

**Expresión Morfológica de la Circulación Coronaria en Porcinos Sacrificados
y Fallecidos en Granjas. Un Estudio Anatómico Directo**

Fabián Alejandro Gómez Torres.

MVZ, Esp.

Universidad Industrial de Santander

Facultad de Salud

Escuelas de Medicina y Bacteriología y Laboratorio Clínico

Maestría en Ciencias Básicas Biomédicas

Bucaramanga

2013

**Expresión Morfológica de la Circulación Coronaria en Porcinos Sacrificados
y Fallecidos en Granjas. Un Estudio Anatómico Directo**

Fabián Alejandro Gómez Torres.

MVZ, Esp.

Director

Luis Ernesto Ballesteros Acuña MD, MSc.

Trabajo de grado presentado para optar por el título de:

MAGISTER EN CIENCIAS BÁSICAS BIOMÉDICAS

Universidad Industrial de Santander

Facultad de Salud

Escuelas de Medicina y Bacteriología y Laboratorio Clínico

Maestría en Ciencias Básicas Biomédicas

Bucaramanga

2013

DEDICATORIA

La culminación de esta nueva etapa la dedico a la persona que me ha acompañado durante toda mi vida y ha sido el motor para continuar trabajando cada día más, esforzándome y queriendo mejorar cada una de las actividades que logro emprender. Gracias a mi abuela María Josefa Amaya de Gómez.

También a mi hermana, mis sobrinos, mis padres y toda mi familia.

AGRADECIMIENTOS

Este gran triunfo tengo que agradecerlo a mi tutor, el Dr. Luis Ernesto Ballesteros que con su gran empeño, dedicación y sabiduría logró que pudiera emprender y culminar este reto dedicado a la investigación. Gracias a él y su carisma logré obtener una infinidad de conocimientos que han ampliado mi campo de acción en mi vida profesional y personal. También a la Dra. Luz Stella Cortés que con su apoyo y consecución de las muestras del trabajo me colaboró en la elaboración de este sueño. Al frigorífico Vijagual por las muestras donadas al proyecto, al Dr, Adalberto Tarazona por cada una de las gestiones para la obtención de dichas muestras y a cada uno de los estudiantes y colaboradores de la Universidad Industrial de Santander y Cooperativa de Colombia

CONTENIDO

INTRODUCCION	18
2. DESCRIPCION DEL PROYECTO	21
2.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	21
2. 2 OBJETIVOS	23
2.2.1 Objetivo General	23
2.2.2 Objetivos Específicos	23
2.3 MARCO TEORICO.....	24
2.3.1 Anatomía del corazón porcino.....	24
2.3.1.1. Arterias coronarias	24
2.3.1.2. Dominancia coronaria.....	29
2.3.2. Valores cardiacos de referencia en porcinos.....	31
2.3.3. Puentes miocárdicos	31
2. 4 DISEÑO METODOLÓGICO	35
2.4. 1 Tipo de Estudio	35
2.4.2 Población Accesible	35
2.4.3 Muestra	35
2.4.4 Criterios de Inclusión.....	35
2.4.5 Criterios de Exclusión.....	35
2.4.6 Procedimiento	36
2.4.7 Recolección de Datos y Plan de Análisis	38
3. CONSIDERACIONES BIOÉTICAS	40
4. RESULTADOS.....	41
4.1 CARACTERIZACIÓN DE LA ACD	41
4.2 CARACTERIZACIÓN DE LA ACI.....	47
4.3 CARACTERIZACION DE LOS PUENTES MIOCARDICOS.....	53
4.4 DOMINANCIA CORONARIA.....	60
5. ANALISIS Y DISCUSION.....	66
6. CONCLUSIONES.....	75
BIBLIOGRAFIA	77
ANEXOS.....	84

LISTA DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1. Vista superior del corazón. Origen de la arteria del nodo sinoatrial (*) desde el segmento medio-anterior de la coronaria derecha; Arteria derecha del cono (RDC) (**); Rama marginal derecha (RMD) (+); AD. Atrio derecho; AI. Atrio izquierdo; VCS. Desembocadura de la vena cava superior; AA. Aorta ascendente (seccionada); TAP. Tronco de la arteria pulmonar (seccionado). Fuente: Ballesteros, L y col. Características morfológicas y posibles implicaciones clínicas de las arterias nodales, 2010.	26
Figura 2. Cara posterior del corazón. Origen de la arteria del nodo atrioventricular a partir de la arteria coronaria derecha (ACD) (*); AD. Atrio derecho; AI. Atrio izquierdo; VI. Ventrículo izquierdo; VD. Ventrículo derecho; AIP. Arteria interventricular posterior; RPVI. Rama posterior del ventrículo izquierdo. Fuente: Ballesteros, L y col. Características morfológicas y posibles implicaciones clínicas de las arterias nodales, 2010.	27
Figura 3. Cara pulmonar del corazón. VI. Ventrículo izquierdo; RCX. Rama circunfleja; RD. Rama diagonal; RAS. Rama anterosuperior; RIA. Rama interventricular anterior; * Puente Miocárdico. Fuente: Ballesteros, L y col. Evaluación de las Ramas Diagonales, Anterosuperior, Posterolateral Derecha y Lateral del Corazón. Un Estudio en Individuos Colombianos, 2009.....	29
Figura 4. Vista anterior del corazón. VD. Ventrículo derecho; AD. Atrio derecho; ACD. Arteria coronaria derecha; RVA. Ramas ventriculares anteriores; RMD. Rama marginal derecha; (+). Rama nodal sino atrial (RNS).	41
Figura 5. Vista posterior del corazón. VD. Ventrículo derecho; AD. Atrio derecho; ACD. Arteria coronaria derecha; RIP. Rama interventricular posterior finalizando en el tercio medio del surco homónimo; RCX. Rama circunfleja; (*). Rama de la rama interventricular anterior (RIA).	43
Figura 6. Anastomosis entre ramas de las ramas interventricular anterior y posterior. VI. Ventrículo izquierdo; VD. Ventrículo derecho; RIA. Rama interventricular anterior; RIP. Rama interventricular posterior; (*). Anastomosis cerca del ápex cardiaco.	44
Figura 7. Vista anterosuperior del corazón. AD. Atrio derecho; VD. Ventrículo derecho; CA. Cono arterioso; ACD. Arteria coronaria derecha; (*). Rama derecha del cono originada del seno aórtico derecho (tercera coronaria); RVA. Ramas ventriculares derechas.	45
Figura 8. Vista posterior del corazón. VI. Ventrículo izquierdo; AI. Atrio izquierdo; ACD. Arteria coronaria derecha; RIP. Rama interventricular posterior; RRVI. Rama retroventricular izquierda; Línea. Rama del nodo atrioventricular: RCX. Rama circunfleja.	47

Figura 9. Borde obtuso del corazón. AI. Atrio izquierdo; VI. Ventrículo izquierdo; VD. Ventrículo derecho; RIA. Rama interventricular anterior; RCX. Rama circunfleja; RDI. Rama diagonal izquierda.....	49
Figura 10. Vista anterior del corazón. VI. Ventrículo izquierdo; VD. Ventrículo derecho; RIA. Rama interventricular anterior; RCX. Rama circunfleja; Flecha. Rama anterosuperior (RAS), finalizando en el tercio medio del borde obtuso del corazón.	51
Figura 11. Vista posterior del corazón. VI. Ventrículo izquierdo; AD. Atrio derecho; ACD. Arteria coronaria derecha; RIP. Rama interventricular posterior; RCX. Rama circunfleja, finalizando cerca de la crux cordis.	52
Figura 12. Cara obtusa del corazón. AI. Atrio izquierdo; VI. Ventrículo izquierdo; RIA. Rama interventricular anterior; RCX. Rama circunfleja; RMI. Rama marginal izquierda, finalizando en el ápex cardiaco.....	53
Figura 13. Vista posterior del corazón. RIP. Rama interventricular posterior con un puente miocárdico (+); ACD. Arteria coronaria derecha; RCX. Rama circunfleja; VD. Ventrículo derecho; AD. Atrio derecho; VI. Ventrículo izquierdo.	58
Figura 14. Cara obtusa del corazón. RDI. Rama diagonal izquierda con dos puentes miocárdicos (+); AI. Atrio izquierdo; VI. Ventrículo izquierdo; VD. Ventrículo derecho; RIA. Rama interventricular anterior; RCX. Rama circunfleja; RAS. Rama anterosuperior.	59
Figura 15. Cara obtusa del corazón. RDI. Rama diagonal izquierda con un puente miocárdico (**) y RMI. Rama marginal izquierda con un puente miocárdico (*); RIA. Rama interventricular anterior; RCX. Rama circunfleja; RAS. Rama anterosuperior; VI. Ventrículo izquierdo; AI. Atrio izquierdo; VD. Ventrículo derecho.	60
Figura 16. Dominancia coronaria balanceada. Vista posterior del corazón. VD. Ventrículo derecho; AI. Atrio izquierdo; VI. Ventrículo izquierdo; ACD. Arteria coronaria derecha; RIP. Rama interventricular posterior; RCX. Rama circunfleja; (*). Crux cordis.	61
Figura 17. Dominancia coronaria derecha leve. Vista posterior del corazón. AD. Atrio derecho; VD. Ventrículo derecho; VI. Ventrículo izquierdo; ACD. Arteria coronaria derecha; RIP. Rama interventricular posterior; RCX. Rama circunfleja; (*). Rama retroventricular izquierda (RRVI).....	63
Figura 18. Dominancia coronaria derecha moderada. Vista posterior del corazón. VD. Ventrículo derecho; VI. Ventrículo izquierdo; ACD. Arteria coronaria derecha; RIP. Rama interventricular posterior; RCX. Rama circunfleja; (*). Rama retroventricular izquierda (RRVI).	64

Figura 19. Dominancia coronaria derecha prominente. Vista posterior del corazón.
VD. Ventrículo derecho; VI. Ventrículo izquierdo; ACD. Arteria coronaria derecha;
RIP. Rama interventricular posterior; RRVI. Rama retroventricular izquierda; (*).
Rama circunfleja..... 65

LISTA DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1. Tipo de variables incluidas en el estudio	39
Tabla 2. Finalización de la rama interventricular posterior (RIP) en el surco homónimo (SIP), ápex y cara anterior del ventrículo izquierdo (VI); discriminado por género.	42
Tabla 3. Finalización de la rama marginal derecha (RMD) en el borde derecho del corazón, discriminado por género.	46
Tabla 4. División de la arteria coronaria izquierda en rama interventricular anterior (RIA), rama circunfleja (RCX) y rama diagonal izquierda (RDI); discriminada por género.	48
Tabla 5. Finalización de la rama interventricular anterior a nivel del surco homónimo, ápex y cara posterior cardiaca, discriminada por género.	50
Tabla 6. Finalización de la rama anterosuperior (RAS) de la arteria interventricular anterior (RIA) en la cara obtusa del corazón, discriminada por género.	50
Tabla 7. Distribución de Puentes Miocárdicos en diferentes ramas de las arterias coronarias	54
Tabla 8. Distribución de Puentes Miocárdicos en diferentes ramas de las arterias coronarias, discriminados entre fallecidos en granjas y destinados al sacrificio.	55
Tabla 9. Ubicación de puentes miocárdicos (PM) sobre las ramas interventricular posterior (RIP) e interventricular anterior (RIA).	56
Tabla 10. Longitud y espesor de Puentes Miocárdicos en diferentes ramas de las arterias coronarias.	57
Tabla 11. Finalización de la rama interventricular posterior (RIP), discriminada por género	62
Tabla 12. Distribución de la dominancia coronaria en una muestra de 168 porcinos.	65

LISTA DE ANEXOS

	Pág.
Anexo A. Formato de registros individuales	85

LISTA DE ABREVIATURAS

PM: puentes miocárdicos

AC: arterias coronarias

ACD: arteria coronaria derecha

ACI: arteria coronaria izquierda

RIP: rama interventricular posterior

RIA: rama interventricular anterior

RCX: rama circunfleja

RDI: rama diagonal izquierda

RRVI: rama retroventricular izquierda

SIP: surco interventricular posterior

RNS: rama nodal sinoatrial

RDC: rama derecha del cono

RIC: rama izquierda del cono

RMD: rama marginal derecha

RMI: rama marginal izquierda

RNAV: rama nodal auriculoventricular

RAS: rama anterosuperior

SEP: síndrome de stress porcino

Carnes PSE: carnes pálidas, suaves y exudativas

KOH: hidróxido de potasio

1. RESUMEN

Título:EXPRESIÓN MORFOLÓGICA DE LA CIRCULACIÓN CORONARIA EN PORCINOS SACRIFICADOS Y FALLECIDOS EN GRANJAS. UN ESTUDIO ANATÓMICO DIRECTO.*

Autor:FABIAN ALEJANDRO GOMEZ TORRES.**

Palabras claves:Porcino, Arteria Coronaria Derecha, Arteria coronaria izquierda, dominancia coronaria, puente miocárdico, isquemia.

Descripción: Los escasos estudios realizados con relación a la morfología de las arterias coronarias (AC) en porcinos enfatizan en descripciones de sus trayectorias y número de ramas, a pesar de su importancia como modelo experimental. La dominancia coronaria y la presencia de puentes miocárdicos (PM) han sido poco evaluados en porcinos. Se propuso Identificar la expresión morfológica de la circulación coronaria y la presencia de puentes miocárdicos, mediante la inyección de los lechos vasculares con resina poliéster de corazones de porcinos sacrificados y fallecidos en granjas.

Se evaluaron 168 corazones de porcinos. Las AC fueron perfundidas con resina poliéster (Palatal 85% y Estireno15%) y posteriormente sometidas a infusión de KOH para liberar la grasa subepicárdica. Se midieron calibres, se evaluaron trayectorias y presencia de puentes miocárdicos.

El calibre de la ACD en su porción proximal fue 3.91 ± 0.82 mm. La rama derecha del cono se originó de la ACD en 109 especímenes (64,9%) y de la aorta (tercera coronaria) en 8 (4,8%). La rama interventricular posterior presentó un calibre proximal de 2.8 ± 0.62 mm. La rama del nodo sinusal y la rama del nodo atrio ventricular se originaron de la ACD en el 100% de los especímenes. El calibre de la ACI fue 7.02 ± 1.41 mm y su longitud de 3.58 ± 1.01 mm; finalizó bifurcándose en rama interventricular anterior y rama circunfleja en 80.4% de los especímenes y se trifurcó en 19.6%, con presencia de la rama diagonal. Se encontró dominancia derecha en 111 corazones (66,1%), circulación balanceada en 57 especímenes (33,9%). Se encontraron 99 PM en 70 especímenes (41.7%). La longitud promedio de los PM fue $11,23\pm 5,67$ mm y el espesor de $1,13\pm 0,48$ mm.

El conocimiento morfo métrico y cualitativo de las AC y sus ramas en porcinos y los patrones de dominancia coronaria, son relevantes para el diseño de modelos procedimentales y hemodinámicos.

* Proyecto de Grado

** Facultad de Salud. Escuela de Medicina y Bacteriología y Laboratorio Clínico. Maestría en Ciencias Básicas Biomédicas. Director: Dr. Luis Ernesto Ballesteros Acuña.

ABSTRACT

Title: MORPHOLOGICAL EXPRESSION OF CORONARY CIRCULATION IN PIGS KILLED AND DIED IN FARMS. ANATOMICAL STUDY DIRECT.

Author: FABIANGOMEZALEJANDROTORRES.**

Keywords: Porcine, Right Coronary Artery, Left Coronary Artery, coronary dominance, myocardial bridges, ischemia.

Description: The few studies carried out in relation to the morphology of the coronary arteries (CA) in pigs emphasize their descriptions in their trajectories and number of branches, despite its importance as an experimental model. Coronary dominance and the presence of myocardial bridges (MB) were poorly evaluated in pigs.

We set out to identify the morphological expression of the coronary circulation and myocardial bridges, by injecting vascular beds with polyester resin in the pig's hearts slaughtered and killed on farms.

168 evaluated pig hearts. CA were perfused with the polyester resin (Palatal 85% Estireno 15%) and then subjected to infusion of KOH to release the subepicardial fat. Sizes were measured, evaluated the trajectories and myocardial bridges.

The caliber of the RCA at its proximal portion was 3.91 ± 0.82 mm. Right branch of the cone originated from the RCA in 109 specimens (64.9%) and the aorta (third coronary) in 8 (4.8%). The posterior interventricular branch presented a proximal caliber of 2.8 ± 0.62 mm. Sinus node branch and the atrioventricular node branch originated from the RCA in 100% of the specimens. The caliber of the LCA was 7.02 ± 1.41 mm and length of 3.58 ± 1.01 mm. Finished bifurcating in anterior interventricular artery and circumflex artery in 80.4% and trifurcates 19.6% with presence of diagonal artery. Right dominance was found in 111 hearts (66.1%), balanced circulation in 57 specimens (33.9%). We found 93 PM in 67 specimens (42.4%). The average length of the PM was 11.23 ± 5.67 mm and thickness of 1.13 ± 0.48 mm.

The morphometric and qualitative knowledge of the CA and its branches in pigs and coronary dominance patterns are relevant for the design of procedural and hemodynamic models.

* Graduation Project:

**Faculty of Health. School of Medicine and Bacteriology. Master of Basic Biomedical Sciences. Directed by Dr. Luis Ernesto Ballesteros Acuña.

INTRODUCCION

El conocimiento de las expresiones usuales y variantes del sistema arterial coronario del porcino son de suma utilidad para la realización de modelos experimentales morfofisiológicos del sistema cardiovascular que utilizan a esta especie, dada la aparente similitud que presentan con el humano. Adicionalmente, algunas expresiones variantes como los puentes miocárdicos puede llevar a oclusiones arteriales que disminuyen el flujo sanguíneo, generando zonas isquémicas o incluso de infarto; situación que puede contribuir a la mortalidad porcina con sus consecuentes pérdidas económicas en las producciones.

Son pocos los estudios que se han realizado al respecto y sólo en poblaciones porcinas europeas, sin conocer el comportamiento de estas variaciones en nuestro país, lo que aporta un conocimiento específico para los sistemas de producción y la academia en las universidades colombianas, que podrán contar con información propia de referencia. La literatura disponible en torno a la circulación coronaria porcina es escasa, realizándose investigaciones con muestras pequeñas que se limitan a descripciones cualitativas, aunque se ha señalado que la distribución arterial de esta especie es similar a la del humano. (26, 54, 67, 94, 101).

En los últimos años, la especie porcina se ha utilizado con frecuencia en el campo de la experimentación animal, aspecto que la convierte en el modelo idóneo para el trasplante heterólogo de órganos. (26, 65, 98). El conocimiento de los patrones de expresión morfológica de las arterias coronarias y sus ramas, es de vital importancia para la realización de eventos de carácter experimental que involucren a estas estructuras. En este sentido, los procedimientos imagenológicos, hemodinámicos intervencionistas y quirúrgicos se fundamentan en este conocimiento. (24).

La irrigación cardiaca es suplida por las arterias coronaria derecha (ACD) e izquierda (ACI), las cuales tienen su origen en la aorta ascendente a nivel de los

respectivos ostium derecho e izquierdo. La alta variación de los vasos con relación a su distribución en la cara posterior del corazón permite fundamentar el concepto de dominancia coronaria. (3, 24, 43). En porcinos, este rasgo anatómico ha sido poco estudiado y aún no se han definido claramente los parámetros que caractericen los diferentes tipos de dominancia. (94, 104)

En animales se han realizado estudios de PM, mediante técnicas de disección clásica, especialmente en primates y perros y en menor número en cerdos. Un solo puente miocárdico es la expresión más frecuente, seguida por la presentación de dos o más puentes sobre diferentes vasos. La presencia de dos PM en un mismo vaso es de rara ocurrencia. (58). En cerdos la frecuencia de estas bandas musculares es del 24-86% (2, 15, 58), mientras que en humanos se han realizado reportes con un rango del 23-88%, variabilidad que puede deberse a las diferentes técnicas utilizadas para su evaluación o como rasgo étnico de los grupos poblacionales estudiados. (5, 16, 19, 34, 66, 83, 93, 103).

Con relación al sitio de presentación, en cerdos se han descrito los PM especialmente en el tercio medio de la rama interventricular posterior (RIP) (58), mientras que en humanos se referencian con mayor frecuencia a nivel de los tercios medio y superior de la rama interventricular anterior (RIA). (10, 66, 83, 90, 93).

Las características morfológicas de los PM como longitud, profundidad y ubicación en una o en varias ramas arteriales, sumadas a otras variables pueden incidir en el desencadenamiento de diversas patologías isquémicas o arrítmicas del corazón que pueden ser la causa de muertes súbitas observadas en las producciones porcinas. (10, 31, 39).

La escasa información acerca de la circulación coronaria, la dominancia y la presentación de PM en porcinos sumado a que el corazón de esta especie es utilizado en estudios hemodinámicos, le da pertinencia a la realización del presente estudio desarrollado en material cadavérico fresco con el propósito de

establecer una evaluación diferencial de estas variaciones morfológicas entre corazones porcinos y humanos.

2. DESCRIPCION DEL PROYECTO

2.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

¿Son las características morfológicas de las arterias coronarias de porcinos comerciales del área metropolitana de Bucaramanga similares a lo descrito en la literatura?

¿Existe relación entre la presencia de puentes miocárdicos y la presentación de muertes en cerdos destinados a la producción porcina?

Van Andel y col (101) en Holanda, reporta que la expresión morfológica de las arterias coronarias de los porcinos es similar a las de los humanos, especialmente en lo relacionado a longitud y calibres. La gran diferencia se presenta en que en el porcino las arterias son más elásticas (101).

Se necesita profundizar el conocimiento de la anatomía de los vasos coronarios en cerdos de nuestro entorno y postular según los hallazgos encontrados, probables substratos morfológicos que participen de la causalidad de las muertes con compromiso cardiaco que se presentan en cada una de las granjas porcícolas dedicadas a la ceba de esta especie.

Además el conocimiento de los territorios irrigados por las arterias coronarias en porcinos es útil en el diseño de modelos hemodinámicos que utilicen esta especie animal.

La producción porcina presenta pérdidas económicas debido a muertes presentadas en cerdos de ceba, que están próximos a ser destinados al sacrificio.

Aunque se sabe que el mejoramiento genético ha llevado a disminuir considerablemente el gen del stress porcino, aún se siguen presentando muertes inesperadas en las piaras cuando se realizan prácticas de manejo (62). Se sospecha que la presencia de estas muertes se debe a que por efecto de las mencionadas manipulaciones de manejo realizadas a los porcinos, suceden

infartos de miocardio que producen el fallecimiento inmediato de los animales, aunque el desarrollo de infartos en mamíferos superiores es bajo. Es posible que la isquemia del miocardio lleve a disfunción contráctil, la cual puede ser irreversible reflejando una pérdida de la viabilidad del miocardio o puede ser reversible mostrando una recuperación espontánea lenta del daño específico de la maquinaria contráctil del músculo cardíaco. Las arritmias típicas durante la isquemia han sido reportadas en cerdos (41) y cerca del 62% de las muertes súbitas de origen cardíaco en porcinos son debidas a enfermedad coronaria (44).

Existe la posibilidad de que estos infartos sean debidos a la presencia de puentes miocárdicos, estructuras de músculo cardíaco, localizadas sobre los vasos coronarios y sus ramas, que determinan isquemia de la musculatura cardíaca, distalmente al puente miocárdico por compresión de los vasos sanguíneos durante la contracción sistólica. Kosiński y col (58) en un estudio realizado en Polonia en cerdos domésticos reportó presencia de puentes miocárdicos en el 47.3% de los corazones evaluados, lo que muestra la alta incidencia de esta variación que se constituye en el substrato anatómico que puede conllevar a la muerte de los cerdos que se encuentran en fase de ceba (58).

2.2 OBJETIVOS

2.2.1 Objetivo General. Identificar la expresión morfológica de la circulación coronaria de corazones de porcinos sacrificados y fallecidos en granjas del área metropolitana de Bucaramanga.

2.2.2 Objetivos Específicos.

- Determinar la expresión morfológica y tipo de dominancia de las arterias coronarias con relación al sexo en porcinos.
- Determinar la frecuencia de puentes miocárdicos en corazones de porcinos de razas comerciales utilizadas en Santander con relación al sexo y a la dominancia coronaria.
- Establecer la relación existente entre la presencia de puentes miocárdicos y la muerte de los porcinos en granjas considerando el sexo y muerte súbita.
- Realizar análisis diferencial de los hallazgos de la circulación coronaria del porcino con relación a la del corazón humano.

2.3 MARCO TEORICO.

2.3.1 Anatomía del corazón porcino. El corazón es un órgano de tamaño pequeño en comparación con el peso corporal del cerdo (0,23 a 0,28%). La superficie atrial es moderadamente convexa, recubriendo al esternón a partir de la segunda esternebra hasta la parte craneal de la séptima. El surco interventricular anterior se encuentra en la parte izquierda, mientras que el surco interventricular posterior cruza oblicuamente a la superficie atrial. El vértice romo y casi medio, se encuentra en contacto con el esternón a nivel de la séptima esternebra (98).

2.3.1.1. Arterias coronarias. Las arterias coronarias derecha e izquierda, son casi del mismo tamaño. La arteria coronaria izquierda (ACI) irriga la mayor parte del ventrículo y atrio izquierdo, incluido el septum interventricular, por medio de la rama interventricular anterior (RIA) y de la rama circunfleja (RCX). La RCX y la rama interventricular posterior (RIP) de la arteria coronaria derecha (ACD) irrigan la pared posterior del ventrículo y atrio derecho, incluido el resto del tabique interventricular (98).

La (ACD) y (ACI) emergen respectivamente de los senos aórtico derecho e izquierdo, específicamente por debajo del borde supra valvular. La ACD pasa directamente dentro del surco coronario derecho y la ACI cursa sólo una pequeña distancia detrás del tronco de la arteria pulmonar antes de dividirse en RIA y RCX. Las tres ramas arteriales coronarias descritas forman dos circuitos: uno a nivel atrioventricular y el otro en los surcos interventriculares (54, 94)

La porción de la ACD, que cursa en el surco atrioventricular anterior es llamada primer segmento, mientras que la parte que cursa en el surco atrioventricular posterior se conoce como segundo segmento. Aproximadamente a 5 mm de la crux cordis (sitio donde confluyen los surcos atrioventricular y el surco interventricular posterior - SIP), la arteria se proyecta hacia abajo y a la izquierda adoptando una forma curvilínea denominada rama retroventricular izquierda

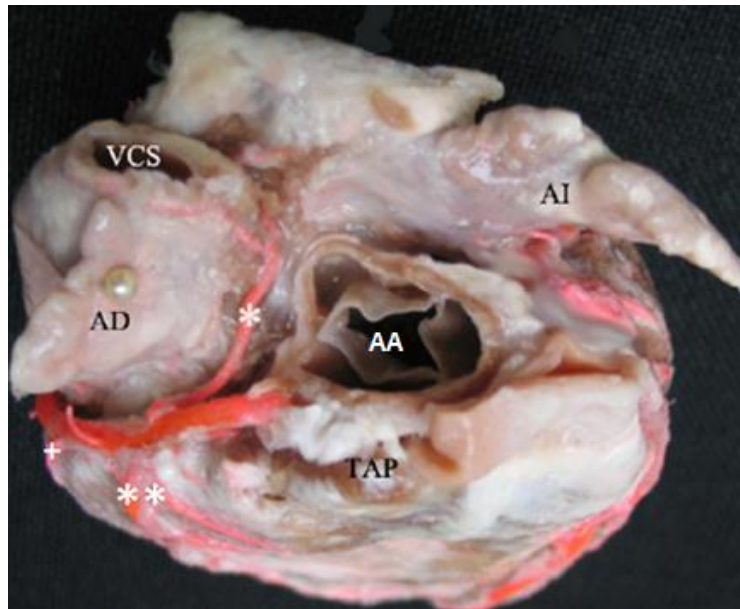
(RRVI). Igualmente, debajo de esta angulación se extiende en el SIP, tomando el nombre de rama interventricular posterior(RIP), la cual constituye el tercer segmento que se extiende hasta tres cuartas partes de la distancia comprendida entre la crux cordis y el ápex y se divide en dos ramas, derecha e izquierda. La rama derecha se proyecta en la superficie posterior del ventrículo derecho, mientras la izquierda continúa en el SIP o en la superficie posterior del ventrículo izquierdo (3, 24, 39, 43, 54, 90, 93, 94, 96).

Las ramas del primer segmento son: rama nodal sinoatrial (RNS), ramas atriales, rama derecha del cono (RDC), ramas ventriculares y rama marginal derecha (RMD) (54, 94)

La RNS surge en el 21% de los corazones porcinos como la primera rama a una distancia media de 20 mm distal al origen de la ACD. Esta se extiende hacia arriba y a la izquierda en la superficie del atrio derecho hasta alcanzar el nodo sinoatrial, entre el apéndice atrial derecho y la vena cava anterior (65). Una o tres ramas atriales surgen del lado derecho de la ACD y se extienden por encima y a la derecha en la superficie anterior del atrio derecho.

La RDC: es una rama pequeña que surge de la cara inferior de la ACD y se extiende en la superficie anterior del ventrículo derecho. Tres o cuatro ramas ventriculares se desprenden del primer segmento de la ACD y pasan a la superficie anterior del ventrículo derecho; ellas descienden oblicuamente hacia abajo y a la izquierda anastomosándose con ramas de la RIA. La RMD es una pequeña rama marginal que alcanza el margen agudo del corazón y se extiende a la izquierda hacia el ápex. (Figura 1).

Figura 1. Vista superior del corazón.

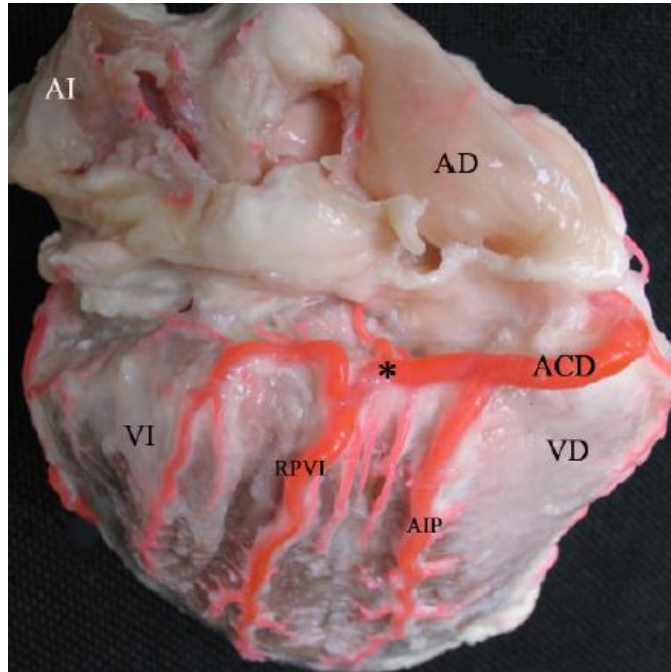


Origen de la arteria del nodo sinoatrial (*) desde el segmento medio-anterior de la coronaria derecha; Arteria derecha del cono (RDC) (**); Rama marginal derecha (RMD) (+); AD. Atrio derecho; AI. Atrio izquierdo; VCS. Desembocadura de la vena cava superior; AA. Aorta ascendente (seccionada); TAP. Tronco de la arteria pulmonar (seccionado). Fuente: Ballesteros, L y col. Características morfológicas y posibles implicaciones clínicas de las arterias nodales, 2010.

Las ramas del segundo segmento son: atriales, ventriculares y rama nodal atrioventricular (RNAV) (54, 67, 94). Usualmente hay dos o tres ramas atriales, las cuales se extienden hacia arriba desde el segundo segmento de la ACD a la superficie posterior del atrio derecho. Las ramas ventriculares de este segmento (3 a 4 ramas ventriculares cortas) se proyectan hacia abajo y a la derecha en la superficie posterior del ventrículo derecho. La RNAV surge separada o unida con la RRVI de la convexidad de la ACD cerca de la crux cordis del corazón. (Figura 2).

La RIP y las ramas ventriculares surgen del tercer segmento de la ACD. La RIP se extiende hacia abajo a lo largo del surco homónimo emitiendo ramas septales posteriores y pequeñas ramas ventriculares para los ventrículos derecho e izquierdo; finalmente, puede alcanzar el ápex cardíaco.

Figura 2. Cara posterior del corazón.



Origen de la arteria del nodo atrioventricular a partir de la arteria coronaria derecha (ACD) (*); AD.Atrio derecho; AI.Atrio izquierdo; VI.Ventrículo izquierdo; VD.Ventrículo derecho; AIP.Arteria interventricular posterior; RPVI.Rama posterior del ventrículo izquierdo. Fuente: Ballesteros, L y col. Características morfológicas y posibles implicaciones clínicas de las arterias nodales, 2010.

La ACI surge del seno aórtico posterior izquierdo y se extiende a la izquierda detrás del tronco pulmonar a una distancia media de 5 mm y se divide en la Rama Interventricular Anterior (RIA) y Rama Circunfleja (RCX).

La RIA cursa por el surco homónimo y finaliza en el ápex o incluso puede alcanzar el segmento inferior del SIP. De esta rama surgen las ramas septales anteriores (8 a 10) que irrigan los dos tercios anteriores del septum interventricular; igualmente, suple con una rama al cono arterioso (RIC) y 3 a 4 ramas para las superficies ventriculares izquierda y derecha. La primera rama ventricular izquierda se denomina anterosuperior (RAS), la cual usualmente es de buen calibre y se proyecta hacia los tercios medio e inferior del borde obtuso del corazón. La RCX en su segmento proximal cursa por el surco atrioventricular anterior izquierdo hasta alcanzar el margen obtuso del corazón (primer segmento), luego continúa

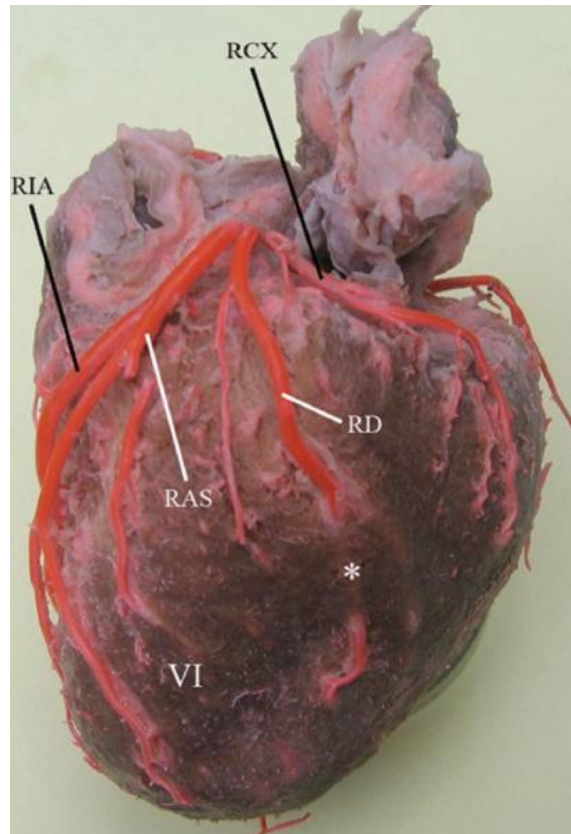
por el segmento posterior del surco atrioventricular, alcanzando en algunos casos la cruxcordis (segundo segmento) (54, 94).

Las ramas del primer segmento de la arteria circunfleja son: rama nodal sinoatrial (RNS), arterias atriales, ramas ventriculares, rama diagonal y rama marginal izquierda (RMI) (54, 94)

La RNS cuando se origina de la RCX se proyecta hacia arriba y a la derecha sobre la superficie anterior del atrio izquierdo detrás de la aorta y el tronco pulmonar hasta alcanzar el nodo sinoatrial. Existen una o dos ramas atriales las cuales surgen de su borde superior, y recorren hacia arriba la superficie anterior del atrio izquierdo. Igualmente, una o dos ramas ventriculares surgen del borde inferior de la RCX, ellas cursan hacia abajo sobre la superficie anterior del ventrículo izquierdo. La RMI observada en el 90% de los casos se extiende a lo largo del margen obtuso del corazón (54, 94).

El segundo segmento de la RCX emite una a dos ramas atriales y de dos a cuatro ramas ventriculares (59). Las ramas atriales surgen de su borde superior y pasan hacia arriba en la superficie anterior del atrio izquierdo; las ramas ventriculares surgen del borde inferior de la RCX, las cuales se extienden en la superficie posterior del ventrículo izquierdo.

Figura 2. Cara pulmonar del corazón.



VI. Ventrículo izquierdo; RCX. Rama circunfleja; RD. Rama diagonal; RAS. Rama anterosuperior; RIA. Rama interventricular anterior; * Puente Miocárdico. Fuente: Ballesteros, L y col. Evaluación de las Ramas Diagonales, Anterosuperior, Posterolateral Derecha y Lateral del Corazón. Un Estudio en Individuos Colombianos, 2009.

Se ha reportado que en 80-98% de los casos, la ACI del porcino presenta bifurcación, mientras que el 2-20% la ACI termina trifurcándose, dando lugar a la RIA, RCX y rama diagonal izquierda (RDI) (53, 94).

2.3.1.2. Dominancia coronaria. La gran variabilidad existente con relación a los territorios de la cara posterior del corazón irrigados por los vasos coronarios, ha fundamentado el concepto de dominancia coronaria derecha e izquierda, dependiendo de cuál arteria coronaria da origen a la RIP o de aquella que irrigue la mayor parte de la pared ventricular posterior izquierda (3, 24, 25, 43).

La dominancia coronaria derecha se da cuando la ACD irriga la superficie posterior del ventrículo derecho, da origen a la RIP y se extiende más allá de la cruz cardíaca para irrigar parte de la pared posterior del ventrículo izquierdo. Dominancia coronaria balanceada cuando la ACD irriga el ventrículo derecho y la porción posterior del septum interventricular a través de la RIP, mientras la ACI irriga el ventrículo izquierdo finalizando en la cruz cardíaca. Es dominancia coronaria izquierda si la ACI irriga la cara posterior del ventrículo izquierdo, el segmento posterior del septum interventricular formando la RIP y/o la pared posterior del ventrículo derecho (96).

Otro aspecto a tener en cuenta es son los criterios para determinar la extensión de la dominancia coronaria derecha, los cuales son: leve si alcanza el tercio derecho del VI, moderada cuando llega hasta el tercio medio y prominente cuando alcanza el tercio lateral o el margen obtuso del corazón (3).

La dominancia derecha ha sido reportada con una frecuencia de 78-100%, mientras que la circulación balanceada se encuentra entre el 16- 17% y la dominancia izquierda entre un 4-5% (26, 54, 94, 104). Se destaca la ausencia de dominancia izquierda en el trabajo de Shani y col (94). El diámetro de la ACD es significativamente menor en el patrón de dominancia izquierda, mientras que el calibre de la RCX es menor en presencia de dominancia derecha. La causa de estas variaciones probablemente esté dada por complejos procesos embriológicos que determinan simultáneamente el tipo de irrigación y el calibre de los vasos coronarios, los cuales conducen a garantizar una adecuada irrigación de todos los segmentos del corazón (3).

Se reporta que solo estudiando la porción superficial del corazón son pocas las diferencias que se encontraron entre el corazón humano y los corazones de cerdo, perro y mono (54). En algunos animales, como el perro o el cerdo presentan una preponderancia clara y constante de la arteria coronaria izquierda (25).

Conocer los diversos patrones de expresión morfológica de las arterias coronarias y de sus ramas derivadas, es de vital importancia para realizar adecuadas interpretaciones y aplicaciones, especialmente por su evidente variabilidad. En este sentido, la determinación de territorios relacionados con la enfermedad coronaria oclusiva e igualmente los procedimientos imagenológicos, hemodinámicos intervencionistas y quirúrgicos se fundamentan en este conocimiento (3, 24). La especie porcina en los últimos años se ha utilizado en el campo de la experimentación animal de manera profusa, convirtiéndose en el modelo de elección en este campo. (26, 94, 98).

2.3.2. Valores cardiacos de referencia en porcinos. Los signos vitales del cerdo son muy similares a los del humano, con una frecuencia cardíaca de 58 a 86 latidos por minuto, saturación de oxígeno de 95 +/- 5%, presión arterial de 100/60 mm Hg +/- 10 mm Hg y una temperatura de 39°C +/- 5°C. Los órganos de los cerdos tienen aproximadamente el mismo tamaño que en los humanos, tanto en las primeras etapas de la vida como en la edad adulta. (65).

En el cerdo el lecho vascular coronario presenta alta similitud con el del hombre, el sistema coronario, contiene arterias epicárdicas de conducción, arteriolas, capilares, vénulas y venas. El volumen de sangre en los vasos intramiocárdicos es aproximadamente de 4,5 ml/100 g y reside principalmente en la microcirculación. De la irrigación coronaria surge finalmente una complicada red capilar en el músculo cardíaco. La sangre procedente de la circulación capilar coronaria se reúne en diversas venas pequeñas, que después van a desembocar en el atrio derecho sin pasar por la vena cava (88). Entre las diferentes especies animales se ha encontrado que el cerdo tiene una distribución arterial coronaria muy similar a la encontrada en los humanos. Estas características lo convierten en el modelo idóneo para el trasplante de órganos (26, 32, 94, 98).

2.3.3. Puentes miocárdicos. Los Puentes miocárdicos (PM) son estructuras formadas por músculo cardíaco y localizadas sobre los vasos coronarios y sus ramas (arterias y venas). La mayoría de los autores coinciden en que los PM pueden inducir isquemia en la musculatura ventricular localizada distalmente a

estos, debido a compresión de los vasos sanguíneos durante la contracción miocárdica (2, 22, 58, 59, 79, 100). Los estudios basados en material animal no son numerosos. Los PM han sido estudiados más en corazones de primates y perros que en cerdos (58, 59).

El PM, es generalmente definido como una banda muscular superficial ubicado sobre un segmento corto de las arterias coronarias y sus colaterales. El curso subepicardico o intramiocardico de las arterias coronarias y la consiguiente formación de PM permite clasificar a los corazones como de tipo A. (hámster, ardilla, rata, cobayo y conejo), en el cual las arterias coronarias se encuentra completamente alojadas en el miocardio (también llamada intramiocardica); Tipo B: (cabra, oveja, perro, gato, macaco y humano), en el cual las arterias coronarias son predominantemente subepicardicas pero tienen PM y Tipo C: (caballo, vaca y cerdo), en el cual las arterias coronarias son completamente epicardicas sin presencia de PM. Se ha descrito que el PM es una estructura predeterminada, formada simultáneamente con el desarrollo de las arterias coronarias en la fase embrionaria. El PM también es llamado vórtice fibroso y túnel coronario de acuerdo a su apariencia en la arteria coronaria. Polacek y Zechmeister (83) propusieron que el corazón canino podría ser el mejor modelo anatómico para estudios de PM en humanos. Se presume que los PM cursan de manera asintomática, sin causar efectos adversos en la irrigación cardiaca debido a que por lo general son de escasa longitud y profundidad y a la presencia de circulación colateral. Solo un puente largo puede causar un impacto notable en la circulación (16, 57, 100).

Según Kosiński y col (58), el 51,1% de los cerdos que presentaron PM correspondían a machos. Los PM se localizaron principalmente sobre cinco vasos: RIA, RIP, rama diagonal de la arteria coronaria izquierda, RMD y RCX. Los puentes fueron observados principalmente sobre RIP y con menor frecuencia en los demás vasos. El 45,7% del total de los PM se encontraron sobre RIP, 37% en RIA, 9,9% sobre rama diagonal, 4,9% sobre RCX y 2,5% sobre RMD (58).

De acuerdo al número y a su distribución los PM se han reportado en tres tipos: Tipo I el más frecuente, caracterizado por la presencia de un solo puente miocárdico. Tipo II observado en pocos casos, se observa dos puentes sobre el mismo vaso y Tipo III con dos puentes sobre diferentes vasos. Los PM se ubican principalmente en el tercio medio de cada uno de los vasos estudiados (58).

Con relación a las características morfométricas, la longitud de los PM en corazones porcinos varía de 1,8 a 39,7 mm y un espesor entre 0,8 y 4,7 mm. En promedio la mayor longitud de los PM corresponden a la RIP y RIA con 22,6 mm y 16,6 mm respectivamente, mientras que a su vez los PM más cortos se ubican en la RMD y RCX con 7,6 mm y 5,3 mm (59).

La longitud, la profundidad y la ubicación en una o en varias ramas arteriales, son características morfológicas de los PM que pueden incidir en la expresión de diversas patologías isquémicas o arrítmicas del corazón. Es importante tener en cuenta que los PM en un alto porcentaje cursan de manera asintomática, en razón a que se presentan mecanismos de compensación como la presencia de ramas colaterales que surgen en el segmento prepontino y contribuyen a la irrigación de territorios adyacentes. Igualmente, cuando se suman al substrato anatómico relativamente adverso, factores como la ateromatosis pueden desencadenar eventos clínicos como angina, arritmias o incluso la muerte súbita ante situaciones como el estrés y el ejercicio (39, 90, 93).

En un estudio de 30 corazones porcinos, se encontró que en 26 especímenes (86,7%) se encontraron PM y fueron hallados más a menudo sobre la RIP. Forman estructuras y localizaciones típicas que no exceden los 20 mm de longitud (2). El rol de las estructuras miocárdicas sobre las arterias coronarias y sus ramas se asocia con la posibilidad de originar alteraciones en la circulación coronaria.

De acuerdo a Cucchini (27), los PM son estructuras que pueden causar daño en el área distal a la arteria cubierta. Siendo peligroso su presentación en caso de taquicardia, cuando el tiempo diastólico es corto (27). Esta hipótesis es presentada por Castells y Noble y col (23, 75), quienes adicionalmente indican que la

presencia de puentes sobre las arterias coronarias puede ser, en algunos casos, los responsables de la presentación de anginas (23, 75).

Ishii y Binet y col (17, 45), consideran que la presencia de PM sobre las arterias coronarias conduce a desarrollo de ateromatosis del segmento arterial situado sobre el puente y del segmento distal a este (2, 17, 45).

El ambiente alrededor de la arteria coronaria puede ser un factor crucial en determinar si existe una influencia del PM en la aparición o no de desórdenes cardiacos. Si la arteria coronaria se encuentra ubicada a una distancia lo suficientemente lejos del músculo del PM y si hay suficiente espacio entre la arteria coronaria y el PM siendo ocupado por grasa, tejido conectivo y fluidos; la presencia de este puede no afectar la función de la arteria coronaria (79, 105). También la relación miocardio – arteria puede ser responsable de reducción periódica o permanente del lumen, obliteración arterial parcial o total, angina y muerte súbita (37, 84).

Se cree que los PM es uno de los factores que causa estancamiento del flujo sanguíneo coronario durante la fase sistólica o en el fin de la fase diastólica de la contracción cardíaca, especialmente en la taquicardia inducida como es observado en un paciente con angina (33, 79, 97, 105).

En comparación con el cerdo, en el humano se encuentra una presencia de PM entre el 41 y 78% de los corazones evaluados, siendo vistos con mayor regularidad en la RIA, lo que coincide con la ubicación en el canino, pero difiere de la ubicación de los PM en el cerdo que es más frecuente en la RIP (16, 57).

Dado a que la información sobre la expresión morfológica de las AC y sus ramas en porcinos es escasa y al uso profuso de esta especie en la experimentación en procesos hemodinámicos y procedimentales, con los resultados del presente estudio se pretende enriquecer el conocimiento en esta área y aportar a la fundamentación de las aplicaciones clínicas y quirúrgicas

2. 4 DISEÑO METODOLÓGICO

2.4. 1 Tipo de Estudio. Este es un estudio descriptivo transversal que determinó la frecuencia y características morfológicas de las arterias coronarias en porcinos de razas comerciales muertos en granjas y destinados al sacrificio.

2.4.2 Población Accesible. Corazones frescos extraídos de porcinos que fallecieron en granjas del área metropolitana de Bucaramanga y de aquellos que son destinados para el consumo humano.

2.4.3 Muestra. Se tomaron 50 corazones de animales fallecidos en granjas porcícolas y 118 corazones de animales destinados para el consumo humano de granjas porcícolas del área metropolitana de Bucaramanga. El tamaño de la muestra se determinó por conveniencia de acuerdo a las posibilidades que ofrecen las tres granjas escogidas y a las del frigorífico que suministra los especímenes de sacrificio. El número de muestra señalado permite la realización de valoraciones estadísticas significativas.

2.4.4 Criterios de Inclusión.

- Corazones de cerdos machos y hembras con edades superiores a los 4 meses y con peso promedio de 85-90 Kg, procedentes de granjas porcícolas del área metropolitana de Bucaramanga.
- Corazones de cerdos con peso promedio de 85-90 Kg obtenidos de animales aparentemente sanos que se destinan para el consumo humano.
- Cerdos comerciales de razas Pietrain, Landrace, Large White, Duroc Jersey y sus cruces.

2.4.5 Criterios de Exclusión.

- Especímenes cardíacos de cerdos con diagnósticos de enfermedades zoonóticas (brucelosis, leptospirosis), por el alto riesgo para la salud de los investigadores, que pueda generar la manipulación de este material.

2.4.6 Procedimiento. El trabajo de investigación se realizó en el anfiteatro de la Facultad de Salud de la Universidad Industrial de Santander, en la ciudad de Bucaramanga, con piezas anatómicas obtenidas de granjas porcícolas y en mataderos privados del área metropolitana.

Se tomaron los corazones de animales muertos en un periodo de 8 meses, en tres granjas porcícolas, estableciendo la causa de la muerte por necropsia por parte de un Médico Veterinario calificado. Se diligenció la historia clínica. Se realizó recepción de corazones congelados de porcinos, colocando el espécimen anatómico durante un periodo de seis horas en un recipiente con agua corriente con el objeto de realizar exsanguinación completa del órgano, de tal manera que las estructuras vasculares quedaran completamente permeables.

Se hizo disección de la parte proximal de las arterias coronarias y perfusión de estas y de sus colaterales de la siguiente manera:

Aplicación de un reparo seda alrededor de cada una de las arterias coronarias; instalación de un catéter número 14 a través de las arterias reparadas con el fin de perfundir a través de ellas resina semisintética, constituida por una mezcla de palatal GP40L al 85% con estireno al 15% y color rojo mineral. La inyección de este material se realizó utilizando una jeringa de 20cc. La cantidad de resina necesaria para perfundir completamente cada estructura arterial se determinó con la evidente resistencia que experimentó el embolo de la jeringa. Posteriormente se anudó la seda que se tenía como reparo, evitando así el reflujo del material inyectado. El espécimen cardiaco se dejó embebido en una solución de formaldehído al 10% para obtener su fijación por 96 horas; a continuación se hizo liberación de la grasa epicárdica que rodea los lechos coronarios mediante impregnación de las piezas anatómicas en KOH al 15% durante cinco minutos. Consecutivamente, se disecaron las estructuras arteriales coronarias y sus ramas colaterales desde su origen hasta sus segmentos distales; luego se midió el diámetro externo de los vasos y sus principales colaterales a 0.5 cm de sus

respectivos orígenes, la longitud y grosor de los PM utilizando para ello un calibrador electrónico (Mitutoyo®).

Se registró el calibre proximal, medio y distal de la ACD y el proximal de sus ramas colaterales; igualmente se estableció la distancia entre el punto de finalización de la RIP y el ápex cardiaco. Se determinó como cortas las RIP que finalizaban en los tercios superior o medio del SIP; de longitud media si finalizaban en el segmento inferior del mencionado surco y largas si alcanzaban el ápex o incluso la cara anterior del ventrículo izquierdo. Se establecieron las trayectorias y territorios irrigados de las ramas emergentes de la ACD.

Se evaluaron los calibres de la ACI y sus ramas a nivel de sus orígenes, se determinó sus longitudes y se tipificó la finalización de la RIA en el tercio inferior del surco interventricular anterior, en el ápex o en la cara posterior del corazón. Igualmente se evaluó la finalización de la RCX en el margen obtuso del corazón, en la cara posterior del ventrículo izquierdo, en la cruxcordis o en el surco interventricular posterior. Se caracterizó las ramas RAS y RMI con relación a calibres, longitudes y segmentos ventriculares irrigados.

Se evaluó la presencia de PM y su nivel de ubicación en cada una de las arterias coronarias y sus ramas, tanto en machos como en hembras. Los PM se clasificaron como Tipo I si se encontraba un solo PM en el corazón, Tipo II si existían dos PM sobre un mismo vaso y Tipo III si había dos o tres PM sobre diferentes vasos (12) Igualmente, se reseco con bisturí la banda miocárdica determinándose su longitud y espesor. Se determinó la relación entre la presencia de PM y la muerte súbita de los cerdos en granjas porcícolas.

Se registró el calibre proximal y medio de la ACD comparándolo con el tipo de dominancia coronaria. Se determinó como cortas las RIP que finalizaban en los tercios superior o medio del surco interventricular posterior (SIP) y largas si finalizaban en el segmento inferior del mencionado surco, el ápex o incluso la cara anterior del ventrículo izquierdo. Se evaluó la finalización de las arterias coronarias derecha e izquierda y se estableció el tipo de dominancia en las muestras

evaluadas, de acuerdo a los criterios de Schlesinger, (96). Igualmente, se determinó la extensión de la dominancia coronaria derecha, como leve si alcanza el tercio derecho del ventrículo izquierdo, moderada cuando llega hasta su tercio medio y prominente cuando alcanza el tercio lateral o el margen obtuso del corazón. (3).

Los hallazgos encontrados se registraron en el formato de observaciones individuales previamente elaborado para tal fin. (Ver anexo A). De cada espécimen estudiado se tomaron fotografías digitales que sustentaron las observaciones informadas. Los hallazgos registrados en los respectivos formatos se incluyeron en una base de datos la cual permitió presentar los resultados globales y particulares del estudio.

La manipulación de los especímenes objeto de estudio se hizo cumpliendo estrictamente las normas de Bioseguridad establecidas en el laboratorio de Morfología de la Universidad Industrial de Santander, con ello se atenuó de manera considerable el riesgo biológico que pudiese darse durante el desarrollo de la investigación.

2.4.7 Recolección de Datos y Plan de Análisis. Las variables continuas se presentan por medio de tablas de estadística descriptiva (promedios, mediana, desviaciones estándar, máximo, mínimo, rango), las variables discretas serán presentadas por medio de tablas de frecuencias y porcentaje. Se elaboraron tablas de contingencia de frecuencias y porcentajes para asociar las variables discretas ordinales y nominales con la presentación de mortalidad en granja. Se estimó riesgo relativo en una forma descriptiva. (Tabla 1).

Tabla 1. Tipo de variables incluidas en el estudio

TIPO DE VARIABLE	Discreta Nominal	Continua
Ramificaciones de las arterias coronarias	Número entero	
Presencia de puentes miocárdicos sobre arterias coronarias y sus ramas	Presencia o ausencia	
Procedencia del corazón	Sacrificado o muerto en granja	
Longitud del puente miocárdico		En milímetros
Grosor de la pared del puente miocárdico (en punto medio)		En milímetros
Calibre de las arterias coronarias y sus ramas (antes, en la mitad y después del puente)		En milímetros
Sexo del animal	Macho o hembra	
Determinación de dominancia coronaria	Derecha, izquierda y co-dominancia	
Tipo de raza que presenta mayor número de puentes miocárdicos	Pietrain, Landrace, Large White, Duroc Jersey y cruces	

Fuente: El autor

Las variables continuas fueron analizadas utilizando la prueba de t, mientras que las variables discretas fueron analizadas utilizando la prueba de X² de Pearson y la prueba exacta de Fisher.

Para el análisis de resultados se utilizó el programa estadístico “Epi – Info 3.5.3”. El nivel de significancia estadística para esta investigación fue (p=0,05).

3. CONSIDERACIONES BIOÉTICAS.

Las pérdidas económicas en la industria porcina debida a muertes ocurridas en las piaras se presentan con alta frecuencia, lo que incide en sobrecostos de producción en cada una de las explotaciones. No se ocasionó ningún tipo de molestias a los animales de estudio, ya que las piezas anatómicas de corazones se obtuvieron de animales que mueren en cada una de las granjas o que sean destinados para el sacrificio.

Con el desarrollo de esta investigación se beneficiará a los productores porcícolos, que obtendrán herramientas para decidir cuáles cruces de porcinos utilizados en la industria son los mejores para obtener los beneficios económicos esperados y con las menores pérdidas posibles. También se hará un aporte a la comunidad científica en cuanto a la anatomía del sistema coronario del corazón del porcino, profundizando en aspectos de este sistema vascular tan importante para la vida y el cual es de utilidad en la experimentación con modelos animales.

Todas estas consideraciones están basadas en el contexto nacional a través de la Ley 84 de 1989, que corresponde a “El Estatuto Nacional de Protección de los Animales”, en el Capítulo VI del uso de animales en experimentos e investigación. También en la Ley 576 de 2000, que corresponde a “El Código de Ética Profesional del Médico Veterinario y Zootecnista”.

A nivel internacional están reguladas por la “Declaración Universal de los Derechos del Animal”, de la UNESCO – ONU de Octubre 15 de 1978; donde relaciona que todos los animales nacen iguales ante la vida y tienen los mismos derechos ante la vida.

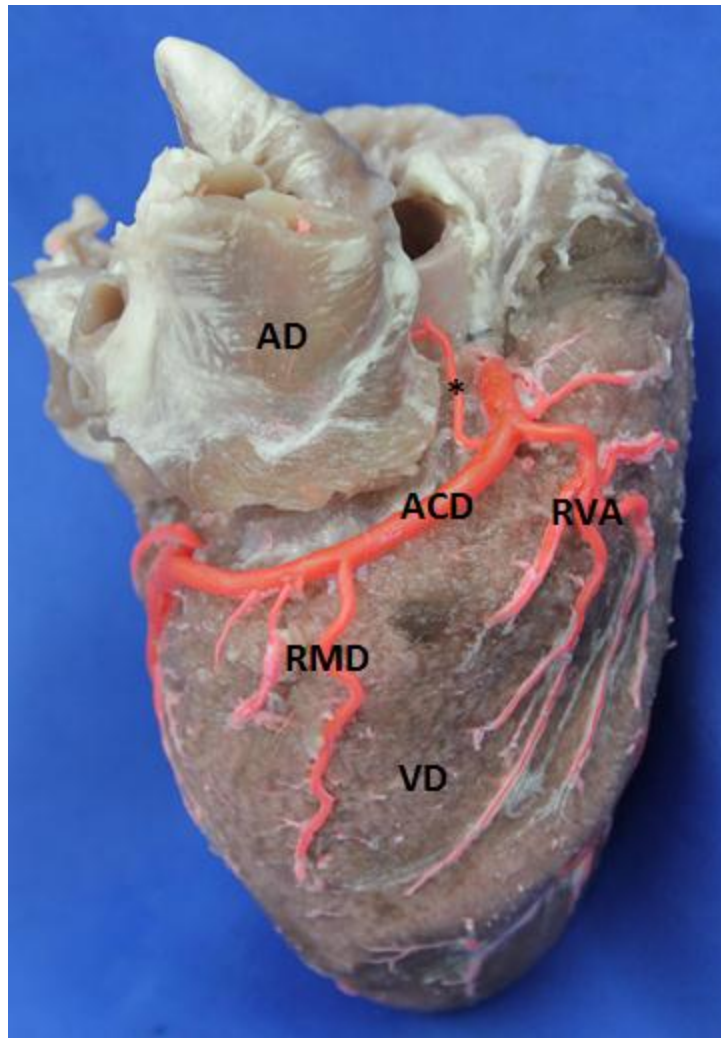
4. RESULTADOS

El peso promedio de los 168 corazones evaluados fue de 360 ± 61.21 gramos obtenidos de porcinos sacrificados con peso de 90 ± 3.5 kilogramos.

4.1 CARACTERIZACIÓN DE LA ACD

De la ACD emergieron en promedio 3.5 ramas ventriculares en el primer segmento y 2.5 ramas en el segundo segmento. (Figura 4).

Figura 3. Vista anterior del corazón.



VD. Ventrículo derecho; AD. Atrio derecho; ACD. Arteria coronaria derecha; RVA. Ramas ventriculares anteriores; RMD. Rama marginal derecha; (*). Rama nodal sino atrial (RNS).

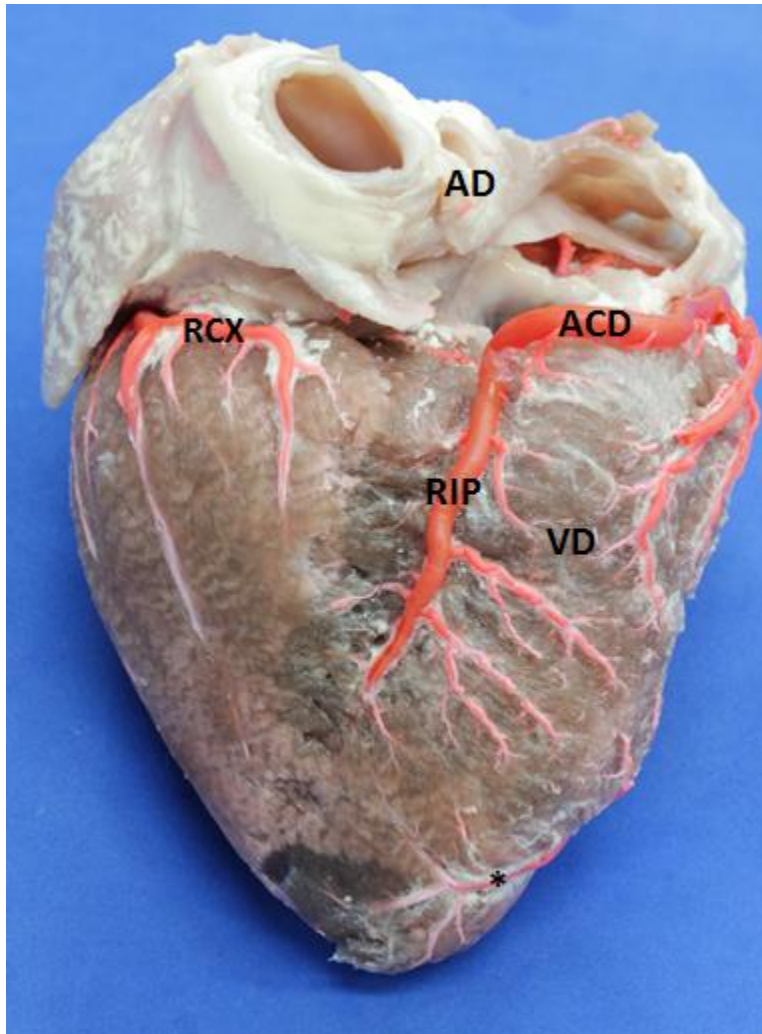
El calibre proximal de la ACD fue 3.91 ± 0.82 mm, el medio de 3.18 ± 0.69 mm y el distal de 2.84 ± 0.61 mm. Se observó finalización de la RIP a nivel del ápex en 81 especímenes (48,2%), mientras que con menor frecuencia finalizó en 6 corazones (3.5%) en el tercio proximal del SIP (Tabla 2) (Figura 5). La diferencia entre el número de RIP largas con relación a las de longitud corta fue estadísticamente significativa ($p=0.0000$).

Tabla 2. Finalización de la rama interventricular posterior (RIP) en el surco homónimo (SIP), ápex y cara anterior del ventrículo izquierdo (VI); discriminado por género.

	Muestra total	%	Machos	%	Hembras	%
Tercio superior SIP	6	3.5	5	5.3	1	1.4
Tercio medio SIP	50	29.8	25	26,3	25	34.2
Tercio distal SIP	30	17,9	21	22,1	9	12.3
Ápex	81	48,2	44	46.3	37	50,7
Cara anterior VI	1	0.6	-	-	1	1.4
Total	168	100	95	100	73	100

La distancia de finalización de las RIP cortas y medias con relación al ápex fue de $38,55 \pm 8,04$ mm. Los calibres de esta arteria medidos en su segmento superior, medio e inferior fueron 2.8 ± 0.62 mm; 2.18 ± 0.46 mm; 1.44 ± 0.37 mm respectivamente.

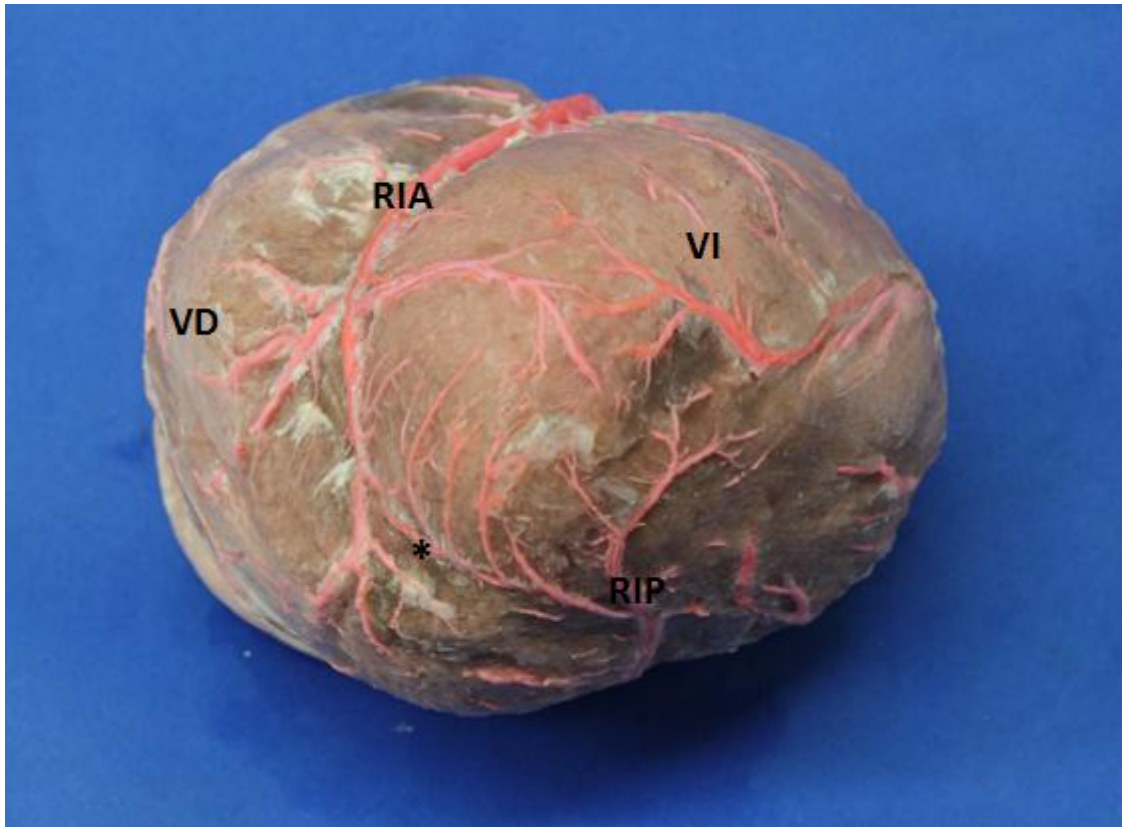
Figura 4. Vista posterior del corazón.



VD. Ventrículo derecho; AD. Atrio derecho; ACD. Arteria coronaria derecha; RIP. Rama interventricular posterior finalizando en el tercio medio del surco homónimo; RCX. Rama circunfleja; (*). Rama de la rama interventricular anterior (RIA).

Se observó la emergencia de 3,3 ramas que irrigaban el ventrículo derecho y 1,9 ramas a la cara posterior del ventrículo izquierdo. Los segmentos distales de la RIP y la RIA presentaron anastomosis en 12 especímenes (7.1%), de las cuales 7 corazones corresponden a hembras (58%) y 5 a machos (42%). (Figura 6).

Figura 5. Anastomosis entre ramas de las ramas interventricular anterior y posterior.



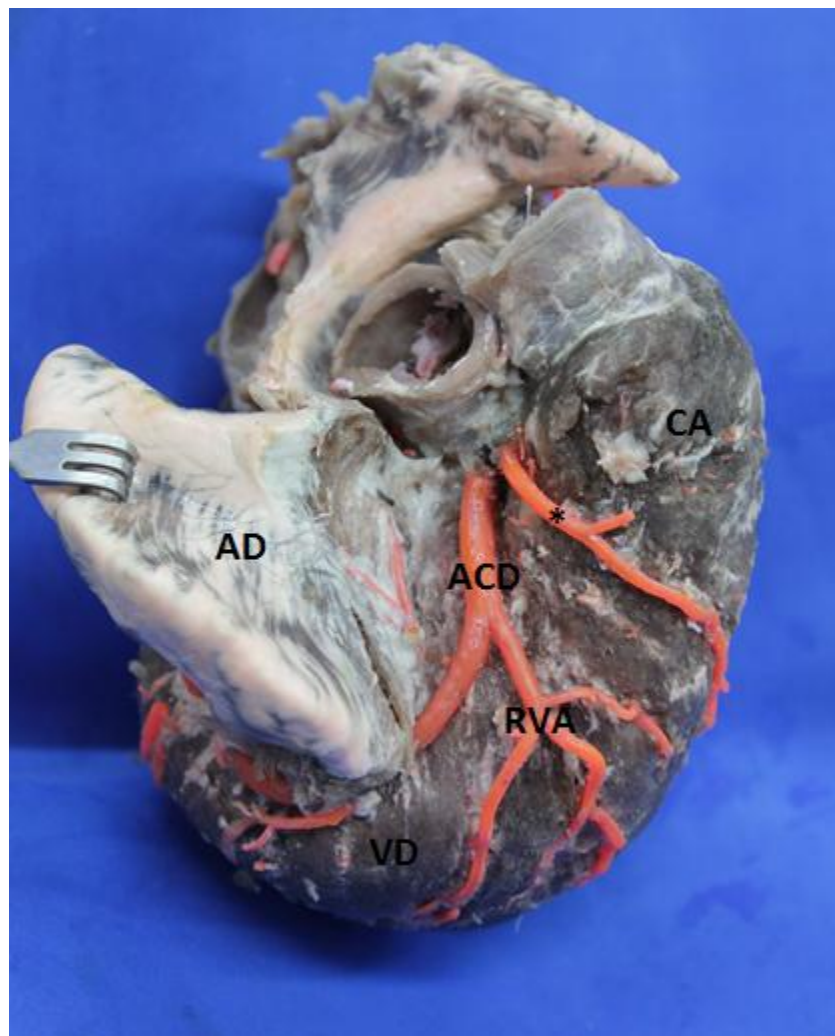
VI. Ventrículo izquierdo; VD. Ventrículo derecho; RIA. Rama interventricular anterior; RIP. Rama interventricular posterior; (*). Anastomosis cerca del ápex cardiaco.

La RRVI originada en la cruxcordis se caracterizó por presentar un calibre considerablemente menor a la RIP y un segmento proximal en forma de “U” del que usualmente se desprendía la RNAV. Finalizó suministrando 2 o 3 pequeñas ramas al segmento medial de la pared posterior del ventrículo izquierdo. En dos casos se observó una RRVI de gran tamaño y de trayectoria horizontal que alcanzó el borde izquierdo del corazón y suministró 4 ramas ventriculares posteriores izquierdas.

La RDC se encontró en 109 especímenes (64.9%), con un calibre promedio de 1.59 ± 0.57 mm. La distancia de su origen al ostium coronario derecho fue 3.62

± 2.75 mm. Finalizó en el 41% a nivel del cono, en 19% en el tercio superior de la pared anterior del ventrículo derecho, en 37% en el tercio medio y en 3% en el tercio inferior de la mencionada pared. En 8 corazones (4,8%) la RDC emergió directamente del seno aórtico derecho (tercera coronaria). Su territorio de irrigación comprendió el cono y parte de los segmentos superior y medio de la pared ventricular anterior derecha. (Figura 7).

Figura 6. Vista anterosuperior del corazón.



AD. Atrio derecho; VD. Ventrículo derecho; CA. Cono arterioso; ACD. Arteria coronaria derecha; (*). Rama derecha del cono originada del seno aórtico derecho (tercera coronaria); RVA. Ramas ventriculares derechas.

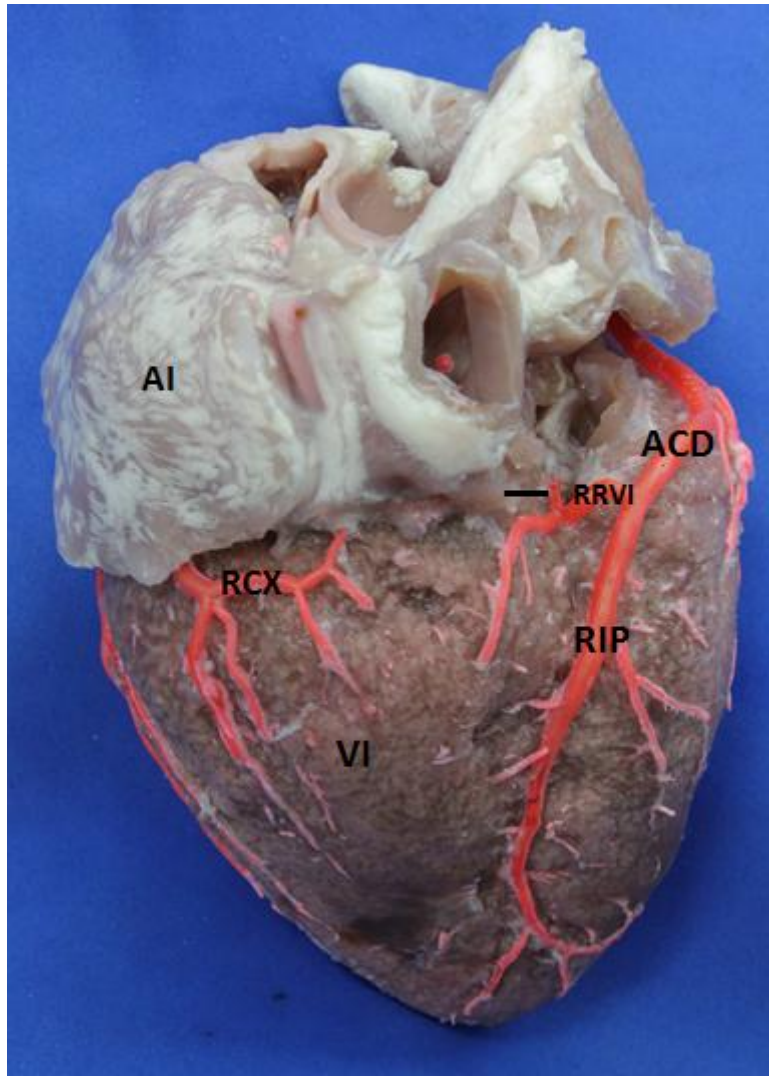
La RMD se encontró en 155 especímenes (92,3%), con un calibre promedio de 1.34 ± 0.46 mm. Finalizó con mayor frecuencia en el tercio medio del borde derecho del corazón en 82 casos (52.9%), de los cuales 49 (55.7%) fueron machos y 33 (49.3%) hembras sin que esta diferencia sea significativa ($p=0.45$). (Figura 4) (Tabla 3).

Tabla 3. Finalización de la rama marginal derecha (RMD) en el borde derecho del corazón, discriminado por género.

Borde derecho corazón	Muestra total	%	Machos	%	Hembras	%
Tercio proximal	66	42.6	35	39.8	31	46.3
Tercio medio	82	52.9	49	55.7	33	49.3
Tercio distal	7	4.5	4	4.5	3	4.4
Total	155	100	88	100	67	100

En el 100% de las muestras la RNS se originó a partir de la ACD y la distancia de su emergencia al ostium coronario derecho fue 18.1 ± 5.87 mm. Su calibre promedio fue 1.11 ± 0.30 mm (Figura 4). Igualmente la RNAV se originó en el 100% de los especímenes de la ACD, con un calibre promedio de $1.16 \pm 0,30$ mm. En 117 corazones (84.8%) se originó de la RRVI, mientras que en 21 muestras (15.2%) se originó directamente de la ACD. Cuando se originó a partir de la RRVI la distancia promedio de su emergencia a la bifurcación de la ACD fue 9.21 ± 4.27 mm.(Figura 8). En ningún espécimen se observó presencia de rama posterolateral.

Figura 7. Vista posterior del corazón.



VI. Ventrículo izquierdo; AI. Atrio izquierdo; ACD. Arteria coronaria derecha; RIP. Rama interventricular posterior; RRVI. Rama retroventricular izquierda; Línea. Rama del nodo atrioventricular; RCX. Rama circunfleja.

4.2 CARACTERIZACIÓN DE LA ACI

La ACI presentó un calibre de 7.02 ± 1.41 mm; y una longitud de 3.58 ± 1.01 mm. Esta arteria se bifurcó en la RIA y RCX en 135 corazones (80.4%) y se trifurcó mostrando adicionalmente una RDI en 33 muestras (19.6%), de las cuales el 20% correspondió a machos y un 19.2% a hembras. (Tabla 4).

Tabla 4. División de la arteria coronaria izquierda en rama interventricular anterior (RIA), rama circunfleja (RCX) y rama diagonal izquierda (RDI); discriminada por género.

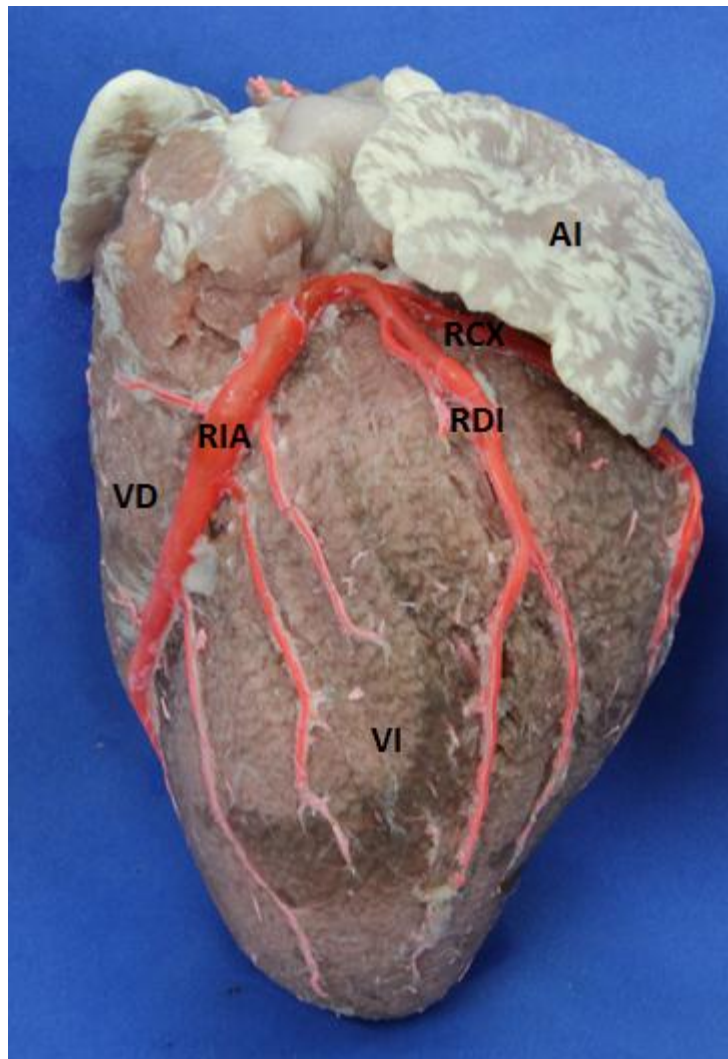
	Muestra total	%	Machos	%	Hembras	%
Bifurcación (RIA y RCX)	135	80.4	76	80	59	80.8
Trifurcación (RIA, RCX Y RDI)	33	19.6	19	20	14	19.2
Total	168	100	95	100	73	100

La RDI presentó un calibre de 2.7 ± 0.72 mm; y una longitud de 72.1 ± 20.48 mm. Finalizó en el tercio inferior del borde obtuso del corazón en 16 especímenes (61.5%), mientras que en 7(27%) finalizó en el tercio medio. En 3 especímenes (11.5%) fue corta y solo alcanzó el tercio superior del mencionado borde. Se observó la RIC en 113 especímenes (67.3%), con un calibre de 1.25 ± 0.39 mm; siendo la distancia de su emergencia al ostium coronario izquierdo de 18.74 ± 5.42 mm. (Figura 9).

La RIA finalizó en la mayoría de los casos en el ápex (79.2%) tanto en machos como en hembras, mientras que su terminación en el segmento inferior de la cara posterior fue 12.5%, siendo esta diferencia estadísticamente no significativa ($p=0.59$). (Tabla 5).

La RIA presentó en promedio 5 ± 2.05 ramas ventriculares derechas y 5 ± 2.07 ramas ventriculares izquierdas. Su calibre proximal fue 4.1 ± 0.75 mm; el medio de 2.85 ± 0.57 mm mientras que el calibre distal fue 1.63 ± 0.38 mm.

Figura 8. Borde obtuso del corazón.



AI. Atrio izquierdo; VI. Ventrículo izquierdo; VD. Ventrículo derecho; RIA. Rama interventricular anterior; RCX. Rama circunfleja; RDI. Rama diagonal izquierda.

Tabla 5. Finalización de la rama interventricular anterior a nivel del surco homónimo, ápex y cara posterior cardiaca, discriminada por género.

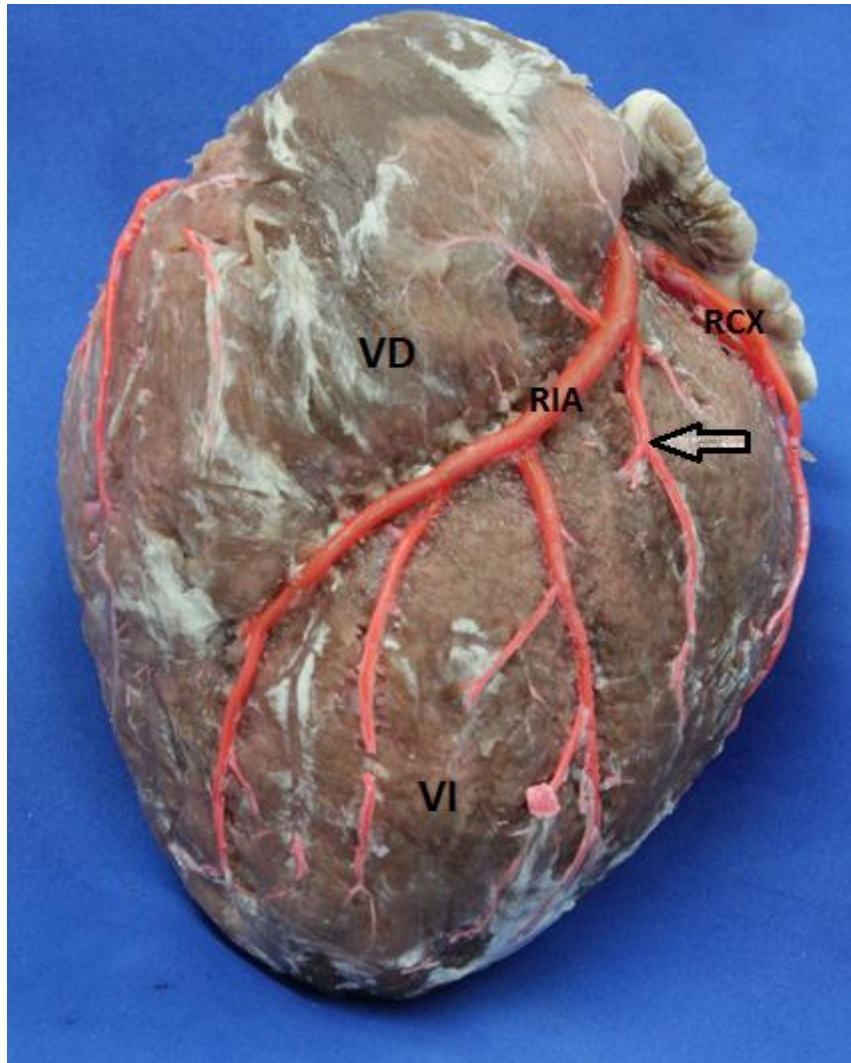
	Muestra total	%	Machos	%	Hembras	%
Tercio medio	3	1.8	3	3.2	-	-
Tercio inferior	11	6.5	5	5.3	6	8.3
Ápex	133	79.2	76	80	57	78
Cara posterior	21	12.5	11	11.5	10	13.7
Total	168	100	95	100	73	100

Se encontró en 152 corazones (90.5%) la RAS de la RIA, quien presentó un calibre de 1.85 ± 0.67 mm y una longitud de 46.06 ± 21.82 mm. La distancia de su emergencia al ostium coronario izquierdo fue de 24.64 ± 7.52 mm (Figura 10). Esta rama finalizó con mayor frecuencia (39.4%) en el tercio medio del borde obtuso del corazón. (Tabla 6).

Tabla 6. Finalización de la rama anterosuperior (RAS) de la arteria interventricular anterior (RIA) en la cara obtusa del corazón, discriminada por género.

	Muestra total	%	Machos	%	Hembras	%
Tercio superior	43	28.3	19	22.4	24	35.8
Tercio medio	61	40.1	40	47	21	31.4
Tercio inferior	44	28.9	22	25.9	22	32.8
Ápex	4	2.7	4	4.7	-	-
Total	152	100	85	100	67	100

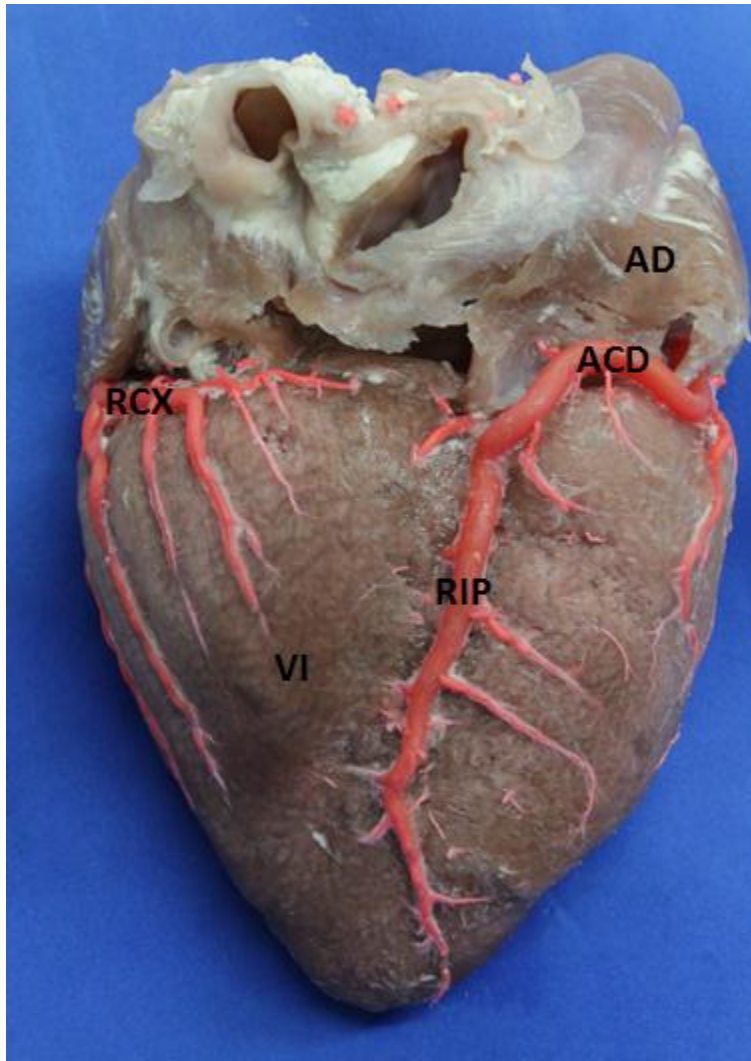
Figura 9. Vista anterior del corazón.



VI. Ventrículo izquierdo; VD. Ventrículo derecho; RIA. Rama interventricular anterior; RCX. Rama circunfleja; Flecha. Rama anterosuperior (RAS), finalizando en el tercio medio del borde obtuso del corazón.

La RCX finalizó en la cara posterior del ventrículo izquierdo en 107 corazones (63.8%); en 59 muestras (35%) alcanzó la cruxcordis (Figura 11), mientras que en 2 casos (1.2%) fue corta y finalizó como RMI. Su calibre proximal fue 3.70 ± 0.8 mm; el medio 2.77 ± 0.58 mm, en tanto que su calibre distal fue 1.68 ± 0.56 mm. El menor calibre proximal de la RCX con relación a la RIA no fue estadísticamente significativo ($p=0.0905$).

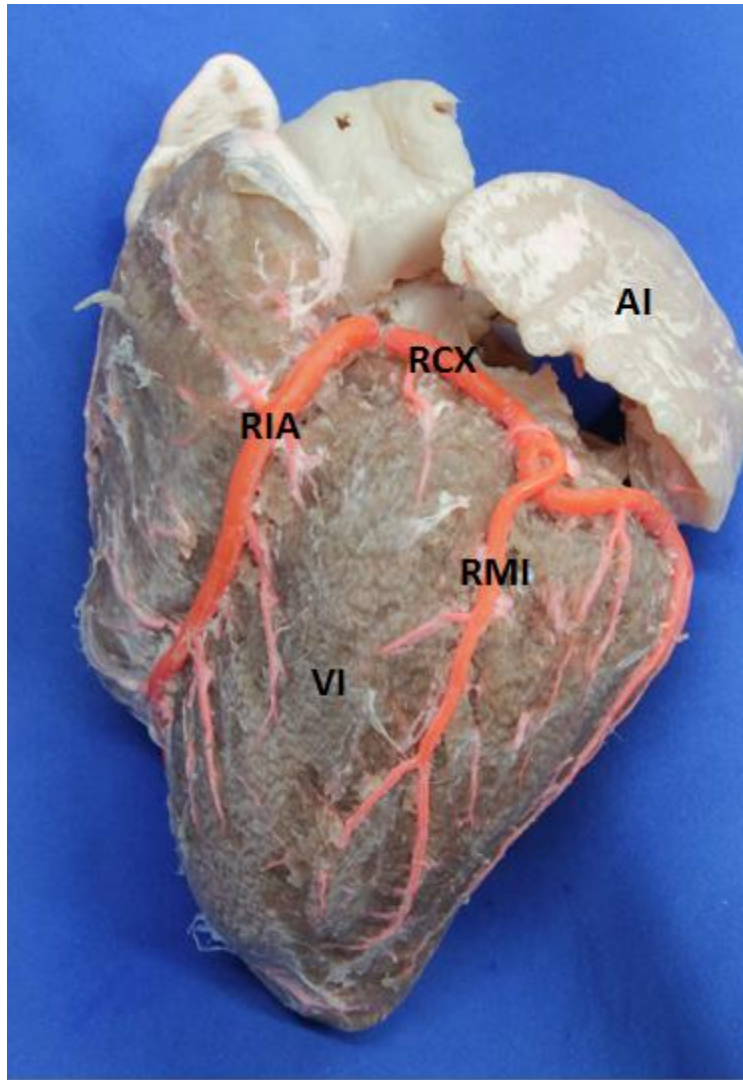
Figura 10. Vista posterior del corazón.



VI. Ventrículo izquierdo; AD. Atrio derecho; ACD. Arteria coronaria derecha; RIP. Rama interventricular posterior; RCX. Rama circunfleja, finalizando cerca de la crux cordis.

La RMI estuvo presente en 148 corazones (87.9%), finalizando en el tercio medio del margen obtuso del corazón en 79 especímenes (53.4%). En 48 (32.4%) terminó en el tercio inferior, mientras que en 15 piezas (10.1%) finalizó a nivel del ápex. Fue muy corta, alcanzando el tercio superior en 6 casos (4.1%). Su calibre proximal fue 2.24 ± 0.55 mm; en tanto que su calibre distal fue 1.21 ± 0.33 mm. Presentó una longitud de 62.82 ± 15.95 mm y la distancia de su punto de finalización al ápex fue 37.06 ± 14.18 mm. (Figura 12).

Figura 11. Cara obtusa del corazón.



AI. Atrio izquierdo; VI. Ventrículo izquierdo; RIA. Rama interventricular anterior; RCX. Rama circunfleja; RMI. Rama marginal izquierda, finalizando en el ápex cardiaco.

4.3 CARACTERIZACION DE LOS PUENTES MIOCARDICOS

Se encontró presencia de PM en 70 especímenes (41.7%), de los cuales en 43 muestras (46%) esta expresión morfológica estaba ubicada sobre ramas de la ACD, en 38 (41%) a nivel de ramas de la ACI y en 12 casos (13%) los PM se presentaron simultáneamente sobre ambas arterias. Igualmente, los PM se presentaron en 27 hembras (38,6%) y en 43 machos (61,4%), sin que esta diferencia sea estadísticamente significativa. ($p=0,23$). (Tabla 7). Discriminando la

presentación de PM en los animales fallecidos en granjas se encontraron 40 PM en 26 especímenes de los 50 evaluados (52%); mientras que en los destinados al sacrificio la presentación de bandas miocárdicas sobre los lechos vasculares estuvo presente en 44 muestras de las 118 evaluadas con 59 PM (38%), sin ser esta diferencia estadísticamente significativa ($p=0,08$). En cuanto a los animales fallecidos en granjas 16 fueron machos (62%) y 10 hembras (38%). Se encontraron 99 PM en las muestras evaluadas, siendo la estructura vascular más frecuente la RIP con 48 PM en 44 corazones (48,5%). Esta característica anatómica se observó igualmente en otras ramas de las arterias coronarias (Tabla 7).

Tabla 7. Distribución de Puentes Miocárdicos en diferentes ramas de las arterias coronarias

Vaso sanguíneo	Número de corazones	Número de Puentes Miocárdicos	%
Rama interventricular posterior (RIP)	44	48	48,5
Ramas ventriculares izquierdas	10	12	12,1
Rama marginal izquierda (RMI)	11	11	11,1
Rama diagonal izquierda (RDI)	8	9	9,1
Rama anterosuperior (RAS)	8	9	9,1
Rama interventricular anterior (RIA)	7	7	7,1
Rama circumfleja (RCX)	1	1	1
Ramas ventriculares derechas	1	1	1
Rama retroventricular izquierda (RRVI)	1	1	1

La estructura vascular donde se encontró con mayor frecuencia PM fue sobre la RIP; tanto en los animales fallecidos en granja, como en los destinados a sacrificio. De igual manera también se encontraron estas bandas miocárdicas sobre otras ramas de las AC. (Tabla 8).

Tabla 8. Distribución de Puentes Miocárdicos en diferentes ramas de las arterias coronarias, discriminados entre fallecidos en granjas y destinados al sacrificio.

Vaso sanguíneo	Fallecidos en granja		Destinados al sacrificio	
	Número PM	%	Número PM	%
Rama interventricular posterior (RIP)	26	65	22	37
Ramas ventriculares izquierdas	2	5	10	17
Rama marginal izquierda (RMI)	2	5	9	15
Rama diagonal izquierda (RDI)	5	12,5	4	7
Rama anterosuperior (RAS)			9	15
Rama interventricular anterior (RIA)	5	12,5	2	3
Rama circunfleja(RCX)			1	2

Ramas ventriculares derechas			1	2
Rama retroventricular izquierda (RRVI)			1	2
TOTAL	40	100	59	100

De los casos de PM en la RIP el segmento más comprometido de este vaso fue su tercio medio (35 casos; 76%), a diferencia de los PM observados en la RIA que se ubicaron mayoritariamente en su tercio inferior (5 casos; 71,4%) (Tabla 9).

Tabla 9. Ubicación de puentes miocárdicos (PM) sobre las ramas interventricular posterior (RIP) e interventricular anterior (RIA).

	RIP		RIA	
	Muestra	%	Muestra	%
Tercio superior	1	2,2	1	14,3
Tercio medio	35	76	1	14,3
Tercio inferior	5	10,9	5	71,4
Tercio medio e inferior	5	10,9		
Total	46	100	7	100

La longitud promedio de los PM fue $11,23 \pm 5,67$ mm, siendo esta dimensión ligeramente menor en las ramas de la ACD ($10,73 \pm 5,19$ mm) con relación a las ramas de la ACI ($11,69 \pm 6,09$ mm). El espesor de la banda miocárdica suprapontina fue $1,13 \pm 0,48$ mm, siendo similar en las diferentes ramas de las AC. (Tabla 10).

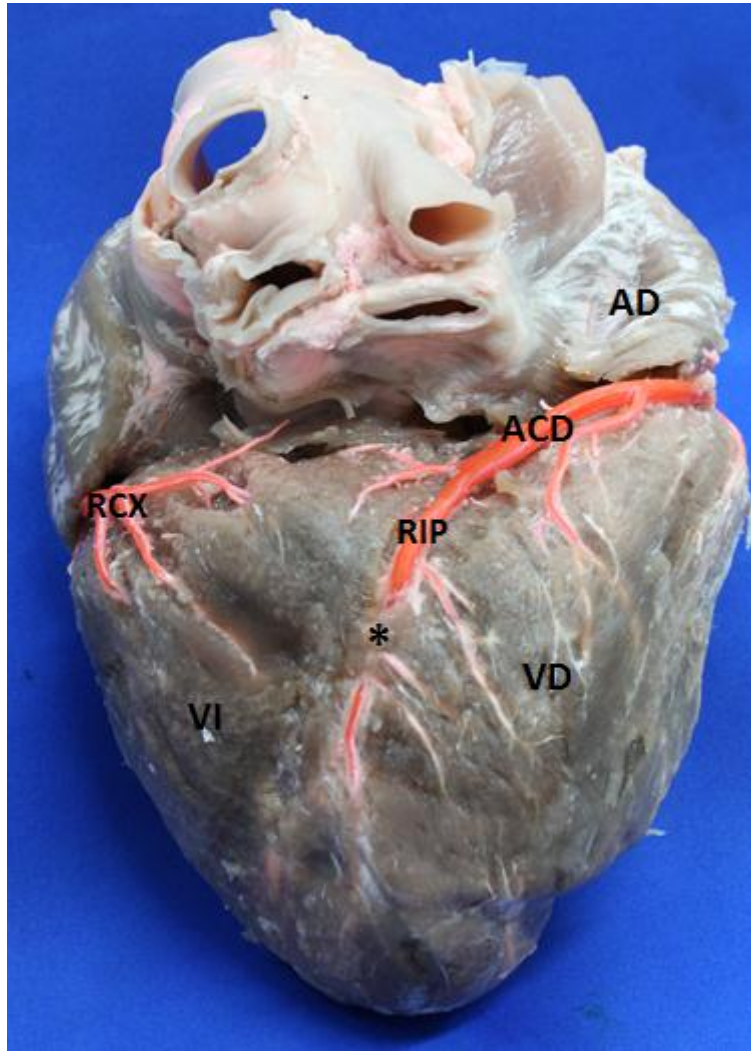
Tabla 10. Longitud y espesor de Puentes Miocárdicos en diferentes ramas de las arterias coronarias.

Vaso sanguíneo	Rango de longitud (mm)	Longitud promedio (mm)	Espesor promedio (mm)
RIP	3,1 – 26,5	10,7	1,13
RIA	5,1 – 21,3	11,8	1,37
RDI	7,8 – 14,3	11	1,03
RMI	6,2 – 22,8	12,5	1,38
RAS	4 – 23,8	13,1	1,19
Ramas ventriculares izquierdas	3,2 – 16,2	10,8	0,71

La longitud de los PM en los corazones de cerdos fallecidos en granjas fue $15,19 \pm 7,26$ mm y en los destinados al sacrificio fue $10,46 \pm 5,11$ mm, sin ser esta diferencia estadísticamente significativa ($p=0,88$). En los cerdos fallecidos en granjas solo se presentaron 5 casos en que se diagnosticó muerte súbita, los cuales presentaron una longitud de los PM de $17,23 \pm 7,12$ mm. Por el escaso número de especímenes de este grupo no se realizaron pruebas de correlación estadística. En cuanto al espesor de la banda miocárdica se encontró que en los cerdos fallecidos en granja fue $1,15 \pm 0,9$ mm y en los destinados al sacrificio fue $1,11 \pm 0,3$ mm.

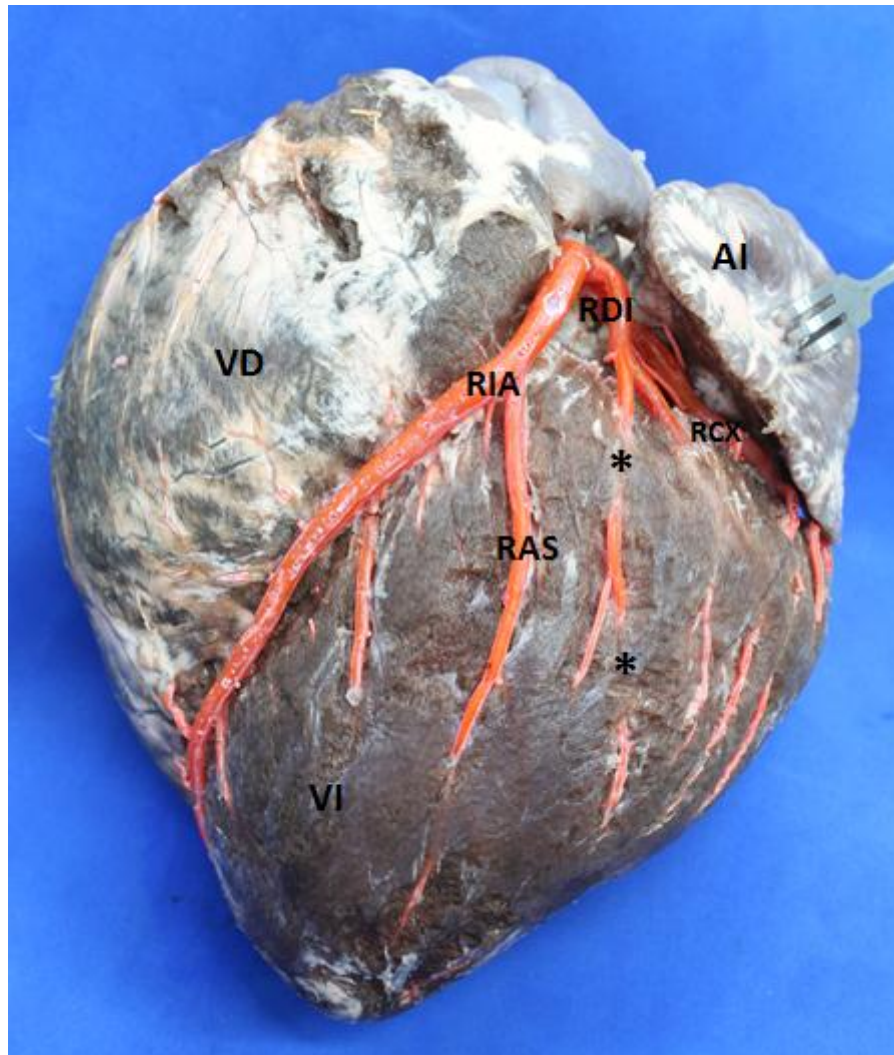
Se encontraron 49 PM, Tipo I (49,5%) (Figura 13); 14 PM en 8 muestras, Tipo II (14,1%) (Figura 14) y 36 PM, Tipo III (36,4%) (Figura 15).

Figura 12. Vista posterior del corazón.



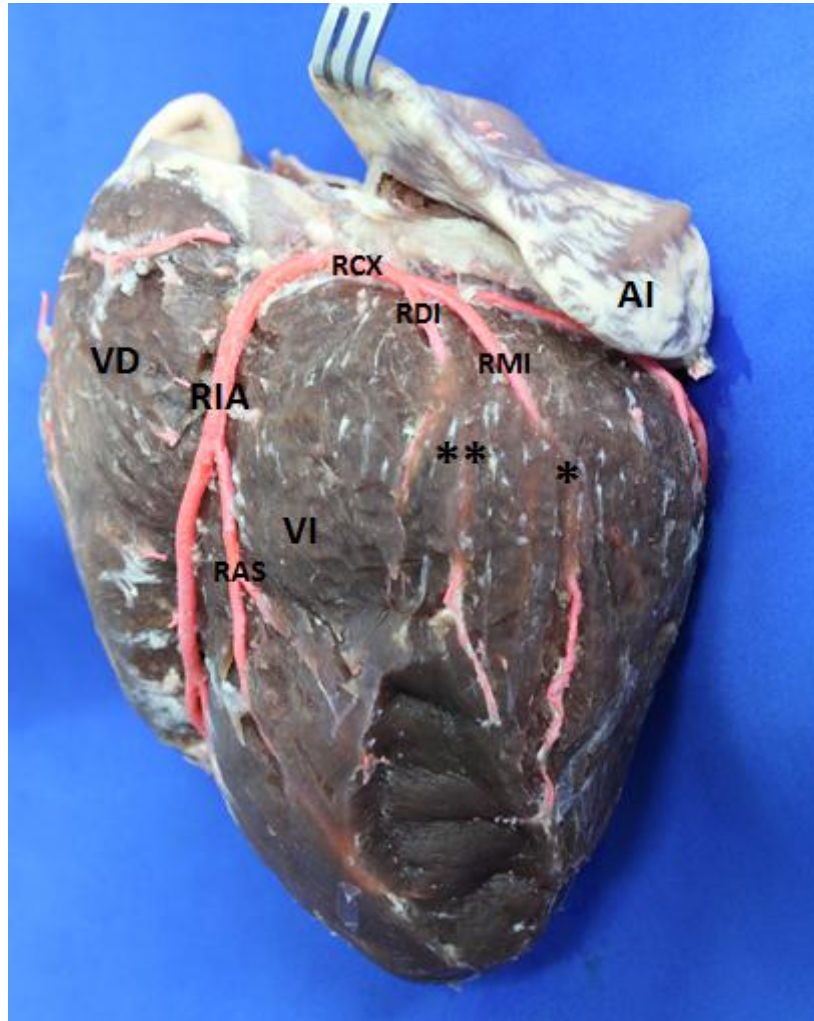
RIP. Rama interventricular posterior con un puente miocárdico (*); ACD. Arteria coronaria derecha; RCX. Rama circunfleja; VD. Ventrículo derecho; AD. Atrio derecho; VI. Ventrículo izquierdo.

Figura 13. Cara obtusa del corazón.



RDI. Rama diagonal izquierda con dos puentes miocárdicos (-); AI. Atrio izquierdo; VI. Ventrículo izquierdo; VD. Ventrículo derecho; RIA. Rama interventricular anterior; RCX. Rama circunfleja; RAS. Rama anterosuperior.

Figura 14. Cara obtusa del corazón.

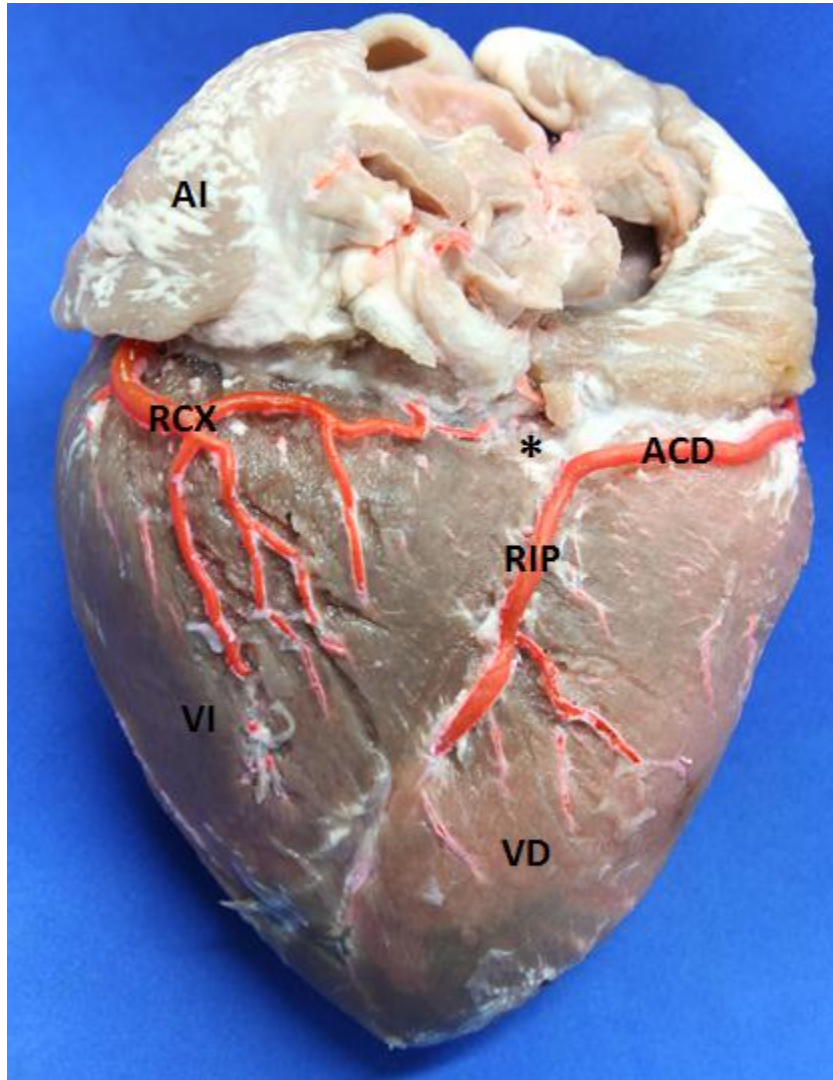


RDI. Rama diagonal izquierda con un puente miocárdico (**) y RMI. Rama marginal izquierda con un puente miocárdico (*); RIA. Rama interventricular anterior; RCX. Rama circunfleja; RAS. Rama anterosuperior; VI. Ventrículo izquierdo; AI. Atrio izquierdo; VD. Ventrículo derecho.

4.4 DOMINANCIA CORONARIA

En la muestra evaluada se encontró dominancia coronaria derecha en 111 corazones (66,1%), dominancia balanceada en 57 especímenes (33,9%) (Figura 16). No se observó dominancia coronaria izquierda en los corazones estudiados. La dominancia derecha se presentó en 63 machos (56.8%) y en 48 hembras (43.2%). Así mismo la dominancia balanceada fue evidente en 32 machos (56.1%) y 25 hembras (43.9%) de las muestras evaluadas.

Figura 15. Dominancia coronaria balanceada.



Vista posterior del corazón. VD. Ventrículo derecho; AI. Atrio izquierdo; VI. Ventrículo izquierdo; ACD. Arteria coronaria derecha; RIP. Rama interventricular posterior; RCX. Rama circunfleja; (*).Cruxcordis.

El calibre proximal y medio de la ACD en los casos de dominancia coronaria derecha fue $3,84 \pm 0,80$ mm. Sin embargo, se encontró que este mismo calibre en los corazones con dominancia coronaria balanceada fue $3,97 + 0,79$ mm. ($p=0,88$)

La ACX finalizó como RMI en 2 corazones (1,2%), en la cara posterior del ventrículo izquierdo en 107 muestras (63.8%) y en la cruxcordis en 59 especímenes (35%). En ningún espécimen la RCX finalizó como RIP.

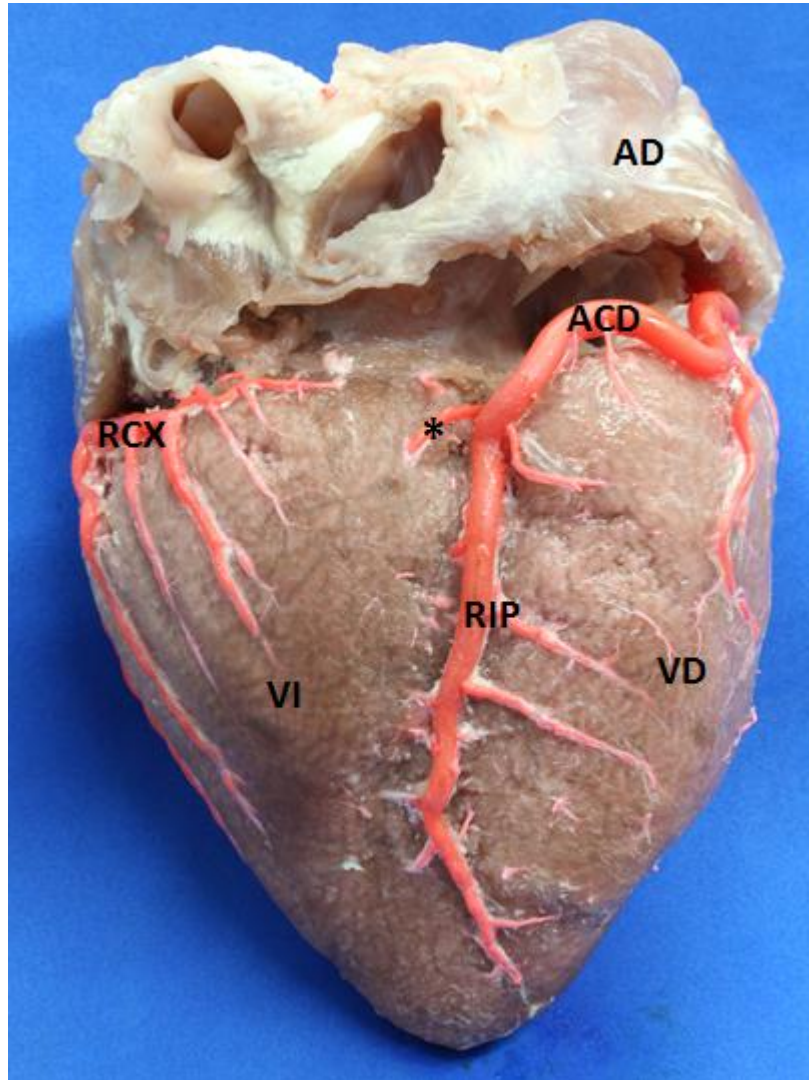
En todos los casos la RIP emergió como rama final de la ACD, siendo larga en 111 corazones (66.1%) y corta en 57 (33.9%). De las RIP largas, el 56.8% correspondieron a machos y el 43.2% a hembras, sin que esta diferencia fuera estadísticamente significativa ($p=0,77$). (Tabla 11). La RIA finalizó en el ápex en 126 especímenes (80%), de los cuales 71 (56%) correspondieron a machos y 55 (44%) fueron hembras. ($p=0,74$). En 20 casos (12,7%) la RIA finalizó en la cara posterior del ventrículo izquierdo y en 12 muestras (7,3%) este vaso alcanzó los tercios medio o inferior del surco interventricular anterior.

Tabla 11. Finalización de la rama interventricular posterior (RIP), discriminada por género

	Muestra total	%	Machos	%	Hembras	%	
RIP largas	111	66.1	63	56.8	48	43.2	100%
RIP cortas	57	33.9	29	50.9	28	49.1	100%
Total	168	100					

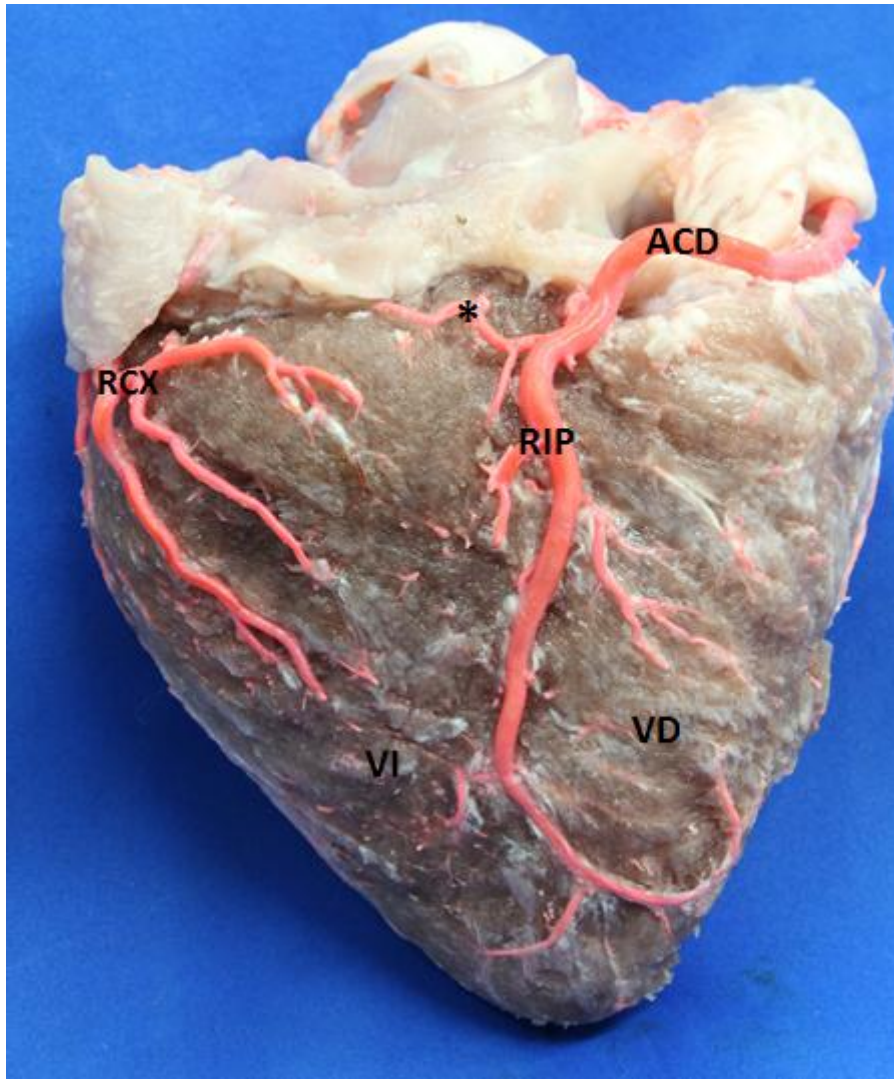
Con relación a la dominancia coronaria derecha, se observó el subtipo I (Figura17) en 99 especímenes (89.2%), con una rama retroventricular izquierda (RRVI) corta, el subtipo II fue observado en 10 casos (9%), en los que la RRVI alcanzó el tercio medio del ventrículo izquierdo (Figura18), mientras que en 2 casos (1,8%), se observó el subtipo III (Figura19) (Tabla12).

Figura 16. Dominancia coronaria derecha leve.



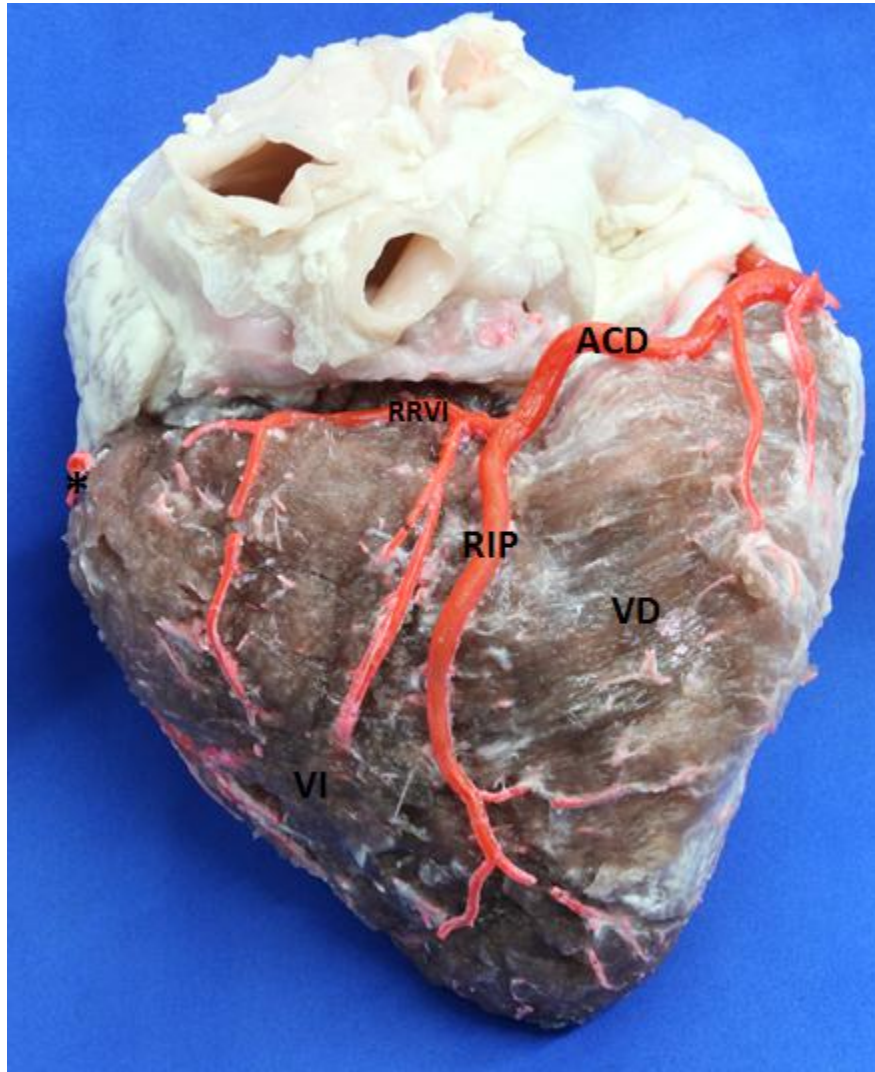
Vista posterior del corazón. AD. Atrio derecho; VD. Ventrículo derecho; VI. Ventrículo izquierdo; ACD. Arteria coronaria derecha; RIP. Rama interventricular posterior; RCX. Rama circunfleja; (*). Rama retroventricular izquierda (RRVI).

Figura 17. Dominancia coronaria derecha moderada.



Vista posterior del corazón. VD. Ventrículo derecho; VI. Ventrículo izquierdo; ACD. Arteria coronaria derecha; RIP. Rama interventricular posterior; RCX. Rama circunfleja; (*). Rama retroventricular izquierda (RRVI).

Figura 18. Dominancia coronaria derecha prominente.



Vista posterior del corazón. VD. Ventrículo derecho; VI. Ventrículo izquierdo; ACD. Arteria coronaria derecha; RIP. Rama interventricular posterior; RRVI. Rama retroventricular izquierda; (*). Rama circunfleja.

Tabla 12. Distribución de la dominancia coronaria en una muestra de 168 porcinos.

Dominancia coronaria	Muestra	%
DERECHA	111	66,1
Leve	99	89,2
Moderada	10	9
Prominente	2	1,8
BALANCEADA	53	33,9

5. ANALISIS Y DISCUSION

Estudios previos en cerdos no indican los calibres de los diferentes segmentos de la ACD. En humanos (7, 30, 91, 102, 108) reportan calibres del segmento proximal de la ACD en un rango de 3.4-4.1 mm que guarda concordancia con nuestros hallazgos (3.91 mm). La relativa diferencia en las cifras se puede atribuir al tamaño de los especímenes evaluados en cada una de las investigaciones referenciadas. Adicionalmente en humanos en los diferentes estudios no se registran los calibres del segmento distal de la ACD. El número de ramas ventriculares de los segmentos anterior y posterior de la ACD reportado por Sahni(94) es similar a nuestros hallazgos (3.5 y 2.5 ramas).

Con relación a la finalización de la RIP y su morfometría en porcinos no ha sido referenciada en estudios previos. Sahni y col (94), indica que esta arteria en su segmento final se divide en ramas, derecha e izquierda; rasgo que fue encontrado en esta serie solamente en 1 caso. En humanos se ha reportado finalización de la RIP en los tercios proximal y medio del surco homónimo en un rango de 25-35%, mientras que la finalización a nivel del tercio distal, ápex y cara anterior del ventrículo izquierdo se reporta en un rango del 67,4-75% (7, 48, 69, 73). Estas cifras son similares a las observadas en nuestro estudio. En presencia de RIP cortas se generan mecanismos de compensación que permiten que la pared posteroinferior del corazón reciba adecuada irrigación, como la presencia de rama interventricular anterior que traspasa el ápex y finaliza en la cara posterior. La presencia de 3 o 4 ramas ventriculares derechas emergiendo de la RIP observado en nuestro estudio es concordante con el reporte de Sahni (94). El calibre proximal y medio de la RIP en nuestro estudio (2.8 mm y 2.18 mm) es superior al reportado por Ballesteros y col, 2011 en corazones humanos (2.04 mm y 1.7 mm). Debe considerarse que en dicho reporte el peso de los especímenes estudiados era de 304 gramos por lo que puede deducirse marcada similitud entre los calibres de los vasos coronarios entre humanos y porcinos si se correlaciona con el peso de los individuos.

En porcinos se ha descrito la RDC como la primera rama que se desprende de la ACD y que irriga el segmento superior de la pared anterior del ventrículo derecho. Esta rama no presenta anastomosis con la rama izquierda del cono (94). Esta expresión morfológica es concordante con lo hallado en nuestro trabajo. Igualmente, ningún estudio previo en porcinos ha hecho referencia al origen desde la aorta de la RDC (26, 67, 94, 104). En esta serie se observó en 8 especímenes (4,8%). En humanos se describe la presencia de tercera arteria coronaria en un rango de 25-35% (7, 51, 55, 70), aunque en algunos estudios se reportan incidencias bajas (8-11%). (21, 99). Esta expresión vascular puede considerarse que ejerce factor de protección contra la isquemia en la pared anterior del ventrículo derecho al presentar anastomosis con ramas de la rama interventricular anterior.

La RMD ha sido reportada en porcinos con una frecuencia del 60% como una arteria pequeña que emerge de la ACD a nivel del margen derecho del corazón (94); esta cifra difiere con este estudio que observó esta estructura en el 92,3% de los casos, pero coincide con un estudio previo (94) al reportarse que finaliza en la mayoría de los casos en el tercio medio del borde agudo del corazón. La RMD en humanos presenta una alta frecuencia (95,5%) y un mayor calibre (1,55 mm) y longitud que en porcinos. Finaliza en el 41% de los casos en el tercio inferior del borde agudo o en el ápex cardíaco (7).

En este estudio la RNS emergió como rama de la ACD en el 100% de los especímenes, aspecto que es concordante con el estudio de Crick (26); pero difiere de lo reportado por Sahni y col (94), quien indica que solo en el 70% de los casos esta rama emerge a partir de la ACD y en el otro 30% a partir de la rama circunfleja. En humanos el origen de la RNS es variable: a partir de la ACD en un 50-79%, de la rama circunfleja en 30-45% y de ambas arterias en 3-7%. (6, 20, 21, 40, 60, 80, 85, 95). La alta variabilidad observada en la frecuencia del origen de la RNS se debe probablemente al tamaño de las muestras evaluadas, a la metodología e interpretación de los hallazgos y a las diversas posibilidades de expresión de estas estructuras en los distintos grupos poblacionales. La distancia de su emergencia al ostium coronario reportado por Sahni y col (94) es similar a

nuestras observaciones (18,1 mm) y a lo reportado en humanos (16.9-20.3 mm) (64, 65, 67, 71, 72, 73). Con relación al calibre de la RNS no existen datos previos en porcinos y en humanos se reportan calibres en un rango de 1.3-1.7 mm. (6, 20, 61, 72, 78, 80, 107), más altos que los registrados en este estudio (1.1 mm). La diferencia en los calibres de estos vasos puede estar dada por las diferentes metodologías de preparación y medición y por las características pondoestaturales de los sujetos evaluados.

La emergencia de la RNAV desde la ACD observada en este estudio en el 100% de los especímenes es concordante con los reportes de Sahni y col (94) y Crick et al, 1998. En humanos se reporta que esta rama surge a partir de la RRVI de la ACD (85-92%), cifra que es similar con los hallazgos de esta investigación; con la diferencia de que el porcentaje restante en porcinos emerge directamente de la ACD, mientras que en humanos surge de la rama circunfleja (8%). (6, 14, 20, 36, 42, 46, 80, 85, 95, 102). Se ha señalado que en humanos el origen de la RNAV está influenciado por el tipo de dominancia coronaria. En los casos de dominancia derecha la RNAV se origina de la RRVI, mientras que en los sujetos con dominancia izquierda se origina a partir de la arteria circunfleja (67, 70). La distancia de la emergencia de la RNAV a la bifurcación de la ACD encontrada en el presente trabajo (9.21 mm) es similar al reporte de Ballesteros y col (6) en humanos.

La anastomosis encontrada entre las ramas terminales de la RIP y la arteria interventricular anterior, demuestra la importancia de esta expresión morfológica como protectora en la irrigación del corazón, característica descrita por Lumby Singletary, (67) quienes la describen pero no reportan los aspectos cuantitativos de esta expresión.

La rama diagonal derecha posterior no fue observada en los corazones evaluados, esta estructura no ha sido reportada en estudios previos en porcinos. En humanos es referenciada como una estructura inconstante (frecuencia de presentación 12-18%), que emerge de la ACD a nivel del borde agudo del corazón y se desplaza de manera oblicua sobre la superficie de la pared posterior del ventrículo derecho hasta alcanzar el SIP. (7, 55, 69, 73).

La longitud de la ACI reportada en estudios previos entre 4-5 mm en porcinos (67, 94) y en humanos de 6-15 mm (4, 71, 77, 87); es mayor a la encontrada en este estudio (3.58 mm), aspecto a tener en cuenta en el entrenamiento de paso de catéteres en modelos experimentales de cirugía cardiovascular. La ACI con longitud menor a 6 mm ha sido registrada en humanos con una incidencia 7-15% (63, 68, 87). Las arterias coronarias cortas son consideradas como factores de riesgo para la adecuada perfusión coronaria durante los reemplazos valvulares aórticos, ya que el catéter puede ser insertado en una de las ramas terminales y en esta situación producir áreas isquémicas pudiendo causar arritmias, infartos miocárdicos o ambos (35, 87).

El calibre de la ACI no ha sido reportado en porcinos y el hallazgo de esta investigación (7,02 mm) es considerablemente mayor que lo señalado en humanos (4, 11, 108) en razón a que los corazones evaluados correspondían a porcinos con un peso promedio de 90 kilogramos. La expresión bifurcada de la ACI (RIA y RCX) observada en el 80,4% de los casos y trifurcada (RIA, RCX y RDI) en el 19,6% de las muestras evaluadas, es concordante con el reporte de Jordão y col (49); pero está en desacuerdo con los trabajos de Kato, Sahni y Crick y col (26, 54, 94) quienes reportaron la expresión bifurcada en el 100% de los corazones de porcinos evaluados. Este desacuerdo puede entenderse por los diferentes criterios utilizados para caracterizar y denominar a las ramas que irrigan la cara obtusa del corazón porcino. En humanos ha sido reportada la bifurcación de la ACI entre el 40-70%, la expresión trifurcada en un rango de 9-55% y tetrafurcada entre 5-7% de los especímenes cardíacos estudiados (4, 9, 77, 87). En concordancia con estudios previos en corazones de porcinos en este trabajo no se observó división tetrafurcada de la ACI, esta expresión morfológica difiere ligeramente con la irrigación coronaria izquierda del humano.

Con relación a la finalización de la RDI observada en el tercio inferior del borde obtuso del corazón en el 61,5% de los especímenes está en desacuerdo con Jordão y col (49) quien reportó RDI cortas (22,4 mm) que finalizaron en el 95% de los casos en el tercio superior. En corazones humanos algunos estudios señalan predominio de RDI que penetran al miocardio a nivel del tercio medio de

la superficie ventricular (5,9), mientras que otros trabajos reportan predominio de RDI que finalizan en el tercio superior (77). Las variaciones en la longitud de las ramas diagonales tiene especial importancia en cirugía cardíaca porque su porción subepicárdica es frecuentemente usada para implante de injerto bypass, por lo que la presencia de RDI cortas limitan la posibilidad de realizar este tipo de procedimientos (1).

La RAS no ha sido descrita en estudios de porcinos. La frecuencia de este vaso en esta serie (90,5%) es ligeramente superior a los reportes de trabajos realizados en humanos (5, 77), con los que existe concordancia en la finalización en el tercio medio del ventrículo izquierdo. Existe similitud de los hallazgos encontrados en este estudio (46,06 y 1,85 mm) con los reportes humanos con relación a longitud y calibre de la RAS. La RIC solamente ha sido reportada previamente por Sahni y col (94) quien la describe como una rama corta que no presenta anastomosis subepicárdica con la rama derecha del cono, rasgo morfológico que es concordante con lo observado en nuestro trabajo.

La finalización de la RIA a nivel del ápex en el 79,2% de los casos es concordante con Sahni y col (94) con quien se evidencian pequeñas diferencias en cuanto al número de ramas ventriculares izquierdas emitidas por esta arteria (3-4), en comparación con nuestro trabajo (5 ramas). En humanos ha sido reportada en el 42-80% de los casos en el segmento inferior del surco interventricular posterior, mientras que en el ápex esta rama finaliza en el 6-33% de los sujetos (4, 47, 51, 92). El sitio de finalización de la RIA puede considerarse como una diferencia de la irrigación cardíaca en humanos y porcinos. El segmento distal de la RIA que tras superar el ápex se distribuye en el territorio vecino de la cara diafragmática irriga el área que no alcanza la rama interventricular posterior. Esta expresión anatómica debe tenerse en cuenta al evaluar procesos de infarto de miocardio localizados en el segmento inferior de la pared posterior del corazón, en razón a que la obstrucción arterial podría comprometer la porción distal de la RIA en lugar de la rama interventricular posterior como suele creerse.

En concordancia con la mayoría de estudios previos (26, 67, 94) en ningún espécimen la RCX terminó en el surco interventricular posterior, su finalización se

dio mayoritariamente en la cara posterior del ventrículo izquierdo (63,8%) y en menor porcentaje en la cruxcordis. Se destaca el estudio de Weaver y col (104) que reportó la finalización de la RCX en el 5% de los casos como arteria interventricular posterior. En corazones humanos se ha reportado la finalización de la RCX en el surco interventricular posterior con una frecuencia del 7 – 23%, siendo este el rasgo de la dominancia coronaria izquierda (4, 9, 11, 51, 71).

La RMI no ha sido suficientemente caracterizada en humanos y porcinos. La incidencia de este vaso reportada por Sahni y col (94) es similar a lo encontrado en esta investigación (87.9%). En corazones humanos se ha descrito que las RCX cortas terminan como RMI en un rango del 13-25,3% (4, 9, 11, 51). Se observa que en la mayoría de los casos las ramas marginales irrigan segmentos de la cara obtusa del corazón a través de ramas colaterales con trayectorias horizontales u oblicuas.

Son pocos los estudios realizados que reportan la presencia y las implicaciones clínicas que pueden producir los PM en porcinos. Los hallazgos de PM en el presente estudio (41,7%) se ubica en la mitad del rango de 24-86% reportado en estudios previos para esta expresión morfológica (2, 15, 58). En humanos la frecuencia de PM, al igual que en cerdos, ha sido reportada en un amplio rango de 23-88%. (5, 16, 19, 34, 66, 83, 86, 93, 103).

En cerdos se ha encontrado con mayor frecuencia la presencia de PM en el tercio medio de la RIP (36-45%), hallazgo que es concordante con lo observado en este estudio. (2, 58). En contraste, el vaso que presenta con mayor frecuencia PM en humanos es sobre la RIA a nivel de sus segmentos proximal y medio en un rango del 12-60%. (5, 19, 28, 38, 81, 83, 86).

La longitud de los PM en cerdos se ha reportado en un amplio rango de 1,4-52,7 mm, siendo las de mayor ocurrencia las bandas suprapontinas que no superan los 20 mm (2, 59), similar a lo observado en este estudio al encontrar que solamente el 8,6% superaban esta medida. En corazones humanos se ha reportado longitud mayor con relación a los PM en porcinos, entre pocos milímetros hasta 50 mm, con promedios de 18-25 mm (5, 52, 64, 66, 86, 89). Los reportes del espesor de

los PM en porcinos no han incluido promedios, sino rangos (0,8-4,7 mm) (2, 59), por lo que el hallazgo encontrado en esta serie (1,13 mm) se hace difícil ubicarlo como similar o no concordante con relación a los estudios descritos. Al comparar con el espesor de los PM en humanos la mayoría de estudios revelan espesores promedios en un rango de 1,2-2,5 mm (52, 57, 66, 86, 90). Numerosos reportes confirman la influencia de los PM en la etiopatogenia de episodios isquémicos del corazón (12, 56, 58). Sin embargo, es importante señalar que la mayoría de PM cursan asintomáticos por que la longitud y espesor de los mismos no alcanza a comprimir suficientemente los vasos comprometidos y además se pueden presentar mecanismos de compensación como la emergencia de ramas colaterales que surgen en el segmento prepontino y contribuyen a la irrigación de territorios adyacentes. Igualmente, cuando se suman al substrato anatómico relativamente adverso, factores como la ateromatosis pueden desencadenar eventos clínicos como angina, arritmias, infarto del miocardio o incluso la muerte súbita ante situaciones como el estrés y el ejercicio. (13, 39, 56, 90, 93).

La frecuencia de PM únicos observada en el presente estudio (49,5%), es considerablemente menor a lo reportado por Kosiński y col (58) (85,9%), mientras que la incidencia de PM múltiples, que afectan a varios vasos fue significativamente mayor (36,4%) al señalado en ese estudio previo (5,6%). Kosiński y col (58), reportó la frecuencia de dos PM en un mismo vaso en el 8,5%, mientras que este rasgo se encontró en el presente estudio en el 14,1%. En corazones humanos se ha reportado PM únicos en un rango de 17-60% y dos o más PM en diferentes vasos en un rango de 5-40%. (5, 16, 66, 86, 93).

A pesar de que la frecuencia de PM y longitud de estos fue mayor en los corazones de animales fallecidos en granja con relación a los sacrificados, estas diferencias no fueron significativas y si se agrega la variable de espesor similar en los dos grupos referidos permite señalar que la presencia de PM no sea un factor determinante como causa de muerte de los animales fallecidos en granja. En razón a que del grupo de animales fallecidos en granja la muerte súbita se presentó solamente en 5 especímenes y sumado a la falta de estudio

histopatológico de tejido ventricular pospontino se carece de elementos para postular la posible relación de PM con la muerte súbita de los porcinos.

Para definir la dominancia coronaria es necesario conocer los sitios de finalización de la RCX y la procedencia de la RIP a partir de la ACD o la RCX. Los estudios previos en porcinos no referencian la finalización de la RIP. En humanos se ha reportado la finalización de este vaso en los tercios proximal y medio del surco interventricular posterior en el 25-35%, mientras que se ha descrito su finalización en el tercio distal del surco homónimo, ápex y cara anterior del ventrículo izquierdo en un rango de 67,4-75% (7, 48, 69); siendo nuestro reporte de una incidencia ligeramente menor. En los casos de RIP cortas se observan fenómenos de compensación en la irrigación de los segmentos posteroinferiores del corazón, dados por el segmento distal de la RIA que, tras superar el ápex, se distribuye en el territorio vecino de la cara diafragmática, irrigando el segmento que no alcanza la RIP.

La RCX en ninguna muestra terminó en el surco interventricular posterior, su finalización fue más frecuente en la cara posterior del ventrículo izquierdo (63,8%) y en menor porcentaje en la cruxcordis, lo que coincide con la mayoría de estudios previos (26, 67, 94). Las RCX más cortas terminan como ramas marginales, situación observada en nuestro estudio en el 1,3%, con una incidencia inferior a la observada en humanos (9,1-25%) (3, 9, 11, 26, 51, 67, 94). En estos casos se observó que las ramas marginales, además de irrigar la cara obtusa del corazón a través de sus ramas colaterales participaban en la irrigación de la cara posterior del ventrículo izquierdo junto con las ramas ventriculares izquierdas de la ACD. En corazones humanos se ha reportado la finalización de la RCX en el SIP con una frecuencia de 7–23%, siendo este el rasgo de la dominancia coronaria izquierda (26, 54, 94, 104).

La frecuencia de dominancia coronaria derecha observada en el presente estudio (66,1%), es menor a la reportada en estudios previos (78-100%). (26, 54, 94, 104). Estas diferencias están dadas posiblemente por el número de las muestras evaluadas y por la divergencia de criterios utilizados por los autores para realizar

estas caracterizaciones. Los múltiples estudios realizados en corazones humanos, igualmente reportan un amplio rango de presentación de la dominancia coronaria derecha: incidencias bajas en un rango del 48-70% (24, 50, 66, 76, 96), medias en un rango de 70-84% (3, 18, 29, 40, 51, 82, 92) y frecuencias altas entre el 85-90% (58, 93, 106). En porcinos no se han realizado estudios que tipifiquen en profundidad la dominancia derecha; en nuestra serie se encontró como la más frecuente a la dominancia derecha leve (subtipo I), lo que está en desacuerdo con los hallazgos en humanos, que describen una mayor presentación de dominancia derecha moderada. De igual manera, la escasa frecuencia de dominancia coronaria prominente hallada en nuestro estudio es concordante con los reportes en humanos. (3, 8, 51, 76).

En este estudio no hallamos especímenes con dominancia coronaria izquierda, lo cual es concordante con los reportes de Kato y col (54) y Sahni y col (94), otros autores (26, 104) reportan la frecuencia de esta característica entre el 4-5%. En humanos ha sido reportada la dominancia izquierda en un rango de 5-20% (3, 11, 18, 50, 51, 76, 92, 96, 106). La escasa frecuencia de dominancia izquierda puede constituirse en un rasgo de la circulación coronaria en porcinos, aspecto que debe considerarse en la anatomía comparada y en el diseño de procesos experimentales hemodinámicos que utilicen esta especie.

En nuestra serie se encontró circulación balanceada en el 33,9% de los corazones, cifra que es ligeramente mayor a los estudios de Weaver y col (104); Kato y col (54) y Crick y col (26), quienes reportan este rasgo morfológico en un rango de 16-20%. Los reportes de la literatura en humanos presentan frecuencias con rangos del 7-26% (3, 66, 76, 83, 106). La circulación balanceada expresa una equitativa distribución en la irrigación de la cara diafragmática del corazón por parte de las arterias coronarias y sus ramas.

6. CONCLUSIONES

- La RDC se origina de la aorta con una baja frecuencia con respecto a los reportes de corazones humanos. Esta rama se encontró emergiendo del segmento proximal de la ACD en todos los casos, mientras que en humanos este vaso se ha descrito originándose en un alto porcentaje de los casos de la RCX.
- El diámetro de la ACD y sus ramas en porcinos adultos es similar al reportado en humanos. La rama diagonal posterior derecha no se presenta en porcinos; en humanos, aunque inconstante, su presencia debe ser considerada.
- La RNAV se deriva de la RRVI en la mayoría de los casos y con una frecuencia baja directamente de la ACD. En humanos también se origina de la RRVI en la mayoría de los casos y con bajas frecuencias de la RCX, dependiendo del tipo de dominancia coronaria presente.
- En comparación con los humanos, los cerdos tienen troncos y ramas de la ACI más cortas, incluso la RCX nunca alcanza el SIP.
- Los grandes calibres de la ACI y sus ramas encontrados en el presente estudio en comparación con los reportes en humanos, es probable que se deba al mayor peso de los corazones de los porcinos evaluados.
- La incidencia de la expresión trifurcada de la ACI en cerdos está situada en un rango medio con respecto a lo reportado en corazones humanos.
- La RAS, RMI y la RDI con su buena longitud y diámetro son actores relevantes para la irrigación del borde obtuso y de la pared posterior del ventrículo izquierdo en corazones de porcino.
- El conocimiento cualitativo y morfométrico de las AC en cerdos soporta la utilización de esta especie en modelos experimentales.
- La frecuencia global de PM en el presente estudio se ubica en un rango intermedio de lo reportado en la literatura en porcinos y humanos.
- En concordancia con estudios previos en porcinos se observó con mayor frecuencia los PM en el tercio medio de la RIP, mientras que en humanos

estas bandas miocárdicas son más frecuentes en los tercios proximal y medio de la RIA.

- La longitud y el espesor de los PM en este y en estudios previos en porcinos es menor a lo reportado en corazones humanos.
- El conocimiento de los PM en porcinos es de utilidad para el diseño de procedimientos hemodinámicos y procedimentales que utilizan esta especie animal.
- La ausencia de dominancia coronaria izquierda en este estudio es concordante con la mayoría de estudios previos y expresa una diferencia con la irrigación coronaria en humanos caracterizada por presentar dominancias izquierdas con frecuencias considerables.
- La incidencia de dominancia derecha encontrada en esta serie es más baja a la reportada en la literatura para porcinos y se encuentra en el rango menor de lo reportado para humanos.
- Los hallazgos de este estudio aportan al conocimiento de la anatomía comparada interespecies y con humanos, lo cual es útil para el diseño de trabajos procedimentales y hemodinámicos.
- Dado el escaso número de especímenes con muerte súbita y a la carencia de estudios histopatológicos en las muestras respectivas, no se pueden realizar inferencias en torno a la correlación entre la presencia de PM como causa de muerte súbita en los porcinos.

BIBLIOGRAFIA

- 1) ACAR C, Farge A, Chardigny C, Beyssen B, Pagny JY, Grare P et al. Use of the radial artery for coronary artery bypass. A new experience after 20 years. *Arch. Mal. Coeur. Vaiss.* 1993; 86:1683-9.
- 2) ALEKSANDROWICZ R, Balwierz P, Barczak R, Stryjewska-Makuch G. Myocardial structures over the coronary arteries and their branches. *Folia Morphology.* 1993; 52(4): 183-190.
- 3) BALLESTEROS LE, Corzo EG, Saldarriaga B. Determinación de la dominancia coronaria en población mestiza colombiana. Un estudio anatómico directo. *Int. J. Morphol.* 2007; 25(3): 483-491.
- 4) BALLESTEROS LE, Ramirez LM: Morphological expression of the left coronary artery: a direct anatomical study. *Folia Morphol.* 2008; 67 (2): 135-142.
- 5) BALLESTEROS LE., Ramirez LM., Saldarriaga B. Morphological Description and Clinical Implications of Myocardial Bridges: an Anatomical Study in Colombians. *Arq. Bras. Cardiol.* 2009; 92(4): 242-248.
- 6) BALLESTEROS LE, Ramírez LM, Forero PL. Características morfológicas y posibles implicaciones clínicas de las arterias nodales. *Revista Colombiana de Cardiología.* 2010; 17(6):1-8.
- 7) BALLESTEROS LE, Ramírez LM, Quintero ID. Right coronary artery anatomy: anatomical and morphometric analysis. *Rev. Bras. Cir. Cardiovasc.* 2011; 26(2):230-7.
- 8) BAPTISTA CA, DIDIO LJ, TEOFILOVSKI-PARAPID G. Variation in length and termination of the right coronary artery in man. *Jpn. Heart J.* 1989; 30(6), p.789-98.
- 9) BAPTISTA CA, DiDio LJ, Prates JC. Types of division of the left coronary artery and the ramus diagonalis of the human heart. *Jpn Heart J.* 1991; 32:323–335.
- 10) BAPTISTA CA., DiDio LJ. The relationship between the directions of myocardial bridges and of the branches of the coronary arteries in the human heart. *Surg. Radiol. Anat.* 1992; 14:137–140.
- 11) BAROLDI G, Scmazzone G. Coronary circulation in the normal and the pathologic heart. Office of the Surgeon General. Dept of the Army, Washington, DC. 1967.
- 12) BASHOUR TT, Espinosa E, Blumenthal J, Wong T, Mason DT. Myocardial infarction caused by coronary artery myocardial bridge. *Am. Heart. J.* 1997; 133: 473-477.

- 13) BESTETTI RB, Costa RS, Kazava DK, Oliveira JS. Can isolated myocardial bridging of the left anterior descending coronary artery be associated with sudden death during exercise? *Acta. Cardiol.* 1991; 46: 27-30.
- 14) BERDAJS D, Kunzli A, Shurr U, Zund G, Turina MI, Genonni M. Clinical anatomy of the atrioventricular node artery. *J Heart Valve Dis.* 2006; 15: 225-9.
- 15) BERG R. On the presence of myocardial bridges over the coronary vessels in swine (*Sus scrofa domestica*). *Anat. Anz.* 1963; 112: 25-31.
- 16) BEZERRA AJC., Prates JC., DiDio LJA. Incidence and clinical significance of bridges of myocardium over the coronary arteries and their branches. *Surg. Radiol. Anat.* 1987; 9: 273-280.
- 17) BINET J, Piot C, Planchec, Leriche H, Raza H, Bourdie M, Kone A. Pont myocardique comprimant l. artère interventriculaire antérieure. A propos de 3 cas opérés. *Arch Mal Coeur.* 1975; 1: 87-90.
- 18) BLUNK JN, DIDIO LJA. Types of coronary circulation in the human hearts. *Ohio St. Med. J.* 1971; 67: 596-607.
- 19) BOHM J., Piot C., Warnke H., Lindenau K.F., Portsman W. Zur Diagnostik und Operationstechnik bei intramuralem Koronararterienverlauf. *Cor. Vasa.* 1980; 22: 319-26.
- 20) BOKERIYA LA, Mikhailin SI, Revishvili AS. Anatomical variants of sinoatrial and atrioventricular node arteries. *Cor. Vasa.* 1984; 26(3):220-8.
- 21) CADEMARTIRI F, La Grutta L, Malagò R, Alberghina F, Meijboom WB, Pugliese F. et al. Prevalence of anatomical variants and coronary anomalies in 543 consecutive patients studied with 64-slice CT coronary angiography. *Eur. Radiol.* 2008; 18(4):781-91.
- 22) CALCAGNO S, Cesari D, Gallo R, D'Andrea B, Cervellini P, Iacomelli M. Myocardial bridge and ischemic cardiopathy: Clinical case of myocardial bridge of the right coronary artery in an asymptomatic subject. *Cuore.* 1994; 11: 73-78.
- 23) CASTELLS E. Angor por puente miocardio: Diagnóstico y tratamiento quirúrgico. *Rev Espan Cardiol.* 1981; 34: 3.
- 24) CAVALCANTI JS, de Lucena Oliveira M, Pais e Melo AV, Baladan G. Anatomic variations of the coronary arteries. *Arq. Bras. Cardiol.* 1995; 65(6): 489-92.
- 25) CONTI F. Fisiología médica. Mc Graw – Hill, México D.F, 2010.
- 26) CRICK S, Sheppard M, Yen Ho S, Gebstein L. Anatomy of the pig heart: comparisons with normal human cardiac structure. *J. Anat.* 1998; 193: 105-119.

- 27) CUCCHINI F, Di Donato M, Marelli G, Rigatelli G, Volta G, Barbaresi F, Visioli O. I pontimiocardici. Una nova problematica patogenetica nell'angina sense ostruzione coronarica. *G Ital Cardiol.* 1976; 6: 1166.
- 28) DECOURT L.V., Carvalho V.B., Martinez J.R.M. Pontesmiocardica uma entidade controvertida. *Rev. Hosp. Clin. Fac. Med. S Paulo.* 1980; 35: 157-60.
- 29) DIDIO LJ, WAKEFIELD TW. Coronary arterial predominance or balance on the surface of the human cardiac ventricles. *Anat. Anz.* 1975; 137(1-2): 147-58, 1975.
- 30) DODGE JT Jr, Brown BG, Bolson EL, Dodge HT. Lumen diameter of normal human coronary arteries. Influence of age, sex, anatomic variation, and left ventricular hypertrophy or dilatation. *Circulation.* 1992; 86(1): 332-46.
- 31) DUYGU H., Zoghi M., Nalbantgil S., Kirilmaz B., Turk U., Akin M. Myocardial bridge: A bridge to atherosclerosis. *Anadolu. Kardiyol. Derg.* 2007; 7: 12-6.
- 32) ESCUDERO E. Microcirculación coronaria: anatomía, fisiología y fisiopatología; su implicación en el estudio de la perfusión miocárdica con Eco – contraste. 2º Congreso Virtual de Cardiología. Federación Argentina de Cardiología. 1999 – 2001. Disponible en: www.fac.org.ar. Consultado: Enero 19 de 2012.
- 33) FELDMAN AM, Baughman KL. Myocardial infarction associated with a myocardial bridge. *Am Heart J.* 1986; 4: 784–7.
- 34) FERREIRA AG. Jr., Trotter SE., Konig B. Jr., Decourt LV., Fox K., Olsen EG. Myocardial bridges: morphological and functional aspects. *Br. Heart. J.* 1991; 66: 364-7.
- 35) FOX C, Davies MJ, Webb-Peploe M. Length of the left main coronary artery. *Br Heart J.* 1973; 35:796–802.
- 36) FUTAMI C, Tanuma K, Tanuma Y, Saito T. The arterial blood supply of the conducting system in normal human hearts. *Surg Radiol Anat.* 2003; 25: 42-9.
- 37) GE J, Jeremias A, Rupp A et al. New signs characteristic of myocardial bridging demonstrated by intracoronary ultrasound and doppler. *Eur Heart J.* 1999; 20(23): 167–8.
- 38) GEIRINGER E. The mural coronary artery. *Am. Heart. J.* 1951; 41: 359-68.
- 39) GOW R. M. Myocardial bridging: does it cause sudden death?. *Card. Electrophysiol. Rev.* 2002; 6: 112-4.
- 40) HADZISELIMOVIC H. Age characteristics of blood vessels of the human heart. *Acta. Anat. (Basel).* 1981; 109(3):231-7.

- 41) HEUSCH G, Skyschally A, Schulz R. The in-situ pig heart with regional ischemia/reperfusion — Ready for translation. *Journal of Molecular and Cellular Cardiology*.2011; 50: 951–963.
- 42) HUTCHINSON MC. A study of the atrial arteries in man.*J Anat*. 1978; 125: 39-54.
- 43) ILIA R, Rosenshtein G, Weinstein J, Cafri CA, Gueron M. Left anterior descending artery length in left and right coronary artery dominance. *Coron.Artery. Dis*. 2001; 12(1): 77-8.
- 44) INDIK J, Donnerstein R, Hilwig R et al. The influence of myocardial substrate on ventricular fibrillation waveform: A swine model of acute and postmyocardial infarction. *Crit Care Med*. 2008; 36(7): 2136–2142.
- 45) ISHII T, Hosoda J, Osaka T, Imai T, Shimada H, Takami A, Yamada H. The significance of myocardial bridge upon atherosclerosis in the left anterior descending coronary artery.*J Pathol*. 1986; 148(4): 279.
- 46) JAMES TN, Burch GE. The atrial coronary arteries in man.*Circulation*.1958; 17: 90-8.
- 47) JAMES TN. *Anatomy of the coronary arteries*. Hoeber, New York. 1961.
- 48) JAMES TN. *Anatomy of the coronary arteries in health and disease*. *Circulation*.1965; 32:1020-33.
- 49) JORDÃO M, Gomes S, Dos Santos J, Valdeverde N. Anatomic study of the diagonal arteries in hearts of pigs. *Rev. chil. Anat*. 1999; 17(1): 75-79.
- 50) KAIMKHANI ZA, ALI MM, FARUQI AM. Pattern of coronary arterial distribution and its relation to coronary artery diameter.*J. Ayub. Med. Coll. Abbottabad*. 2005; 17(1): 40-3.
- 51) KALPANAR. A study on principal branches of coronary arteries in humans.*J. Anat. Soc India*.2003; 52:137-40.
- 52) KANTARCI M., Duran C., Durur I., Alper F., Onbas O., Gulbaran M., et al. Detection of myocardial bridging with ECG-gated MDCT and multiplanar reconstruction. *AJR. Am. J. Roentgenol*.2006; 186: 391-4.
- 53) KASSAB G, Rider C, Tang N. Morphometry of pig coronary arterial trees. *Thr American Physiological Society*.1993; 350-365.
- 54) KATO T, Yasue T, Shoji Y et al. Angiographic diference in coronary artery of man, dog, pig and monkey. *ActaPathol.Jpn*. 1987; 37(3): 361-373.
- 55) KO°AR P, Ergun E,Öztürk C,Ko°ar U. Anatomic variations and anomalies of the coronary arteries: 64-slice CT angiographic appearance. *Diagn.Interv.Radiol*.2009; 15(4):275-83.

- 56) KONDURACKA E. Myocardial infarction in 15-years old patient with myocardial bridge narrowing the lumen of left anterior descending artery. *Kardiol.Pol.* 1994; 41: 313-316.
- 57) KOSIŃSKI A, Grzybiak M. Myocardial bridges in the human heart: morphological aspects. *Folia Morphol.* 2001; 60(1): 65-68.
- 58) KOSIŃSKI A, Grzybiak M, Kozłowski D. Distribution of myocardial bridges in domestic pig. *Polish Journal of Veterinary Sciences.* 2010; 13(4): 689-693.
- 59) KOSIŃSKI A, Grzybiak M, Kozłowski D, Piwko G. Myocardial bridges in domestic pig – morphological aspects. *Polish Journal of Veterinary Sciences.* 2011; 14(3): 411-416.
- 60) KRUPA U. The sinuatrial nodal artery in the human heart. *Folia Morphol(Warsz).* 1993;52(1):29-37.
- 61) KYRIAKIDIS M, Vyssoulis G, Barbetseas J, Toutouzas P. A clinical angiographic study of the arterial blood supply to the sinus node. *Chest.* 1988; 94: 1054-7.
- 62) LAZO L, Fraga M. Comportamiento del Síndrome de Estrés Porcino y su asociación con factores de riesgo en cerdos destinados al sacrificio. Universidad Central “Marta Abreu” de Las Villas. Facultad de Ciencias Agropecuarias. Departamento de Medicina Veterinaria y Zootecnia. Santa Clara. Villa Clara. Cuba. Publicado el: 10/01/2012. Disponible en: www.engormix.com. Consultado: 16/01/2012.
- 63) LEGUERRIER A, Bourgin T, Marcade E, Duval JM, Rioux C, Logeais Y et al. Ventricular branches of the circumflex artery of the heart. *Bull Assoc Anat Nancy.* 1980; 64: 415–423.
- 64) LIMA V.J., Cavalcanti J.S., Tashiro T. Myocardial bridges and their relationship to the anterior interventricular branch of the left coronary artery. *Arq Bras Cardiol.* 2002; 79: 215-22.
- 65) LÓPEZ M, Ruiz G, Ramírez M, Arce A. Cambios fisiológicos en cerdo de cirugía experimental para trasplante cardíaco. *Investigación en Salud* 6 (1): 11-13, 2004.
- 66) LOUKAS M., Curry B., Bowers M., Louis R.G. Jr., Bartczak A., Kiedrowski M., et al. The relationship of myocardial bridges to coronary artery dominance in the adult human heart. *J Anat.* 2006; 209: 43-50.
- 67) LUMB G, Singletary H. Blood supply to the atrioventricular node and bundle of His: a comparative study in pig, dog, and man. Grant H-5063 from the National Institutes of Health, United States Public Health Service. 1962; 41(1): 65-75.
- 68) MACALPINE WA. Heart and Coronary Arteries: an Anatomical Atlas for Clinical Diagnosis, Radiological Investigation and Surgical Treatment. 1975; 133–150.

- 69) MARGARIS NG, Kostopoulos KG, Nerantzis CE, Filippatos GS, Kardaras FG, Salahas AI. et al. Posterior right diagonal artery. *An angiographic study. Angiology.*1997; 48(8):673-7.
- 70) MIYAZAKI M, Kato M. Third coronary artery: its development and function. *Acta. Cardiol.*1988; 43(4):449-57.
- 71) MOUCHET A. Les arterescoronaires du coeur chez l'Homme. 2nd ed. Maloine, Paris. 1993.
- 72) NERANTZIS C, Avgoustakis D. An S-shaped atrial artery supplying the sinus node area. An anatomical study. *Chest.*1980; 78: 274-8.
- 73) NERANTZIS CE, Gribizi JE, Margaris NG, Antonelis JP, Salahas TI, Koroxenidis GT. Posterior right diagonal artery. *Anat. Rec.*1994; 238(4):528-32.
- 74) NERANTZIS CE, PAPACHRISTOS JC, GRIBIZI JE. et al. Functional dominance of the right coronary artery: incidence in the human heart. *Clin. Anat.* 1996; 9(1): 10-3.
- 75) NOBLE J, Boursassa M, Peticlerc R, Dyrda J. Myocardial bridging and milking effect in the left anterior descending coronary artery. Normal variant or obstruction?. *Am J Cardiol.*1976; 37: 993-999.
- 76) ORTALE JR, KEIRALLA LC, SACILOTTO L. The posterior ventricular branches of the coronary arteries in the human heart. *Arq. Bras. Cardiol.* 2004; v.82(5), p.468-72.
- 77) ORTALE JR, Meciano J, Paccola AM. Anatomia dos ramos lateral, diagonal e ântero-superior no ventrículo esquerdo do coração humano. *Rev Bras Cir Cardiovasc.* 2005; 20: 149–158.
- 78) ORTALE JR, Paganoti CF, Marchiori GF. Anatomical variations in the human sinuatrial nodal artery. *Clinics (Sao Paulo).* 2006;61(6):551-8.
- 79) OZBAG D, Kervancioglu P. The investigation of perivascular space under the myocardial bridge in different species. *J Clin Pract.* 2004; 58(11): 1008–1013.
- 80) PEJKOVIÆ B, Krajnc I, Anderhuber F, Kosutiæ D. Anatomical aspects of the arterial blood supply to the sinoatrial and atrioventricular nodes of the human heart. *J. Int. Med. Res.*2008; 36(4):691-8.
- 81) PENTHE P, Bara JA, Blanc JJ. Etude anatomique descriptive des gros troncs coronariens et des principales collaterales epicardiques. *Nouv. Presse. Med.* 1976; 5: 71-5.
- 82) PESSA CJ, GOMES WJ, CATANI R. et al. Anatomical relationships between the posterior mitral valve annulus and the coronary arteries. Implications to operative treatment. *Braz. J. Cardiovasc. Surg.* 2004; 19(4): 372-7.

- 83) POLACEK P. Myocardial infarct and muscular bridges and loops on the coronary arteries. *ArkhPatol.* 1961; 23: 23-29.
- 84) PRENDERGAST BD, Kerr F, Starkey TR. Normalisation of abnormal coronary fraction flow reserve associated with myocardial bridging using an intracoronary stent. *Heart.* 2000; 83(6): 705–7.
- 85) RAMANATHAN L, Shetty P, Nayak SR, Krishnamurthy A, Chettiar GK, Chockalingam A. Origin of the sinoatrial and atrioventricular nodal arteries in South Indians: an angiographic study. *Arq.Bras.Cardiol.* 2009; 92: 314-9.
- 86) REIG J., Loncan M.P., Martin S., Binia M., Petit M., Domenech J.M. Myocardial bridges. Incidence and relation to some certain coronary variables. *Arch. Anat. Histol. Embryol.* 1986; 69: 101-10.
- 87) REIG J, Petit M. Main trunk of the left coronary artery: anatomic study of the parameters of clinical interest. *Clin Anat.* 2004; 17: 6–13.
- 88) ROSAS J. Circulación coronaria. UNAM, México. Facultad de Estudios Superiores Zaragoza. Disponible en: <http://www.zaragoza.unam.mx/podcast/bct2/CIRCULACION%20CORONARIA.pdf> Consultado: Enero 20 de 2012.
- 89) ROZENBERG V.D., Nepomnyashchikh L.M. Pathomorphology of myocardial bridges and their role in the pathogenesis of coronary disease. *Bull. Exp. Biol. Med.* 2002; 6: 593-6.
- 90) ROZENBERG V.D., Nepomnyashchikh L.M. Pathomorphology and pathogenic role and myocardial bridges in sudden cardiac death. *Bull. Exp. Biol. Med.* 2004; 138: 87-92.
- 91) SAHNI D, Jit I. Origin and size of the coronary arteries in the North-West Indians. *Indian Heart J.* 1989; 41(4): 221-8.
- 92) SAHNI D, Jit I. Blood supply of the human interventricular septum in north-west Indians. *Indian Heart J.* 1990; 42: 161–169.
- 93) SAHNI D., Jit I. Incidence of myocardial bridges in north-west Indians. *Indian Heart J.* 1991; 43: 431–436.
- 94) SAHNI D, Kaur GD, Jit H, Jit I. Anatomy and distribution of coronary arteries in pig in comparison with man. *Indian J Med Res.* 2008; 127: 564-570.
- 95) SAREMI F, Channal S, Abolhoda A, Gurudevan SV, Narula J, Milliken JC. MDCT of the S-shaped sinoatrial node artery. *Am. J. Roentgenol.* 2008; 190: 1569-75.
- 96) SCHLESINGER M J. Relation of anatomic pattern to pathologic conditions of the coronary arteries. *Arch Pathol.* 1940; 30: 403-15.

- 97) SHINJO SK, Prates NE, Oba SM et al. Distribution and composition of glycosaminoglycans in the left human coronary arterial branches under myocardial bridge. *Atherosclerosis*. 1999; 143(2): 363–8.
- 98) SISSON S, Grossman J, Getty R. Anatomía de los animales domésticos. Editorial Salvat, tomo II. 5 edición, 1995.
- 99) STANKOVIC I, Jesic M. Morphometric characteristics of the conal coronary artery. *M.J.M.* 2004; 8(1):2-6.
- 100) TANGKAWATTANA P, Muto M, Nakayama T, Karkoura A, Yamano S, Yamaguchi M. Prevalence, vasculature, and innervation of myocardial bridges in dogs. *Am J Vet Res*. 1997; 58:1209-1215.
- 101) VAN ANDEL C, Pistecky P, Borst C. Mechanical properties of porcine and human arteries: implications for coronary anastomotic connectors. *The Annals of Thoracic Surgery*. 2003; 76(1): 58-64.
- 102) VIEWEG WV, Alpert JS, Hagan AD. Caliber and distribution of normal coronary arterial anatomy. *Cathet Cardiovasc Diagn*. 1976; 2: 269–280.
- 103) VON LUDINGHAUSEN M. Das Verteilungsmuster der Koronararterien und ihr Einbau in das Myokard. *Dtsch. Med. Wschr*. 1975; 100: 2448-51.
- 104) WEAVER ME, Pantely GA, Bristow JD, Ladely HD. A quantitative study of the anatomy distribution of coronary arteries in swine in comparison with other animals and man. *Cardiovasc Res*. 1986; 20: 907-17.
- 105) YAMAGUCHI M, Tangkawattana P, Muto M. Myocardial bridge muscle on left anterior descending coronary artery differs from subepicardial myocardium of the left ventricle in dogs. *Acta Anat*. 1996; 157: 238–47.
- 106) ZBIGNIEW K, MIKUSEK J. Clinical and morphological studies on varieties of coronary vascularisation of diaphragmatic surface of human heart. *Med. Sci. Monit*. 2000; 6(2): 253-7.
- 107) ZHANG LJ, Wang YZ, Huang W, Chen P, Zhou CS, Lu GM. Anatomical investigation of the sinus node artery using dual-source computed tomography. *Circ J*. 2008; 72: 1615-20.
- 108) ZINDROU D, Taylor KM, Bagger JP. Coronary artery size and disease in UK South Asian and Caucasian men. *Eur. J. Cardiothorac. Surg*. 2006; 29(4):492-5.

Anexo A

FORMATO DE REGISTROS INDIVIDUALES

Expresión Morfológica de la Circulación Coronaria en Porcinos Sacrificados y Fallecidos en Granjas. Un Estudio Anatómico Directo

Código: _____ Sexo: M: _____ H: _____ Edad: _____ Raza: _____
Procedencia: Granja: _____ Sacrificado: _____ Peso corazón: _____ Peso porcino _____

ACD

Número de ramificaciones: 1 segmento _____ 2 segmento _____

Calibre: proximal _____ medio _____ distal _____

Calibre ramas: RNS _____ RDC _____ RMD _____ RNAV _____ RIP _____

RNS: distancia del origen al ostium de la coronaria derecha _____

NAV (origen): ACD _____ RRVI _____ Distancia a la bifurcación _____

RMD: presente _____ ausente _____ calibre _____

Finalización de RMD correlación al borde agudo del corazón: tercio superior _____ tercio medio _____ tercio inferior _____

RIP: finalización en el surco homónimo: tercio superior _____ tercio medio _____ tercio inferior _____ en el apex _____

Calibre: proximal _____ medio _____ distal _____

A que distancia del Apex termina _____ ramas derechas _____ ramas izq _____

Anastomosis con RIA si _____ no _____

ACI Longitud _____ Calibre _____

Número de ramificaciones: 2 _____ 3 _____

Calibre RIA: proximal _____ medio _____ distal _____

RIA: finaliza a nivel del surco interventricular: tercio superior _____

tercio medio _____ Apex _____ en cara posterior _____

ramas derechas _____ ramas izquierdas _____

RAS: Calibre _____ Longitud _____ Finalización _____ Distancia al origen de la aorta _____

Calibre RCX: proximal _____ medio _____ distal _____

RCX: finaliza como: marginal izquierda _____ cara posterior
del ventrículo izquierdo _____ cruce cordis _____ en surco interventricular
posterior _____

Rama izquierda del cono: presente _____ ausente _____

Calibre: _____ distancia del origen de la aorta: _____

Diagonal: presente _____ ausente _____ calibre _____ longitud

Finaliza en cara pulmonar a nivel de: tercio superior _____ tercio medio
_____ tercio inferior _____

RMI: Cal. Prox _____ Cal. Distal _____ Longitud _____ Distancia ápex _____

Finalización _____

Puentes Miocárdicos:

Presencia: Si _____ No _____

Longitud: _____

Grosor: _____

Ramas ACD: RDC _____ ramas ventriculares _____ RMD _____ RIP _____

RIP: proximal _____ medio _____ distal _____

Ramas ACI: RVA _____ RCX _____

RVA: proximal _____ medio _____ distal _____ RAS _____

RCX: proximal _____ medio _____ distal _____

Ramas RCX: RMI _____ Ramas ventriculares _____ Rama diagonal _____

Dominancia coronaria: Derecha. _____ Izquierda: _____ Balanceada: _____

Observaciones
