV y VI presentes en una muestra de población fetal colombiana?

4. MARCO TEÓRICO

Se abordan a continuación algunos conceptos acerca de las estructuras vasculares evaluadas en la presente investigación, partiendo de su descripción morfológica macroscópica, siguiendo con un breve recuento de su proceso de desarrollo prenatal, para luego dar una visión de las percepciones relacionados con las diferentes formas de expresión normal o patológica desde la perspectiva de la dismorfología y sus principales implicaciones morfofuncionales y clínicas.

4.1 MORFOLOGÍA MACROSCÓPICA

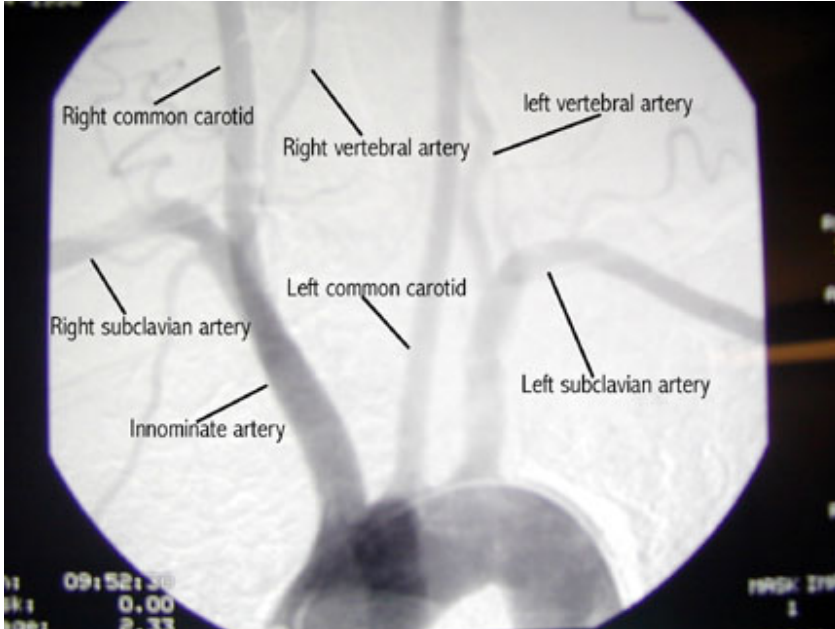
Los denominados grandes vasos arteriales emergentes del corazón corresponden al tronco arterial pulmonar y a la arteria aorta, los cuales constituyen los tractos de salida de los ventrículos derecho e izquierdo respectivamente, el primero de ellos conduce la sangre desoxigenada que ha sido drenada desde todo el organismo hacia el atrio derecho a través de las venas cavas superior e inferior y del seno coronario. En la vida postnatal, dicha sangre se dirige hacia los pulmones a través de su división en arterias pulmonares derecha e izquierda para llevar a cabo allí el intercambio gaseoso, en tanto que la arteria aorta distribuye a todos los sistemas corporales la sangre ya oxigenada que después del recorrido pulmonar retorna al atrio izquierdo a través de las venas pulmonares (García-Porrero & Hurlé, 2005).

En su trayectoria la arteria aorta se divide en tres segmentos: el primero de ellos, de localización intrapericárdica, mide en el individuo adulto 4 cm. de longitud aproximadamente y tiene en su origen un diámetro de 2.5 cm., presenta una dirección ascendente algo hacia la derecha y adelante, terminando a nivel de la línea de inserción del pericardio sitio donde suele presentar una ligera dilatación anterior denominada bulbo aórtico. A partir de allí se continúa con la segunda

porción o arco, el cual se proyecta sobre la segunda articulación esternocostal derecha a nivel del ángulo esternal, se dirige hacia arriba atrás y a la izquierda en un trayecto anterior a la arteria pulmonar derecha y a la bifurcación traqueal describiendo un arco cóncavo hacia abajo hasta ubicarse lateral al cuerpo de la cuarta vértebra torácica donde finaliza dando continuidad al tercer segmento de trayectoria descendente, el cual se subdivide en porciones torácica y abdominal de acuerdo a su relación anatómica con dichas regiones corporales teniendo como elemento limítrofe al músculo diafragma (Moore & Dalley, 2007).

La porción ascendente de la aorta a nivel de los senos aórticos ubicados en su segmento inicial justo por encima de la válvula semilunar aórtica da origen a las arterias coronarias responsables directas de la irrigación del epicardio y miocardio y que tienen la particularidad de llenarse de manera retrógrada y pasiva durante la diástole ventricular. Del segmento aórtico arqueado se desprenden tres ramas según el patrón más frecuente de presentación de acuerdo a las descripciones clásicas de la literatura hasta en un 65 % de la población (Latarjet & Ruiz, 2005), a través de las cuales se irrigan principalmente los órganos y estructuras contenidas en cabeza, cuello, extremidades superiores y algunos elementos del tórax y paredes abdominales, dichas ramas nacen de la convexidad del arco, siendo en su orden la primera y de mayor calibre, el tronco arterial braquiocefálico, la cual emerge posterior al manubrio esternal y posteriormente se divide en arterias carótida común y subclavia derecha, seguido de las arterias carótida común izquierda y subclavia izquierda. Figura 1. Finalmente la aorta descendente en sus porciones torácica y abdominal surte de sangre a estructuras parietales y viscerales de dichas cavidades corporales.

Figura 1. Forma más común de distribución de las ramas del arco aórtico



Innominate artery: Tronco Braquiocefálico (Arteria innominada)

Fuente: http://img.medscape.com/pi/emed/ckb/vascular_surgery/459840-463147-5422.jpg

Por su parte el tronco arterial pulmonar quien conjuntamente con la aorta ascendente forma el pedículo arterial cardíaco, es un vaso grueso intrapericárdico de aproximadamente 5 cm. de longitud y 3 de diámetro, es la continuidad arterial del ventrículo derecho y asciende oblicuamente pasando primero anterior y luego a la izquierda de la aorta ascendente, adoptando forma de “T” bajo la concavidad del arco aórtico al dividirse en las arterias pulmonares derecha e izquierda. Esta bifurcación del tronco está unida al cayado aórtico a través del ligamento arterioso, estructura remanente del conducto arterioso fetal, el cual comunica en la vida prenatal los circuitos pulmonar y aórtico, encontrando algunas diferencias al respecto en la literatura, pues para algunos autores la conexión es del tronco pulmonar (García-Porrero & Hurlé, 2005) y para otros la raíz de la arteria pulmonar izquierda (Moore & Dalley, 2007) con la superficie inferior del cayado aórtico justo después del origen de la arteria subclavia izquierda, restringiendo así de manera

significativa el flujo de sangre hacia los pulmones y canalizándola hacia la circulación sistémica. Es importante recordar que el segmento del arco comprendida entre el origen de la subclavia izquierda y la desembocadura del ligamento arterioso se denomina istmo aórtico y constituye una zona estrecha bien manifiesta en el periodo prenatal pero después del nacimiento con la obliteración del conducto arterioso se corrige la estrechez y puede persistir en el adulto como una ligera muesca en la concavidad del arco (Latarjet & Ruiz, 2005).

4.2 MORFOLOGÍA DEL DESARROLLO

El conjunto de estructuras y ramificaciones arteriales anteriormente descritas serán el objeto de evaluación de la presente investigación, pero teniendo en cuenta la perspectiva del desarrollo bajo la cual se lleva a cabo este trabajo, a continuación se hará una reseña de su proceso de formación y organización durante el periodo embrionario.

Ante las necesidades de las células embrionarias de obtener nutrientes aún antes de que haya un intestino, utilizar oxígeno antes de que estén los pulmones y excretar desechos antes de existir riñones y teniendo en cuenta que las secreciones de las glándulas endometriales resultan insuficientes para el elevado consumo energético que demandan los procesos siguientes a la gastrulación, el sistema cardiovascular es el primero en iniciar su complejo proceso de organogénesis en la vida intrauterina (Gilbert, 2005). Este proceso comienza durante la tercera semana de desarrollo embrionario, buscando establecer la circulación de las primeras células sanguíneas embrionarias e interconectar este incipiente sistema con el torrente materno fuente primordial de su sustento y vía de evacuación de los productos metabólicos antes mencionados (Moore & Persaud, 1999).

Estudios recientes desarrollados en el embrión del pollo, demostraron que el corazón se forma a partir de seis segmentos cardíacos primitivos, los cuales aparecen gradualmente y cada uno de ellos origina una porción específica de una cavidad cardíaca definitiva (Salazar et al, 2006), con lo cual se modifica el concepto previo con el que se había estudiado el proceso del desarrollo cardíaco y de los elementos vasculares relacionados a partir de una única estructura tubular subdividida en tres segmentos: el bulbo, el ventrículo y la aurícula primitiva (Moore & Persaud, 1999). En cuanto al origen de los grandes vasos arteriales, la descripción clásica señala, que el bulbo aórtico, estructura que conecta el ventrículo primitivo con el saco aórtico se divide en 2 porciones una proximal y una distal llamadas cono y tronco arterioso respectivamente y de las cuales se originaría el componente subvalvular, valvular y proximal de estos vasos arteriales (Sadler, 2004), pero a la de evidencias más recientes este pedículo vascular se genera a partir del saco aórtico, razón por la cual ha sido sugerido referirse a las porciones del bulbo, en términos de segmento proximal (cono) y distal (tronco arterioso) del tracto de salida ventricular (Salazar et al, 2006).

Este tracto de salida a principios de la quinta semana de desarrollo aún forma un conducto continuo, aunque ya comienzan a organizarse en su interior las crestas endocárdicas que lo dividirán proximalmente en dos conductos: uno anterolateral que dará origen al infundíbulo del ventrículo derecho y otro de localización posteromedial relacionado con el desarrollo del vestíbulo del ventrículo izquierdo, a pesar de lo cual aún se mantiene conectado con el ventrículo derecho, mientras que en el segmento distal de esta vía de salida las crestas comienzan a transformarse en las estructuras valvulares de las arteriales respectivas. El crecimiento en dirección del saco aórtico de estas tumefacciones se caracteriza por enrollarse una sobre la otra como precedente inmediato de la forma espiralada del tabique en formación y que determinará la orientación final de estos vasos sanguíneos (Rothenberg et al, 2003).

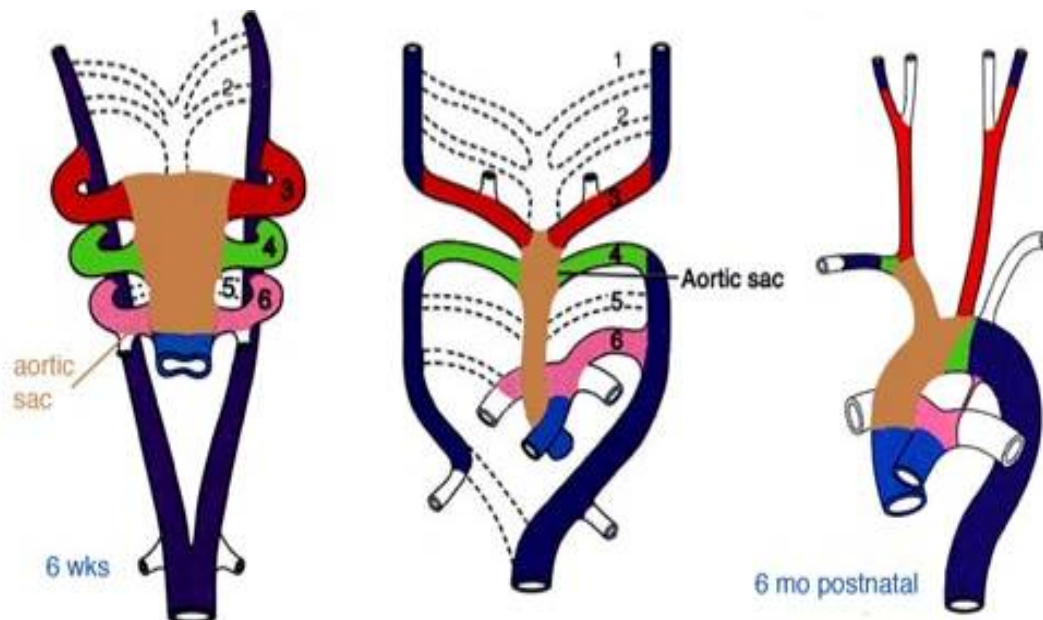
Como se mencionó anteriormente los segmentos proximales de las grandes arterias se forman a partir del ensanchamiento producido en el sitio de origen de los arcos aórticos, llamado saco aórtico, el cual se continúa por su extremo cefálico con los elementos vasculares de los arcos faríngeos y se une en el extremo caudal con la porción distal del tracto de salida embrionario, del cual se derivan las estructuras valvulares de las grandes arterias emergentes del corazón. A mediados de la quinta semana, el tabique aórtico-pulmonar conformado por células de la cresta neural ubicadas entre los arcos branquiales 4º y 6º comienza a dividir el saco aórtico en dos vías pulmonar y aórtica, definiendo de esta manera con claridad el tracto de salida del ventrículo izquierdo situación que solo se logra poco antes de cerrarse la comunicación interventricular, proceso que hace parte de la tabicación cardíaca y que lo convertirá en la estructura tetracameral definitiva (Salazar et al, 2006).

Acerca del fundamento embriológico de una de las más frecuentes alteraciones observadas en este sitio: la transposición de grandes vasos, se han formulado varias hipótesis, sin embargo la más aceptada es la del crecimiento conal, según la cual el tabique aortopulmonar sigue un trayecto vertical y no espiralado durante la división del bulbo y tronco arterioso por falta de desarrollo normal del cono arterioso durante la incorporación del bulbo arterioso en los ventrículos (Sadler, 2004). Así mismo, cuando el desarrollo de los rebordes troncales y del tabique aortopulmonar es anormal y los rebordes no se fusionan ni descienden hacia los ventrículos aparece otra condición en la cual no se forma el mencionado septum responsable de dividir el tracto de salida, lo que se traduce en una entidad conocida como la persistencia del tronco arterioso (Männer et al, 1997; Yelbuz et al, 2004).

Entre tanto, los arcos aórticos como elementos vasculares encargados de conectar el saco aórtico con las aortas dorsales, inician su formación entre la 4ª y 5ª semana de desarrollo embrionario y se distribuyen dentro del mesénquima del

respectivo arco branquial o faríngeo. Dicho proceso de formación y desarrollo se da de manera compleja y comprende la sucesiva aparición, remodelación e involución de seis pares de estructuras descritas y enumeradas sucesivamente en orden céfalo caudal, cada una de las cuales dará origen a elementos vasculares definitivos, excepto el quinto par, el cual puede tener una duración efímera sin dejar derivados morfológicos macroscópicos o estar ausente en cerca del 50% de los casos, por lo cual suele hablarse de cinco pares de arcos aórticos (Sadler, 2004) Figura 2.

Figura 2. Desarrollo de los arcos aórticos y sus derivados permanentes.



Fuente: www.personal.umich.edu/~dsaddawi/med2008/resources/aortic%20arches.jpg

En el embrión de aproximadamente 27 días el primer arco aórtico desaparece casi en su totalidad, persistiendo una pequeña porción de la que deriva la arteria maxilar y la porción proximal de la carótida externa y casi simultáneamente el segundo par también desaparece persistiendo sus partes dorsales de las que derivan las arterias hioideas y del músculo del estribo o estapedias. Mientras esto

sucede, alrededor del día 29, el tercer par de gran tamaño y los arcos 4º y 6º se encuentran apenas en formación y éste último se conecta con la porción proximal del tronco pulmonar, perdiéndose la disposición simétrica original y comenzando la orientación hacia el patrón vascular definitivo (Moore & Persaud, 1999).

Del segmento proximal del tercer par de vasos primitivos se derivan las arterias carótidas comunes en tanto que su porción distal da origen a la primera porción de la arteria carótida interna, cuya porción distal deriva de la porción craneal de la aorta dorsal. Según Sadler, 2004, la arteria carótida externa es un brote del tercer arco aórtico en el límite entre las porciones proximal y distal. El cuarto par en cada lado da origen a estructuras diferentes, en el lado izquierdo participa en la configuración del arco aórtico con el aporte del saco aórtico y la aorta dorsal, en tanto que del lado derecho da origen a la porción proximal de la arteria subclavia, la cual se complementa en su porción distal por la 7ª arteria intersegmentaria dorsal del mismo lado. La arteria subclavia izquierda se origina en su totalidad de la 7ª arteria intersegmentaria dorsal izquierda (Moore & Persaud, 1999).

El último par de arcos, llamado arco pulmonar, del lado izquierdo a nivel proximal se origina la arteria pulmonar correspondiente y de su porción distal se deriva el conducto arterioso, por su parte la porción proximal derecha originará la respectiva arteria pulmonar mientras que la porción distal pierde su conexión con la aorta dorsal y desaparece (Sadler, 2004).

El desarrollo cardiovascular entra en su etapa definitiva entre la sexta y la octava semanas, cuando el patrón de los arcos aórticos primitivos se transforma en la disposición arterial adulta, de tal forma que al final del período embrionario quedan completamente consolidados la estructura cardíaca en su esencia morfofuncional con cuatro cavidades y los tractos de salida de los ventrículos derecho e izquierdo con sus respectivas ramificaciones y conexiones.

La única estructura vascular derivada del proceso morfogénico de los arcos aórtico que habrá de involucionar en el período postnatal es el conducto arterioso, cuyo cierre defectuoso parece estar relacionada con una falla en la inducción por parte del Factor de Crecimiento Trofoblastico o Factor de Crecimiento transformante beta (Tannenbaum et al, 1996). Algunas evidencias indican que el bajo contenido de oxígeno de la sangre en neonatos con insuficiencia respiratoria afecta negativamente el cierre del conducto y condición similar ocurre de manera aislada en niños nacidos en grandes altitudes. Igualmente se ha asociado su presencia con la rubéola materna al principio de la gestación, pero no se ha dilucidado su mecanismo de acción (Moore & Persaud, 1999).

En general los defectos que provocan grandes diferencias de presiones entre la aorta y la pulmonar pueden incrementar el flujo sanguíneo a través del conducto impidiendo su cierre y permitiendo la derivación de sangre de la aorta hacia la circulación pulmonar con la consiguiente hipoxia, tales diferencias de presión pueden deberse a coartación aórtica preductal, atresia o estenosis pulmonares o en transposición de los grandes vasos arteriales (Sadler, 2004).

4.3 MORFOMETRIA VASCULAR DURANTE EL PERIODO FETAL

Una vez concluido el período embrionario, en el cual aparecen y consolidan su proceso inicial de desarrollo las estructuras cardiovasculares, trascienden a la etapa fetal, en el cual los órganos completan su diferenciación histológica y adquieren la capacidad funcional necesaria para adaptarse a la vida postnatal.

Durante ésta etapa se produce un rápido crecimiento corporal de forma diferencial, es decir, cada órgano o segmento corporal adquiere progresivamente sus dimensiones proporcionales. Este crecimiento se presenta en dos etapas, la primera caracterizada por un acelerado crecimiento e incremento en sus

dimensiones, principalmente en longitud aproximadamente hasta la semana 20 y posteriormente se observa un predominio significativo en la ganancia de peso corporal, sin que deje de percibirse aunque en menor proporción el incremento en la talla.

En concordancia con estos patrones de crecimiento, se ha observado mediante estudios ecográficos (Gembrush et al, 2000; Noomcharoen & Uerpairojkit, 2008) y morfométricos directos (Halley-Castillo et al, 2005, Szpinda et al, 2006), que el desarrollo vascular parece tener un comportamiento similar, pues el incremento en las medidas obtenidas por estos autores en la fase inicial del período fetal durante este lapso mas corto antes de la semana 20, sería en términos porcentuales equiparable al obtenido durante toda la segunda mitad de la gestación.

4.4 VARIACIONES ANATÓMICAS

Después de revisar la morfología de los grandes vasos arteriales desde la perspectiva macroscópica y del desarrollo, es importante anotar que los denominados patrones usuales o normales de presentación son el resultado estadístico de un porcentaje mayoritario de la expresión fenotípica poblacional y que existe una gran variabilidad al respecto, dentro de la cual se incluyen formas de presentación sin efectos adversos y otras que son el resultado de significativas modificaciones en el proceso del desarrollo y tienen variables implicaciones y consecuencias.

Aunque no existe una clara definición acerca de lo que es una variación anatómica, éste concepto se relaciona con una configuración morfológica que difiere de la forma más común de presentación observada en la población, esencialmente en términos de la ubicación o el tamaño de la estructura evaluada. La línea entre lo que se considera una variación y una anomalía menor es

bastante tenue o imprecisa, teniendo en cuenta que ninguna de las dos debe tener repercusiones clínicas o funcionales y solo diferirían en que el desarrollo en el caso de la anomalía sería definitivamente irregular.

A pesar de lo anterior, se encuentran descripciones en la literatura sobre algunas de las denominadas variaciones anatómicas con presencia de sintomatología asociada derivada directamente de las mismas, así como también, algunos reportes incluyen a las hipoplasias o agenesias de algunos vasos sanguíneos como variaciones anatómicas, cuando es claro en el contexto de la dismorfología que tanto la hipoplasia como la agenesia se consideran ejemplos de morfogénesis incompleta o ausente, un subtipo de defecto intrínseco del desarrollo de un órgano. Igualmente la presencia de vasos sanguíneos adicionales en un determinado territorio corresponde a otra forma de presentación de dichos defectos intrínsecos donde se incluye por ejemplo la polidactilia y que corresponde a la categoría del tejido accesorio (Jones K, 2006).

Teniendo en cuenta los diferentes argumentos que buscan sustentar las anteriores tesis, está en mora un debate académico al respecto pues es además muy interesante observar como a pesar de la alta conservación filogénica y ontogénica en la configuración de los arcos aórticos entre todas las familias de vertebrados (Muster, 2001), se ha demostrado una significativa variabilidad en la expresión morfológica definitiva de estos vasos sanguíneos en los seres humanos, lo cual podría equipararse a la diversidad encontrada cuando se analiza comparativamente la anatomía vascular humana con la de otras especies animales.

Tomando como referente normal la forma más común de presentación con tres vasos sanguíneos emergentes del arco aórtico, ha sido descrita en múltiples reportes, una amplia gama de variaciones tanto en el número como en la ubicación de dichos derivados arteriales, siendo los más frecuentes los de dos y

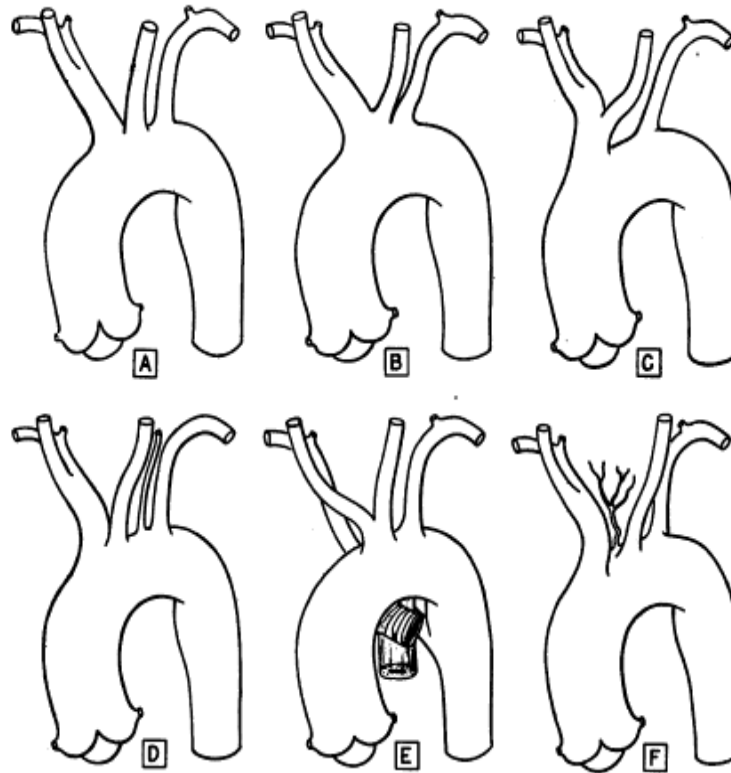
cuatro vasos, dentro de un rango que oscila entre una y cinco ramas (De Garis 1933, Kau 2008, Natsis 2008, Chaoui 2008) Figura 3.

En el grupo de arcos con dos ramas, hay varias formas de presentación, la primera de ellas consistente en una base amplia de donde se generan directa y simultáneamente desde el arco, el tronco braquiocefálico y la carótida común izquierda, a la cual se denomina origen común. La segunda se caracteriza por un pedículo común de longitud variable para estos dos vasos, conocido como el tronco braquibicarotideo, en ambos casos la subclavia izquierda es la segunda rama y finalmente se ha descrito una tercera forma, menos frecuente, caracterizada por la presencia de dos troncos braquiocefálicos (Szpinda 2005).

Así mismo se ha descrito un número de cuatro ramas derivadas del cayado aórtico, en cuyo caso hay varias formas de presentación, siendo las dos mas frecuentes una en la cual el vaso adicional generalmente corresponde a la arteria vertebral izquierda cuyo nacimiento ocurre en el espacio entre las arterias carótida común y subclavia izquierdas, mientras que la otra forma es aquella en la cual la ausencia de tronco braquiocefálico origina de manera independiente desde el arco aórtico la carótida común y la subclavia derechas.

Es muy importante anotar que no todos los arcos de tres ramas presentan la forma usual de presentación, como lo evidencian reportes donde el tronco braquibicarotídeo estaría acompañado por dos ramas más; la vertebral y subclavia izquierdas (Szpinda, 2007). Siendo habitualmente asintomáticas cualquiera de estas formas de expresión.

Figura 3. Diversas formas de expresión de las ramas del arco aórtico.



A. Forma usual de arco con 3 ramas. B. Origen común para el tronco braquiocefálico y la A. carótida común izquierda. C. Tronco braquibicarotideo. D. Arteria vertebral izquierda originada entre las arteria carótida comun y subclavia izquierdas. E. A. subclavia derecha rama de la Aorta descendente y origen común de las arterias carótidas comunes. F. A. Tiroidea ima entre el tronco braquiocefálico y A. carótida común izquierda.

Fuente: Modificado de De Garis et al. J. Anat. 1933

Otros hallazgos de la morfología vascular considerados como variaciones anatómicas incluyen los orígenes erráticos de vasos sanguíneos, tal como ocurre a las arterias carótidas, subclavias o vertebrales (Kieffer 1994, Schuarzacher 1989, Akdeniz 2007, Paraskevas 2008), las cuales en la mayoría de los casos suelen pasar desapercibidas y convertirse solo en un hallazgo incidental, pero en

ocasiones, cuando se asocian a constricciones de las vías aérea o digestiva, las cuales pueden hacerse sintomáticas, al punto de requerir manejo quirúrgico (Berdon 2000, Shingu 2007, Lee 2007).

4.5 DISMORFOLOGÍA

En lo concerniente a las anomalías del desarrollo de los grandes vasos, hay diferentes formas de presentación, como el compromiso de estructuras como los tractos de salida ventriculares, afecciones importantes en la trayectoria y calibre de estos vasos sanguíneos, así como también, la no involución de estructuras propias del período embriofetal.

Una forma frecuente de presentación de los defectos de la región troncoconal y que ocurre en 9,6 de cada 10000 nacimientos (Sadler 2004), es la Tetralogía de Fallot, un grupo de defectos cardíacos compatible con la vida causada por el desplazamiento hacia la derecha del tabique aórticopulmonar lo cual conlleva la desigual división del cono arterioso con estenosis infundibular pulmonar, hipertrofia ventricular derecho secundaria, una amplia comunicación interventricular sobre la cual cabalga la arteria aorta (Hib 1999).

La transposición de los grandes vasos arteriales, es la causa más común de cardiopatía cianósante en recién nacidos y tiene una incidencia estimada de 1 en 3500 y 5000 nacimientos (Martins P y Castela E 2008). En los casos comunes la aorta se encuentra anterior con respecto al tronco pulmonar y suele asociarse a defectos en la porción membranosa del tabique interventricular o persistencia del conducto arterioso, los cuales permiten cierto intercambio entre las circulaciones pulmonar y sistémica. Debido a la persistencia del foramen oval hay cierta mezcla de sangre, pero si no se corrige quirúrgicamente la transposición, la supervivencia de estos niños es muy corta (Moore 1999).

En la persistencia del tronco arterioso, surge un tronco arterial único del corazón a través del cual se irriga la circulación sistémica, pulmonar y coronaria y debido a que los rebordes troncoconales también contribuyen a formar el tabique interventricular, el tronco persistente se acompaña de una comunicación interventricular sobre la cual se dispone el tronco recibiendo sangre de ambos ventrículos. Es importante anotar que estas anomalías troncoconales pueden presentarse de manera aislada o asociados a otros defectos cardíacos o cervicofaciales como en los Síndromes de Di George y Cardiovelofacial, situación explicada desde la morfología del desarrollo, ya que el tabique aórticopulmonar está constituido por células de la cresta neural derivadas de los arcos branquiales 4º y 6º, relacionados con el desarrollo de la cara y el cuello (Männer 1997, Yelbuz 2004).

También se pueden apreciar defectos en la trayectoria vascular, como en el caso de la coartación aórtica: una estrechez apreciable de este vaso sanguíneo, generalmente distal al origen de la arteria subclavia izquierda en la entrada del conducto arterioso. Su frecuencia de presentación oscila entre un 5 al 10 % de niños y adultos con cardiopatías congénitas (Tikkanen y Heinonen 1993) y aunque puede ser un hallazgo casual de autopsia generalmente se hace sintomática y puede presentarse de forma aislada o asociada a otras alteraciones, siendo más frecuente su presencia en pacientes con Síndrome de Turner (Puente et al 2001).

La más frecuente alteración de los grandes vasos relacionada con persistencia de estructuras fetales corresponde al conducto arterioso persistente, observándose hasta en 8 de cada 10000 nacimientos (Sadler 2004), siendo más frecuente en neonatos pretérmino y puede encontrarse aislada o asociado a otros defectos. En condiciones normales el conducto arterioso se cierra definitivamente por proliferación de la túnica íntima dentro de los tres primeros meses de vida postnatal, cuando esto no ocurre en un neonato a término su manejo es usualmente quirúrgico (Sadler 2004).

Otra forma menos frecuentes de éste grupo de anomalías incluyen al arco aórtico derecho generalmente de ubicación retroesofágica (Algieri 2005) aislado o asociado a otras alteraciones como coartación aórtica (Bialowas 2000, Bein 2006), aunque no siempre produce sintomatología (Ferreira 2006). Igualmente se ha descrito el doble arco aórtico caracterizado por un anillo vascular que circunda el esófago y la tráquea generando grados variables de constricción, producida por la falta de involución de una parte distal de la aorta dorsal derecha, siendo comúnmente más grande el arco derecho que se hace retro esofágico mientras que el izquierdo es pretraqueal (Huang 2008).

Se han registrado formas mucho más infrecuentes como el cayado aórtico interrumpido, ocasionado por la obliteración del cuarto arco aórtico izquierdo (Atallah 2008) y hallazgos excepcionales e incidentales como la persistencia de estructuras derivadas del quinto par de arcos aórticos (Donti 1997 ,Chaw –Chi 2000) o las anomalías en los orígenes de las arterias pulmonar (Reyes 2003, Pérez 2003), lo que deja entrever la complejidad del proceso de desarrollo y todas las alteraciones derivadas del mismo.

5. MARCO METODOLÓGICO

5.1 TIPO Y DISEÑO DE INVESTIGACIÓN

El presente trabajo se desarrolló siguiendo una metodología de tipo observacional descriptivo.

5.2 POBLACIÓN Y MUESTRA

La población objeto de investigación correspondió a los fetos mortinatos o productos de abortos espontáneos con edad gestacional mayor o igual a 17 semanas y cuyas madres fueron atendidas en la Empresa Social del Estado Hospital Universitario de Santander de la ciudad de Bucaramanga.

Las muestras a estudiar correspondieron a los bloques cardiopulmonares de dichos fetos y se hizo un muestreo por selección intencionada. El tamaño de la muestra se calculó en el programa EPI INFO 6.04, tomando como referente una frecuencia esperada de 25% de resultados diferentes a la forma usual de presentación, con un rango entre 15 y 35%, a partir de los datos citados en el marco teórico sobre variabilidad anatómica y con un nivel de confianza de 90%, la cifra obtenida fue 50.

Se excluyeron los productos con anomalías externas o en los que se encontraron defectos estructurales cardiovasculares asociados y aquellos con evidencias de mal estado de preservación cuya condición no permitiera su adecuada evaluación antropométrica o morfométrica cardiovascular.

La edad gestacional fue calculada por biometría fetal, tomando como principal parámetro la longitud del pie y en segunda instancia la correlación entre peso y talla para la edad gestacional a partir de las tablas antropométricas empleadas en el Departamento de Patología de la Universidad Industrial de Santander (García 2008).

5.3 OBTENCIÓN DE LAS MUESTRAS

Con el aval del Comité de Ética de la División de Investigaciones de la Facultad de Salud de la UIS, teniendo en cuenta toda la normatividad legal vigente y previo consentimiento informado escrito, se procedió a la recolección de 51 bloques cardiopulmonares fetales, obtenidos mediante autopsia médico científica practicada en la morgue del Departamento de Patología de la Universidad Industrial de Santander entre los meses de abril de 2008 y enero de 2009.

5.4 PROCESAMIENTO

5.4.1 Adecuación de la muestra. Los bloques obtenidos fueron sometidos a un lavado exhaustivo con abundante agua buscando eliminar la mayor cantidad posible de sangre e inmediatamente fueron fijados en una solución de formaldehído al 10 % por un período de máximo 72 horas. Previa disección parcial de las muestras que permitiera identificar los extremos vasculares se lavaron nuevamente las muestras con agua tibia buscando eliminar residuos de sangre o coágulos que pudieran afectar el flujo de la resina durante la etapa de repleción de los lechos vasculares. A continuación se ligaron con seda quirúrgica los extremos de las ramas del arco aórtico y de las venas cavas superior e inferior y se canalizó la aorta torácica con una aguja hipodérmica de uso veterinario a la

cual previamente se le había seccionado la punta para dejarla roma, evitando de ésta forma la perforación de las paredes vasculares.

5.4.2 Preparación de la resina. La mezcla con la que se inyectaron los lechos vasculares, fue previamente estandarizada en los Laboratorios del Departamento de Ciencias Básicas de la Universidad Industrial de Santander durante la realización de un estudio sobre variaciones anatómicas en irrigación encefálica (Ayala, 2007). En dicha mezcla se combinó una resina con un monómero y se les adicionaron dos componentes que favorecieron la reacción de polimerización. Se empleó una resina poliéster insaturada de viscosidad media Poliser P-2100® y como monómero se adicionó el estireno un hidrocarburo insaturado que mejora la miscibilidad de la preparación y la flexibilidad del producto final (Sánchez, 2000), el octoacto de cobalto se usó como acelerante del fraguado y el peróxido de metiletilcetona (MEK), actuó como catalizador de la reacción exotérmica para lograr el endurecimiento de la resina a temperatura ambiente.

Con estos componentes se preparó una mezcla en las siguientes proporciones; por cada 100 ml. de resina, se adicionaron 20 ml de estireno, 0.1 ml. de acelerante y 1 ml. de MEK, el colorante rojo mineral en polvo se adicionó de forma subjetiva gradualmente hasta obtener un color rojo de mediana intensidad.

5.4.3 Repleción. Una vez preparada la resina y cuando ésta se encontraba próxima a la polimerización, aproximadamente cinco minutos después de la adición del MEK, se procedió a inyectar lenta y suavemente de forma manual un volumen entre los 3 y 10 ml. según el tamaño de la muestra y el grado variable de desplazamiento de resina hacia el lecho vascular pulmonar. La inyección del material se detenía al percibir turgencia en las estructuras vasculares emergentes del corazón, evitándose de esta manera la sobredistensión vascular o la extravasación de la resina. A continuación las muestras se mantuvieron a temperatura ambiente fuera del medio líquido por 24 horas con el fin de permitir la

total polimerización de la resina y la repleción de todo el lecho vascular, antes de colocarlas nuevamente dentro de la solución del formaldehído para garantizar su conservación.

5.4.4 Disección. En un tiempo no superior a las 72 horas posteriores al fraguado de la resina se daba inicio al proceso de disección de las muestras, el cual requirió de instrumental de microcirugía y equipo de magnificación visual como lupas y/o estereomicroscopio buscando preservar las condiciones óptimas que permitieran obtener unos adecuados registros cualitativos y morfométricos.

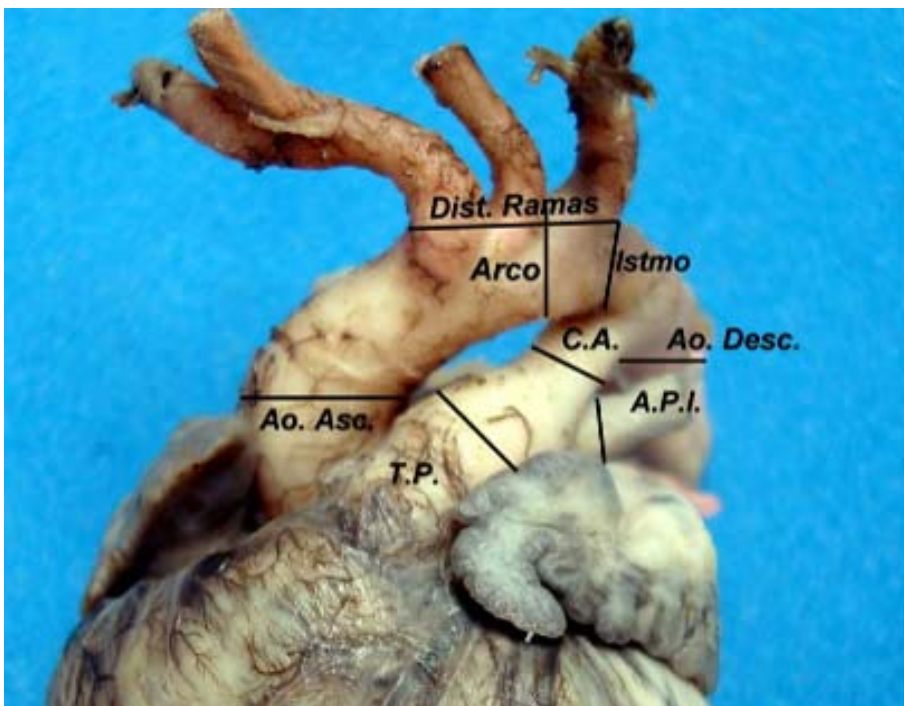
Inicialmente se seccionó el pedículo pulmonar bilateralmente para separar los pulmones junto a la porción torácica de las vías aérea y digestiva que acompañaban a las muestras, quedando solamente el corazón con sus elementos vasculares tributarios y emergentes. A continuación se procedía a retirar completamente el saco pericárdico, así como los remanentes del timo, que quedaban de la fase inicial de adecuación de las piezas anatómicas y finalmente se liberaban de cualquier resto de tejido adyacente a los elementos vasculares repletados.

5.5 DESCRIPCION Y REGISTRO

5.5.1 Descripción cualitativa. Mediante inspección directa y con ayuda de magnificación visual, se verificó la ausencia de anomalías en la morfología vascular y se identificó el número de vasos sanguíneos emergentes del arco aórtico, describiendo su configuración y localización y a partir del concepto de expresión usual, el cual es equivalente a la presencia de tres colaterales derivadas de este segmento vascular, se procedió a identificar y tabular las diferentes formas de presentación de estos vasos sanguíneos con su respectivo registro fotográfico digital de alta resolución.

5.5.2 Morfometría. Una vez concluido el registro cualitativo y empleando un calibrador electrónico Mitutoyo®, el cual permite realizar registros con una precisión de centésimas de milímetro, se tomaron mediciones de los diámetros externos de los siguientes segmentos vasculares: aorta ascendente a la altura del cruce del borde superior de la arteria pulmonar derecha, el registro del arco aórtico se realizó después de la emergencia de la arteria carótida común izquierda, en tanto que el istmo aórtico se midió inmediatamente antes de la unión del conducto arterioso a la superficie concava del arco aórtico y el diámetro de la aorta descendente se cuantificó después de la desembocadura del conducto arterioso. El tronco pulmonar y el conducto arterioso fueron valorados en el punto medio de su trayectoria, mientras que los diámetros de las arterias pulmonares derecha e izquierda se registraron en su origen en el tronco pulmonar. Figura 4.

Figura 4. Sitios de toma de las medidas de los segmentos evaluados



Ao. Asc.: Aorta Ascendente, **Ao. Desc.:** Aorta descendente, **T.P.:** Tronco pulmonar, **C.A.:** Conducto Arterioso, **A.P.I.:** Arteria pulmonar izquierda

Fuente: El Autor

Todas las mediciones fueron hechas por un mismo evaluador (el autor) en tres oportunidades cada vez en las siguientes orientaciones: anteroposterior, transverso y oblicuo, en momentos diferentes para cada una de las muestras. Figura 5.

Figura 5. Registro morfométrico con calibrador electrónico



Fuente: El Autor

5.6 ANÁLISIS DE DATOS

Para el análisis estadístico se agruparon las muestras en intervalos de 4 semanas a partir de la semana 17 hasta la 40, en seis grupos correspondientes a los meses del 5° al 10° de gestación, teniendo en cuenta que no se contaba con muestras en todas las semanas de gestación y para realizar un mejor análisis comparativo

Se creó una base de datos inicialmente en EXCEL, donde se tabulan todos los registros anteriormente mencionados, la cual es importada a STATA 8.0 donde se realizaron los análisis respectivos de las medidas de tendencia central y regresión.

Se realizó análisis de correlación entre el número de ramas del arco aórtico y entre la distancia desde la primera hasta la última de ellas con la edad gestacional. Adicionalmente se llevo a cabo análisis de regresión entre el número de ramas y la distancia entre las mismas.

Se promediaron las tres medidas obtenidas de todas las variables evaluadas en cada espécimen y posteriormente se obtuvieron las medias aritméticas y desviaciones estándar de dichas medidas en cada grupo según la categorización por edad gestacional previamente descrita y posteriormente se analizó la correlación entre los diámetros vasculares registrados y la edad gestacional.

Se estableció la razón entre los diámetros de los segmentos aórticos valorados y la porción ascendente tomada como referente. Así mismo se analizó la razón entre el conducto arterioso y otros segmentos como el tronco pulmonar y la aorta ascendente.

Igualmente se valoró mediante análisis de correlación y regresión el comportamiento del crecimiento de los diámetros de la aorta ascendente y del tronco pulmonar, al igual que el comportamiento de las arterias pulmonares a lo largo del período gestacional evaluado.

6. RESULTADOS

6.1 GENERALIDADES

Se obtuvieron 51 bloques cardiopulmonares de fetos entre 17 y 40 semanas de gestación mediante autopsia médico científica practicada en la morgue del Departamento de Patología de la Universidad Industrial de Santander. De los 51 fetos evaluados 28 (55%) eran de género masculino y 23 (45%) de género femenino. En cuanto a los grupos por edad gestacional, la muestra mas numerosa correspondió a aquel cuyas edades estaban entre las 21 y 24 semanas con 16 muestras, en tanto que el más pequeño con 4 bloques fue el del período comprendido entre las 33 y 36 semanas. El número y la edad gestacional de los fetos evaluados según su género se encuentran discriminados en detalle en la Tabla No. 1.

Tabla 1. Género y edad gestacional de los fetos examinados

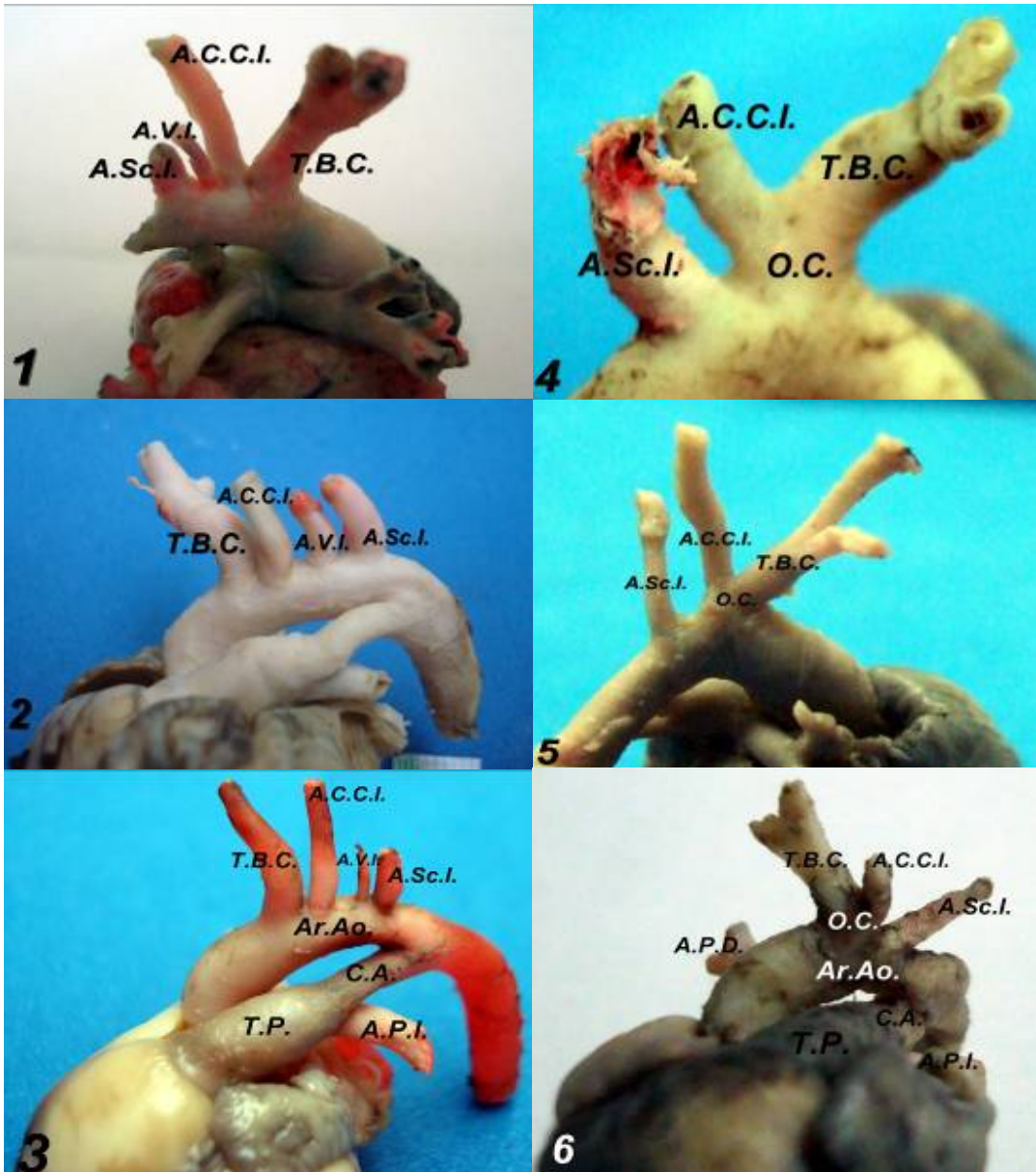
Edad gestacional (semanas)	Número	Masculino	Femenino
17 – 20	5	2	3
21 – 24	16	11	5
25 – 28	12	5	7
29 – 32	7	2	5
33 – 36	4	3	1
37 – 40	7	5	2
TOTALES	51	28	23

6.2 NÚMERO DE RAMAS DEL ARCO AÓRTICO

Del total de las piezas estudiadas, se encontraron 3 formas de expresión morfológica en lo concerniente al número de ramificaciones que se generan de la superficie convexa del arco aórtico; el patrón descrito clásicamente en la literatura de tres ramas fue el más frecuente en todos los grupos etareos con 29 casos (56.9%), seguido de la presencia de dos ramificaciones con 14 casos (27.5%) y finalmente la presencia de 4 ramas fue la menos frecuente 8 casos (15.7%). Figura 6. No se encontró diferencia significativa entre el número de ramas y el género de los fetos evaluados ($p > 0.1$).

El grupo caracterizado por sólo dos ramificaciones derivadas de éste segmento aórtico, a su vez se subdivide en dos formas de presentación: una condición en la cual desde una base amplia tienen origen común el tronco arterial braquiocefálico derecho y la arteria carótida común izquierda; situación que se presentó en la mayoría de los casos con 12 registros (23.5%) y otra denominada tronco braquiobicarotídeo en la cual un pedículo común se bifurca para dar origen a los dos vasos antes mencionados, observada en 2 casos, (3,9 % del total de muestras examinadas) Figura 7. Es importante anotar que en algunos casos donde el origen común parecía algo dudoso y existía la posibilidad de encontrar dos orificios muy cercanos y no uno solo, se realizó un corte del tejido vascular confirmando que solo había un pedículo y su respectivo ostium desde la porción convexa del arco aórtico. Figura 8. El número de ramas por grupo de edad gestacional y sus porcentajes se presenta en la Tabla No. 2 e igualmente se representa de manera gráfica su distribución y comportamiento durante el lapso evaluado. Figura 9.

Figura 6. Variación en el número de ramas del arco aórtico

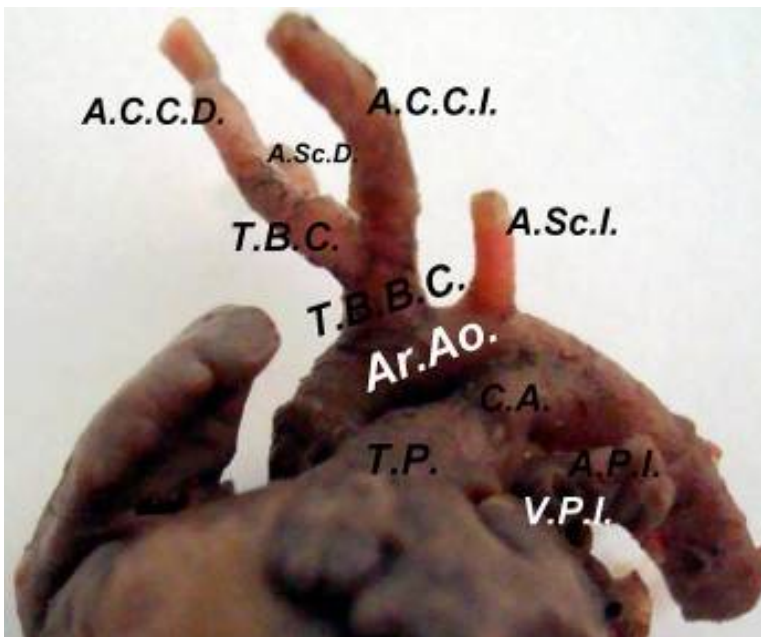


1, 2 y 3: Arcos aórticos con 4 ramas. 4, 5 y 6: Arcos aórticos con 2 ramas en la forma de origen común para el Tronco Braquiocefálico y la Arteria Carótida común izquierda.

T.B.C.: Tronco Braquiocefálico, A.C.C.I.: Arteria carótida común izquierda, A.V.I.: Arteria Vertebral Izquierda, A.Sc.I.: Arteria Subclavia Izquierda, Ar. Ao.: Arco Aórtico, T.P.: Tronco Pulmonar, C.A.: Conducto Arterioso, A.P.I.: Arteria Pulmonar Izquierda, O.C.: Origen común, A.P.D.: Arteria Pulmonar Derecha.

Fuente: El Autor

Figura 7. Tronco Braquiobicarotídeo.



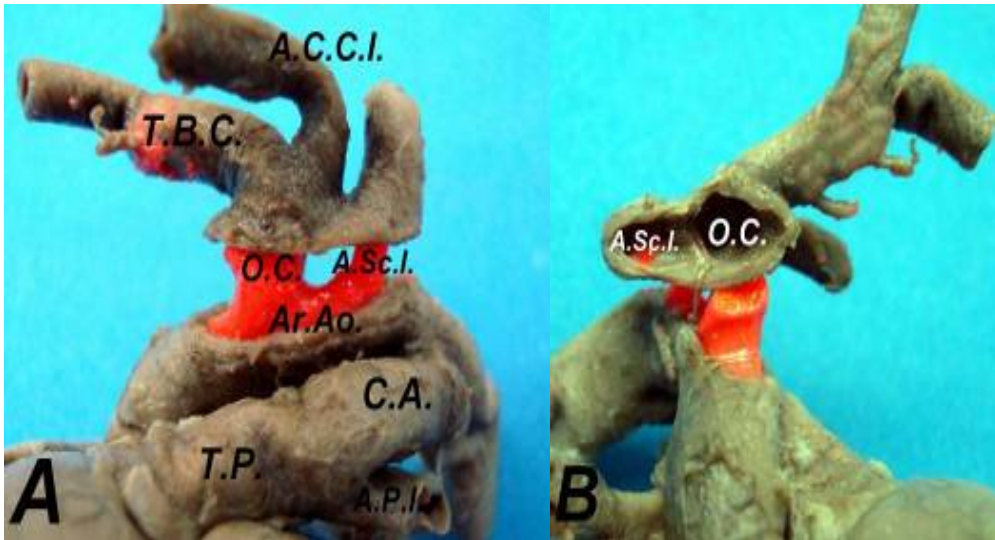
T.B.B.C.: Tronco Braquiobicarotídeo, T.B.C.: Tronco Braquiocefálico, A.C.C.D.: Arteria carótida común derecha A.C.C.I.: Arteria carótida común izquierda, A.Sc.D.: Arteria Subclavia Derecha, A.Sc.I.: Arteria Subclavia Izquierda, Ar. Ao.: Arco Aórtico, T.P.: Tronco Pulmonar, C.A.: Conducto Arterioso, A.P.I.: Arteria Pulmonar Izquierda, V.P.I.: Venas Pulmonares Izquierdas.

Fuente: El Autor

Tabla 2. Número de ramas del arco aórtico por edad gestacional.

Edad gestacional	2 Ramas	3 Ramas	4 Ramas
17 – 20	2 (40%)	3 (60%)	0
21 – 24	5 (31,3%)	6 (37,5%)	5 (31,3%)
25 – 28	2 (16,7%)	10 (83,3%)	0
29 – 32	3 (42,9%)	4 (57,1%)	0
33 – 36	1 (25%)	2 (50%)	1 (25%)
37 – 40	1 (14,3%)	4 (57,1%)	2 (28,6%)
TOTALES	14 (27,5%)	29 (56,9%)	8 (15,7%)

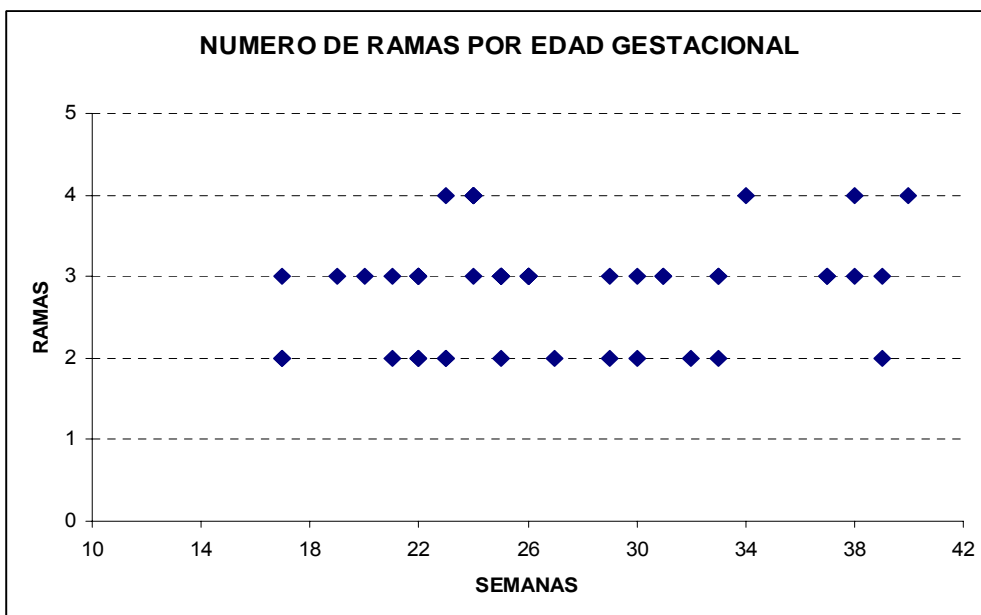
Figura 8. Origen común del tronco braquiocefálico y A. carótida común izquierda.



T.B.C.: Tronco Braquiocefálico, A.C.C.I.: Arteria carótida común izquierda, A.Sc.I.: Arteria Subclavia Izquierda, Ar. Ao.: Arco Aórtico, T.P.: Tronco Pulmonar, C.A.: Conducto Arterioso, A.P.I.: Arteria Pulmonar Izquierda, O.C.: Origen común.

Fuente: El Autor

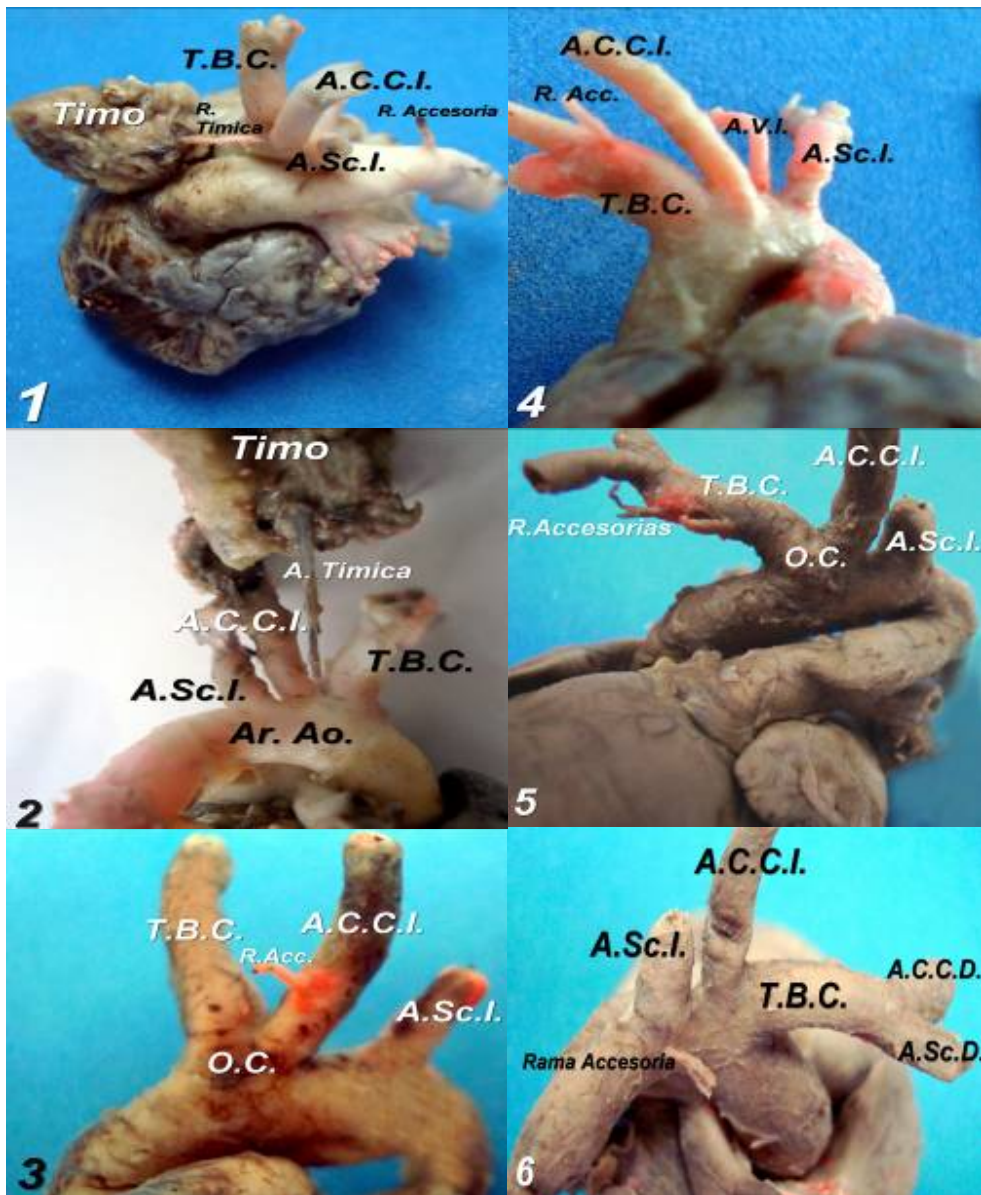
Figura 9. Número de ramas del arco aórtico por edad gestacional.



6.3 RAMAS ACCESORIAS

Se observó la presencia de pequeños vasos colaterales derivados de algunas de estas estructuras arteriales en 13 casos (25.5%). En 10 casos el hallazgo correspondió a un único vaso y su ubicación se dio de la siguiente forma: 6 de ellas son ramas directas del tronco braquiocefálico, 2 de la arteria carótida común derecha, 1 de la arteria carótida común izquierda y en un caso se observó un pequeño vaso originándose en la cara posterior del arco aórtico muy cerca del origen del tronco braquiocefálico. En los tres casos restantes, la presencia de éstas ramas fue doble e incluso triple; uno de ellos con 2 vasos originados en el tronco braquiocefálico y uno más en la cara posterior del cayado aórtico; en el segundo, se identificó una rama en la carótida común derecha y una en la aorta descendente antes de la emergencia de las arterias intercostales posteriores y en el último caso se encontraron 2 ramas, la primera de ellas derivada de un origen común del tronco braquiocefálico y la arteria carótida común izquierda, mientras que la segunda se observó emergiendo en la aorta descendente de igual forma que la observada en el caso inmediatamente anterior. En dos de estos casos se identificó una trayectoria directa de estos vasos hacia el timo, situación que no pudo verificarse en todos los casos. Figura 10

Figura 10. Localización de vasos sanguíneos accesorios



1 y 2: Ramos Tímicos. 3 y 4: Otros ramos accesorios. 5 y 6: Vista anterior y posterior respectivamente, de la misma muestra con 3 ramas accesorias.

T.B.C.: Tronco Braquiocefálico, A.C.C.I.: Arteria carótida común izquierda, A.Sc.I.: Arteria Subclavia Izquierda, Ar. Ao.: Arco Aórtico, O.C.: Origen común, A.V.I.: Arteria Vertebral Izquierda, A.C.C.D.: Arteria carótida común derecha, A.Sc.D.: Arteria subclavia derecha.

Fuente: El Autor

6.4 MORFOMETRIA

Los diámetros externos de los segmentos de los vasos sanguíneos evaluados se agruparon por intervalos de edad gestacional en los seis grupos antes descritos y dichas medidas fueron promediadas y junto con sus respectivas desviaciones estándar se presentan en la Tabla No. 3.

Tabla 3. Promedios y Desviaciones Estándar de los diámetros evaluados

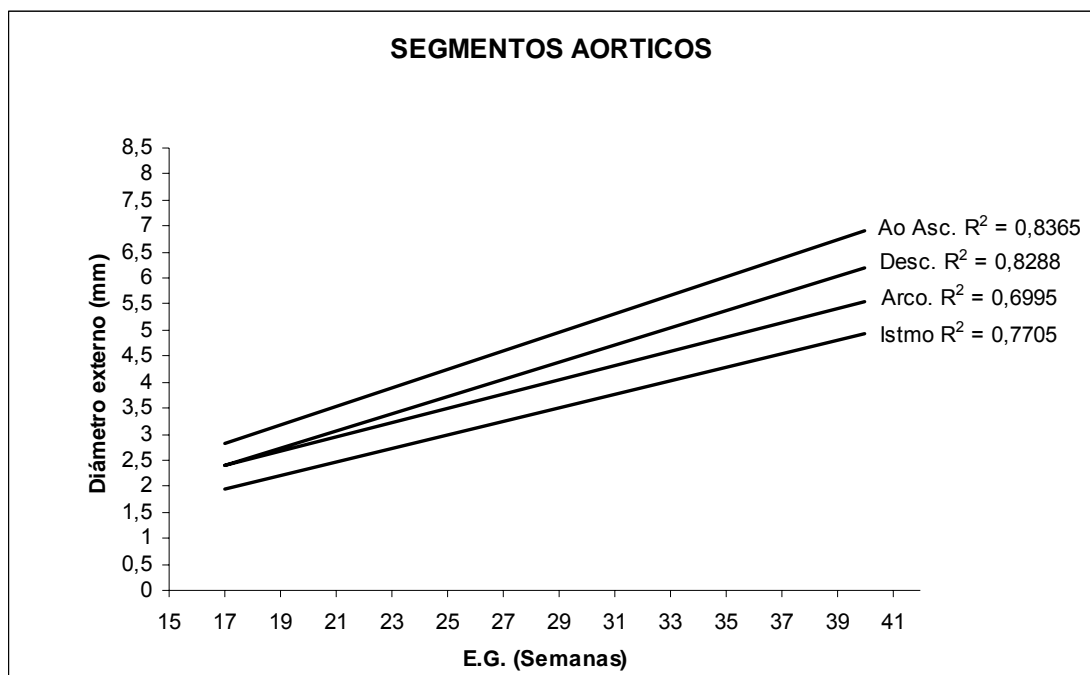
E. G. (sem)		Ao Asc	Arco	Istm o	Ao. Desc	T. Pulm	C. A.	P. Der	P. Izq
17 – 20	PROM	2,99	2,64	2,23	2,67	2,96	1,69	1,75	1,46
	DE	0,6	0,53	0,46	0,47	0,53	0,6	0,33	0,34
21 – 24	PROM	3,79	3,1	2,65	3,27	3,72	2,08	2,27	2,01
	DE	0,51	0,45	0,45	0,51	0,48	0,46	0,3	0,24
25 – 28	PROM	4,4	3,61	3,03	3,83	4,28	2,52	2,49	2,24
	DE	0,49	0,6	0,42	0,5	0,61	0,7	0,29	0,21
29 – 32	PROM	5,23	4,24	3,6	4,5	5,43	2,68	2,73	2,59
	DE	0,45	0,51	0,55	0,43	0,58	0,39	0,41	0,29
33 – 36	PROM	5,52	4,82	4,23	5,16	5,74	3,37	3,23	2,87
	DE	0,36	0,93	0,33	0,06	0,84	0,82	0,35	0,46
37 – 40	PROM	6,65	5,28	4,74	5,98	6,76	3,73	3,83	3,61
	DE	0,71	0,73	0,53	0,51	0,67	0,75	0,47	0,46

Ao. Asc: Aorta ascendente, Arco: aórtico, Ao. Desc: Aorta Descendente, T. Pulm: Tronco Pulmonar, C.A.: Conducto Arterioso, P. der: Arteria Pulmonar derecha, P. Izq: Arteria Pulmonar Izquierda.

6.4.1 Diámetros de los segmentos aórticos.

Todos los diámetros externos de los segmentos aórticos valorados durante las semanas de gestación objeto de este estudio, presentaron un incremento lineal significativo con coeficientes de determinación R^2 que oscilaron entre 0.69 y 0.83. Figura 11. En orden decreciente los diámetros de los segmentos aórticos evaluados fue el siguiente: primero la porción ascendente, seguida de la descendente, luego el arco y finalmente el istmo que en todos los grupos etareos fue el de menor tamaño.

Figura 11. Diámetros externos de los segmentos aórticos evaluados



Aorta ascendente

El diámetro de la aorta ascendente osciló entre 2.11 mm y 7.83 mm, con un promedio de 4.58, DE 1.2 y un R^2 de 0.83 respecto a la edad gestacional. Al

comparar las medias aritméticas del primer y último grupo se observó que éste diámetro aumentó 122 % entre el inicio y el final del período analizado.

Aorta descendente

El menor diámetro encontrado en éste segmento fue de 2.04 mm, con un máximo de 6.65 mm, un promedio de 4.03 mm, una DE de 1.1 y el R^2 de 0.83 de acuerdo con la edad gestacional. El incremento total de su tamaño corresponde a 124 %.

Arco aórtico

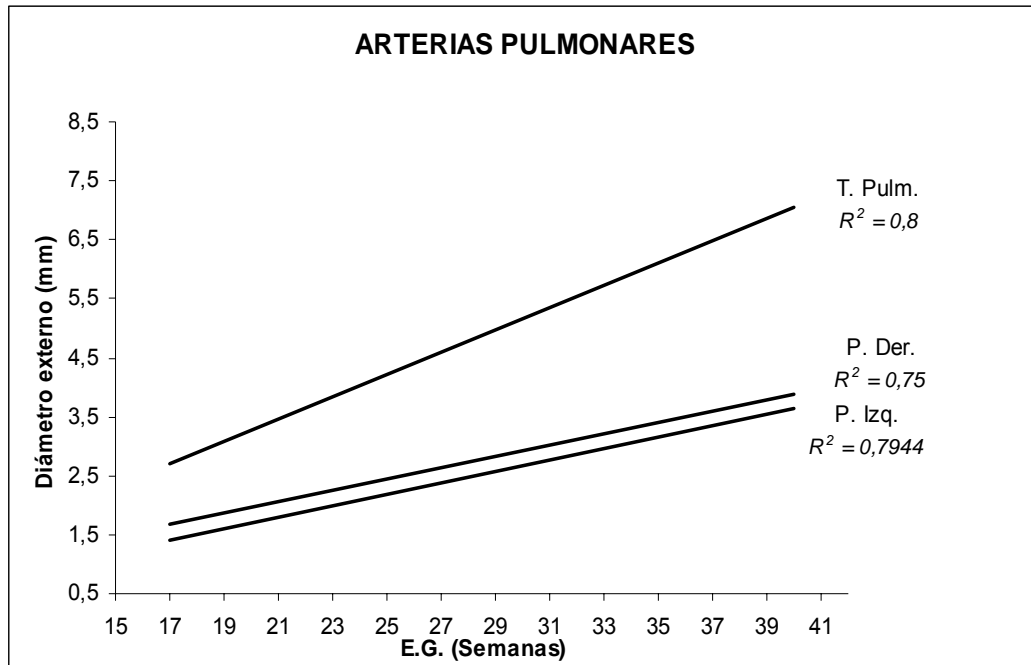
El valor observado en el diámetro del arco aórtico osciló entre 1.82 y 6.44 mm, con promedio de 3.76, un R^2 con respecto a la edad gestacional de 0.7 y una DE de 1,01. Su crecimiento global correspondió exactamente a un incremento del 100 % del valor registrado al inicio del período evaluado.

Istmo aórtico

El máximo registro del diámetro de éste segmento vascular fue de 5.78 mm y el mínimo de 1.58 mm, con un promedio de 3.23 mm, una DE de 0.9 y un R^2 de 0.77 para la edad gestacional. El incremento en el diámetro del vaso fue de 113 % durante el período analizado.

6.4.2 Diámetros de los vasos pulmonares. Al igual que lo ocurrido con las estructuras vasculares aórticas, se observó un incremento lineal en los diámetros arteriales pulmonares evaluados durante todas las etapas del desarrollo fetal estudiadas, con un coeficiente de determinación R^2 para la edad gestacional, de 0,75 para la arteria pulmonar derecha, 0,79 para la pulmonar izquierda y 0,8 para el tronco pulmonar. Figura 12.

Figura 12. Diámetros externos de las arterias pulmonares



Tronco pulmonar

El diámetro del tracto de salida ventricular derecho registró unas medidas entre 2,47 mm y 7,84 mm, con un promedio de 4,59 mm y una DE de 1,3. Al comparar los diámetros promedio entre los grupos primero y sexto se encuentra un aumento equivalente al 128 %.

Arteria pulmonar derecha

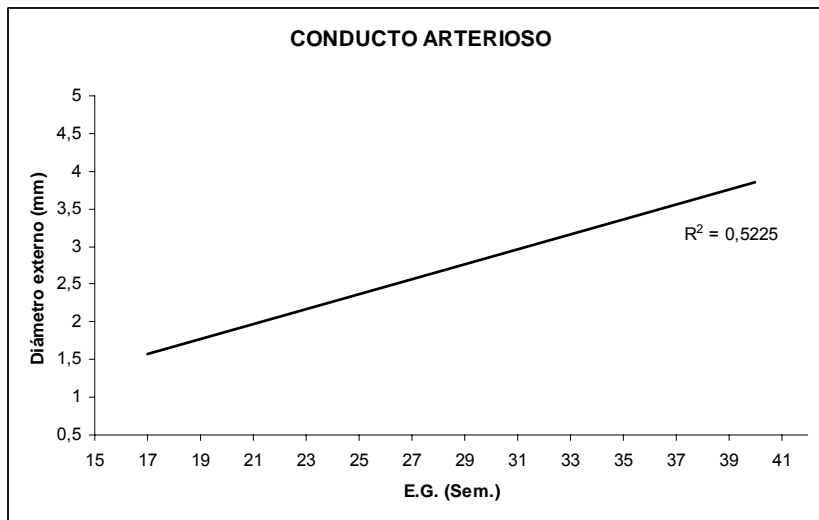
Las medidas del diámetro de la arteria pulmonar derecha estuvieron entre 1,44 y 4,45 mm, registrando un promedio de 2,62 mm DE: 0,65. El incremento observado en esta variable analizada fue de 119% con respecto al promedio encontrado en el primer grupo.

Arteria pulmonar izquierda

Por su parte la arteria pulmonar izquierda presentó un diámetro mínimo de 1,22 mm y un máximo de 4,17 mm, el promedio fue de 2,38 mm y la DE 0,67. Su crecimiento global a lo largo de la gestación, correspondió al 147 % de su valor inicial.

6.4.3. Diámetro del conducto arterioso. El conducto arterioso presentó igualmente una tendencia lineal creciente respecto a la edad gestacional con un R^2 de 0.52. El menor valor registrado en su diámetro fue de 1.28 mm y el máximo alcanzó los 4,78 mm, con un promedio de 2.56 mm y una DE de 0.85. El incremento en su diámetro al comparar los promedios del primer y último grupo indica un crecimiento del 121 % en todo el período gestacional evaluado. Figura 13.

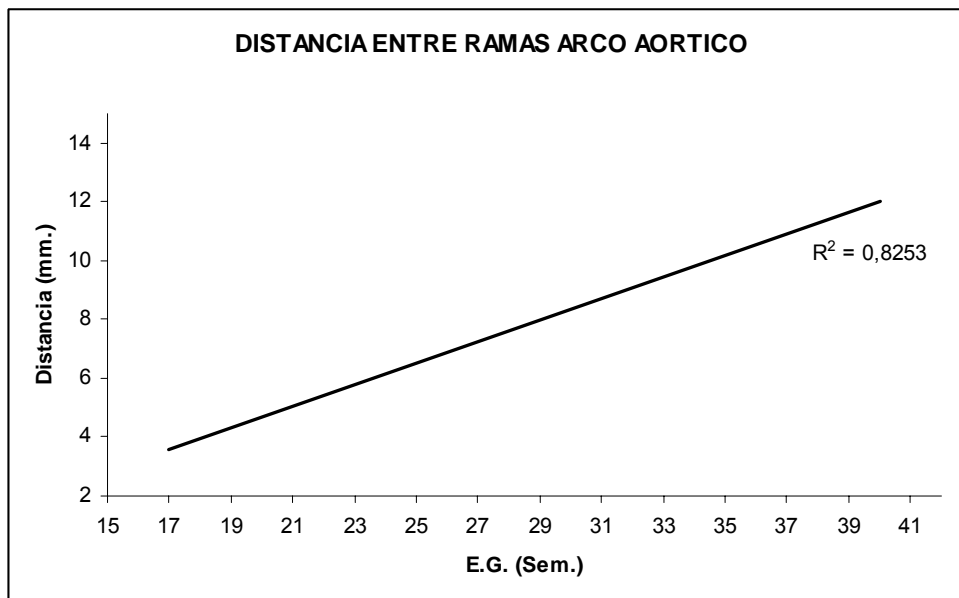
Figura 13. Diámetro externo del conducto arterioso



6.4.4 Distancia entre ramas del cayado aórtico. La distancia entre la primera y la última rama del arco aórtico osciló entre 3 y 13.3 mm y sus registros de acuerdo a la edad gestacional se presentan en la Figura 14. Se observa una tendencia

lineal creciente en dicha longitud con respecto a la edad gestacional a lo largo de todo el período evaluado, con un R^2 de 0.83, siendo de 3.99 mm el promedio para el grupo de 17 a 20 semanas de gestación, valor que prácticamente se triplicó alcanzando los 11,63 mm en promedio para el grupo de más de 36 semanas.

Figura 14. Distancia entre ramas del arco aórtico



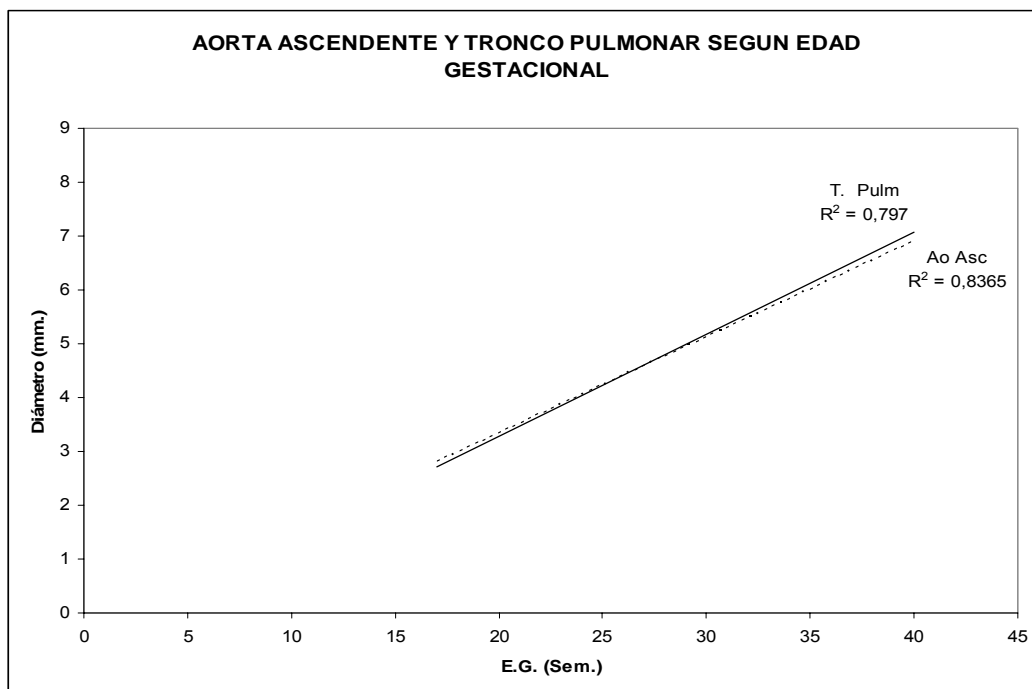
6.5 RELACION DE MEDIDAS DE SEGMENTOS ARTERIALES

6.5.1 Tronco pulmonar - Aorta ascendente. El diámetro de la aorta ascendente fue mayor que el del tronco pulmonar en 22 casos (43.1%), mientras que en el 52.9 % de los casos el vaso de mayor calibre fue el tronco pulmonar y tan solo en 2 muestras (3.9%) se encontraron diámetros iguales en los dos vasos sanguíneos.

Al comparar la tendencia de crecimiento de los diámetros de estos dos segmentos vasculares no se observa diferencia significativa entre ellos a lo largo del período estudiado ($p = 0.9$). Figura 15. Así mismo al analizar la razón entre los diámetros

del Tronco Pulmonar sobre la Aorta ascendente, se observó un valor constante muy cercano a 1 y una tendencia cuya expresión lineal es resultado de la fórmula $y = 0,9866x + 0,0676$ con una correlación de 0.82 de acuerdo a la edad gestacional. Figura 16

Figura 15. Tendencia de crecimiento de Aorta Ascendente y Tronco Pulmonar



6.5.2 Istmo aortico – Aorta ascendente. Teniendo en cuenta que en cifras absolutas el istmo aórtico es el segmento de menor diámetro se evaluó su relación con respecto al diámetro de la aorta ascendente en los diferentes grupos estudiados, encontrando una razón relativamente constante y siempre inferior a 1, con valores que oscilaron entre 0,53 y 0,89 con un promedio de 0,7 y una DE de 0,07. Figura 17.

Figura 16. Razón entre los diámetros del Tronco pulmonar y la Aorta Ascendente

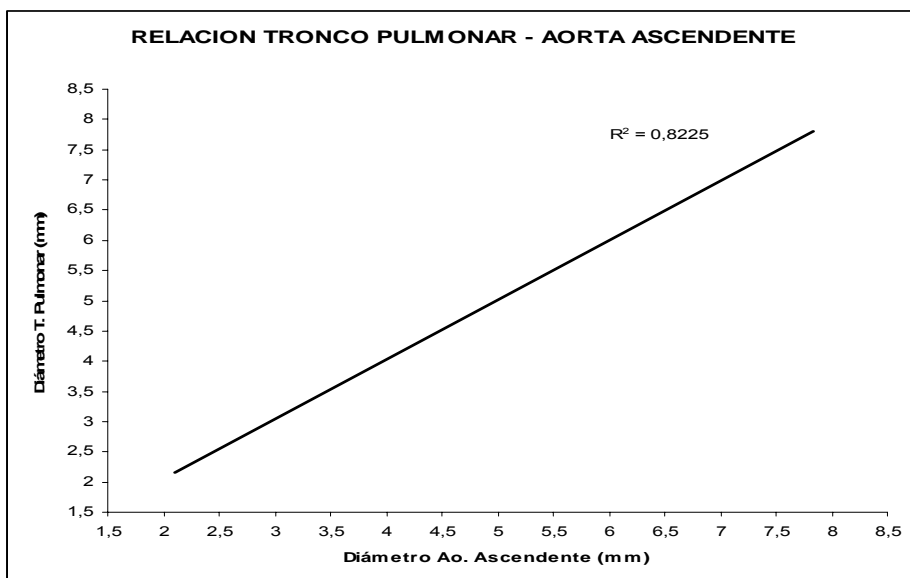
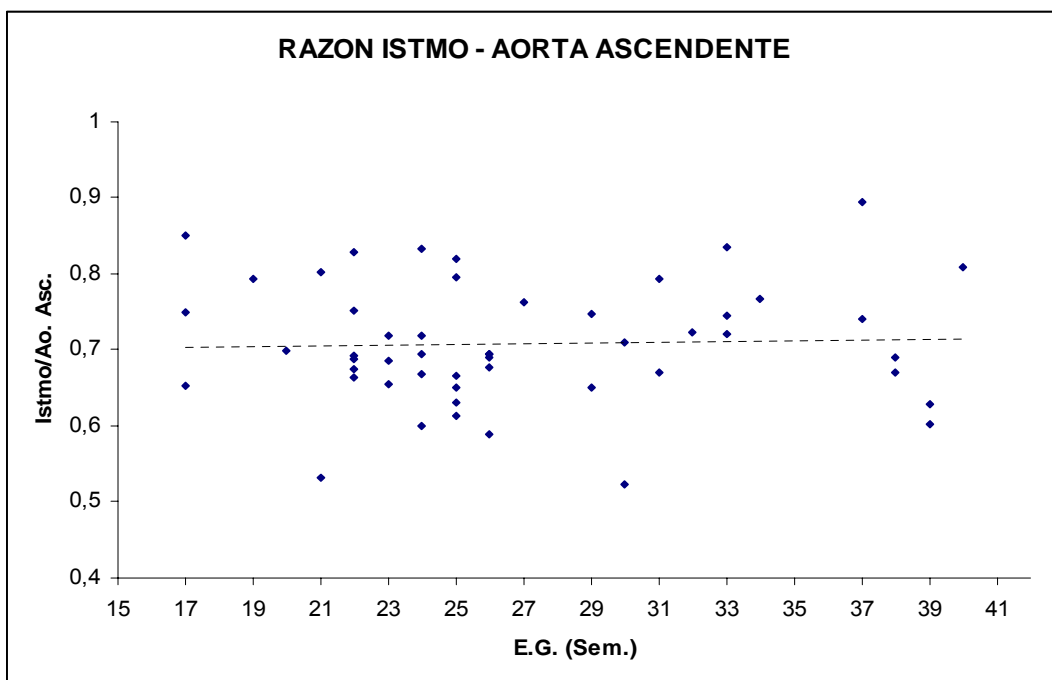


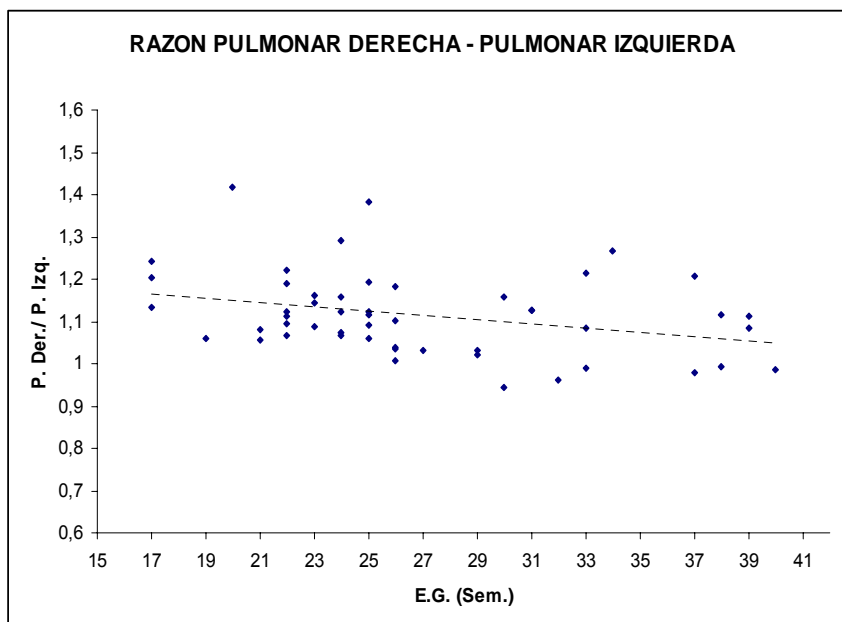
Figura 17. Relación entre los diámetros externos del Istmo aórtico y la Aorta ascendente.



6.5.3 Pulmonar derecha – Pulmonar izquierda. El diámetro de la arteria pulmonar derecha fue mayor que la izquierda en 45 muestras (88.2 %), solo en 6 casos (11.8%) el vaso de mayor diámetro fue el izquierdo y en ninguna muestra se encontraron dimensiones exactamente iguales en las dos arterias pulmonares, esto se refleja en los resultados del análisis global de éstas variables de acuerdo a la edad gestacional la cual muestra una tendencia constantemente superior del diámetro de la arteria pulmonar derecha sobre la izquierda.

Al observar el crecimiento de la arteria pulmonar derecha versus la izquierda durante el período estudiado, se encontró una tendencia lineal expresada como resultado de la fórmula $y = 0,9396x - 0,0893$ y un R^2 de 0.9 y al analizar el comportamiento de la razón entre ellas con respecto a la edad gestacional se encontró una correlación negativa de -0.319 la cual osciló entre -0.547 y -0.047 con un intervalo de confianza del 95% y $p = 0.023$. Figura 18.

Figura 18. Relación entre los diámetros de las Arterias Pumonares.

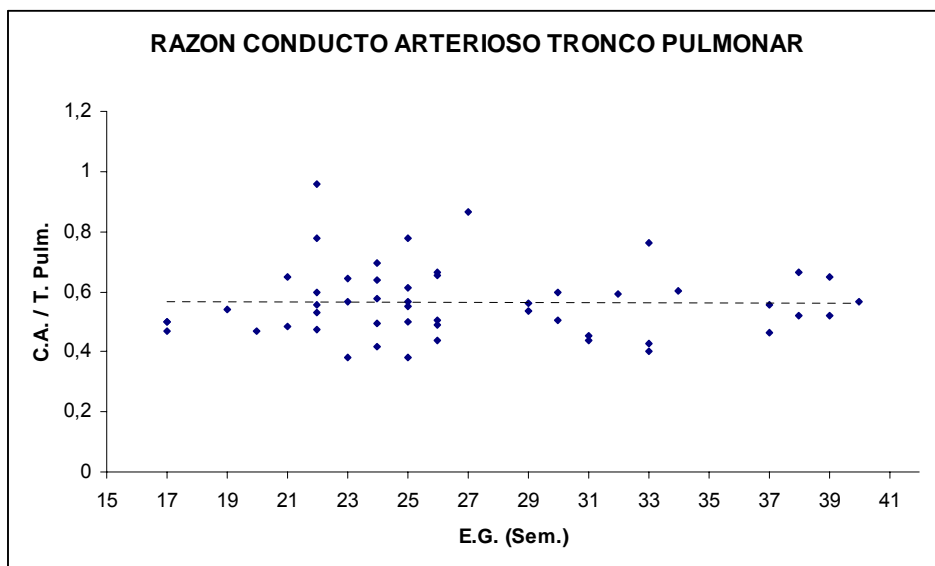


6.5.4 Conducto arterioso – Tronco pulmonar. La razón entre los diámetros externos del conducto arterioso y el tronco pulmonar presentó una distribución normal y sus valores oscilaron entre 0.38 y 0.95 con un promedio de 0.56 y una DE de 0.12. El comportamiento de ésta razón se mantiene relativamente constante durante todo el período evaluado y no se correlaciona con la edad gestacional. Figura 19.

6.5.5 Conducto arterioso – Aorta ascendente. La relación de los diámetros del conducto arterioso y de la aorta ascendente, encontrada osciló entre 0,51 y 0.61 sin que se observara correlación alguna con la edad gestacional.

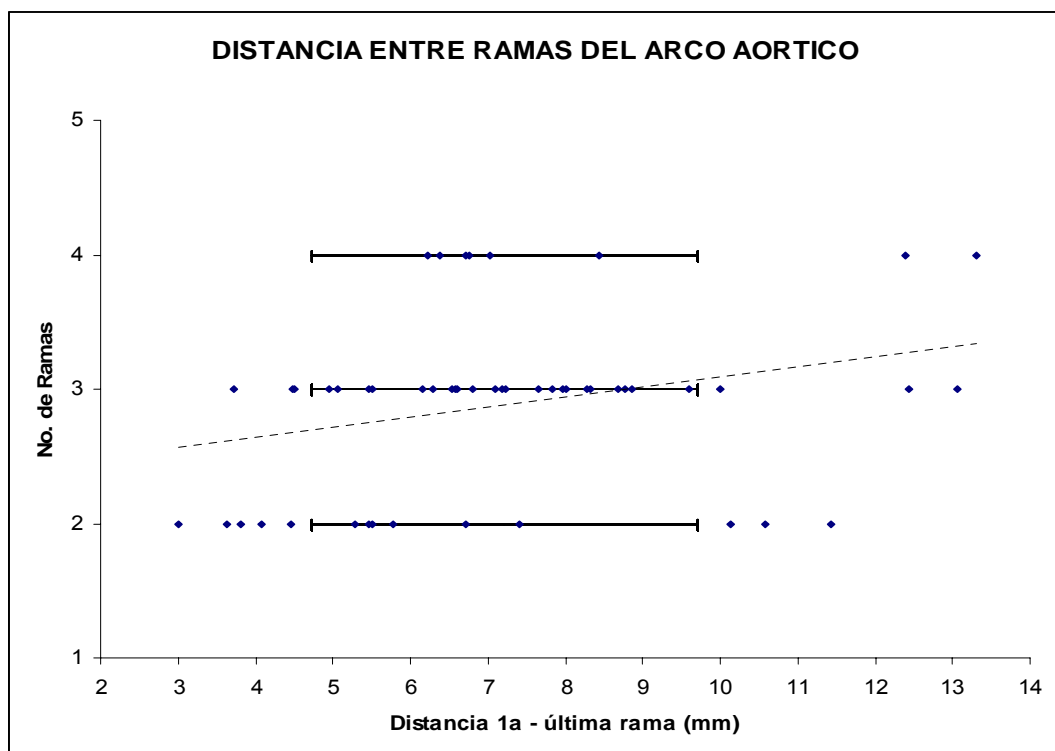
6.5.6 Conducto arterioso – Istmo aórtico. En todos los grupos evaluados, se encontró que el conducto arterioso fue de menor diámetro que el istmo, relación evidenciada en una razón que osciló entre 0.74 y 0.83, siendo estos valores independientes de la edad gestacional.

Figura 19. Relación entre los diámetros del Conducto Arterioso y el Tronco Pulmonar



6.5.7 Relación entre número de ramas y su distancia en el arco aórtico. Al analizar la distancia entre la primera y última rama del arco aórtico en relación con el número de colaterales que se originan de éste segmento vascular, se observa que esta aumenta progresivamente de la siguiente forma: para los arcos con dos ramas su longitud media fue de 6.23 mm con DE 2.71, los de tres ramas registraron un promedio de 7.37 mm y DE 2.17, mientras que los arcos de cuatro ramas midieron en promedio 8.4 con DE 2.83, sin que se encontrara diferencia significativa entre estas mediciones ($p = 0.12$). Figura 20.

Figura 20. Distancia entre la primera y última rama del arco aórtico según el número de ramas del mismo.



7. DISCUSIÓN

La evaluación morfométrica y descriptiva de los grandes vasos arteriales durante el periodo fetal cobra vital importancia como aporte en el proceso diagnóstico de sus anomalías, esto se pone en evidencia al analizar los significativos avances tecnológicos en estudios imagenológicos de los últimos tiempos y su contribución al mejoramiento en la realización de diagnósticos prenatales que impactan favorablemente sobre el pronóstico neonatal de algunas cardiopatías congénitas, entre las que se incluyen principalmente aquellas relacionadas con alteraciones vasculares dependientes del conducto arterioso como la coartación aórtica y la transposición de grandes vasos. (Quiroz, 2006, Fogel 2006).

A pesar de la existencia de numerosos reportes relacionados con la morfología de los grandes vasos arteriales son escasos los trabajos desarrollados con estas estructuras vasculares en fetos humanos. Algunos de los trabajos publicados han sido realizados mediante estudios imagenológicos, (Achiron 1998, 2000, Noomcharoen 2008) pero en su mayoría han sido enfocados al diagnóstico específico de alguna patología (Del Rio 2008) y otros se han basado en la descripción y morfometría directa de las piezas anatómicas, incluyendo generalmente cadáveres adultos (Kayak 2006, Shin 2008).

Los pocos trabajos realizados con estructuras fetales presentan resultados discordantes y de difícil comparación teniendo en cuenta que en su desarrollo se han aplicado diversas metodologías y no hay uniformidad en los segmentos vasculares evaluados ni en la forma en que se realizan sus mediciones e incluso los métodos de análisis y la interpretación de los datos obtenidos son bastante disímiles.

Otro aspecto a considerar en estos estudios es el uso de diversos materiales en la repleción de los vasos sanguíneos, siendo el más empleado el látex, aunque se discute la posible retracción que experimentaría el material al polimerizarse, condición que podría sesgar la medición real del diámetro vascular. Ante esta situación se han empleado incluso técnicas de análisis digital de imágenes obtenidas a partir de piezas previamente repletadas con este material (Szpinda et al 2008) sin que se explique el motivo por el cual se prefieren tomar medidas de una imagen digitalizada y no de la muestra directamente, dejando espacio a la posibilidad antes mencionada del sesgo en este tipo de registros debido a la retracción del latex.

También se han empleado resinas sintéticas coloreadas en la repleción de diversas estructuras para mejorar su visualización y facilitar el proceso descriptivo, pero en estudios fetales el único registro documentado se realizó con resina de tipo epóxico, en vasos sanguíneos abdominales (Silva, 1986). En el presente estudio se trabajó con resina poliéster, teniendo como referente inmediato la experiencia previa de trabajo con este material en vasculatura cerebral en la Universidad Industrial de Santander (Ayala 2007) y teniendo en cuenta una exhaustiva revisión bibliográfica sobre el tema, este sería el primer trabajo que evalúa los grandes vasos arteriales en fetos humanos por morfometría directa previa repleción con resina tipo poliéster.

Además de la medición de diámetros vasculares es importante analizar las diferencias en el número de ramas derivadas del arco aórtico por sus múltiples implicaciones y éste análisis no ha sido documentado en población fetal humana, pues los estudios morfométricos previamente citados solamente incluyen arcos fetales con tres ramas, sin que sea claro si por exclusión de patrones diferentes a éste o porque en toda su casuística solo se registraron arcos de tres ramas. Como dato curioso se encuentra en la literatura un registro en fetos a término de

rata, en el cual se encontró un 98,1% de arcos con 3 ramas y sólo un caso entre los 53 evaluados con 4 ramas (Monnerau 2005).

En el presente estudio predomina el arco de 3 ramas en todas las edades gestacionales, aunque la variabilidad global es superior al único registro local con una variabilidad cercana al 18% (Herrera 2007) y en general a la citada en casi toda la literatura publicada, cuyos datos han sido obtenidos de diversas formas; bien sea en población infantil y adulta por estudios imagenológicos angiográficos con registros variables del número de formas de expresión, describiendo 8 patrones diferentes y una tasa de variación del 17% (Natsis 2008), o por estudios con cadáveres (Gupta 2005, Nayak 2006,) donde se describen 33% de muestras con número de ramas diferente de 3, siendo estas dos cifras concordantes con los datos citados en nuestros textos de anatomía con un máximo de variabilidad del 35%. En la presente investigación el porcentaje de casos en los cuales el arco aórtico generó un número de ramas mayor o menor de 3 fue de 43, valor superior incluso a un único registro muy antiguo (De Garis, 1933) no citado en los mencionados textos, correspondiente al 41.7% de variabilidad en una serie de 314 cadáveres de adultos y niños, blancos y negros de población norteamericana, en los cuales se describieron hasta 15 patrones diferentes y encontrando en población de etnia negra solamente un 47,7 % de dichos arcos con el patrón considerado más frecuente en la población.

El interés de evaluar el número de ramas emergentes del arco aórtico en población fetal en este trabajo, hace parte del componente eminentemente descriptivo del mismo y en segundo lugar se fundamenta en algunas hipótesis planteadas años atrás sobre la posible fusión inicial y posterior separación de algunos vasos sanguíneos (Grande 1995), pero principalmente en los resultados de un trabajo adelantado en Canadá (Zamir 1990), quien formuló la teoría de que estas diferencias son el resultado de variaciones en el curso del desarrollo embrionario. A partir de éstos planteamientos y de los resultados parciales de

nuestro estudio en los cuales se observó un número considerable de arcos con dos ramas, se consideró como una posibilidad adicional a verificar, el hecho de que los arcos con sólo dos ramas consistieran efectivamente en un evento transicional y que en la medida en que el arco se elongara con el avance de la gestación lo que podría ser un aparente origen común del tronco braquiocefálico y la carótida común izquierda se separaran y se obtuviera un número final de 3 ramas.

El análisis del comportamiento del número de ramas de acuerdo a la edad gestacional no demostró diferencia significativa entre estos dos parámetros, por lo tanto permite desmentir esta hipótesis y afirmar que la presencia del número de ramas del arco aórtico es una condición que está definida desde el inicio de su configuración y se mantiene inmodificable durante toda la gestación. Estos resultados se convierten en un significativo valor agregado del presente estudio pues es en estado fetal donde debería realizarse tal verificación y no en piezas adultas como lo realizaron los autores que plantearon las anteriores hipótesis.

Dentro de estos resultados sobre diferencias en el número de ramas, uno de los más relevantes es el que involucra un único origen para los vasos carotídeos por su implicación en la irrigación encefálica y cuya presencia en la forma de 2 ramas en el 27.5 % de los casos aquí evaluados es superior a otros reportes que oscilan entre el 3 y 25 % (Zamir 1990, Grande 1995, Gupta 2005). Esta condición ha sido postulada como factor de riesgo para compromiso neurológico por posible déficit de irrigación, aunque al evaluarla en dos grupos de neonatos que requirieron circulación extracorpórea, uno con esta condición y otro en cuyos arcos se originaban de forma independiente las 2 arterias carótidas comunes, no se encontró significancia estadística en la predicción como factor de riesgo para secuelas neurológicas (Lamers 2004), siendo importante anotar que no existen estudios posteriores similares que ratifiquen o desmientan éstos hallazgos.

Del grupo de arcos aórticos con origen carotídeo único, la frecuencia de tronco braquiobicarotídeo encontrada en esta investigación de 3.9% es inferior al único reporte de la literatura en muestras fetales directas realizado por Szpinda, quien registró esta presencia en el 21.1 % de los 128 fetos examinados (2007), así como también menor al 8 % encontrado en una pequeña casuística en población coreana adulta (Shin 2008) y al 7.3 % registrado también en cadáveres adultos canadienses (Zamir 1990), mientras que un estudio angiográfico realizado en Suráfrica reveló una frecuencia de tan solo el 1.6% para esta expresión morfológica (Satyapal 2003). Sin embargo nuestra frecuencia se ubica dentro del amplio rango señalado en la literatura que oscila entre 0.47 % y el 28.2 % (Szpinda 2007), aunque debe mencionarse que no todos los estudios sobre el tema reportan explícitamente la presencia de un pedículo común para los dos vasos carotídeos, conocido también como patrón bovino (Bustamante 2007), quedando la duda si en aquellos reportes de alta prevalencia de esta variante podría tratarse de lo que ha sido descrito como el origen común del tronco braquiocefálico y la carótida izquierda.

De los arcos aórticos de 4 ramas es importante anotar que sobre la variabilidad en sus formas de presentación, un estudio reciente describe tres patrones: el primero y más común entre ellos, en el cual la arteria vertebral izquierda emerge entre la carótida común y subclavia izquierdas; el segundo en donde la tiroidea ima emerge entre el tronco braquiocefálico y la carótida común izquierda y el tercero, en el que un ramo mediastinal ocupa el lugar de la tiroidea ima (Gupta 2005). No incluye su registro una cuarta forma descrita previamente en la cual no hay tronco braquiocefálico derecho y la subclavia y carótida común de ese lado se originan de forma independiente (Wright 1969, Satyapal 2003), ni otra extraña condición registrada, en la cual la cuarta rama corresponde a la arteria vertebral derecha como última rama del arco (Higashi 2008)

De las formas anteriormente descritas, en nuestra casuística todos los registros correspondieron a una rama adicional entre la carótida común y la subclavia izquierda y aunque no siempre fue posible establecer su trayectoria completa, en la mayoría de los casos parece corresponder a la arteria vertebral. La presencia de un vaso adicional encontrada en este trabajo fue de un 15.7 % siendo superior a cualquier otro reporte previo en la literatura, incluso en aquellos estudios en los que se presentan varias formas de arcos con 4 ramas el máximo registro fue de 11 % en un grupo de 100 cadáveres adultos (Gupta 2005), lo que hace a éste hallazgo particularmente relevante y genera la necesidad de determinarlo en otros grupos etéreos y poblacionales.

En relación con el género de los casos encontrados con número variable de ramas derivadas de los arcos aórticos, se destaca que Grande reporta en su estudio que los arcos con dos ramas todos fueron femeninos, en tanto que los de 4 ramas fueron masculinos (Grande 1995), situación no registrada en otros trabajos y que tampoco se observó en el nuestro, pues tanto en los arcos de 2 como en los de 4 ramas la relación de género fue exactamente 1:1.

Como último elemento a analizar dentro de los aspectos descriptivos, es de vital importancia analizar y debatir el hallazgo de las ramas accesorias encontradas en este trabajo, el cual amerita un estudio más exhaustivo y amplio que permita establecer con claridad la trayectoria y destino de estos vasos sanguíneos. A partir de la observación de dos casos en los cuales se pudo comprobar una trayectoria directa hacia el timo, surge la hipótesis de una posible vascularización transicional que podría desaparecer durante la infancia y pubertad en la medida en que el timo comienza a involucionar, razón que sustenta la necesidad de ampliar la investigación de tal forma que se incluya su evaluación en población adulta buscando determinar si existe algún patrón particular de esta distribución en nuestra población o corresponde simplemente a una muestra más de la amplia

diversidad y variabilidad ya descrita, derivada del proceso de morfogénesis (Ozan 1995, Vaosvic 2004)

En lo concerniente al análisis morfométrico de los grandes vasos arteriales en fetos humanos, es importante analizar algunas discrepancias encontradas en los diferentes estudios registrados, ya que por ejemplo en los estudios ecocardiográficos prenatales son valorados los diámetros vasculares internos, en tanto que en los estudios morfométricos directos hay reportes con cuantificación de diámetros internos ó externos. Ante esta situación y teniendo en cuenta la variabilidad en las dimensiones de las estructuras evaluadas, en algunos trabajos se ajustan sus mediciones como una razón entre los diámetros de los segmentos evaluados, independientemente de si son internos o externos, y un segmento de referencia para su correlación con la edad gestacional o el peso corporal.

El primer referente en estudios morfométricos directos de éstas estructuras vasculares durante el período fetal corresponde al trabajo de Angelini, quien evaluó en un mismo trabajo a un grupo de fetos por ecocardiograma y a otro por morfometría directa, promediando los diámetros y analizándolos como una razón del diámetro de la aorta ascendente pero sin diferenciar sus análisis por edad gestacional ni especificar si evaluó diámetros internos o externos, lo que limita la comparación y discusión de sus resultados (Angelini 1988).

Otras investigaciones como las de Alvarez quien en 496 fetos entre 60 y 5000 gr mediante diversos parámetros anatomogeométricos estudió los diámetros internos de éstas estructuras vasculares y analizó sus volúmenes y flujos (Alvarez 1990) y las de Hyett, quien evaluó una muestra de 61 fetos con edad gestacional entre 9 y 18 semanas mediante morfometría directa de los diámetros externos (Hyett 1995), encontraron incremento lineal en todos los parámetros evaluados el primero en función del peso corporal y el segundo en función de la edad gestacional.

Las dos publicaciones más recientes sobre el tema y que evalúan directamente las dimensiones vasculares en fetos mortinatos o producto de abortos, corresponden a trabajos realizados en México y en Polonia, el primero de ellos incluyó 103 fetos con edades gestacionales entre 13 y 20 semanas y valoró directamente los diámetros externos mediante magnificación estereoscópica (Halley Castillo et al 2005); el segundo incluyó 131 fetos entre 15 y 34 semanas y cuantificó, previa repleción vascular con látex, los diámetros internos de pequeños cortes arteriales mediante ampliación de imágenes y análisis estereoscópico (Szpinda et al 2006).

Los registros relacionados con la morfometría de los grandes vasos, se hacen difíciles de analizar comparativamente, por diversos motivos, uno de ellos tiene que ver con las diferencias en el sitio exacto en el cual se toman las mediciones. En el caso de la aorta ascendente Szpinda toma ésta medida justo antes de emerger la primera rama del arco aórtico, mientras que Halley Castillo la determinó a la altura del cruce de la aorta con la arteria pulmonar derecha, sitio que para el registro del autor polaco es denominado como bulbo aórtico. Según las relaciones anatómicas de las descripciones clásicas sobre los diferentes segmentos de la aorta, el que corresponde a la porción ascendente es el sitio referido en el trabajo Mexicano y es la razón por la cual se tomó este registro en ese debe sitio. A este respecto, es aún más contradictorio ver como Szpinda en un estudio posterior sobre conducto arterioso al tomar como referente al bulbo aórtico, afirma que tal medida se determinó a la altura de la válvula aórtica.

Otro diámetro vascular que ofrece alguna dificultad en su comparación, es el arco aórtico, pues en el trabajo de Halley Castillo, se toma esta medida entre el tronco braquiocefálico y la carótida común izquierda, por su parte, en el estudio ecográfico de Noomcharoen se registra entre carótida común y subclavia izquierda, en tanto que Szpinda no evaluó éste segmento. A partir de la observación durante la fase de repleción de nuestras muestras, donde algunas de ellas presentaban tronco braquibicarotideo u origen común de tronco

braquiocefálico y la carótida común izquierda, evento no reportado en ninguno de los citados estudios, se decidió tomar esta medida inmediatamente después de la primera rama del arco independientemente de si se tratara del tronco braquiocefálico o una de las dos formas de origen único bicarotídeo.

En relación con el análisis morfométrico, todos los diámetros de los segmentos vasculares evaluados, registraron tendencia de crecimiento lineal con coeficientes de correlación significativos lo cual coincide con los reportes previos realizados en muestras de diferentes edades gestacionales. En el presente estudio los vasos incrementaron sus diámetros externos entre el 5° y el 10° mes de gestación en rangos que oscilaron entre 100 y 147 %, siendo el arco aórtico el segmento de menor crecimiento, mientras que el mayor aumento se registró en el diámetro de la arteria pulmonar izquierda. Estos datos son similares al trabajo de Halley Castillo cuyos incrementos oscilaron entre el 91 y el 142 %, coincidiendo en que la arteria pulmonar izquierda es el vaso de mayor aumento y aunque en el citado trabajo se incluyeron fetos entre 13 y 20 semanas de gestación, la semejanza en los incrementos porcentuales en intervalos diferentes de tiempo, podría explicarse por el acelerado índice de crecimiento que experimenta el feto antes de la semana 20, el cual mantiene su tendencia ascendente pero se desacelera durante la segunda mitad de la gestación donde predomina globalmente en el feto la ganancia de peso.

Al analizar estos resultados con los datos de Szpinda se encuentra que el incremento de los diámetros de sus muestras entre el 4° y el 5° mes es menor que cualquier registro de Halley Castillo y al compararlos con los de nuestro trabajo, se observa que son muy disímiles sus incrementos entre el 4° y 9° mes con cifras que van desde 106 % en el caso del conducto arterioso, hasta 380 % del istmo aórtico sin que haya claridad sobre el origen de tanta dispersión y solo nos atrevemos a plantear la posibilidad de que tan amplios rangos sean debidas a diferencias poblacionales o a errores en la toma de las mediciones.

El análisis comparativo de la relación entre los diámetros de la porción ascendente de la aorta y el tronco pulmonar llama mucho la atención, puesto que carece de diferencia estadísticamente significativa y por el contrario sus dimensiones son siempre muy similares, teniendo como hallazgo particular una tendencia globalmente mayoritaria en el diámetro del vaso pulmonar sobre el aórtico en el 52,9 % de los casos, dato concordante pero superior al mayoritario 44,7 % encontrado por Halley Castillo a favor del diámetro del vaso pulmonar, quien observó igualmente, de forma global una preponderancia del diámetro pulmonar sobre el aórtico con una relación promedio menor o igual a 1., . Estos resultados tienen un soporte hipotético desde la perspectiva de la morfología del desarrollo en relación con su origen común a partir de una estructura única: el tronco arterioso que se tabica aproximadamente a la mitad para generar los dos segmentos proximales de los grandes vasos arteriales, los cuales deberian ser iguales o lo mas similares posibles.

En fecha reciente ha sido publicado un trabajo ecográfico (Rollins 2009) donde se concluye que la relación entre los diámetros internos de aorta ascendente y tronco pulmonar mayor a 1 estaría asociado con anomalías, pues en una serie de cerca de 3000 ecografías prenatales, encontró 31 anomalías en su mayoría Tetralogías de Fallot. Igualmente algunos años atrás se habló también por la misma vía diagnóstica del concepto de dominancia derecha haciendo alusión a la predominancia de las dimensiones de cavidades y diámetros derechos sobre los izquierdos, encontrándose igualmente, que si ésta relación superaba el 1,5 a favor de tronco pulmonar se consideraba factor de riesgo principalmente para coartación aórtica (Jung 2007)

Acerca de estos reportes es importante anotar que en la presnte investigación la relación aorta pulmonar siempre estuvo cercana a 1 y que a pesar de que el 43,5% de las muestras superaron este valor no se documentaron anomalías concomitantes. Igualmente al realizar la operación inversa colocando en el

numerador el diámetro pulmonar la máxima relación obtenida fue de 1,3 sin observar en estas piezas, alteración alguna asociada desde la perspectiva macroscópica, pero permite igualmente recordar la necesidad e importancia de conducir un estudio imagenológico, el cual mediante seguimiento y vigilancia confirme o descarte la posible asociación entre estos diámetros encontrados prenatalmente y las patologías asociadas.

Otros hallazgos concordantes con la literatura previa están relacionados con la dimensión del istmo aórtico, observándose una relación constantemente superior frente al conducto arterioso (Alvarez 1990) e igualmente se ratifica el concepto según el cual el istmo aórtico es el segmento aórtico de menor diámetro en la totalidad de las muestras evaluadas, evento asociado con un flujo sanguíneo preferencial en dirección cefálica y cardíaca (Hyett 1995, Nomiyama 2002).

Un hallazgo de implicaciones diagnósticas importantes consiste en la relación encontrada entre el diámetro del istmo aórtico y la porción ascendente de este vaso, la cual osciló entre 0,69 y 0.77, cifras similares al reporte de Halley Castillo cuya variación estuvo entre 0.66 y 0.74 y con un rango más amplio Szpinda encontró que este valor osciló entre 0.52 y 0.8 con un promedio de 0.68, siendo en los tres trabajos inferiores al valor promedio de referencia de 0,81 sugerido en la década de los 90 para orientar diagnósticos ecográficos prenatales de patología aortica (Hornberger 1992). A este respecto aunque Similar situación se muestra en un estudio ecográfico más reciente en fetos Tailandeses (Noomcharoen 2008), donde se evidencia la utilidad de las dimensiones del arco aórtico en el diagnóstico de coartación aórtica, encontrando en dichos pacientes valores del diámetro del istmo y del arco inferiores a los valores normales obtenidos en su población pero diferían también de los resultados de Hornberger, ratificando así la necesidad de realizar estudios específicos en cada población.

En lo concerniente al conducto arterioso el único artículo publicado donde se analiza exclusivamente su diámetro, longitud y volumen encontró un incremento del 112 % evaluando diámetros externos (Szpinda et al 2007), pero llama la atención que en un documento anterior del mismo autor, el incremento fue del 106 % pero valorando los diámetros internos al parecer en la misma muestra (Szpinda 2006). En ambos casos se observa un crecimiento menor frente al observado en este segmento vascular en la serie objeto de nuestra investigación, el cual fue del 121 %. Adicionalmente en este estudio se valoró la relación entre el diámetro del conducto arterioso y el bulbo aórtico, la cual decrece de 0.8 a 0.48 lo cual indica claramente la tendencia creciente del bulbo aórtico en la medida que avanza el proceso de desarrollo. Igualmente se analizó la relación entre este vaso sanguíneo y diversos segmentos como la aorta ascendente, tronco pulmonar e istmo aórtico encontrando valores entre 0,51 a 0,61 al compararla con la aorta ascendente, 0.49 y 0.58 con el tronco pulmonar y 0.74 a 0.83 para el istmo aórtico, sin encontrar ninguna tendencia pues los valores se mantuvieron constantes sin guardar relación con la edad gestacional.

Otro aspecto muy importante que fué contemplado en el presente trabajo, fue el análisis de las diferencias entre las arterias pulmonares derecha e izquierda, encontrando una superioridad morfométrica de la arteria pulmonar derecha, con una relación derecha izquierda que varía desde 1,2 durante el 5º mes de gestación hasta 1,02 al final de la misma, mostrando una tendencia decreciente expresada en una correlación significativamente negativa $p = 0.023$. Esta situación ya había sido observada en estudios previos como el grupo polaco que evaluó diámetros internos y encontró que dicha relación osciló ente 1,31 en 5º mes y decrece hasta 1,1 en el 9º mes (Szpinda 2006), por su parte Castillo evaluando diámetros externos encontró entre las 13 y 20 semanas de gestación una relación decreciente entre 1.39 y 1.16, pero éstos hallazgos no fueron comentados en la discusión de los mismos.

En oposición a los datos anteriores la relación encontrada en un reporte cubano (Almaguer et al 2001) donde se evaluó una muestra de 15 fetos entre 16 y 28 semanas de gestación, fue de 1.67, valor significativamente mayor a otros reportes, sin mencionar alguna tendencia de crecimiento. Las diferencias encontradas posiblemente se expliquen por el escaso tamaño muestral, sumado a la no discriminación de estas medidas según la edad gestacional de los fetos evaluados en el citado estudio.

Finalmente es importante analizar algunos aspectos que pueden constituirse en limitantes del presente trabajo, en primer lugar el tamaño muestral teniendo en cuenta la dificultad para obtener éste tipo de piezas, además del período gestacional previo a las 17 semanas por la misma razón y por lo complejo de obtener muestras en adecuado estado de preservación, pero tal vez la más significativa tiene que ver con la dificultad a la hora de excluir posibles factores de riesgo como patología materna o anomalías morfológicas del feto que potencialmente incidan en la morfogénesis vascular y en su crecimiento. Esta situación trató de ser minimizada con la evaluación conjunta por parte del autor y del personal del Departamento de Patología de la Universidad con la cual se logró excluir aquellos fetos con anomalías cardiovasculares o de otros sistemas, aunque es igualmente necesario considerar los resultados de Ursell quien concluye que no habría diferencia significativa entre la morfometría de casos normales o fetos con otras anomalías cardiovasculares (Ursell 1991). Aunque estos resultados obtenidos con una muestra pequeña no han sido ni validados ni refutados, valdría la pena revisar estos aspectos y retomar igualmente aspectos fundamentados en la morfología del desarrollo según los cuales y teniendo en cuenta que el sistema cardiovascular es el primero en iniciar el proceso morfogénico, serían sus alteraciones las que incidirían en el desarrollo de los demás órganos y sistemas y no al contrario, pero estos conceptos plantean un nuevo debate que vale la pena dejar abierto y considerar como fuente de posteriores estudios.

8. CONCLUSIONES

La variabilidad encontrada en el número de ramas derivadas del arco aórtico fue superior a la reportada previamente en la literatura

El número de ramas del arco aórtico es una condición definida desde el inicio de la gestación y no el resultado de formas transicionales durante el desarrollo.

Se confirma el hecho de que el denominado origen común corresponde a un solo ostium desde el cual se proyectan directamente el tronco braquiocefálico derecho y la arteria carótida común izquierda.

Los vasos accesorios tímicos encontrados plantean la posibilidad de un sistema vascular transicional que involucionaría con la edad.

El índice de arcos con cuatro ramas en las que se observa siempre una rama entre la carótida común y la subclavia izquierdas, es igualmente el más alto reporte a la fecha.

A pesar del incremento en la distancia entre las ramas del arco según el número de las mismas, no se observó diferencia significativa en estas mediciones, al parecer por falta de poder estadístico.

Todos los diámetros evaluados mostraron tendencia lineal en relación con la edad gestacional siendo la de menor crecimiento el arco aórtico y la de mayor la pulmonar izquierda.

El Istmo aórtico fue el segmento de menor diámetro dentro de todos los evaluados en la arteria aorta.

El conducto arterioso registró relación constante con el diámetro del tronco pulmonar y fue de menor diámetro que el istmo en todas las edades gestacionales.

No se observó diferencia significativa entre el crecimiento de la aorta ascendente y el tronco pulmonar.

La diferencia entre el diámetro de las arterias pulmonares decrece con la edad gestacional, siendo siempre de mayor diámetro la derecha.

9. RECOMENDACIONES

Es importante desarrollar estudios similares aumentando tamaño muestral y correlacionando con imaginología, teniendo en cuenta sus importantes implicaciones en el diagnóstico prenatal.

Estos hallazgos directos pueden emplearse como referente para la correlación con registros ecocardiográficos prenatales en nuestra población.

Analizar en otras muestras de población colombiana la relación entre los diámetros de la aorta ascendente y la arteria pulmonar superior a 1, la cual ha sido asociada con la presencia de anomalías cardiovasculares en fecha reciente.

La presencia de algunas ramas accesorias igualmente amerita un estudio más exhaustivo y amplio que incluya su búsqueda en población adulta, para verificar si es un patrón poblacional o son hallazgos incidentales o transitorios durante la gestación.

BIBLIOGRAFIA

Achiron R, Golan-Porat N, Grabbay U, Rotstein Z, Heggesh J, Mashiach S, Lipitz S. In útero ultrasonographic measurements of fetal aortic and pulmonary artery diameters during first half of gestation. *Ultrasound Obstet Gynecol.* 1998 Mar;11 (3):180-4

Achiron R, Zimand S, Hegesh J, Lipitz S, Zalel Y, Rotstein Z. Fetal aortic arch measurements between 14 and 38 weeks' gestation: in-utero ultrasonographic study. *Ultrasound Obstet Gynecol.* 2000 Mar;15 (3):226-30

Akdeniz B, Yilmaz E, Pekel N, Ergul B. Anomalous origin of the right vertebral artery from the ascending aorta in the presence of an aberrant right subclavian artery. *Int J Cardiovasc Imaging* (2007) 23:39–42

Algieri R, Maldonado L, Mazzoglio y Nabar M, Montal S, Picco P. Retroesophageal Aortic Arch. *Int J Morphol* 2005;23(1):45-94.

Almaguer C, Duran M, Oliveros V. Diámetros del bronquio principal y vasos pulmonares a nivel del hilio del pulmón en el hombre. *Revista Electrónica Archivo Médico de Camagüey.* 2001;5(2) Disponible en: <http://www.amc.sld.cu>

Alvarez L, Aránega A, Saucedo R, Contreras J, López F, Aránega A. Morphometric data concerning the great arterial trunks and their branches. *Int J Cardiol.* 1990 Nov 29(2):127-39

Angelini A, D'allan L, Anderson R, Crawford D, Chita S, Yen Ho S. Measurements of the dimensions of the aortic and pulmonary pathways in fetus: a correlative echocardiographic and morphometric study. *Br Heart J* 1988; 60:221-6

Atallah J, Robertson M, Dyck J, Ross DB. The survival of a newborn with an interrupted aortic arch and a closed ductus arteriosus. *Congenit Heart Dis.* 2008 Mar;3(2):144-5

Ayala J, Ballesteros L, Suárez D, Forero P. Estandarización de una técnica de inyección de resina poliéster para el estudio de la vasculatura cerebral. *Revista Salud UIS.* 2007; 39: 169 - 174

Bein S, Saba Z, Patel H, Reinhartz O, Hanley F. Coarctation of the aorta in the right aortic arch with left aberrant innominate artery. *Pediatr Cardiol* 2006 Sep-Oct;27(5): 621 – 630.

Berdon W. Rings, slings, and other things: Vascular compression of the infant trachea Updated from the midcentury to the millennium-The Legacy of Robert E. Gross, Edward B. D. Neuhauser. *Radiology* 2000; 216: 624-632.

Bialowas J, Hreczecha J, Grzybiak M. Right-sided aortic arch. *Folia Morphol (Warsz)* 2000; 59(3):211-6

Brito J, Saúl J, Suárez P, Antúnez M, Martínez J, García C, et al. Presentación de la unidad medicoquirúrgica de cardiología pediátrica y cardiopatías congénitas de la comunidad autónoma de Canarias. *An Pediatr* 2003; 59: 409 – 423.

Bustamante N, Galletti C, Marangoni A, Bronzi J, Londero H, Delfino A. Traumatismo cerrado del tronco arterial innominado, variedad anatómica tipo

bovino. Tratamiento de un caso y revisión de la literatura Rev Fed Arg Cardiol 2007;36: 94-98

Carvalho M, Araújo J, Gomes L, Panerai C. Prevalência de variações anatômicas do arco aórtico em um grupo de indivíduos brasileiros. Int J Morphol 2005;23(1):45-94.

Collinet P, Chatelet-Cheront C, Houze de l'Aulnoit D, Rey C. Prenatal diagnosis of an aorto-pulmonary window by fetal echocardiography Fetal Diagn Ther 2002;17:302-307.

Chaoui R, Rake A, Heling K. Picture or the month. Aortic arch with four vessels: aberrant right subclavian artery. Ultrasound Obstet Gynecol. 2008; 31:115 – 117

Chaw-Chi C, Jiunn-Ren W, Huai-Min C, and Young-Tso L. Persistent Fifth Aortic Arch An Ignored and Underestimated Disease. Jpn Heart J 2000; 41: 665-671.

De Garis C, Black I, Riemenschneider E. Patterns of the aortic arch in American White and Negro stocks, with comparative notes on certain other mammals. Journal of Anatomy. 1933 Vol. LXVII, Part 4:599-619

Del Rio M, Martinez J, Figueras F, Bannasar M, Olivella A, Palacio M. Doppler assessment of the aortic isthmus and perinatal outcome in preterm fetuses with severe intrauterine growth restriction. Ultrasound Obstet Gynecol. 2008 Jan;31(1):6-9

Donti A, N. Soavi, P. Sabbatani and F.M. Picchio. Persistent left fifth aortic arch associated with tetralogy of Fallot. Pediatric Cardiology 1997;18(3):229-231

Ferreira V, Montes de Oca E, De la Paz P, Medina R, Moreno S. Arco aórtico a la derecha. Anillo vascular en un niño sin sintomatología relacionada. Revista médica electrónica [Seriada en línea] 2006;28(5). Disponible en: URL:[http://www.cpimtz.sld.cu/revista medica/año2006/tema11.htm](http://www.cpimtz.sld.cu/revista%20medica/año2006/tema11.htm)

Fogel MA, Weinberg PM, Haselgrove J The impact of aortic arch geometry on flow dynamics using a simplified approach with magnetic resonance velocity mapping. *Congenit Heart Dis.* 2006 Nov;1(6):300-8.

García J, Monroy S, García C. Principios de procesamiento en patología quirúrgica general y por sistemas. *UIS 2008.* Cap. 31:378p

García-Porrero J, Hurlé J. Anatomía humana. 1 ed. Madrid: McGraw- Hill Interamericana: 2005: 579-712.

Gembruch U, Schi C, Smrcek J. Biometry of the fetal heart between 10 and 17 weeks of gestation. *Fetal Diagn Ther.* 2000 Jan-Feb;15(1):20-31

Gielecki J, Syc B, Wilk R, Musial-Kopiejka M, Piwowarczyk-Nowak A. Quantitative evaluation of aortic arch development using digital-image analysis. *Ann Anat* 2006;188:19—23.

Gil-Fournier M, Grueso J, Álvarez A, Romero A, Hernández J, Soult J, et al. Corrección anatómica de la transposición de las grandes arterias con septo íntegro. Variabilidad de la anatomía coronaria y su relación con los resultados. *Ann Esp De Ped* 2002;56:204-216.

Gilbert S. Biología del desarrollo. 7ª ed. Buenos Aires: Editorial Médica Panamericana; 2005. p. 525 – 38

Grande N, Costa A, Silva E, Sousa A, Aguas A. Variations in the anatomical organization of the human aortic arch. A study in a Portuguese population. Bull. de l'Assoc. des Anat. 1995,79, No. 244, 19 – 22

Gupta M, Sodhi L. Variations in branching pattern, shape, size and relative distances of arteries arising from arch of aorta. Nepal Med Coll J. 2005 Jun; 7(1):13 – 7

Halley Castillo E, Arteaga-Martinez M, Garcia I, Villasis-Keever M, Aguirre O, Moran V, et al. Morphometric Study of the Human Fetal Heart. Clin. Anat 2005;18:260–268

Herrera N, Ballesteros L, Mantilla J. Expresión morfológica del arco aórtico y sus colaterales. Estudio anatómico directo. Memorias del III Congreso Nacional de Morfología. MedUnab 2007;10(3): 231.

Hib J. Embriología Médica. 7 ed. Santiago: McGraw-Hill Interamericana: 1999. p. 124 – 41

Higashi N, Shimada H, Simamura E, Hatta T. Right vertebral artery as the fourth branch of the aortic arch. Anat Sci Int. 2008 Dec; 83 (4): 314-8

Hornberger L, Weintraub R, Pesonen E, Murillo-Olivas A, Simpson I, Sahn C, et al. Echocardiographic study of the morphology and growth of the aortic arch in the human fetus. Observations related to the prenatal diagnosis of coarctation. Circulation 1992 Sep;86(3):741-747.

Huang S, Wang C, Su W, Chu J, Hwang M. The Rare Association of Truncus Arteriosus with a Cervical Double Aortic Arch Presenting with Left Main Bronchial Compression. Cardiology 2008;111:16–20

Hyett J, Moscoso G, Nicolaides K. Morphometric analysis of the great vessels in early fetal life. *Human Reproduction* 1995;10(11):3045-3048.

Jones K. *Smith's Recognizable Patterns of human malformation*. 6th ed. Philadelphia: Elsevier Inc., 2006. 793 – 795 p.

Jung E, Won H, Lee P, Kim A, Park I. Clinical implication of isolated right dominant heart in the fetus. *Prenat Diagn*. 2007 Aug;27(8):695-8

Kau T, Gasser J, Lesnik G, Sinzig M, Hausegger K. Images in vascular medicine. Two exceptionally rare branching patterns of the aortic arch. *Vascular Medicine* 2008; 13: 89–90

Kieffer E, Bahnini A, Koskas F. Aberrant subclavian artery: Surgical treatment in thirty-three adult patients. *J Vasc Surg* 1994;19:100–109.

Lamers L, Rowland D, Seguin J, Rosenberg E, Reber K. The effect of common origin of the carotid arteries in neurologic outcome after neonatal ECMO. *J Pediatr Surg* 2004;39:532-536.

Latarjet M, Ruiz A. *Anatomía Humana*. 4 ed. Madrid: Editorial Médica Panamericana: 2005. p. 967 – 1023.

Lee P, Low S, Liew H, Tan D, Eng P. Endobronchial ultrasound for detection of tracheomalacia from chronic compression by vascular ring. *Respirology*, 2007 Mar; 12(2): 299-301.

Männer J, Seidl W, Steding G. The formal pathogenesis of isolated common carotid or innominate arteries: the concept of malseptation of the aortic sac. *Anat Embryol (Berl)*. 1997 Dec; 196(6):435-45

Martins P, Castela E. Transposition of great arteries. *Orphanet Journal of rare disease*. 2008, 3 (1): 27- 36

Moon M, Cho J, Park E, Min J, Kim J, Junq S, Song M. Three-vessels view of the fetal heart: in utero development of the great vessels. *Prenat. Diagn*. 2007 Feb;27(2):158-63

Moore K, Dalley A. *Anatomía con orientación clínica*. 5 ed. Buenos Aires: Editorial Médica Panamericana: 2007. p. 141 – 175.

Moore K, Persaud T. *Embriología Clínica*. 6 ed. México: McGraw-Hill Interamericana: 1999. p. 370 - 425

Monnereau L, Carretero A, Berges S, Navarro M, Leonard M, Lyazrhi F, Sautet J, Ruberte J. Morphometric study of the aortic arch and its major branches in rat fetuses on the 21st day of gestation. *Anat. Embryol. (Berl)*. 2005 Jun;209 (5):357 – 69

Muster A, Idriss R, Backer C. T. The left-sided aortic arch in humans, viewed as the end-result of natural selection during vertebrate evolution. *Cardiol Young* 2001 Jan;11(1):111-22.

Natsis K, Tsitouridis I, Didagelos M, Fillipidis S, Vlasis K, Tsikaras P. Anatomic variations in the branches of the human aortic arch in 663 angiographies: clinical significance and literature review. *Surg Radiol Anat*. 2008 Nov 26. [Epub ahead of print]

Nayak S, Pai M, Prabhu L, D'Costa S, Shetty P. Anatomical organization of aortic arch variations in the India: embryological basis and review. *J Vasc Bras* 2006;5(2):95-100

Nomiyama M, Ueda Y, Toyota Y, Kawano H. Fetal aortic isthmus growth and morphology in late gestation. *Ultrasound Obstet Gynecol* 2002 Feb;19(2):153-7.

Noomcharoen O, Uerpairojkit B. Population-related differences in fetal aortic arch dimensions. *Int J Gyn Obst.* 2008 72-3

Ozan H, Simsek C, Ilqi S, Daqdeviren A, Akkin S, Oqur E. A persistent functional artery connecting the thyrocervical trunk and the aortic arch. Embryonic remnant or important aortic vas vasorum? *Ann Anat* 1995 Jan; 177 (1):89-92

Paraskevas G, Agios P, Stavrakas M, Stoltidou A, Tzaveas A. Left common carotid artery arising from the brachiocephalic trunk: a case report. *Cases Journal* 2008, 1:83

Patel C, Lane J, Spector M, Smith P. Fetal echocardiographic diagnosis of vascular rings. *J Ultrasound Med* 2006 Feb;25(2):251-257.

Pérez L, Arce J, Figueroa H, Tapia M. Caso radiológico. Origen anómalo de la arteria pulmonar izquierda. *Rev Chil Radiol* 2003; 9:116:162-166.

Perich R, Gabau E, Mellado F, Corona M, Guitart M, Baena N et al. Ecocardiografía fetal: estudio en 597 fetos en un hospital comarcal. *An Pediatr* 2003;59: 409 – 423.

Puente N, Fernández M, Voces D. Coartación de aorta: diagnóstico de sospecha en la consulta de Atención Primaria. Medifam. [periódico en la Internet]. 2001 Jun [citado 2009 Feb 24]; 11(6): 77-85. Disponible en: <http://scielo.isciii.es>

Quiroz L, Siebald C, Beldar C, Urcelay G, Carvajal J. El diagnóstico prenatal de cardiopatías congénitas mejora el pronóstico neonatal. Rev. Chil Obstet Ginecol. 2006; 71(4): 267-73

Reyes L, Vizcaíno A, Arévalo A, Espinosa G, Bolio A, Arteaga M. Diagnóstico ecocardiográfico del origen anómalo de una rama de la arteria pulmonar de la aorta ascendente. Arch Cardiol Mex 2003; 73:115 – 23.

Rollins R, Acherman R, Castillo W, Evans W, Restrepo H. Aorta larger than pulmonary artery in the fetal 3-vessel view. J. Ultrasound Med. 2009 Jan,28(1). 9-12

Rothenberg F, Fisher S, Watanabe M. Sculpting the cardiac outflow tract. Birth Defects Res C Embryo Today. 2003 Feb;69(1):38-45.

Sadler T. Langman Embriología médica con orientación clínica. 9 ed. Buenos Aires: Editorial Médica Panamericana: 2004. p. 233 – 287

Salazar M, Sanchez C, Contreras A, Carrillo B, Revilla M, Palomino M. Los segmentos cardíacos primitivos, su implicación en la cardiogénesis normal aplicada a la cardiología pediátrica. Arch. Cardiol. Mex. 2006. Vol.76 Supl.:46-57

Sánchez E, Zavaglia C, Felisberti M. Unsaturated polyester resins: influence of the styrene concentration on the miscibility and mechanical properties. Polymer 2000; 41: 765–769.

Satyapal K, Singaram S, Partab P, Kalideen J, Robbs J. Aortic arch branch variations – case report and arteriographic analysis. S Afr J Sur. 2003, Vol. 41 No. 2, 48 – 50

Schwarzacher S, Krammer E. Complex anomalies of the human aortic arch system: Unique case of both vertebral arteries as additional branches of the aortic arch. The Anatomical Record. 1989. 225:246-50

Shin Il, Chung Y, Shin W, Im S, Hwang S, Kim B. A Morphometric Study on Cadaveric Aortic Arch and Its Major Branches in 25 Korean Adults : The Perspective of Endovascular Surgery. J Korean Neurosurg Soc. 2008; 44 : 78-83
Shingu Y, Shiiva N, Matsuzaki K, Kunihara T, Matsui Y. Dysphagia due to aortic diverticulum: an adult surgical case. Ann Thorac Cardiovasc Surg 2007 Apr; 13(2):132 -4.

Silva SD. Methods for the study of the human foetal arterial system. Acta Anat 1986;126(4):208-11.

Smrcek J, Berg C, Geipel A, Fimmers R, Diedrich K, Gembruch U. Early fetal echocardiography: hearth biometry and visualization of cardiac structures between 10 and 15 weeks' gestation. J. Ultrasound Med. 2006 Feb;25 (2):173-82

Szpinda M. The normal growth of the thoracic aorta in human fetuses. Folia Morphol. (Warsz) 2007 May;66(2): 131 – 137.

Szpinda M. Morphometric study of the brachio-bicarotid trunk in human fetuses. Ann Anat 2007;189:569-574.

Szpinda M. A new variant of aberrant left brachiocephalic trunk in mam: case report and literature review. Folia Morphol (Warsz). 2005 Feb;64(1):47-50.

Szpinda M, Brazis P, Elminowska-Wenda G, Wisniewski M. Morphometric study of the aortic and great pulmonary arterial pathways in human fetuses. *Ann Anat* 2006;188:25-31.

Szpinda M, Flisinski P, Szwesta A, Wisniewski M, Dombek M, Krakowiak-Sarnowska E. Quantitative morphology of the left subclavian artery in human fetuses. *Adv Med Sci.* 2008; 53:69-75

Szpinda M, Flisinski P, Wisniewski M, Dombek M, Krakowiak-Sarnowska E. Digital-image analysis of the left common carotid artery in human fetuses. *Folia Morphol (Warsz).* 2008 Aug;67(3):186-92

Szpinda M, Szwesta A, Szpinda E. Morphometric study of the ductus arteriosus during human development. *Ann Anat* 2007;189:47—52.

Tannenbaum J, Waleh N, Mauray F, Gold L, Perrett E, Clayman R. Transforming growth factor-beta protein and messenger RNA expression is increased in the closing ductus arteriosus. *Pediatr. Res.* 1996 Mar;39(3):427-34

Tikkanen J, Heinonen OP. Risk factors for coarctation of the aorta. *Teratology.* 1993, Jun; 47 (6): 565-72

Ursell P, Byrne J, Fears T, Strobino B, Gersony W. Growth of the Great Vessels in the Normal Human Fetus and in the Fetus With Cardiac Defects. *Circulation* 1991;84:2028-2033

Vasović L, Arsić S, Vlajković S, Zdravković D Morphological aspect of the thyroid ima artery in human fetuses. *Ital J Anat Embryol.* 2004 Oct-Dec;109(4):189-97.

Wright N. Dissection study and mensuration of the human aortic arch. *J Anat* 1969;104(2):377-385

Yelbuz T, Wessel A, Kirby M. Studies on morphogenesis and visualization of the early embryonic heart with regard to the development of conotruncal heart defects. *Z Kardiol.* 2004 Aug;93(8):583-94

Zamir M, Sinclair P. Continuum análisis or común branching patterns in the human arch of the aorta. *Anat. Embryol.*, 1990, 181, 31 – 36.