

## Artículo original de investigación

# Determinación de las características anatómicas de las arterias coronarias de cerdo mediante técnica de inyección con látex

## Determination of the anatomical characteristics of the pig's coronary arteries by injection with latex

Guillermo Rivera<sup>1,a</sup>, Valentina Garzón<sup>2,a</sup>

1. Enfermero, Magíster en Ciencias Biomédicas, Profesor Departamento de Ciencias Básicas de la Salud.
2. Estudiante de medicina.

a. Facultad de Ciencias de la Salud, Pontificia Universidad Javeriana Cali (Colombia).

### CORRESPONDENCIA

Guillermo Rivera

<http://orcid.org/0000-0002-2032-151X>

Departamento de Ciencias Básicas de la Salud

Facultad de Ciencias de la Salud

Pontificia Universidad Javeriana Cali

E-mail: [grivera@javerianacali.edu.co](mailto:grivera@javerianacali.edu.co)

### CONFLICTO DE INTERESES

Los autores del artículo hacen constar que no existe, de manera directa o indirecta, ningún tipo de conflicto de intereses que pueda poner en peligro la validez de lo comunicado.

RECIBIDO: 20 de febrero del 2015.

ACEPTADO: 27 de marzo de 2015.

### RESUMEN

**Objetivo:** Determinar las características anatómicas de las arterias coronarias del cerdo, mediante inyección con látex. **Materiales y métodos:** Se usaron 100 corazones de cerdo. Se insertaron sondas Nelaton a través de las arterias coronarias y se les inyectó solución de látex y tinta china. Se determinó el diámetro y el punto de origen para la coronaria derecha, coronaria izquierda, interventricular paraconal y circunfleja. Se cuantificaron el número de ramas diagonales, marginales ventriculares izquierdas y postero laterales. Se determinó frecuencia de ramus intermedius y tipo de dominancia. Se realizó análisis estadístico con un error estándar del 5%, con el Epidat 3,1. **Resultados:** El 100% de los orígenes anatómicos de las arterias coronarias fueron normales. La dominancia mas frecuente fue la derecha, 73%. El promedio de número de ramas marginales izquierdas, diagonales y postero-laterales fue de 3. La frecuencia de ramus intermedius fue de 12%. El calculo de chi cuadrado de Pearson mostró significancia entre el ramus intermedius y número de ramas marginales izquierdas ( $p=0,0009$ ). **Conclusiones:** Las características anatómicas de las arterias coronarias del cerdo son similares a las del humano. El ramus intermedius se comporta como una primera rama marginal izquierda y no como una primera rama diagonal como lo afirman algunos autores.

**Palabras clave:** Arteria coronaria, dominancia coronaria, rama diagonal, rama marginal izquierda, ramus intermedius.

### ABSTRACT

**Objective:** Determining the anatomical characteristics of pigs' coronary arteries by injection with latex. **Materials and methods:** 100 pigs' hearts were used. Nelaton catheters were inserted through coronary arteries for injection of latex and Indian ink. Diameter and origin were determined for right coronary artery, left coronary artery, ramus interventricularis paraconalis and circumflex artery. It was quantified the number of diagonals, left marginals and lateral posterior branches. Ramus intermedius and coronary dominance were determined. Statistical tests were applied with a standard error of 5% by Epidat 3,1. **Results:** Anatomical origins of coronary arteries were normal (100%). The most frequent coronary dominance was the right, 73%. The average of number of left marginals, diagonals and posterior laterals artery branches was three. The frequent for ramus intermedius was 12%. Pearson chi squared test was significant between ramus intermedius and number of left marginal ( $p=0,0009$ ). **Conclusions:** Anatomical characteristics of pigs' coronary arteries are similar as humans'. Ramus intermedius is similar to the first left marginal artery branch and it isn't similar first diagonal artery branch.

**Key words:** Coronary artery, coronary dominance, diagonal branch, left marginal branch, ramus intermedius.

Rivera G, Garzón V. Determinación de las características anatómicas de las arterias coronarias de cerdo mediante técnica de inyección con látex. *Salutem Scientia Spiritus* 2015; 1(1):10-15.

## INTRODUCCIÓN

Las arterias coronarias son vasos sanguíneos encargados de proporcionar la irrigación del miocardio de las cavidades cardiacas; se originan de la aorta ascendente en dos ostia localizados en los senos aórticos derecho (SAD) e izquierdo (SAI)<sup>1-3</sup>.

En porcinos, la descripción anatómica de la arteria coronaria derecha (ACD) difiere de la coronaria izquierda (ACI) en su longitud, siendo mas larga la derecha que la izquierda; en su ramificación, ya que la ACD después de girar por el surco coronario hasta la cruz cardiaca se acoda para convertirse en interventricular subsinusal (IVSS), mientras que la ACI después de un trayecto de algunos milímetros se bifurca en interventricular paraconal (IVPC) y circunfleja (ACx)<sup>4-6</sup>.

Es importante tener en cuenta que la nomenclatura de las arterias coronarias difiere ligeramente en medicina humana y veterinaria; para medicina humana el referente de nomenclatura es *Federative Committee on Anatomical Terminology* y para medicina veterinaria es *International Committee on Veterinary Gross Anatomical Nomenclature*; con base a ello se debe tener en cuenta la correspondencia de términos (Tabla 1).

La ACD, IVSS, IVPC y ACx originan ramas que se proyectan principalmente al miocardio de los ventrículos, debido al mayor espesor que estos tienen con respecto al de los atrios; de esta manera la cara anterior del ventrículo izquierdo está irrigada por ramas diagonales (RD) de la IVPC, las caras laterales de los ventrículos derecho e izquierdo está irrigadas por ramas marginales derechas (RMD) de la ACD e izquierdas (RMI) de la ACx respectivamente; la cara inferior del ventrículo izquierdo por ramas posteriores laterales (RPL)<sup>7-9</sup>. Se describe de manera variante un ramus intermedius (RI), cuando la ACI se trifurca y este se localiza en medio de la IVPC y ACx, comportándose probablemente como una primera RD<sup>10-12</sup>.

**Tabla 1.** Correspondencia entre terminología anatómica para arterias coronarias humanas y nomenclatura anatómica para arterias coronarias en medicina veterinaria

| <i>Federative Committee on Anatomical Terminology</i> | <i>International Committee on Veterinary Gross Anatomical Nomenclature</i> | Descripción  |
|---|--|--|
| Arteria coronaria izquierda                           | Arteria coronaria izquierda  | Vaso sanguíneo originado en el seno aórtico izquierdo    |
| Arteria coronaria derecha                             | Arteria coronaria derecha o arteria circunfleja derecha                    | Vaso sanguíneo originado en el seno aórtico derecho      |
| Arteria interventricular o descendente anterior       | Arteria interventricular paraconal   | Vaso sanguíneo originado de la coronaria izquierda       |
| Arteria interventricular o descendente posterior      | Arteria interventricular subsinusal  | Vaso sanguíneo originado de cualquiera de las coronarias |
| Arteria circunfleja                                   | Arteria circunfleja o circunfleja izquierda                                | Vaso sanguíneo originado de la coronaria izquierda       |

La dominancia coronaria para humanos, se basa en criterios anatómicos establecidos por Schlesinger, quien determinó que se hablará de dominancia coronaria derecha cuando la ACD después de originar a la interventricular posterior (interventricular subsinusal en animales) se prolongue por debajo del seno coronario y origine RPL; la dominancia coronaria izquierda se determinará cuando la ACx sea quien origine las RPL y finalice como interventricular posterior; el concepto de co-dominancia o circulación balanceada aplicará cuando las RPL se originen de la ACx y la ACD termine como interventricular posterior<sup>13-15</sup>.

Durante los últimos años, el cerdo ha sido usado como modelo animal de experimentación biomédica y quirúrgica; además de referente en anatomía comparada con humanos, debido a que su expresión morfológica sobre todo a nivel cardiaco es casi idéntica<sup>16-18</sup>. Los reportes sobre descripción de circulación coronaria en cerdos es escasa; sin embargo, los existentes concluyen que el patrón anatómico de origen, distribución y ramificación de las coronarias de cerdos son similares a las de humanos<sup>19,20</sup>.

El propósito del presente estudio es valorar las características anatómicas en origen, ramificación, calibre y dominancia de las

arterias coronarias porcinas y compararlas con las de las coronarias humanas para determinar su similitud y de esta manera concluir si el corazón de cerdo común es un modelo confiable que se pueda extrapolar para disección y estudio anatómico en programas de medicina humana.

## MATERIALES Y METODOS

Se realizó un estudio descriptivo y directo, por lo cual no se planteó ningún tipo de hipótesis para su comprobación<sup>21</sup>. Se determinaron y representaron estadísticamente las frecuencias de los orígenes anatómicos, patrón de ramificación y dominancia de las arterias coronarias del cerdo. La muestra correspondió a 100 corazones de cerdos destinados para sacrificio y provenientes de la empresa Cervalle de la ciudad de Cali.

## Consideraciones éticas

Este producto de divulgación académica, fue resultado de la práctica de disección de corazón, aprobada por el Departamento de Ciencias Básicas de la Salud de la Pontificia Universidad Javeriana Cali e incluida en la asignatura Sistema Cardio-respiratorio en segundo semestre de la carrera de medicina, con el objetivo de que los estudiantes disequen, identifiquen y

nombren las estructuras externas e internas del corazón, empleando la terminología anatómica internacional. Los corazones utilizados para la disección fueron aprovechados para obtener información sobre los aspectos anatómicos de las arterias coronarias y la configuración interna de las cavidades ventriculares. Los corazones de los cerdos se obtuvieron como piezas anatómicas resultantes del sacrificio animal para expendio de productos cárnicos en la ciudad de Cali.

### Manejo y conservación de la muestra

Los corazones, inicialmente fueron lavados con agua tibia con el fin de eliminar residuos hemáticos y coágulos de las cavidades cardiacas y de la luz de los grandes vasos; luego se procedió a diseccionar la arteria pulmonar y aorta y a seccionarlas transversalmente por encima de su raíz a nivel de las válvulas semilunares. Se identificaron los ostia coronarios derecho e izquierdo y a través de ellos se canularon las ACD y ACI respectivamente, usando sonda Nelaton número 6, a través de la cual se inyectó manualmente una solución de látex líquido con tinta china roja empleando jeringa de 20 mililitros, hasta observar repleción y coloración en el lumen de la ACD, marginal(es) derecha(s), IVSS, ACI, IVPC, RD, ACx, marginal(es) izquierda(s), RPL y RI en caso de estar presente.

Se determinó el punto de origen anatómico de la ACD, ACI, IVPC, ACx, IVSS y RPL clasificándolas como normales y variantes; se determinó la frecuencia del RI, se midió el diámetro arterial de la ACD, ACI, IVPC y ACx en su segmento proximal y la longitud de la ACI, empleando un calibre electrónico Stainless Hardened; se cuantificaron el número de RD, RMI y RPL y se determinó la dominancia coronaria según los criterios de Schlesinger<sup>13</sup>. Se calcularon medidas de tendencia central y de dispersión para el diámetro del punto de origen de la ACD, ACI, IVPC y ACx. Se calcularon pruebas de Chi cuadrado con un error estándar del 5% para establecer

**Tabla 2. Diámetro vascular arterial (mm)\***

| Arteria | Promedio | Moda | Desviación estándar | Varianza |
|---------|----------|------|---------------------|----------|
| ACD     | 4,88     | 5,60 | 0,83                | 0,68     |
| ACI     | 5,74     | 6,90 | 0,90                | 0,82     |
| ADA     | 4,60     | 4,5  | 0,69                | 0,48     |
| ACx     | 3,96     | 3,80 | 0,93                | 0,87     |

\*Medición en segmento proximal con calibre Stainless Hardened.

**Tabla 3. Número de RPL versus dominancia coronaria**

| Número de RPL* | Dominancia derecha | Dominancia izquierda | Circulación balanceada |
|----------------|--------------------|----------------------|------------------------|
| 1              | 3                  | 0                    | 0                      |
| 2              | 42                 | 8                    | 6                      |
| 3              | 21                 | 3                    | 0                      |
| 4              | 7                  | 10                   | 0                      |

\*RPL: Ramas posteriores laterales

la asociación entre RI y número de RD, así como RI y número de RMI.

### RESULTADOS

El 100% de las arterias presentaron origen anatómico normal; es decir la ACD del ostium localizado en el seno aórtico derecho, la ACI del ostium del seno aórtico izquierdo, la IVPC y ACx de la ACI. El RI se encontró en el 12% de los corazones (Figuras 1 y 2).

El promedio de los diámetros vasculares, fue mayor para la ACI, con 5,74 milímetros y el más bajo fue el de la ACx con 3,96 milímetros (Tabla 2). El promedio de longitud de la ACI fue de 8,87 milímetros, con un rango entre 3,9 y 14,79; desviación estándar 3,02 y varianza 9,14.

Se cuantificaron en promedio 3 RD en el 43% de los corazones y se calculó chi cuadrado de Pearson para establecer la relación entre número de RD y frecuencia de origen para RI sin encontrar una asociación entre estas variables (p=0,8021) (Figura 3). De la misma manera se

cuantificaron el número de RMI, con un promedio de 1 a 3 MI en el 71% de los corazones (Figura 4); se calculó Chi cuadrado de Pearson para establecer la relación entre el número de MI y presencia de RI, encontrando significancia estadística (p=0,0009).

La dominancia coronaria mas frecuente fue la derecha en el 73% de corazones, seguida de la izquierda (21%) y la circulación balanceada en un 6% (Figura 5). Se cuantificaron el número de RPL, con mayor frecuencia de 2 RPL en el 56% de corazones (Tabla 3).

### DISCUSIÓN

El estudio descriptivo anatómico de las arterias coronarias ha sido ampliamente realizado en seres humanos mediante diversas técnicas como la disección directa y los bancos de imágenes diagnósticas, entre ellas, la cardio resonancia, angiografía con multidetectores y angiografía coronaria<sup>22-26</sup>. En los últimos años, en Colombia, los estudios directos realizados mediante disección de corazones extraídos

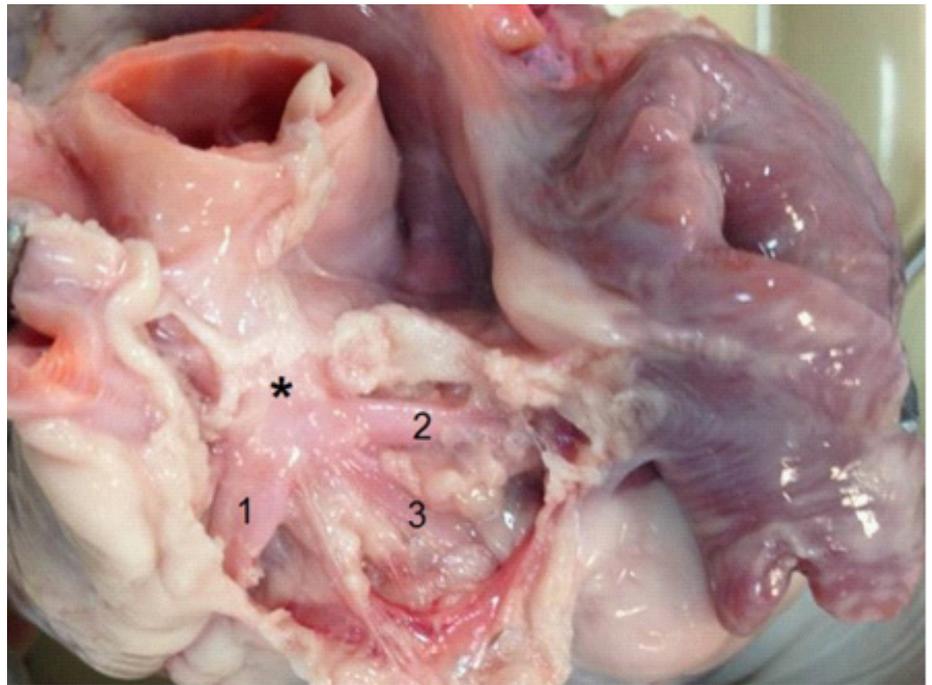
de cadáveres humanos, se han dificultado, debido a las restricciones de carácter legal, recurriendo a los estudios descriptivos y reportes de casos a partir de los resultados de estudios imagenológicos que hacen parte integral de la historia clínica del usuario<sup>27,28</sup>.

Muchos biomodelos experimentales como la rata wistar, el ratón albino, el cobayo, etc., han sido empleados en la investigación biomédica y sus resultados han sido testeados y comparados con los de los seres humanos<sup>29-31</sup>. El cerdo como biomodelo experimental ha sido usado desde hace menos de dos décadas, en simulación de cirugía laparoscópica, endoscópica y de traumatología<sup>32-34</sup>; también se ha usado el trasplante cardiaco con modificación genética del biomodelo, en otros mamíferos como el babuino por sus dimensiones y características morfológicas altamente similares<sup>35</sup>.

Las arterias coronarias del cerdo han sido descritas en relación a sus orígenes, ramificación, dimensiones y permeabilidad, encontrándose mucha similitud con las coronarias humanas<sup>19</sup>; también se ha usado como biomodelo experimental para procedimientos hemodinámicos previa implementación en humanos<sup>36</sup>.

En este estudio los puntos de origen, ramificación y diámetros arteriales coronarios fueron muy similares a los de las coronarias humanas<sup>37,38</sup>. La longitud de la ACI tuvo un promedio de 8,87 milímetros, que con relación a la ACI de humanos es muy similar, debido a que mide entre 5 y 15 milímetros<sup>39</sup>.

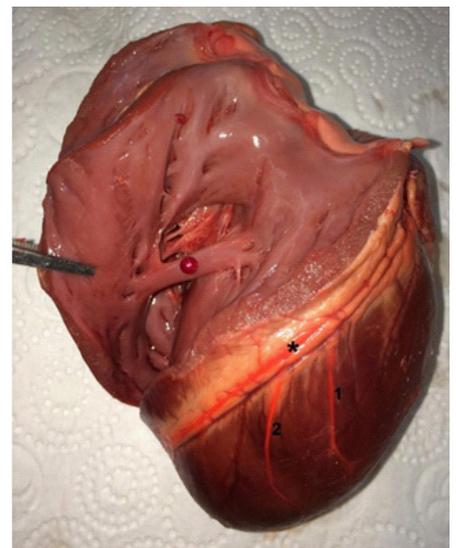
La dominancia coronaria mas frecuente en esta experiencia fue la derecha (73%), coincidiendo con la información descrita en los textos de anatomía<sup>1,4,8</sup>; de igual manera coincidió con los reportes de estudios descriptivos realizados en coronarias humanas por disección con repleción como el de Ballesteros *et al.*<sup>13</sup>, y estudios directos mediante análisis de imágenes diagnósticas especializadas<sup>40</sup>.



**Figura 1.** Disección de la ACI. \*Tronco principal de la coronaria izquierda trifurcado en 1. ADA, 2. ACx y 3. RI.



**Figura 2.** Disección del segmento proximal de la \*ACD.



**Figura 3.** Cara anterior del corazón y ventrículo izquierdo seccionado. \*ADA repleta con solución de látex y tinta china. 1. La primera RD y 2. La segunda RD, originadas de la ADA.

El RI ha sido reportado como una variación anatómica y se ha documentado que cuando existe puede comportarse como la primera rama diagonal de la IVPC o la primera rama marginal izquierda de la ACx<sup>11,41</sup>; sin embargo en este estudio se calculó chi cuadrado de Pearson ( $p=0,0009$ ) para establecer la significancia estadística entre el RI y el número de RD y RMI, concluyendo que el RI se comporta como la primera RMI y no como la primera RD, de lo cual no se encontró evidencia en otros estudios de coronarias humanas ni de biomodelos.

### CONCLUSIONES

Las arterias coronarias porcinas al igual que las humanas, tienen una alta similitud en relación con el punto de origen anatómico, patrón de ramificación, dimensiones y dominancia; lo que refiere al cerdo como un animal de experimentación altamente compatible con la morfología coronaria humana.

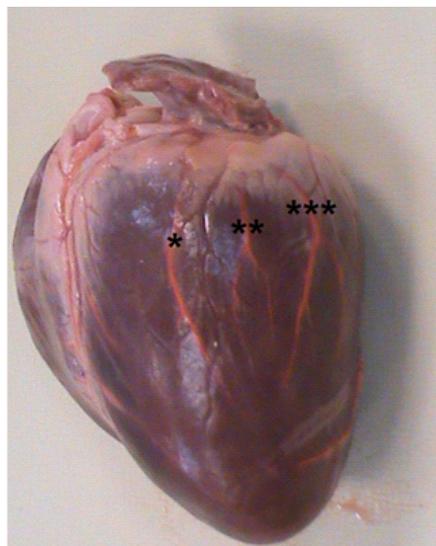
El sistema de dominancia coronario del cerdo más frecuente es el derecho, seguido del izquierdo y de la circulación balanceada o co-dominancia al igual que los reportes de estudios descriptivos de coronarias humanas.

El ramus intermedius cuando se encuentra presente se comporta como la primera rama marginal izquierda y no como la primera rama diagonal como usualmente se ha expresado en los textos de anatomía y en los reportes de estudios descriptivos.

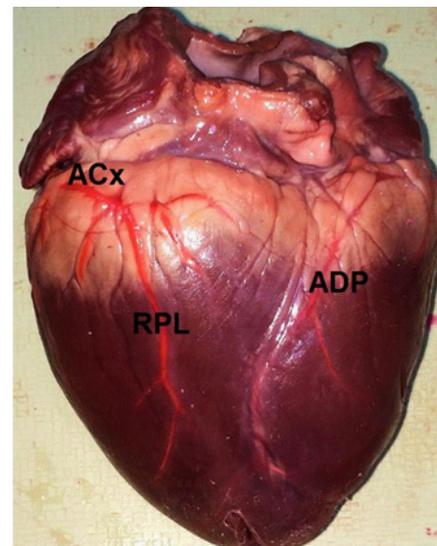
### AGRADECIMIENTOS

A las Ingenieras Biomédicas Valentina Corchuelo, Stephany Ordoñez y Marcela Tejada por la gestión para la consecución, traslado y ruta final de los corazones de cerdo. A las estudiantes de medicina Valeria Hurtado, Valeria García y Valentina Velásquez por su apoyo durante el proceso de disección.

### REFERENCIAS



**Figura 4.** Cara izquierda del corazón. \*Primera MO, \*\*Segunda MO y \*\*\*Tercera MO repletadas con solución de látex y tinta china.



**Figura 5.** Cara inferior del corazón. Se determina circulación balanceada o co-dominancia. Observe una voluminosa RPL originada de la ACx, mientras que la ADP se origina de la ACD.

1. Latarjet M, Ruiz A. Anatomía humana tomo 2. Cuarta edición. Editorial Médica Panamericana: Argentina; 2006.
2. Dauber W. Feneis Nomenclatura anatómica ilustrada. Quinta edición. Editorial Elsevier Masson: España; 2007
3. Sarria S, Artech E, Certo M, Fernández G. Valoración mediante TC multidetector de las variantes anatómicas de las arterias coronarias. *Colomb Med.* 2007; 38(3):263-73.
4. International Committee on Veterinary Gross Anatomical Nomenclature. Nómina Anatómica Veterinaria. Quinta edición. Editorial Committee Hannover (Alemania), Columbia (Estados Unidos), Ghent (Bélgica) and Sapporo (Japón); 2012. (Consultado: 18 de Junio de 2015) Disponible en: [http://www.wava-amav.org/Downloads/nav\\_2012.pdf](http://www.wava-amav.org/Downloads/nav_2012.pdf)
5. König H, Liebich H. Anatomía de los animales domésticos, tomo 2, órganos, sistemas circulatorio y sistema nervioso. Texto y atlas es color. Segunda edición. Editorial Médica Panamericana: España; 2008.
6. Pérez W, Lima M. Distribución de las arterias coronarias en el Rinoceronte Blanco (*Ceratotherium simum*). *Int J Morphol.* 2010; 28(3):811-4.
7. Ryan S, McNicholas M, Eustace S. Radiología anatómica. Editorial Marbán: España; 2013.
8. Pró E. Anatomía clínica. Segunda edición. Editorial Médica Panamericana: Argentina; 2014.
9. Tsioufis K, Latsios G, Tousoulis D, *et al.* Anomalous common origin of all coronary arteries with a common ostium from the left sinus of Valsalva. *Int J of Cardiol.* 2010; 139:47-9. DOI:<http://dx.doi.org/10.1016/j.ijcard.2008.11.024>.
10. Kosar P, Ergun E, Öztürk C, *et al.* Anatomic variations and anomalies of the coronary arteries: 64-slice CT angiographic appearance. *Diagn Interv Radiol.* 2009; 15(4):275-83. DOI: 10.4261/1305-3825.DIR.2550-09.1.
11. Paolillo V, Gastaldo D, Vaudano G. An unusual course of the ramus intermedius shown by multislice computed tomographic coronary angiography. *Tex Heart Inst J.* 2006; 33(3):406-7.
12. Godwa R, Rahmatullah S, Khan I.

- Myocardial bridging of the ramus intermedius coronary artery. *Int J Cardiol.* 2003; 89:295-6. DOI:[http://dx.doi.org/10.1016/S0167-5273\(02\)00465-5](http://dx.doi.org/10.1016/S0167-5273(02)00465-5).
13. Ballesteros L, Corzo E, Saldarriaga B. Determinación de la dominancia coronaria en población colombiana. Un estudio anatómico directo. *Int J Morphol.* 2007; 25(3):483-91.
  14. Loukas M, Curry B, Bowers M, Louis R, *et al.* The relationship of myocardial bridges to coronary artery dominance in the adult human hearth. *J Anat.* 2006; 209(1):43-50. DOI:10.1111/j.1469-7580.2006.00590.x.
  15. Angelini P. Coronary artery anomalies current clinical issues. Definition, classification, incidence, clinical relevance and treatment guidelines. *Tex Heart Inst J.* 2002; 29(4):271-8.
  16. Rodríguez J, Turienzo E, Vigal-Brey G, Brea-Pastor A. Formación quirúrgica con simuladores en centros de entrenamiento. *Cir Esp.* 2006; 79(6):342-8.
  17. Balén EM, Sáez MJ, Cienfuegos JA, *et al.* Anatomía del cerdo aplicada a la experimentación en cirugía general. *Cir Esp.* 2000; 67:586-93.
  18. Navas-Aparicio M, Mora-Mesén C, Rojas-Madrigal A, *et al.* Guía práctica para disección e identificación de estructuras anatómicas a nivel facial en un animal porcino. *Rev Esp Circ Oral Maxilofac.* 2013; 35(2):69-73.
  19. Gómez FA, Ballesteros L. Anatomic study of the right coronary artery in pigs. Feature review in comparison with the human artery. *Int J Morphol.* 2013; 31(4):1289-96.
  20. Crick S, Sheppard M, Ho S, *et al.* Anatomy of the pig heart: comparisons with normal human cardiac structure. *J Anat.* 1998; 193:105-19. DOI:10.1046/j.1469-7580.1998.19310105.x.
  21. Organización Mundial de la Salud. Epidemiología básica y vigilancia de la salud. Módulos de epidemiología básica y vigilancia de la salud. Módulo 2, tipos de estudios epidemiológicos. Segunda Edición. Argentina; 2004.
  22. Ugalde H, Ramírez A, Ugalde D, *et al.* Nacimiento anómalo de las arterias coronarias en 10.000 pacientes adultos sometidos a coronariografía. *Rev Med Chile.* 2010; 138:7-14.
  23. Barriales R, Moris C, López A, *et al.* Anomalías congénitas de las arterias coronarias del adulto descritas en 31 años de estudios coronariográficos del principado de Asturias: principales características angiográficas y clínicas. *Rev Esp Cardiol.* 2001; 54:269-81.
  24. Chatzidou S, Plastiras S, Rokas S. Cardiovascular magnetic resonance angiography for the detection of anomalous coronary arteries: a case report. *Cases J.* 2009; 2. DOI: 10.4076/1757-1626-2-6835.
  25. Soon K, Chaitowitz I, Selvanayagam J, *et al.* Comparison of fluoroscopic coronary angiography and multi-slice coronary angiography in the catheterization of anomalous coronary artery. *Int J Cardiol.* 2008; 130:96-8. DOI:<http://dx.doi.org/10.1016/j.ijcard.2007.06.095>.
  26. Fazliogullari Z, Karabulut A, Unver N, *et al.* Coronary artery variations and median artery in Turkish cadaver hearts. *Singapore Med J.* 2010; 51(10):775-80.
  27. Ministerio de la Protección Social de Colombia. Resolución 0042 de 2008. Bogotá D.C., 2008.
  28. Ministerio de Salud de Colombia. Resolución 1995 de 1999. Bogotá D.C., 1999.
  29. González P, Nassar N, Herráiz E, *et al.* La rata wistar como modelo animal experimental, para el adiestramiento laparoscópico de residentes con entrenadores pélvicos. *Prog Obstet Ginecolol.* 2011; 54(6):325-9.
  30. Figueroa M, Pérez I, Mejía R. Caracterización de un modelo de diabetes tipo 2 en ratas wistar hembra. *Rev MVZ Córdoba.* 2013; 18(supl):3699-707.
  31. Hernández S. El modelo animal en las investigaciones biomédicas. *Biomed.* 2006; 2(3):252-6.
  32. Vallejo B, Busquets R, Doménech C, *et al.* El modelo porcino en la cirugía experimental del trasplante renal. *Actas Urol Esp.* 2008; 32(1):91-101.
  33. Ríos P, Montero L, Maldonado G. Trasplante ortotópico de hígado en animales de experimentación con bomba de by-pass veno-venoso. *Rev Gastroenterol Perú.* 1999. Disponible en: [http://sisbib.unmsm.edu.pe/bvrevistas/gastro/vol\\_19n1/thigado.htm](http://sisbib.unmsm.edu.pe/bvrevistas/gastro/vol_19n1/thigado.htm) [Consultado: 11 de Mayo de 2015].
  34. Krauss J, Ciardulo M, Bonfiglio F, *et al.* Variaciones hemodinámicas durante el trasplante hepático en cerdos. *Rev Arg Cardiol.* 1989; 57(3):101-11.
  35. Iwase H, Ekser B, Satyananda V, *et al.* Pig-to-baboon heterotopic heart transplantation – exploratory preliminary experience with pigs transgenic for human thrombomodulin and comparison of three costimulation blockade-based regimens. *Xenotransplantation.* 2015 (In press). DOI:10.1111/xen.12167.
  36. Orlik B, Buszman PP, Krauze A, *et al.* A nuclear magnetic resonance spectroscopy as a method for evaluation of in vivo Poly-L-Lactide biodegradation kinetics from stent-polymer matrices: an experimental study utilizing porcine model of in-stent restenosis. *J Cardiovasc Pharmacol Ther.* 2015. DOI:10.1177/1074248415583091
  37. Lin K, Carr JC. MR imaging of the coronary vasculature: imaging the lumen, wall and beyond. *Radiol Clin North Am.* 2015; 53(2):345-53. DOI:10.1016/j.rcl.2014.11.003.
  38. Fayad ZA, Fuster V, Fallon JT, *et al.* Noninvasive in vivo human coronary artery lumen and wall imaging using black-blood resonance magnetic imaging. *Circ.* 2000; 102(5):506-10. DOI: doi: 10.1161/01.CIR.102.5.506.
  39. Llevadot J. Síndromes coronarios agudos. Editorial Elsevier: España; 2004.
  40. Omerbasic E, Hasanovic A, Omerbasic A, *et al.* Prognostic value of anatomical dominance of coronary circulation in patients with surgical myocardial revascularization. *Med Arch.* 2015; 69(1):6-9. DOI:10.5455/medarh.2015.69.6-9.
  41. Ballesteros L, Ramirez L, Saldarriaga V. Evaluación de las ramas diagonales, anterosuperior, posterolateral derecha y lateral del corazón. Un estudio en individuos colombianos. *Int J Morphol.* 27(4):1080-2009.